



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CAMPUS POMBAL-PB**

**ANÁLISE AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO  
NORDESTE BRASILEIRO**

**LEILIANE MACÁRIO DE MEDEIROS NÓBREGA**

**POMBAL – PB**

**ABRIL, 2013**

**LEILIANE MACÁRIO DE MEDEIROS NÓBREGA**

**ANÁLISE AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO  
NORDESTE BRASILEIRO**

Trabalho submetido à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

**ORIENTADOR**

Prof. Msc. André Sobral

**CO-ORIENTADOR**

Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite

**Pombal – PB**

**Abril, 2013**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL  
CAMPUS POMBAL/UFCG**

M488c Nóbrega, Leiliane Macário de Medeiros.

Análise ambiental da produção da energia eólica no Nordeste brasileiro / Leiliane Macário de Medeiros Nóbrega. – Pombal: UFCG, 2013.

71f. : il

Orientador: Prof. Me. André Sobral  
Co-orientador: Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) –  
UFCG/ CCTA/UACTA.

1. Energia eólica. 2. Impacto ambiental. I. Sobral, André  
II. Leite, José Cleidimário Araújo. III. Título.

UFCG/CCTA

CDU 621.548(043)

**Leiliane Macário de Medeiros Nóbrega**

**ANÁLISE AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE  
BRASILEIRO**

**BANCA EXAMINADORA:**

**Prof. Msc. André Sobral**

Orientador - UACTA/CCTA/UFCG

**Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias**

Examinador Interno - UACTA/CCTA/UFCG

**Prof. Dr. Carlos Roberto Lima**

Examinador Externo – CSTR/UFCG

**Pombal – PB**

**Abril, 2013**

Dedico com todo amor e carinho a minha mãe,  
por ter acreditado em mim, por se dedicar tanto a  
mim e investir na realização desse sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ter me dado força e coragem para vencer todos os obstáculos e chegar até esse momento.

A Marcus, meu grande amor e fonte de inspiração, pela paciência, ajuda, compreensão, companheirismo e dedicação.

A minha querida sogra, Margarida Nóbrega, por ter me acolhido nesses anos de universidade, sempre me dando todo apoio necessário.

A minha amiga Bibliotecária, Jacqueline de Castro Rimá por toda ajuda e ensinamento, e acima de tudo pela sua amizade e presença em todos os momentos.

A minha amiga Mônica Virna Pinheiro por me ajudar nas dificuldades e compartilhar seus conhecimentos comigo.

A minha amiga Talita Pedrosa pelo companheirismo e presença nos momentos mais difíceis da nossa luta acadêmica.

A todos os colegas de turma, em especial ao meu grande amigo Ricardo Ricelli pelo seu companheirismo nesses anos de universidade.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste momento, em especial ao professor Camilo Allyson pelo apoio.

Ao meu orientador André Sobral, pela paciência e confiança, orientando-me para a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador José Cleidimário pela ajuda e orientação.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de moinho de vento antigo.....	18
Figura 2 - Turbina eólica de eixo vertical.....	22
Figura 3 - Turbina eólica de eixo horizontal.....	22
Figura 4 - Exemplo de acionamento de um gerador elétrico por uma turbina eólica.....	23
Figura 5 - Geração e transmissão de energia elétrica em um parque eólico...	25
Figura 6 - Potencial eólico por região do Brasil.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Lista de Impactos Ambientais Significativos em Parques Eólicos...	45
Tabela 2 -	Classificação dos Impactos Ambientais identificados.....	49
Tabela 3 -	Medidas mitigadoras propostas para os impactos identificados em parques eólicos do CE e RN.....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Evolução física e potencial dos aerogeradores (1985-2010).....	21
Gráfico 2 -	Quantidade de eólicas contratadas no período de 2004 a 2012.....	29
Gráfico 3 -	Potência (MW) das eólicas contratadas de 2004 a 2009.....	29
Gráfico 4 -	Tarifa média (R\$/MWh) de contratação da eólica no período de 2004 a 2012.....	30
Gráfico 5 -	Complementaridade entre geração hidrelétrica e eólica.....	31
Gráfico 6 -	Matrizes energéticas brasileira dos anos 2010 e 2011.....	33
Gráfico 7 -	Evolução da geração eólica.....	33
Gráfico 8 -	Quantidade de usinas eólicas em operação por estado brasileiro..	34
Gráfico 9 -	Potência instalada (kW) das usinas eólicas em operação.....	34
Gráfico 10 -	Potência instalada em regiões brasileiras.....	35
Gráfico 11 -	Quantidade de eólicas com obras em andamento nos estados brasileiros.....	36
Gráfico 12 -	Potência das eólicas com obras em andamento nos estados brasileiros.....	36
Gráfico 13 -	Quantificação da categoria de classificação valores.....	50
Gráfico 14 -	Quantificação do espaço de ocorrência dos impactos.....	51
Gráfico 15 -	Quantificação do tempo de ocorrência.....	51
Gráfico 16 -	Quantificação da Reversibilidade.....	52
Gráfico 17 -	Quantificação da Chance de ocorrência.....	52
Gráfico 18 -	Quantificação da Incidência.....	53

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Etapas da Avaliação de Impacto Ambiental.....	42
Quadro 2 - Categorias de classificação dos Impactos Ambientais.....	48

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>1 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
1.1 Objetivo geral.....	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>3 LEVANTAMENTO DO USO DA ENERGIA EÓLICA.....</b>	<b>17</b>
3.1 A evolução dos aerogeradores.....	18
3.2 Características técnicas dos aerogeradores e a geração de energia eólico-elétrica.....	21
<b>4. A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....</b>	<b>26</b>
4.1 Histórico da energia eólica no Brasil.....	26
4.2 Políticas e Incentivos.....	27
4.3 Diagnóstico da energia eólica no Brasil.....	31
<b>5 ENERGIA EÓLICA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS.....</b>	<b>38</b>
5.1 Avaliação de Impacto Ambiental.....	39
5.1.1 Avaliação de Impacto Ambiental no Brasil.....	40
5.2 Licenciamento Ambiental.....	43
5.3 Identificação dos impactos ambientais.....	44
5.4 Classificação do impactos ambientais identificados.....	48
5.5 Medidas mitigadoras.....	53
5.6 Planos de Controle e Monitoramento Ambiental.....	56
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>63</b>

## RESUMO

Nos últimos anos houve um aumento no número de parques eólicos instalados no Brasil e no mundo. A crescente presença dessa fonte na matriz energética brasileira contribui tanto para diversificação quanto para a “limpeza” da mesma. A primeira turbina eólica instalada no Brasil foi em 1992, no arquipélago Fernando de Noronha, desde então o número de parques eólicos instalados no país só aumenta. O Nordeste é a região que possui a maior quantidade de parques eólicos nas fases de implantação e operação, logo sua localização é considerada favorável para o uso da energia eólica. Mesmo apresentando características ambientalmente favoráveis, a operação e instalação de parques eólicos produzem impactos ambientais, os quais devem ser identificados, analisados, mitigados e monitorados. Esse trabalho consiste em uma revisão bibliográfica, no qual metodologicamente foram realizadas pesquisas em trabalhos científicos e técnicos sobre energia eólica e impactos ambientais, a fim de se caracterizar a produção e utilização da energia eólica no Brasil, e também analisar seus impactos ambientais.

**Palavras-Chave:** Impacto ambiental. Energia eólica. Brasil.

## **ABSTRACT**

In recent years there was an increase in the number of wind farms in Brazil and worldwide. The growing presence of this source in the Brazilian energy matrix contributes both to diversification and to the "cleaning" itself. The first wind turbine was installed in Brazil in 1992, in Fernando de Noronha archipelago, since then the number of wind farms in the country has only increased. The Brazil Northeast is the region that has the largest number of wind farms in the deployment and operation phases, so its location is considered favorable for the wind use to produce electricity. Even presenting favorable environmentally features, the wind farms installation and operation produce environmental impacts which must be identified, assessed, mitigated and monitored. This paper consists of a literature review, where methodologically the researches were conducted in scientific and technical paper about wind energy and environmental impacts, in order to characterize the production and use of wind energy in Brazil, as well as analyze its environmental impacts.

**Key Word:** Environmental impact. Wind. Brazil.

## INTRODUÇÃO

As transformações no meio ambiente sempre estiveram associadas às atividades antrópicas. Essas transformações atreladas à exploração dos recursos naturais colaboraram para o surgimento de várias consequências positivas e negativas no meio.

Uma das medidas que vem sendo tomada por diversos países para reduzir o problema do aquecimento global é a diversificação da matriz energética. Acarretando na troca do uso de combustíveis fósseis por fontes renováveis, como a energia eólica (SALINO, 2011).

A energia eólica pode ser definida como a energia proveniente do vento. Antigamente utilizada na impulsão de barcos à vela, moagem de grãos e bombeamento de água, hoje, a energia eólica é uma crescente e importante fonte para geração de energia elétrica por ser considerada limpa e renovável.

No século XX, a larga escala de oferta de energia, adquirida principalmente a partir dos combustíveis fósseis, deu suporte ao crescimento e às transformações da economia mundial. Já nos últimos anos do século XX, houve uma mudança no cenário, ao surgir uma nova realidade: a necessidade do desenvolvimento sustentável. Frente a isso as fontes energéticas têm sido substituídas por fontes menos agressivas ao meio ambiente (BRASIL, 2008).

Em 1992 foi instalada a primeira turbina eólica no Brasil, que foi no Arquipélago de Fernando de Noronha. Dez anos mais tarde o governo Brasileiro criou o Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), para incentivar a utilização de fontes renováveis como Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), eólicas e usinas de pequeno porte a base de biomassa (FERREIRA, 2008).

Posteriormente ao PROINFA, foram criados os leilões públicos de compra e venda de energia, nos quais a energia eólica sofreu uma redução nos preços (PANORAMA, 2012).

Dentre as diversas novas tecnologias, a energia eólica vem ganhando destaque devido o aumento do seu uso, entretanto, como todas as fontes de energia ela apresenta vantagens e desvantagens ao meio ambiente.

Como vantagens pode-se citar a não emissão de gases que contribuem para efeito estufa, a não emissão de resíduo radioativo, assim como não necessita inundar áreas para geração de energia. A área do parque também pode ter outros usos, como por exemplo, a pastagem. Entretanto essa atividade apresenta algumas alterações ambientais desfavoráveis, como impactos ambientais durante a instalação, onde possivelmente ocorrerão mudanças nas características da área.

Na fase de operação também ocorrerão impactos ambientais negativos, os mais considerados na literatura são: impacto visual, interferência eletromagnética, impacto sobre a avifauna e geração de ruído (Custódio, 2009). Contudo esses impactos podem ser reduzidos por meio de medidas mitigadoras.

O desenvolvimento das regiões, sobretudo das áreas urbanas e industriais demandam grande quantidade de energia. Frente a isso, para suprir a demanda energética do país é necessário que seja gerada mais energia elétrica e esta seja adicionada ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Como o Brasil apresenta um elevado potencial eólico, da ordem de 143 mil MW (Amarante et al., 2001) é de suma importância que uma parcela significativa da energia gerada seja de fonte eólica, tendo em vista o seu benefício para o meio ambiente quando comparada a outras fontes e a sua complementaridade a usinas hidrelétricas.

De acordo com Brasil (2008) as velocidades do vento costumam ser maiores em períodos de estiagem, com isso é possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas.

Ao elaborar um projeto eólico, normalmente pensa-se nos benefícios ambientais que esse empreendimento pode trazer. Contudo, todo empreendimento causa impactos ambientais negativos ou mesmo positivos. Tendo em vista que as ações de projeto para a implantação de um parque eólico normalmente envolve aberturas de estradas, preparação do terreno com possível retirada da vegetação local, realização de obras de fundações, e a ligação do parque eólico a uma subestação e a linha de transmissão é fundamental a realização de um estudo ambiental da área antes que se inicie qualquer atividade (SALINO,2011).

Desse modo, esse trabalho contribuirá como fonte de pesquisa bibliográfica para estudos científicos, I, existem poucos trabalhos com esse tema e esse conteúdo na literatura. Contribuirá também subsídio para realização de trabalhos do tipo.

# **1 OBJETIVOS**

## **1.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem por objetivo fazer um levantamento da produção e utilização da energia eólica no Brasil, bem como analisar seus impactos ambientais.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Realizar um levantamento sobre a produção de energia eólica;
- Mostrar a evolução e o cenário atual da energia eólica no Brasil;
- Elaborar uma listagem dos impactos ambientais significativos;
- Classificar os impactos ambientais identificados;
- Propor medidas mitigadoras para os impactos ambientais negativos identificados;
- Apresentar planos e/ou programas de controle e monitoramento ambiental, indicados em empreendimentos eólicos.

## 2 METODOLOGIA

Para elaboração desse trabalho foi feito um levantamento bibliográfico sobre o tema, que constam na literatura científica nacional.

Também, foi feita pesquisa em bancos de dados dos órgãos públicos (Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Superintendência de Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE), Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) entre outros), e em periódicos relacionados ao quadro de uso e ocupação atuais dos Parques Eólicos.

A perspectiva metodológica para análise dos impactos da geração de energia eólica no meio ambiente levou em consideração os impactos ambientais identificados nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), elaborados por empresas de consultoria ambiental, para Parques Eólicos em diferentes ambientes do nordeste brasileiro, com destaque para os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

Para identificação e classificação dos impactos ambientais significativos, este estudo baseou-se nos métodos de avaliação de impacto ambiental de FOGLIATTI et al., (2004).

Durante a disciplina de estágio supervisionado na empresa Geoconsult Consultoria, Geologia e Meio Ambiente Ltda. Foram feitas visitas, para fins de monitoramento, em diferentes parques eólicos em dois municípios costeiros do Estado do Ceará, Amontada e São Gonçalo do Amarante o que contribuiu para a identificação *in loco* dos principais impactos ambientais gerados durante a fase de implantação e operação de parques eólicos. Esta experiência possibilitou o reconhecimento e identificação das unidades geoambientais nos quais estão inseridos os parques eólicos no Ceará, assim como o estágio atual do processo de uso e ocupação e degradação associada na área de Parques Eólicos.

### 3 LEVANTAMENTO DO USO DA ENERGIA EÓLICA

O uso da energia eólica vem sendo empregado há milhares anos. Sua primeira utilização tinha por fim impulsionar barcos à vela, porém não se sabe exatamente de quando datam essas embarcações. Há registros em pedras, no tempo dos fenícios, que representavam grandes veleiros com velas construídas de peles, esteiras de palha ou tecidos em formato quadrangular ou triangular, cuja função era uma só: impulsionar as embarcações como auxílio do vento (Branco, 2004). Outra utilização do vento para auxiliar o homem em suas atividades foi o uso de moinhos de vento, estes têm origem remota e incerta, mas sabe-se que no século VII, na Pérsia, eram utilizados para moer grãos (ALDABÓ, 2002).

Na Europa, os primeiros moinhos de vento surgiram no século XII com a finalidade de triturar grãos de trigo e outros cereais, movimentando com a força do vento enormes discos de pedras que ao girarem trituravam os grãos (Branco, 2004). Os moinhos se difundiram rapidamente naquele continente, passando a ser também utilizados no bombeamento d'água, contribuindo significativamente com a economia agrícola da região por vários séculos.

Durante o século XV na Holanda, os moinhos de vento foram utilizados na drenagem de terras alagadas, surgindo assim uma nova aplicação amplamente utilizada entre os séculos XVII e XIX. Em 1582 foi construído o primeiro moinho para produção de óleos vegetais e quatro anos depois, em 1586, surgiu o primeiro moinho para fabricação de papel. Ao final do século XVI, foram construídos moinhos de vento para acionar serrarias aplicadas no processamento de madeiras vindas do mar Báltico (MONTEZANO, 2007).

Os inúmeros moinhos de vento em atividade durante a segunda metade do século XIX retratam sua importância em vários países da Europa, como na Holanda, Bélgica, Inglaterra e França, que possuíam um total de 9.000, 3.000, 10.000 e 650, de moinhos em funcionamento, respectivamente (MONTEZANO, 2007).

A Figura 1 mostra um moinho de vento antigo, instalado na Holanda.

Figura 1 – Exemplo de moinho de vento antigo



Fonte: MOINHOS, 2008.

O desenvolvimento dos moinhos de vento cessou com o início da Revolução Industrial no final do século XIX, onde a fonte de energia motriz foi direcionada para o vapor, e mais tarde, a eletricidade. Em todos os casos fontes energéticas oriundas de combustíveis fósseis. Esse acontecimento foi um marco para energia eólica na Europa, principalmente na Holanda, pois nessa época houve um declínio no uso desse tipo de energia (MONTEZANO, 2007).

Em contrapartida, nesta mesma época, surgiu o moinho de múltiplas pás americano, considerado um importante avanço na tecnologia de uso do vento, utilizado em várias regiões do mundo, como na Austrália, América Latina, Rússia e África, para bombeamento de água, cujas características serviram de base para modernos projetos de geradores eólicos. A partir daí foram realizados melhoramentos na aerodinâmica das pás e freios hidráulicos foram utilizados para reduzir o movimento das hélices, aprimorando cada vez mais os moinhos de vento, que com o passar do tempo passaram a ser chamados de turbinas eólicas ou aerogeradores (ALBADÓ, 2002).

### **3.1 A evolução dos Aerogeradores**

O início da adaptação dos moinhos de vento (cata-vento) para geração de energia elétrica, data do final do século XIX, quando em 1888, Charles F. Brush ergueu na cidade de Cleveland, Ohio, EUA, o primeiro cata-vento destinado à

geração de energia elétrica. Todo o sistema era sustentado por um tubo metálico central de 36 cm que permitia o giro de todo o sistema conforme o vento predominante. Esse sistema esteve em operação por 20 anos, fornecendo 12 kW em corrente contínua destinada ao carregamento de baterias, as quais fornecia energia para 350 lâmpadas incandescentes (DUTRA, 2008).

A invenção de Bruch foi marcante para o desenvolvimento da energia eólico-elétrica, sobretudo, porque esse modelo apresentava três importantes inovações para o desenvolvimento da energia eólica, a primeira inovação diz respeito à altura do invento que era compatível com as dos moinhos de vento já utilizados, em segundo lugar foi incluído um grande fator de multiplicação de rotação das pás<sup>1</sup> que aproveitava ao máximo a energia do vento, por último, o invento foi a primeira tentativa de se combinar a aerodinâmica e a estrutura dos moinhos de vento com as novidades tecnológicas na produção de energia elétrica (DUTRA, 2008).

O período da Segunda Guerra Mundial contribuiu bastante para o desenvolvimento da energia eólica, pois os países procuravam economizar combustíveis fósseis, favorecendo o desenvolvimento dos aerogeradores de médio e grande porte (DUTRA, 2008).

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, o fornecimento de combustíveis fósseis se regularizou e a energia eólica perdeu lugar para o uso intenso de tecnologia de combustíveis fósseis e a geração de energia elétrica a partir de usinas hidrelétricas. Um estudo realizado na época apontou o uso destes como economicamente mais competitivos (Salino, 2012), ficando assim os aerogeradores restritos apenas a projetos de pesquisa, aplicando e aprimorando técnicas aeronáuticas para desenvolvimento e aperfeiçoamento de pás, além de realizar melhorias no sistema de geração (MONTEZANO, 2007).

Nas décadas posteriores à Segunda Guerra Mundial países como Estados Unidos, Inglaterra, Dinamarca e Alemanha desenvolveram pesquisas, construíram e puseram em operação vários tipos de aerogeradores, inclusive os de grande porte. As inovações tecnológicas utilizadas para construção destas máquinas tornaram-se cada vez mais avançadas, possibilitando a construção de aerogeradores mais modernos e eficientes (DUTRA, 2008).

---

<sup>1</sup> Entende-se por fator de multiplicação de rotação das pás como a relação entre a velocidade de rotação no eixo do dínamo e a velocidade de rotação das pás.

A crise do petróleo na década 1970 foi fator decisivo para retomada nos investimentos em energia eólica. Os consecutivos aumentos no preço do petróleo possibilitaram o reinício dos investimentos em energia eólica, pesquisas e investimentos voltaram-se para o uso de aerogeradores conectados a redes operadas por usinas termelétricas. Com isso países como Estados Unidos, Alemanha e Suécia investiram em pesquisas de novos modelos de aerogeradores (MOTEZANO, 2007).

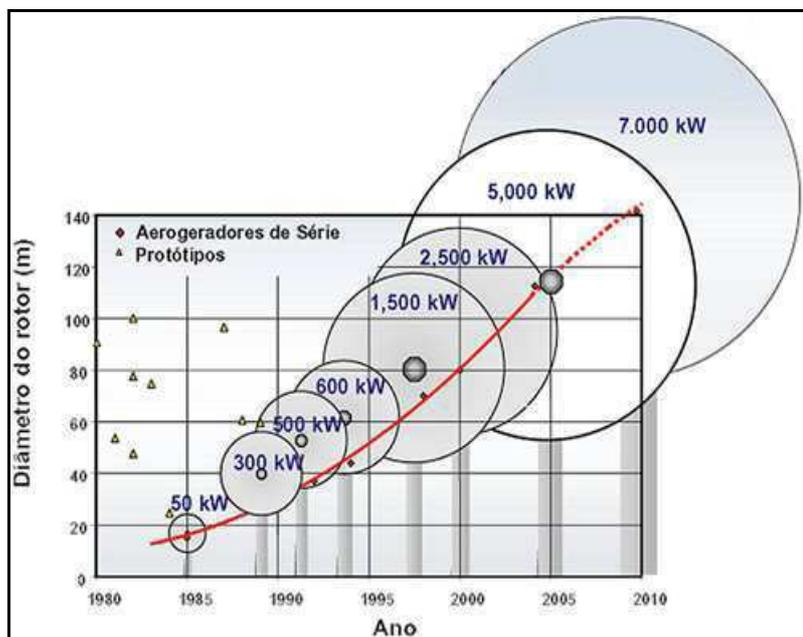
A partir da década de 1980 as tecnologias usadas na fabricação dos aerogeradores apresentaram um desenvolvimento impressionante, principalmente devido a políticas de incentivo. Experiências de estímulo ao mercado, realizadas na Califórnia (1980), Dinamarca e Alemanha (1990), fizeram com que o aproveitamento eólico-elétrico atingisse uma significativa contribuição ao sistema elétrico em termos de geração e economicidade (AMARANTE et al., 2001).

O avanço tecnológico passou a ser conduzido pelas novas indústrias do setor, em regime de competição, mantido por mecanismos institucionais de incentivo. Outras características também foram importantes nesse processo, como: acessibilidades em investimentos em energia elétrica, aumento da produção em escala industrial, aumento da capacidade unitária dos aerogeradores e o surgimento de novas técnicas para construí-las, reduzindo gradualmente os custos para geração (AMARANTE et al., 2001).

Os novos aerogeradores fabricados, além de apresentarem um aumento na escala industrial de produção mostravam uma forma de geração praticamente inofensiva ao meio ambiente, por reduzir o impacto que causava sobre a avifauna. Essas melhorias tornaram a geração de energia elétrica a partir do vento uma das tecnologias de maior crescimento na expansão da capacidade geradora (AMARANTE et al., 2001).

A Gráfico 1 representa graficamente a evolução cronológica dos aerogeradores com ênfase nas variações do diâmetro do rotor e da capacidade de geração de energia. Observa-se que o aumento do diâmetro do rotor, conseqüentemente das pás do aerogerador, resulta na elevação de capacidade de geração de energia.

Gráfico 1 - Evolução física e potencial dos aerogeradores (1985-2010)



### 3.2 Características Técnicas dos Aerogeradores e a geração de energia eólico-elétrica

Aerogeradores são equipamentos usados na produção de energia elétrica a partir da energia cinética do vento, estes podem ser de dois tipos, de arraste e de sustentação.

Os aerogeradores de arraste são aqueles no qual o vento empurra as pás, forçando o rotor a girar. Sua eficiência é limitada, pois a velocidade das pás não pode ser maior que a do vento, normalmente são usados para bombear pequenos volumes de água com ventos de baixa velocidade (CUSTÓDIO, 2009).

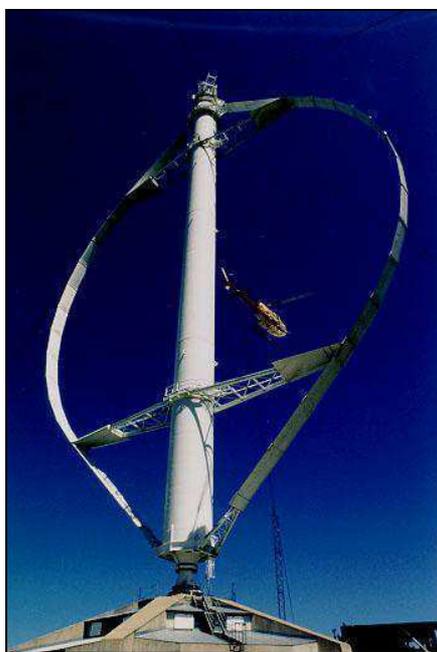
Já nos aerogeradores de sustentação, são usados aerofólios com pás, semelhante às asas de aviões. Na incidência do fluxo de vento com as pás, surge uma força de empuxo, que pode ser decomposta em duas outras forças, a de sustentação responsável pela sustentação aerodinâmica das pás e a outra é a força de arraste, provocada pela pressão do vento sobre a superfície da pá, empurrando-a (CUSTÓDIO, 2009).

Outra característica relevante dos aerogeradores é a orientação do eixo da turbina, podendo ser horizontal ou vertical. Os rotores com eixo horizontal devem ser

mantidos perpendiculares à direção do vento para capturar o máximo de energia, esse tipo de turbina é usado especialmente em instalações de maior potência para produção de energia elétrica. Já as de eixo vertical não necessitam de mecanismos direcionais. (CUSTÓDIO, 2009).

A Figura 2 mostra um aerogerador com eixo vertical, que também se enquadra como de arraste, já a Figura 3 mostra um aerogerador com eixo horizontal, sendo também se sustentação. Os mais usados atualmente para geração de energia elétrica são os aerogeradores com eixo horizontal

Figura 2 - Turbina eólica de eixo vertical.



Fonte: TURBINAS, 2012.

Figura 3 - Turbina eólica de eixo horizontal.



Os aerogeradores mais modernos, com eixo vertical, contam com sofisticados princípios aerodinâmicos para produção de eletricidade e possuem rotores de eixo horizontal com três pás acopladas a ele (Dutra, 2008). Por serem os mais usados atualmente, será o tipo de aerogerador abordado no decorrer deste trabalho.

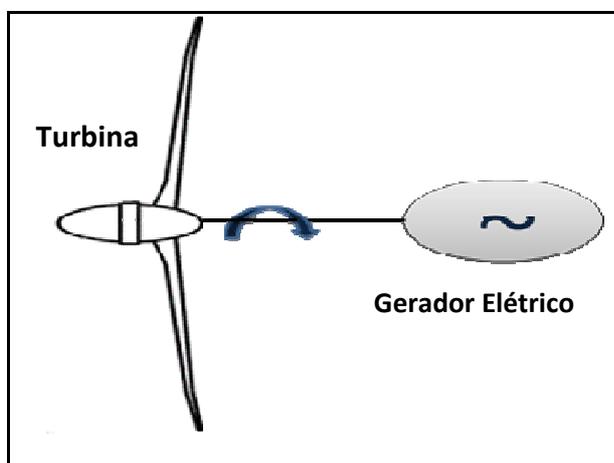
Além da aerodinâmica, O tamanho das pás, diâmetro do rotor, e a altura da torre são fatores importantes a serem considerados em um projeto de criação de um aerogerador eficiente.

Quanto maior o comprimento das pás e o diâmetro do rotor, maior é a área de varredura, ou seja, mais vento é capturado pelas pás, produzindo maior quantidade de energia elétrica. Em se tratando da altura, quanto mais alto o aerogerador for

instalado, mais energia ele pode capturar, pois a velocidade do vento aumenta com a altura (DUTRA, 2008).

A geração de eletricidade a partir da energia eólica ocorre através do giro da turbina eólica, obtido através da força do vento, convertendo energia eólica em energia mecânica. A turbina eólica, por sua vez, é conectada pelo mesmo eixo ao rotor do gerador, que ao girar, através da indução eletromagnética<sup>2</sup>, transforma a energia mecânica em energia elétrica. O processo de geração de energia é ilustrado a seguir na Figura 4.

Figura 4 - Exemplo de acionamento de um gerador elétrico por uma turbina eólica.



Fonte: CUSTÓDIO (2009)

Conforme apresentado por Custódio (2009), um aerogerador é composto por diferentes unidades, com funções diferenciadas que juntas geram energia através do vento. Os componentes de um aerogerador e suas respectivas funções são as seguintes:

- a) pás: geralmente três, são as hélices que giram com a força dos ventos. São os perfis aerodinâmicos responsáveis pela interação com o vento, convertendo parte de sua energia cinética em trabalho mecânico;
- b) eixo: equipamento responsável pelo acionamento do gerador, fazendo a transferência da energia mecânica da turbina;

---

<sup>2</sup> A indução eletromagnética é o princípio fundamental sobre o qual operam transformadores, geradores, motores elétricos e a maioria das máquinas elétricas.

- c) nacelle: É a carcaça montada sobre a torre, onde se encontram o gerador, a caixa de acoplamento e os demais dispositivos do aerogerador localizados no alto, junto à turbina;
- d) torre: Estrutura que tem como função elevar a turbina do solo até uma altura apropriada, onde o vento tem maior velocidade e o desempenho do aerogerador será maior;
- e) multiplicador de velocidade ou caixa de engrenagens: É usado em apenas alguns modelos de aerogeradores para multiplicar a velocidade ou reduzir, se for o caso. Alguns modelos de aerogeradores dispensam este dispositivo, fazendo o acoplamento direto da turbina com o gerador;
- f) sistema de freios: Usado para paradas de emergência ou em tempestades;
- g) sensores de Vento: São montados sobre a nacelle, com objetivo de medir a velocidade e a direção do vento;
- h) sistema de controle de giro: É montado dentro da nacelle, esse sistema tem a função de alinhar a turbina com o vento. Possui um sistema eletrônico que verifica a direção do vento medida, e se necessário, gira a turbina;
- i) gerador elétrico: É responsável pela produção de energia elétrica dentro da nacelle;
- j) transformador ou Subestação Unitária: Equipamento elétrico responsável pelo aumento da tensão de geração ao valor da rede elétrica a qual o aerogerador será agregado. O mesmo é instalado no aerogerador e esta instalação pode ser tanto internamente quanto externamente;
- k) fundações: Estrutura de aço e concreto responsável pela sustentação do aerogerador.

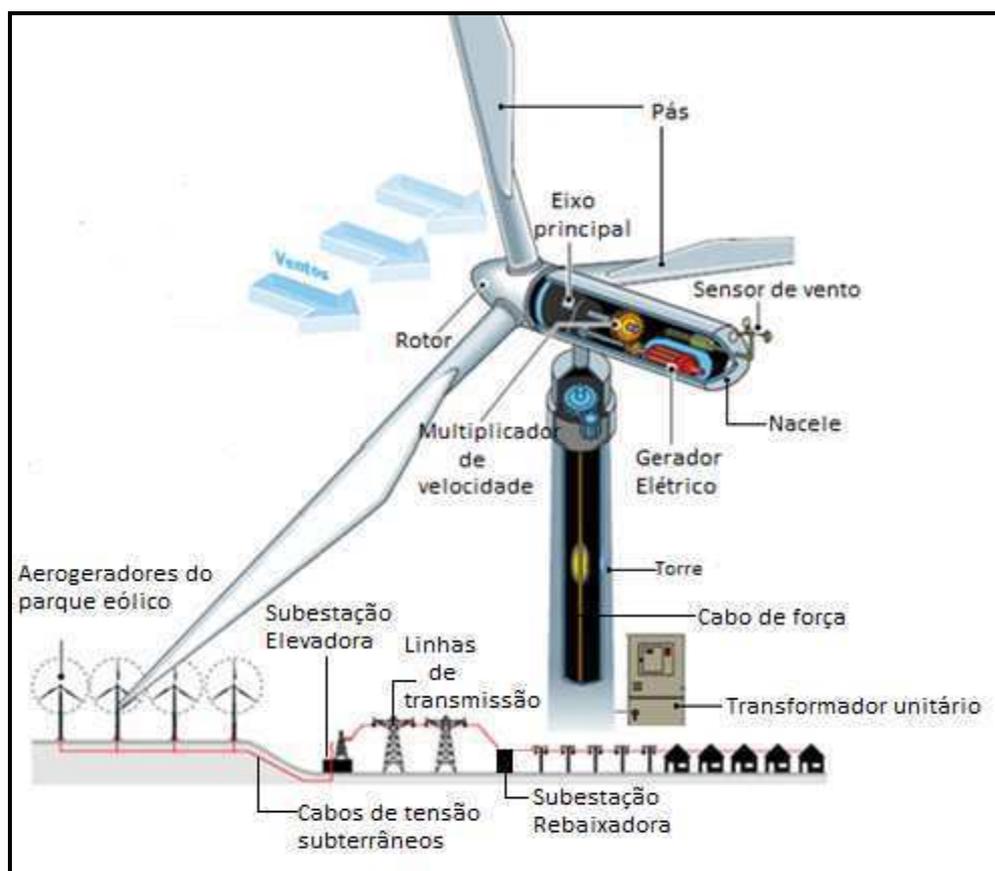
Em parques eólicos ou centrais de geração eólica, a capacidade de geração de energia é bem elevada, na faixa de dezenas ou centenas de *megawatts* (MW), e para isso, faz-se uso de um conjunto de aerogeradores conectados entre si.

A geração de energia é obtida em baixa tensão (tensão inferior a 1kV – *quilovolts*) através de geradores situados no interior da nacelle. A energia gerada é transportada através de cabos de força que conectam o gerador ao transformador unitário, localizado no interior ou exterior da base da torre do aerogerador. O transformador unitário, por sua vez eleva a tensão de geração para níveis de

distribuição, com objetivo de redução das perdas elétricas no interior do parque, transmitindo a energia gerada até a Subestação Elevadora por meio de cabos de média tensão (tensão entre 1 e 36 kV), instalados em redes de energia aéreas ou subterrâneas.

A Subestação Elevadora tem como objetivo coletar toda a potência gerada pelo parque eólico, elevando sua tensão de distribuição para níveis de transmissão, por exemplo, 69, 138, 230 kV, onde linhas de transmissão fazem a conexão entre a Subestação Elevadora do parque eólico e a subestação abaixadora da distribuidora de energia local, geralmente localizada nas proximidades urbanas, que por sua vez transforma a tensão de transmissão em níveis de distribuição para residências, indústrias, fábricas, entre outras. O processo de geração de energia elétrica, a distribuição da mesma e os componentes de um aerogerador estão representados na Figura 5.

Figura 5 - Geração e transmissão de energia elétrica em um parque eólico



Fonte: Adaptado de Energia Eólica<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Disponível em: < <http://www.linkatual.com/energia-eolica.html> >.

## **4 A GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL**

### **4.1 Histórico da energia eólica no Brasil**

Os primeiros estudos e inventários referentes à análise do potencial eólico brasileiro para aproveitamento energético foram realizados a partir da década de 1970, revelando um lento progresso do aproveitamento energético das fontes naturais do país.

Entre os anos de 1976 e 1977, o Instituto de Atividades Espaciais (IAE) realizou um processamento de dados anemométricos medidos em aeroportos brasileiros no Centro Técnico Espacial (CTE) que apontava as maiores velocidades médias anuais de vento, de 4 m/s a 10 m de altura, as quais viabilizariam tecnicamente o uso de máquinas de pequeno porte para geração de energia. Os dados obtidos apontaram o litoral nordestino e o arquipélago de Fernando de Noronha como as regiões mais promissoras para implantação de projetos-pilotos para geração de energia elétrica através dos ventos (AMARANTE et al., 2001).

Apenas em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha, foi instalada a primeira turbina eólica no Brasil, com potência instalada de 75 kW, através de uma iniciativa da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) (BRASIL, 2008).

Já em 1994, no município de Gouveia, estado de Minas Gerais foi instalada a Central Eólica Experimental do Morro do Carmelinho com capacidade nominal de 1 MW através da implantação de quatro turbinas eólicas com potência unitária de 250 kW cada. O projeto foi realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) (BRASIL, 2008).

O emergente aproveitamento mundial eólico-elétrico somado às primeiras instalações de usinas eólicas no Brasil, no fim da década de 1990, impulsionou as primeiras medições anemométricas específicas para estudos de viabilidade com utilização de torres com altura de 30 a 50 m, nos Estados do Pará, Ceará, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O avanço na tecnologia apontava para aerogeradores com torres cada vez mais altas, objetivando um melhor rendimento deste, visto que em alturas maiores o vento apresenta-se menos turbulento. (AMARANTE et al., 2001).

A primeira usina eólica a atuar como Produtor Independente de Energia Elétrica – PIE<sup>4</sup> foi a Central Eólica Taíba, instalada no município de São Gonçalo do Amarante, no estado do Ceará. Essa usina entrou em operação em janeiro de 1999 e possui 10 aerogeradores. Em abril do mesmo ano foi inaugurado o maior parque eólico do país até então, a Central Eólica da Prainha, localizada no município de Aquiraz, estado do Ceará, com 20 aerogeradores e capacidade de 10 MW (cada turbina possui 500 KW) (BRASIL, 2005).

Atualmente o país conta com inúmeros parques eólicos em operação e a geração de energia elétrica nesse segmento cresce cada vez mais. As políticas e incentivos criados pelo Governo Federal que contribuíram significativamente para a disseminação desta fonte, bem como seu fortalecimento perante outras fontes renováveis de maior participação na matriz energética brasileira serão apresentados no item a seguir.

## **4.2 Políticas e incentivos**

Em abril de 2002, com base na Lei Federal Nº 10.438, o governo criou o Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) com intuito de promover a diversificação da matriz energética brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização de características e potencialidades regionais e locais (BRASIL, 2013c).

Os empreendimentos incentivados pelo PROINFA tinham como base a geração de energia elétrica através do vento, água e biomassa.

O PROINFA era coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), gerenciado pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS) e contava com o apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) que previa uma linha de crédito de financiamento de 70% do investimento em empreendimentos do porte, excluindo deste apenas, aquisição do terreno, bens e serviços importados. Outras instituições como, Fundo Constitucional do Nordeste (BNB/FNE) e a Caixa

---

<sup>4</sup> Produtor Independente de Energia (PIE) – Criado pela lei 9.074, denomina-se a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco (BRASIL, 2013b).

Econômica Federal (CEF), também ofereceram suporte financeiro ao programa (SALINO, 2011).

O programa previa a implantação de 144 usinas, totalizando 3.299,4 MW de capacidade instalada, sendo 1.191,24 MW provenientes de 63 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), 1.422,92 MW de 54 usinas eólicas, e 685,24 MW de 27 usinas a base de biomassa (BRASIL, 2013c).

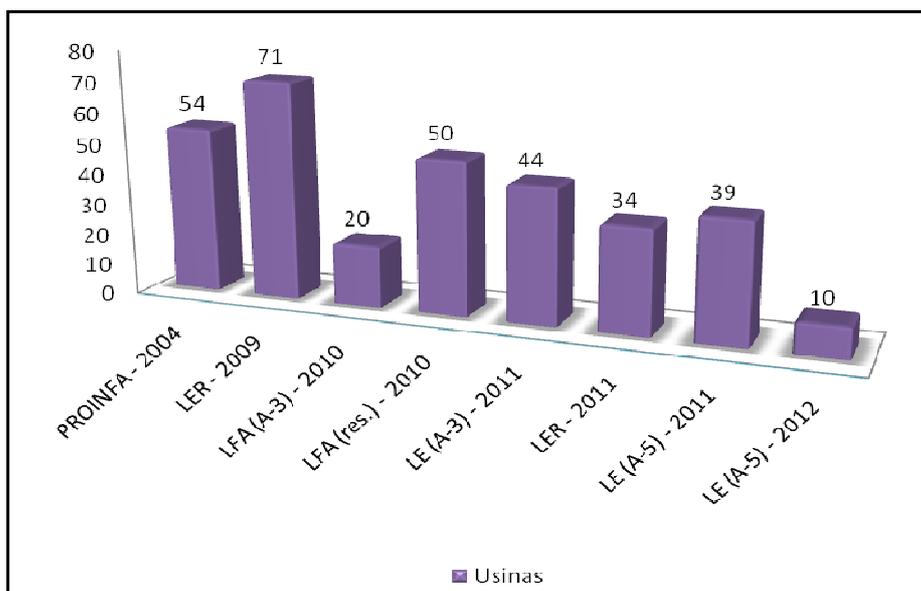
Cinco anos após a criação do PROINFA foram criados os leilões públicos de compra e venda de energia, que possuíam menor preço e critérios de qualidade ambiental. Assim, foi definido pela Lei Federal 10.848/2004 que a contratação de energia elétrica para cobertura do consumo no ambiente regulado e para a formação de lastro de reserva deveria ser feita através de leilões públicos específicos (SALINO, 2011).

Desta forma, o governo realizou até então sete leilões envolvendo contratação de energia a partir da fonte eólica, conforme segue, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética BRASIL (2009), BRASIL (2010), BRASIL (2011) e BRASIL (2012):

- a) Leilão de Energia Reserva - LER, realizado em dezembro de 2009
- b) Leilão de Fontes Alternativas - LFA (A-3), realizado em agosto de 2010
- c) Leilão de Fontes Alternativas - LFA (Reserva), realizado em agosto de 2010
- d) Leilão de Energia - LE (A-3), realizado em agosto de 2011
- e) Leilão de Energia Reserva - LER, realizado em agosto de 2011
- f) Leilão de Energia - LE (A-5), realizado em dezembro de 2011
- g) Leilão de Energia - LE (A-5), realizado em dezembro de 2012

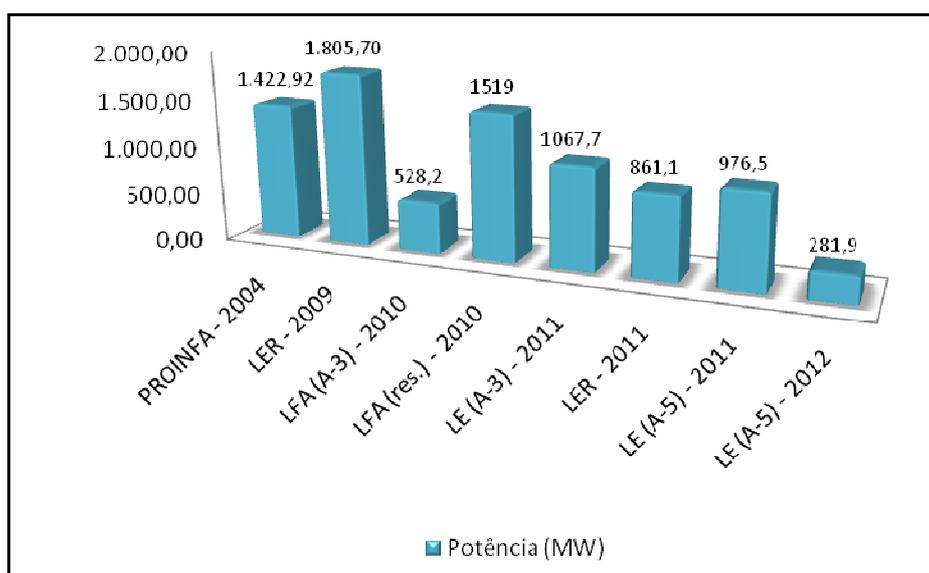
O incentivo do PROINFA e dos leilões de energia resultou na contratação de 322 usinas eólicas, totalizando 8.463,02 MW de potência instalada. Os Gráficos 2 e 3 a seguir detalham a quantidade de empreendimentos bem como o montante de potência instalada, respectivamente, contratados pelo PROINFA e por cada leilão (PANORAMA, 2012).

Gráfico 2 - Quantidade de eólicas contratadas no período de 2004 a 2012



Fonte: PANORAMA, 2012.

Gráfico 3 - Potência (MW) das eólicas contratadas de 2004 a 2009.



Fonte: PANORAMA, 2012.

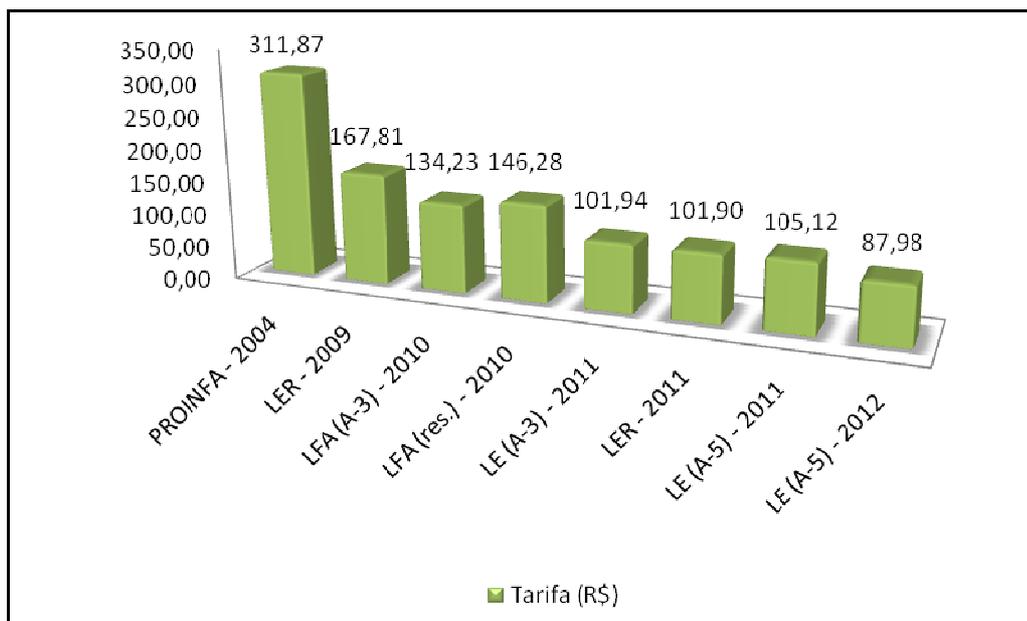
O resultado do PROINFA foi a contratação de energia eólica a uma tarifa com valores médios de R\$ 290/MWh os quais refletiam numa fonte de energia cara, sem capacidade de disputar contratos com usinas de biomassa e PCHs, cujos custos eram mais baixos e apresentavam uma cadeia de fornecedores já consolidada no mercado brasileiro (PANORAMA, 2012).

Após realização do Leilão de Energia Reserva de 2009, exclusivo para contratação de energia eólica, a média das tarifas contratadas foi de R\$

148,39/MWh, quase a metade do preço oferecido pelo PROINFA (PANORAMA, 2012).

As tarifas médias de energia das usinas eólicas contratadas pelo PROINFA e Leilões de energia são ilustradas no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Tarifa média (R\$/MWh) de contratação da eólica no período de 2004 a 2012.



Fonte: PANORAMA, 2012.

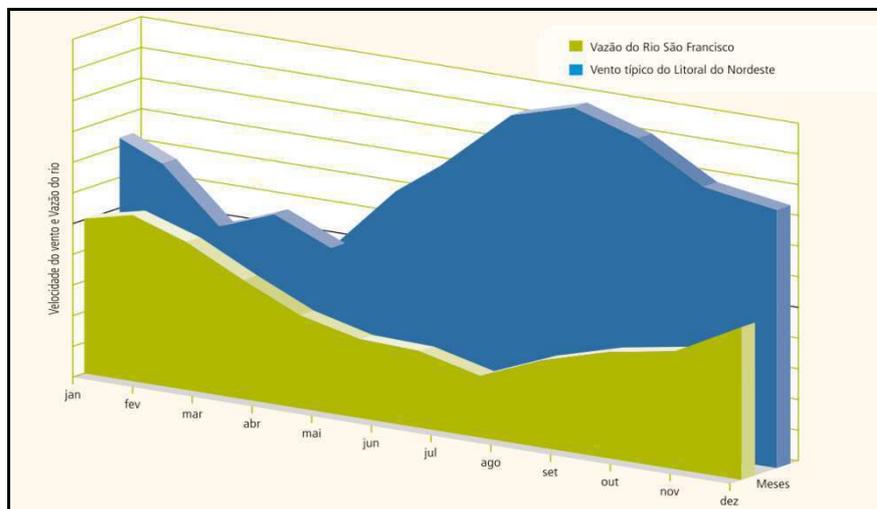
Percebe-se uma redução significativa no preço das tarifas obtidas nos leilões de energia. Esse ocorrido levou as usinas eólicas a concorrer no mesmo patamar de outras fontes tradicionais como usinas térmicas, a gás natural e até usinas hidrelétricas.

Como exemplo, pode-se citar o resultado do último leilão realizado em 2012, onde 10 usinas eólicas foram contratadas a uma tarifa média de R\$ 87,94/MWh e duas usinas hidrelétricas a uma tarifa média de R\$ 93,43/MWh (LEILÃO, 2012).

Outro fator importante como incentivo para implantação de parques eólicos é a possibilidade de complementaridade entre a geração hidrelétrica e a geração eólica, visto que o maior potencial eólico, na região Nordeste, ocorre durante o período de menor disponibilidade hídrica, conforme ilustrado no Gráfico 5. Essa complementaridade entre as fontes Hídrica e Eólica é um importante estímulo ao uso

destas, contribuindo para uma maior confiabilidade e estabilidade do sistema elétrico Brasileiro.

Gráfico 5 - Complementaridade entre geração hidrelétrica e eólica.



Fonte: ATLAS, 2005.

Segundo SALINO (2011), a atenção especial que a energia eólica vem recebendo nos últimos anos é devido a algumas características dessa fonte, como, o vasto potencial eólico nacional, a complementaridade, a distribuição geográfica que se estende por diferentes áreas, até mesmo em áreas socialmente carentes e o desenvolvimento do Brasil em tecnologias nessa área, acompanhando o ritmo internacional. Designando a energia eólica como fonte complementar a geração hídrica na matriz energética brasileira.

### 4.3 Diagnóstico da Energia Eólica no Brasil

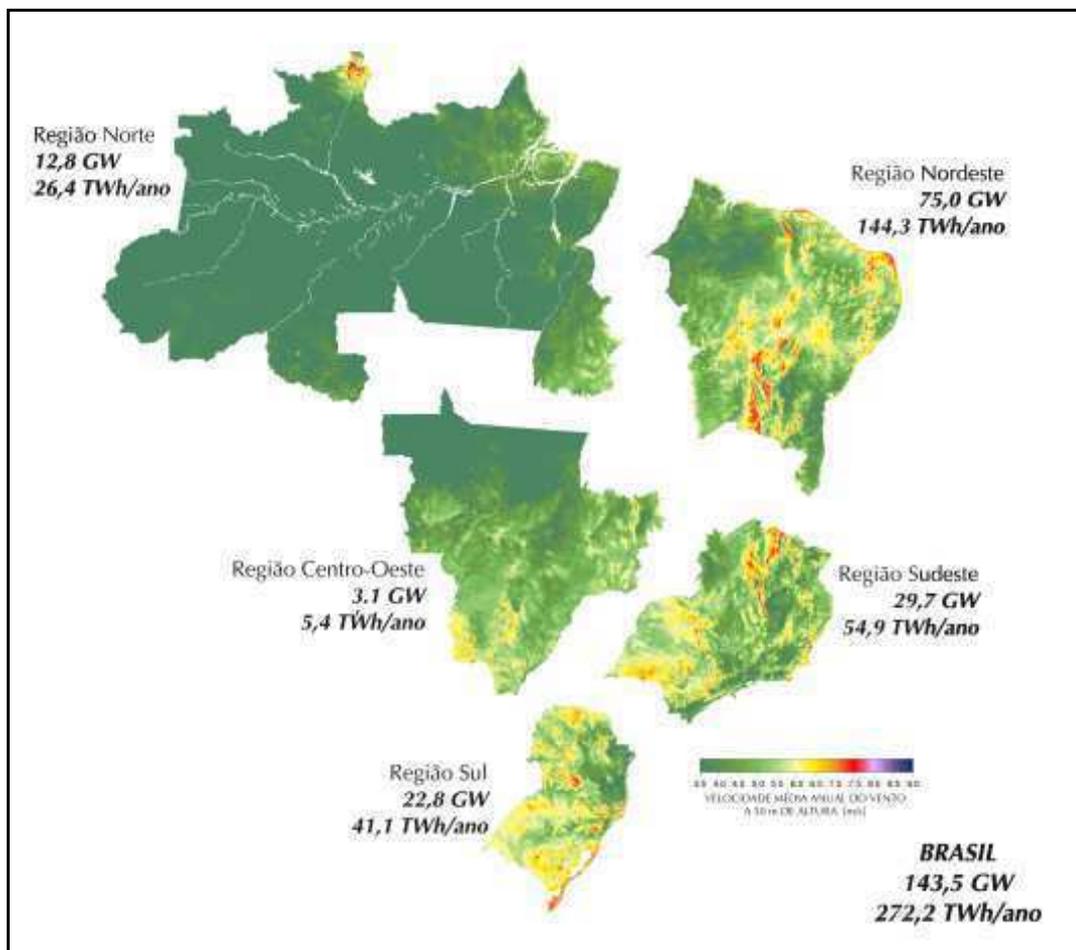
De acordo com o Amarante et al. (2001), o Brasil apresenta um potencial eólico aproximado de 143,5 GW, não incluindo o potencial *off-shore*<sup>5</sup>.

Esse resultado levou em consideração a tecnologia de geração eólica empregada na época, onde as torres dos aerogeradores apresentavam até 50 m de altura.

<sup>5</sup> Potencial de geração eólica da costa brasileira.

O potencial eólico de cada região pode ser verificado na Figura 6. Destaque para a Região Nordeste com potencial 75 GW, correspondente a 52,3% do potencial nacional (AMARANTE, 2001).

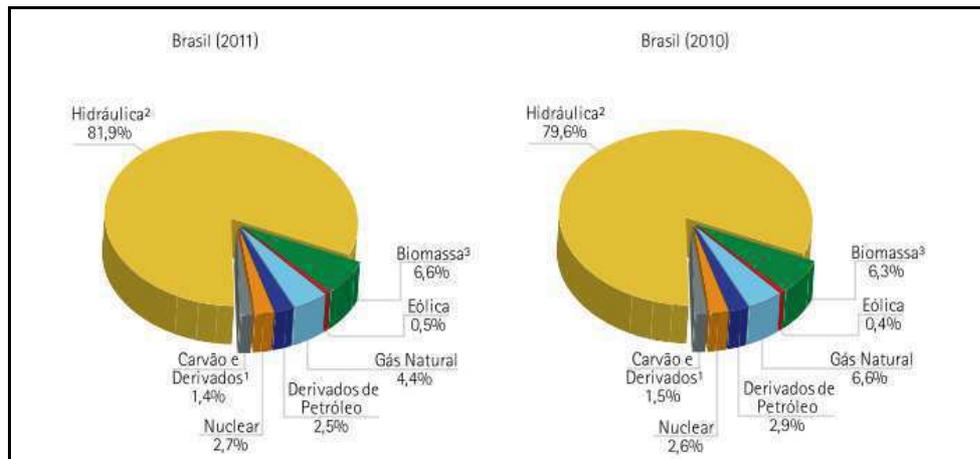
Figura 6 - Potencial eólico por região do Brasil.



Fonte: AMARANTE, 2001.

Segundo BRASIL (2012), a participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira atingiu 88,9% com destaque para geração eólica com expansão de +24,3%, conforme matrizes energéticas brasileiras de 2010 e 2011 representadas no Gráfico 7.

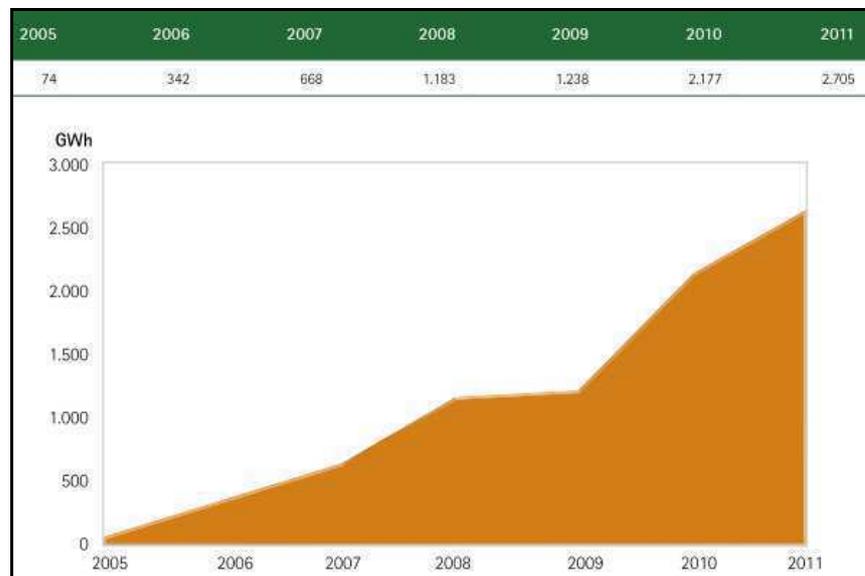
Gráfico 6 - Matrizes energéticas brasileira dos anos 2010 e 2011



Fonte: BRASIL, 2012b.

A evolução da geração eólica no Brasil entre os anos de 2005 a 2011 pode ser visualizada no Gráfico 7. O aumento mais significativo ocorreu entre os anos 2009 e 2010, com 939 GWh de energia gerada (BRASIL, 2012b).

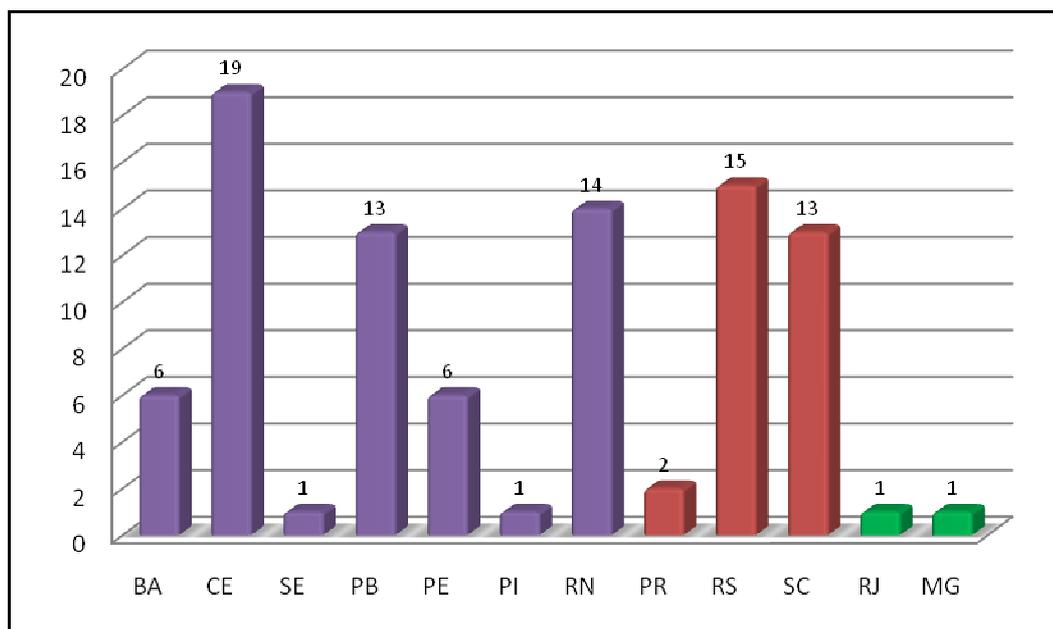
Gráfico 7 - Evolução da geração eólica



Fonte: BRASIL, 2012b.

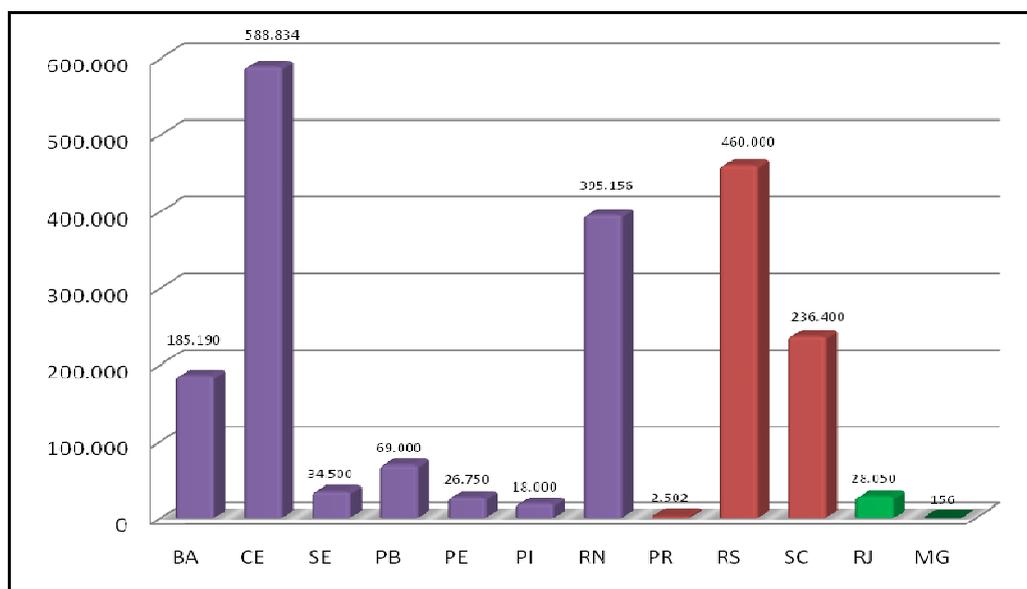
Segundo a Brasil (2013b) um total de 92 usinas eólicas encontram-se em operação, totalizando cerca de 2,04 GW de potência instalada. O total de usinas eólicas distribuídas nos estados brasileiros e o seu respectivo montante de geração são ilustrados nos Gráficos 8 e 9 respectivamente. A lista de empreendimentos em operação encontra-se no Anexo A.

Gráfico 8 - Quantidade de usinas eólicas em operação por estado brasileiro.



Fonte: BRASIL, 2013b.

Gráfico 9 - Potência instalada (kW) das usinas eólicas em operação.

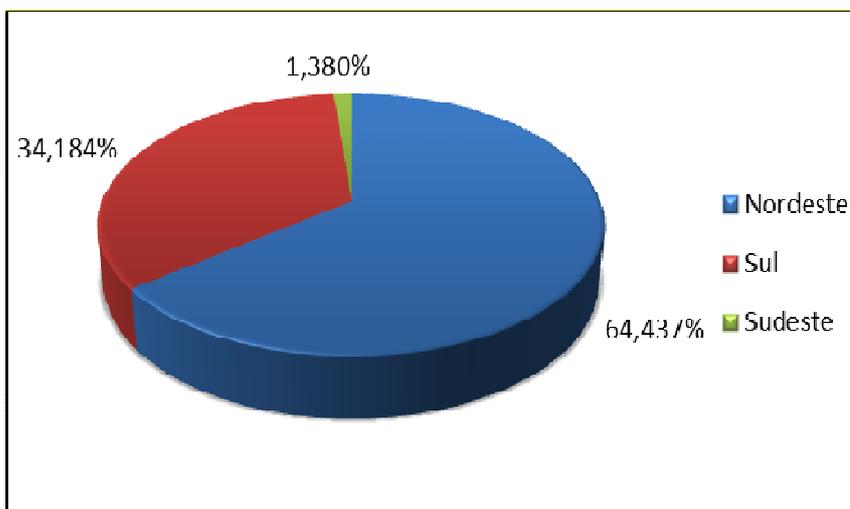


Fonte: BRASIL, 2013b.

O estado que possui o maior número de eólicas em operação é o Ceará. Segundo LEGISLAÇÃO (2012), esse estado foi um dos primeiros a apostar no vento para geração de energia, e vem tentando agilizar o processo de licenciamento ambiental de parque eólicos, exigindo apenas um Relatório Ambiental Simplificado (RAS) para os projetos, durante a fase de licenciamento prévio.

Enfatizando a comparação da geração eólica entre as regiões brasileiras, observa-se que mais da metade da potência instalada proveniente de usinas eólicas no Brasil se encontra na Região Nordeste, conforme Gráfico 10.

Gráfico 10 - Potência instalada em regiões brasileiras

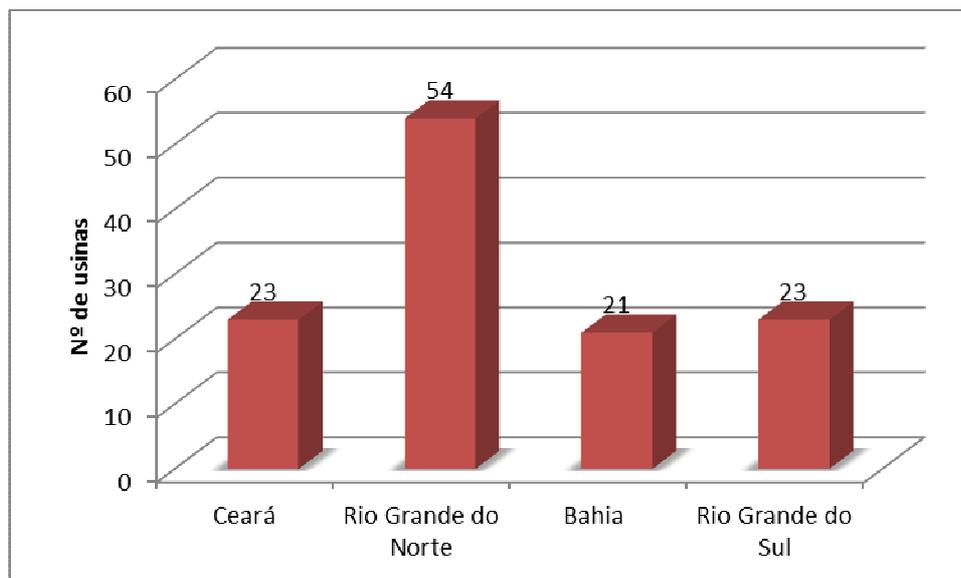


Fonte: AGÊNCIA, 2013b.

No que diz respeito a empreendimentos eólicos na fase de implantação, segundo Brasil (2013a) um total de 121 usinas estão com obras iniciadas entre os Estados do Ceará, Bahia, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul. A lista de empreendimentos com obras iniciadas encontra-se no Anexo B.

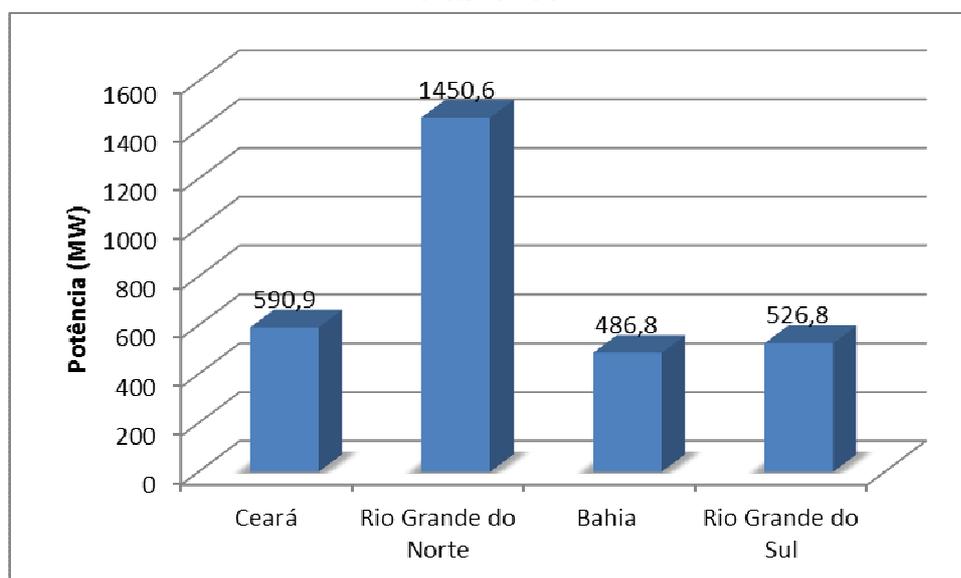
A comparação entre a quantidade e potência dos empreendimentos, com obras iniciadas, por estado pode ser visualizada nos Gráficos 11 e 12, onde é observada a superioridade de obras no estado do Rio Grande do Norte, no total de 54, resultando numa potência instalada futura de 1450,6 MW.

Gráfico 11 - Quantidade de eólicas com obras em andamento nos estados brasileiros.



Fonte: BRASIL, 2013a.

Gráfico 12 - Potência das eólicas com obras em andamento nos estados brasileiros.



Fonte: BRASIL, 2013a.

Esse aumento de obras no Rio Grande do Norte deve-se ao trabalho que o estado vem desenvolvendo desde 2006, procurando oferecer condições básicas para regularização fundiária de áreas próprias para instalação de empreendimentos eólicos, intermediando a negociação entre os pequenos proprietários e as grandes empresas. Na área de licenciamento ambiental, foi criado um núcleo especializado

em projetos eólicos dentro do órgão ambiental do estado. Todo o incentivo do governo do estado tornou o Rio Grande do Norte, o estado brasileiro com o maior número de projetos eólicos em desenvolvimento LEGISLAÇÃO (2012).

O Nordeste é a região que mais tem se destacado nos estudos de vento, mapas eólicos desenvolvidos pelo Centro Brasileiro de Energia Eólica mostram que a área possui uma das melhores incidências de vento do mundo, apresentando considerável velocidade de vento, baixa turbulência e uniformidade (BRASIL, 2012a).

Mesmo com outras regiões brasileiras como sul e sudeste também apresentando elevados índices de velocidade de ventos, a chegada de parques eólicos no nordeste teve outros atrativos como parcelas de terras disponíveis a preços acessíveis em relação a outras regiões, incentivos governamentais como rapidez nas autorizações e emissões de licenças ambientais, além da mão de obra disponível e mais barata.

Diante do exposto nesse capítulo, observa-se que a Região Nordeste apresenta o maior potencial de geração eólica no Brasil, bem como as maiores quantidades de usinas eólicas nas fases de operação e instalação, com destaque para os estados Ceará e Rio Grande do Norte.

Sendo assim, no próximo capítulo serão analisados os principais impactos ambientais e suas respectivas medidas mitigadoras de usinas eólicas implantadas nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte, já que são as áreas do Brasil que possuem a maior quantidade de parques eólicos. Tendo em vista que a vida útil estimada de um parque eólico é de 20 anos, é de suma importância que se faça uma análise dos estudos existentes, para que após o encerramento da atividade, a área possa ser destinada a um novo uso.

## 5 ENERGIA EÓLICA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

O uso da energia eólica para produção de energia elétrica apresenta várias vantagens quando comparada com o uso dos combustíveis fósseis, um exemplo dessas vantagens é a não emissão de poluentes na atmosfera. No entanto, o uso dessa tecnologia também envolve alguns impactos ambientais cuja magnitude depende da localização e dimensão do projeto.

Estudos realizados sobre o potencial eólico brasileiro apontam, de modo geral, três condições topográficas para instalação de parques eólicos, são elas: Zona Costeira, Serras e Planícies interiores (onde se incluem os sertões no nordeste, região amazônica no norte e campos no sul), as quais estão relacionadas intimamente com a presença ou ausência de cobertura vegetal (BRASIL, 2005).

Segundo estudos realizados pela Brasil (2005), a condição topográfica Zona Costeira apresenta como áreas de maior potencial eólico, as regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, as quais registram uma média de velocidade de vento que vai de 6,0 a 8,0 m/s. Apesar de ser uma zona de baixa altitude, os ventos fortes presentes nessas áreas ocorrem devido à proximidade com o oceano onde os ventos atuam de maneira mais enérgica, desimpedidos de obstáculos. No Nordeste o estado de maior destaque é o Rio Grande do Norte, que apresenta velocidade de vento maior ou igual a 8,0 m/s.

Por serem regiões elevadas, as serras também apresentam alto potencial eólico, sendo a média de vento para essas áreas de 7,0 a 11 m/s (Brasil, 2005). No estado do Ceará a implantação de parques eólicos em áreas de serras já encontra-se aquecida, principalmente nas áreas de chapadas como o planalto da Ibiapaba, oeste do estado.

Quanto às planícies interiores a média de ventos é de 4,5 a 7,0 m/s (Brasil, 2005). Pelo fato de ser uma região de baixa altitude e em algumas regiões, como a Floresta Amazônica, apresentar vegetação predominantemente densa, é a condição topográfica com menor potencial eólico.

Seja qual for a condição topográfica, observa-se que os ventos mais fortes são predominantes nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste do País, sendo este o principal motivo pelo qual essas regiões apresentam maior número de parques

eólicos, já que a escolha da região para instalação desses parques depende das condições de vento do local.

O que se pode observar é que a maioria dos parques eólicos estão inseridos em locais de interesse conservacionista, ou seja, em áreas de proteção ambiental, isso aumenta a importância de uma avaliação de impactos ambientais, da proposição de medidas mitigadoras para os impactos negativos identificados, bem como a elaboração dos planos de monitoramento, antes da implantação do projeto

Entre essas áreas de interesse ambiental, pode-se citar principalmente a zona costeira que por possuir um imenso potencial eólico atraiu a atenção de investidores e empresários do setor energético, porém possui umas das áreas mais frágeis ambientalmente. As praias, dunas móveis e fixas, lagoas e manguezal apresentam rico ecossistema e intensa dinâmica na paisagem como forte migração de sedimentos que equilibram o ambiente litorâneo; importantes aquíferos e fontes de água doce, rica flora e fauna, além de uma beleza paisagística que enobrecem a região e alimenta o setor turístico (PINHEIRO, 2009 e CLAUDINO-SALES, 2005).

Já nos setores mais elevados de serras, a fragilidade está relacionada a áreas com declividade acentuada como nas vertentes íngremes, também consideradas áreas de proteção ambiental (PINHEIRO, 2009 e CLAUDINO-SALES, 2005).

Diante do crescente desenvolvimento da tecnologia associada à produção de energia eólica é provável que haja um aumento no número de parques eólicos instalados. Levando em consideração os impactos que estes causam sobre o ambiente, a economia, a população e o desenvolvimento local, é fundamental que os projetos eólicos sejam sujeitos ao processo de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) de acordo com a legislação nacional vigente.

## **5.1 Avaliação de Impacto Ambiental**

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) surgiu pela primeira vez nos Estados Unidos da América (EUA) em 1969, decorrente da lei da política nacional do meio ambiente desse país, a *National Environmental Policy* usualmente conhecida pela sigla NEPA. Essa lei entrou em vigor no dia 1º de janeiro de 1970. A Avaliação surge

como atividade obrigatória, a ser realizada antes de serem tomadas decisões que possam gerar efeitos negativos no meio ambiente (SÁNCHEZ 2008).

Segundo Sánchez (2008) a AIA foi resultado de um processo político que buscou atender a uma demanda social mais amadurecida nos EUA nos final da década de 1960, entretanto a AIA foi evoluindo ao longo do tempo, sendo modificada conforme experiências eram adquiridas na prática, modificou-se ou adaptou-se de acordo com os contextos culturais e políticos nos quais a AIA era aplicada, mas sempre atendendo ao objetivo principal de prevenir a degradação ambiental e auxiliar nas tomadas de decisões, para que as consequências sejam apreendidas antes das tomadas de decisões.

### 5.1.1 Avaliação de Impacto Ambiental no Brasil

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) foi firmada no Brasil a partir da legislação federal, instituída com a Lei 6.803, de 2 de julho de 1980, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição e dá outras providências. Posteriormente foi criada a Lei nº 6.938, de 31 de agosto 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, abordando a AIA com um dos instrumentos dessa lei e a incorporando definitivamente na legislação brasileira (RIBEIRO, 2004 in PHILLIPI Jr., et al, 2004).

Em 1986 a parte específica da Lei nº 6.938/1981 que se refere à AIA, foi regulamentada, e a partir de então o instrumento passou a ser devidamente aplicado. Essa regulamentação foi atribuída ao Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que aprovou a Resolução 001/1986, em 23 de janeiro do referido ano, que “Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental” (SÁNCHEZ, 2008).

Essa resolução trouxe muitas contribuições para a Avaliação de Impactos Ambientais, seguem algumas dessas contribuições:

a) O Artigo 1º da resolução CONAMA 001/86 define impacto ambiental como:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;  
V - a qualidade dos recursos ambientais.

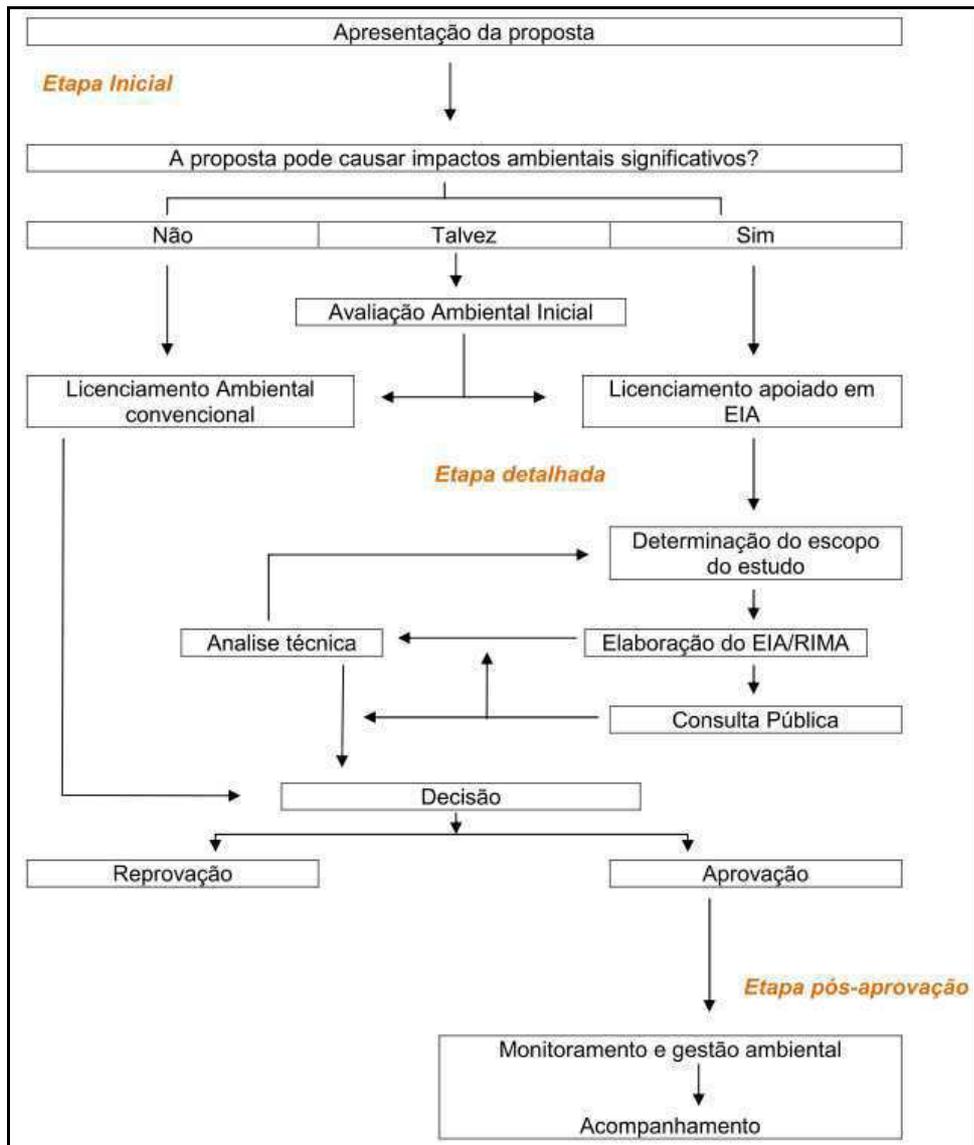
- a) lista de atividades sujeitas ao EIA/RIMA, a serem analisados pelo órgão ambiental estadual como condição para licenciamento ambiental;
- b) diretrizes gerais para preparação do estudo de impacto ambiental;
- c) conteúdo mínimo para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA);
- d) conteúdo mínimo do EIA;
- e) o EIA deve ser realizado por equipe multidisciplinar independente do proponente do projeto;
- f) as despesas de elaboração dos estudos serão por conta do empreendedor;
- g) o RIMA (Relatório de Impacto Ambiental), deverá estar acessível ao público, devendo este ser elaborado em linguagem não-técnica.

A AIA é um processo amplo no qual estão incluídos o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e demais tipos de estudos ambientais. Esses estudos compõem uma das etapas do processo de AIA, que abrange desde a apresentação da proposta de um plano, projeto ou programa até a etapa de pós-aprovação ou reprovação.

O objetivo da AIA é analisar as possíveis consequências que a proposição de uma atividade humana possa causar no meio ambiente (Ribeiro, 2004 in Phillipi Jr., et al, 2004).

Segundo Sánchez (2008) essa análise compreende basicamente três etapas: a) Etapa inicial de análise da proposta; b) Etapa detalhada, que só ocorre quando é diagnosticado que a proposta pode causar impactos negativos significativos no meio ambiente, seguindo-se então para elaboração e análise dos estudos ambientais, até a aprovação ou reprovação da proposta; e por fim c) Etapa pós-aprovação, a qual só ocorre em sequência de um resultado positivo da proposta, nessa etapa são executados os planos de monitoramento e gestão ambiental. O Quadro 1 mostra as etapas do processo de AIA.

Quadro 1 - Etapas da Avaliação de Impacto Ambiental



Fonte: SANCHEZ (2008).

A elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) é a etapa central e uma das mais importantes do processo de avaliação. Elaborado por uma equipe multidisciplinar é um documento onde estão reunidas as informações do tipo: descrição do projeto, diagnóstico do meio ambiente na área de influência do empreendimento, identificação e análise dos impactos, proposição de medidas mitigadoras, compensatórias e potencializadoras e planos de monitoramento (Ribeiro, 2004 in Phillipi Jr., et al, 2004). Sendo, portanto a etapa que consome mais tempo e recursos dentro do processo de AIA. Além de ser um instrumento que auxilia na tomada de decisão quanto à aprovação ou não de um

projeto, as informações contidas nesse documento permitirão uma análise mais precisa do custo-benefício.

Todo esse processo está voltado principalmente para análise dos impactos ambientais que o empreendimento poderá causar na área escolhida para implantação do mesmo.

## **5.2 Licenciamento Ambiental**

O processo de AIA no Brasil está diretamente ligado ao licenciamento ambiental, esse instrumento está presente na legislação brasileira por meio de Leis e Resoluções, e é ele quem determina se o empreendimento pode ser instalado ou não, uma vez que só é possível iniciar a instalação do empreendimento após a obtenção das licenças prévia e de instalação, estas são emitidas pelos órgãos ambientais competentes, mediante análise dos estudos de impacto ambiental (FOGLIATTI et al., 2004).

Com o surgimento da Lei 6.938/81 o Licenciamento Ambiental adquiriu um caráter amplo de aplicação dentro das atividades com potencial de impactar o meio ambiente, de acordo com o Artigo 10 dessa Lei, a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidoras, ou capazes de causar qualquer degradação no meio ambiente dependerão de prévio Licenciamento Ambiental (FOGLIATTI et al., 2004).

Em 1997 o processo de Licenciamento Ambiental sofreu algumas modificações e alterações, através da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Essa Resolução preencheu algumas lacunas existentes a respeito do licenciamento, a mesma traz entre outras coisas, os prazos de validades para cada tipo de licença ambiental, as competências do licenciamento, a fixação de prazos máximos para análise dos estudos ambientais e todas as etapas do licenciamento (SÁNCHEZ, 2008).

No caso das usinas eólicas, para que um empreendedor possa participar de um leilão para contratação de energia eólica, é obrigatória a apresentação de Licença Prévia (LP) emitida pelo órgão ambiental competente, sendo este um

requisito para que se possa participar do leilão. Essa licença geralmente é obtida com a elaboração de um Relatório Ambiental Simplificado (RAS) (BRASIL, 2007).

Após o leilão a empresa terá que solicitar junto ao órgão ambiental a Licença Instalação (LI), esta geralmente é concedida após elaboração de um EIA/RIMA, ou outro estudo, conforme solicitar o órgão ambiental competente. Posteriormente a LI é requerida a Licença Operação (LO), sendo a última licença a ser emitida, a mesma autoriza a operação do empreendimento, após verificação do cumprimento de todas as condicionantes das licenças anteriores (CONAMA. MMA, 2012)

O processo de emissão de LP pode variar de estado para estado, um exemplo claro que pode ser citado é o do Rio Grande do Norte, que por meio da Instrução Normativa IDEMA nº 1 de 24/01/2013, modifica o tipo de estudo requerido para a emissão da LP, quando a instalação do empreendimento prevê intervenção em Área de Preservação Permanente (APP), nesse caso o estudo não mais será um RAS, mas sim um EIA/RIMA.

### **5.3 Identificação dos impactos ambientais**

Tendo em vista a presença vultosa e o aumento de empreendimentos eólicos no Nordeste brasileiro, em especial no Ceará e Rio Grande do Norte, considera-se importante à análise dos estudos ambientais, do tipo EIA/RIMA, realizados. A partir da análise de alguns desses estudos, foi possível fazer um levantamento dos impactos ambientais mais significativos decorrentes dessa atividade.

Os impactos ambientais significativos resultantes de um empreendimento eólico podem ser vistos na Tabela 1. A identificação desses impactos foi feita com base em Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) elaborados para empreendimentos eólicos nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, visto que os referidos estados apresentam os maiores números de parques eólicos nas fases de instalação e operação.

Impactos ambientais significativos são considerados, impactos com grande potencial de causar alterações no meio ambiente, os quais apresentam como resposta a perda da qualidade do meio, quando o impacto é adverso, ou ganho quando benéfico (GEOCONSULT, 2012b).

Os impactos foram analisados por meio afetado (físico, biótico e antrópico): O meio físico é composto pelas águas superficiais e subterrâneas, relevo, solos e ar; compõe o meio biótico a fauna e a flora; o meio antrópico é composto pelos seres humanos e seus relacionamentos entre si e com os demais elementos. Também se analisou os impactos, por fase de empreendimento (planejamento, implantação e operação):

a) fase de planejamento:

— consiste em uma fase de estudos e projetos. As intervenções diretas dessa fase na área do empreendimento geralmente são pouco significativas, pois trata-se de uma fase em que são realizados *in loco* apenas levantamento e mapeamento da área;

b) fase de implantação:

— essa é a fase que mais causa intervenções no meio ambiente, uma vez que envolve desde a contratação de mão de obra, supressão vegetal, construções de vias de acesso, atividades de terraplanagem, construção do canteiro de obras, montagem dos aerogeradores até a desmobilização e limpeza geral da obra;

c) fase de operação:

— nesta fase ocorre a geração de energia elétrica e a manutenção dos equipamentos.

O método usado para apresentação dos impactos identificados foi o método de avaliação Listagem de Controle Simples (*Check List*). Essa lista tem por finalidade o levantamento dos impactos mais relevantes nos meios físico, biótico e antrópico (FOGLIATTI et al., 2004).

A Tabela 1 traz os principais impactos significativos dos RIMAs elaborados pelas empresas de consultoria ambiental para o processo de licenciamento.

Tabela 1 - Lista de Impactos Ambientais Significativos em Parques Eólicos

IMPACTOS AMBIENTAIS	MEIO IMPACTADO			FASE DO EMPREENDIMENTO		
	MF	MB	MA	PL	IM	OP
Identificação e Delimitação das áreas de interesse ambiental						

Continuação da tabela 1.

IMPACTOS AMBIENTAIS	MEIO IMPACTADO			FASE DO EMPREENDIMENTO		
	MF	MB	MA	PL	IM	OP
Geração de emprego, ocupação/renda						
Afugentamento da fauna						
Aumento na geração de resíduos sólidos						
Risco de contaminação dos solos						
Risco ao patrimônio arqueológico						
Emissão de ruídos e poeiras						
Riscos de acidentes de trabalho						
Transtornos devido ao fluxo de veículos						
Perda da cobertura vegetal						
Aumento dos processos erosivos						
Alterações morfológicas						
Alterações na paisagem						
Segurança operacional						
Aumento do valor da terra						
Oferta de energia elétrica						
Aproveitamento de fonte de energia renovável						
Morte da Avifauna e Quiropteroфаuna						
Preservação da qualidade dos parques eólicos						
Preservação das áreas de interesse ambiental						

Fonte: GEOCONSULT (2010, 2011a, 2011b, 2012a, 2012b).

Legenda: MF – Meio Físico; MB – Meio Biótico; MA – Meio Antrópico; PL – Planejamento; IM – Implantação; OP – Operação.

De acordo com a Tabela 1, os impactos positivos são maiores sobre o meio antrópico. Esses impactos são sentidos de forma mais acentuada na fase de instalação, principalmente pela geração de empregos diretos e indiretos durante as obras do parque eólico.

Já os meios físico e biótico são os mais afetados negativamente pela implantação de um parque eólico. Os impactos negativos se dão diretamente nesses meios, principalmente, na fase de implantação quando são alterados relevo, solo, água, vegetação entre outros (GEOCONSULT, 2012a).

Entretanto o meio biótico apresentou mais impactos que o meio físico, pois geralmente é necessário a retirada da vegetação para construção de estradas de acessos e plataforma dos aerogeradores e com isso a fauna é diretamente afetada com a perda do habitat. É na fase de implantação que ocorre a maioria dos impactos ambientais positivos ou negativos, logo nesta fase ocorrem muitas mudanças na área devido as obras de instalação do empreendimento (GEOCONSULT, 2012b).

Quantitativamente, 55% dos impactos listados afetam apenas o meio antrópico, 15% apenas o meio biótico e 10% apenas o meio físico. Alguns impactos ambientais afetam não só o meio físico, mas o biótico e até mesmo o antrópico, como por exemplo o aumento na geração de resíduos sólidos. Nos impactos analisados, 10% afetam o meio físico e biótico ou biótico e antrópico e 10% afetam os três meios analisados.

Os impactos sobre os meios afetados dependem da área de instalação do parque eólico, se a área a ser instalado for zona litorânea com a presença de dunas móveis, os impactos sobre o meio físico serão maiores do que sobre o meio biótico, porém se o mesmo for instalado em setores elevados de serras ou mesmo a planície interior (como sertão ou tabuleiros) onde há uma maior predominância de vegetação, os impactos sobre o meio biótico nesse caso serão maiores que sobre o meio físico. Em todos os casos o meio antrópico geralmente é o mais impactado (GEOCONSULT, 2012b e PINHEIRO, 2009).

Entretanto verificou-se, na análise, uma forte tendência dos estudos ambientais RIMAs elaborados por empresas de consultoria, de considerar uma grande gama de impactos positivos significativos no meio antrópico o que de certa forma, pode confundir a análise dos impactos ambientais em relação aos impactos

significativos sobre os meios físicos e bióticos que sempre estão quantitativamente menores que o meio antrópico.

## 5.4 Classificação dos Impactos Ambientais Identificados

A classificação adotada neste trabalho é baseada em FOGLIATTI, et al. (2004), a qual contempla seis categorias de classificação de impactos, que permitem conhecer melhor os efeitos dos impactos ambientais. Diversas categorias podem ser usadas na classificação dos impactos, geralmente cada equipe multidisciplinar ao analisar os impactos adota sua própria classificação.

Quadro 2 – Categorias de classificação dos Impactos Ambientais

Valor	{	<b>Positivo (P)</b>	Quando produz um resultado benéfico.
		<b>Negativo (N)</b>	Quando produz um resultado adverso.
Espaço de ocorrência	{	<b>Local (EL)</b>	Quando o projeto em questão afeta apenas a área onde está sendo implantada.
		<b>Regional (ER)</b>	Quando os efeitos são sentidos forma da área do entorno do projeto.
		<b>Estratégico (EE)</b>	Quando os efeitos do projeto de estendem para fora das áreas de influência do projeto.
Tempo de ocorrência	{	<b>Imediato (TI)</b>	Quando surge no momento da implantação do projeto.
		<b>Médio ou longo prazo (TM)</b>	Quando o efeito aparece depois de certo tempo da implantação do projeto.
		<b>Permanente (TP)</b>	Quando mesmo depois de cessada a atividade que causa o efeito, o mesmo continua.
Reversibilidade	{	<b>Reversível (RR)</b>	Quando alguma ação desenvolvida interrompe o eu efeito.
		<b>Irreversível (RI)</b>	Quando seu efeito permanece ao longo do tempo
Chance de ocorrência	{	<b>Determinístico (CD)</b>	Quando se tem a certeza da ocorrência do impacto.
		<b>Probabilístico (CP)</b>	Quando a ocorrência é duvidosa.
Incidência	{	<b>Direto (ID)</b>	Quando o Impacto limita-se as áreas direta e indireta do empreendimento.
		<b>Indireto (II)</b>	Quando o impacto se estende para fora das áreas de influência do empreendimento.

Fonte: FOGLIATI et al. (2004)

A Tabela 2 apresenta a classificação dos impactos ambientais identificados na análise dos estudos ambientais selecionados para este trabalho.

Tabela 2 - Classificação dos Impactos Ambientais identificados

IMPACTOS AMBIENTAIS	CLASSIFICAÇÃO													
	P	N	EL	ER	EE	TI	TM	TP	RR	RI	CD	CP	ID	II
Identificação e Delimitação das áreas de interesse ambiental														
Geração de emprego, ocupação/renda														
Afugentamento da fauna														
Aumento na geração de resíduos sólidos														
Risco de contaminação dos solos														
Risco ao patrimônio arqueológico														
Emissão de ruídos e gases														
Riscos de acidentes de trabalho														
Transtornos devido ao fluxo de veículos														
Perda da cobertura vegetal														
Aumento dos processos erosivos														
Alterações morfológicas														
Alterações na paisagem														
Segurança operacional														
Aumento do valor da terra														
Oferta de energia elétrica														
Aproveitamento de fonte de energia renovável														
Morte da Avifauna e Quiropterofauna														

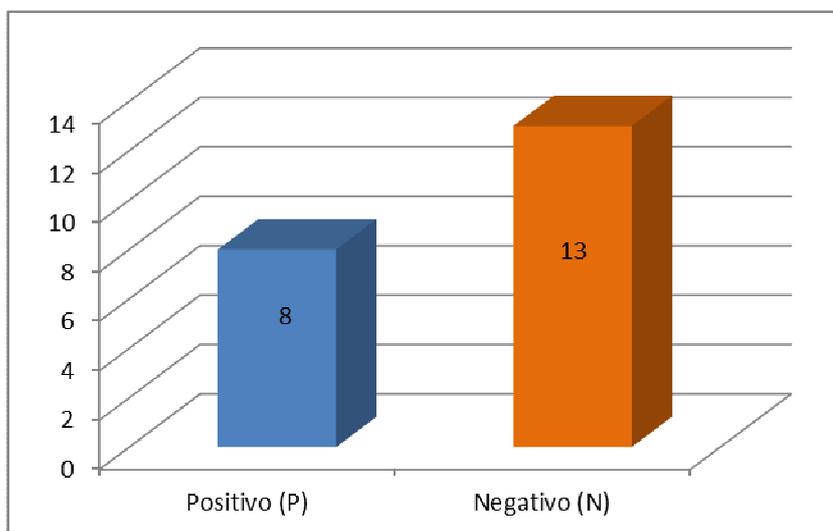
Continuação da Tabela 2.

IMPACTOS AMBIENTAIS	CLASSIFICAÇÃO													
	P	N	EL	ER	EE	TI	TM	TP	RR	RI	CD	CP	ID	II
Preservação da qualidade dos parques eólicos	█		█				█		█			█	█	
Preservação das áreas de interesse ambiental	█		█				█		█		█		█	

Org.: Leiliane Nóbrega. Baseado em: FOGLIATTI et al., (2004) e GEOCONSULT (2010, 2011a, 2011b, 2012a, 2012b).

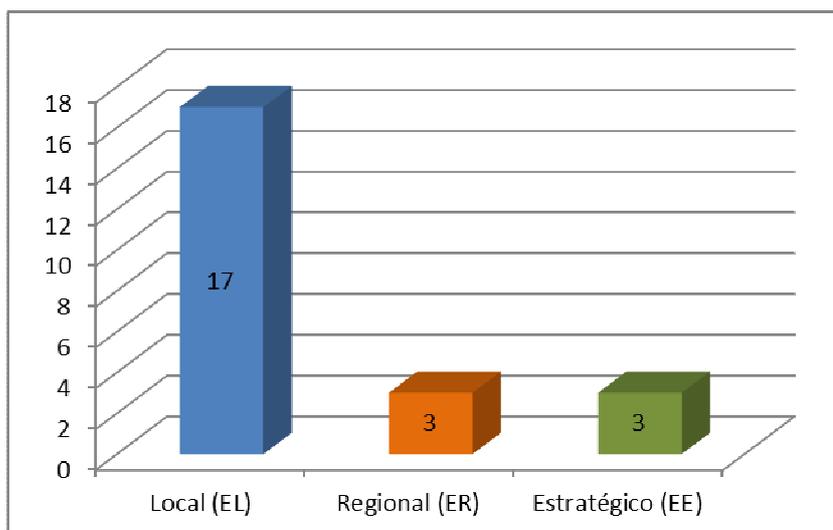
De acordo com a classificação dos impactos, podemos considerar que na categoria valor, os impactos negativos foram superiores aos impactos positivos. Entretanto, a maioria possui espaço de ocorrência local, de modo que a boa parte dos impactos são sentidos no local onde o empreendimento está sendo implantado. Os Gráficos 13 e 14 representam as categorias valor e ocorrência dos impactos, respectivamente.

Gráfico 13 - Quantificação da categoria de classificação valores



Org: Leiliane Nóbrega

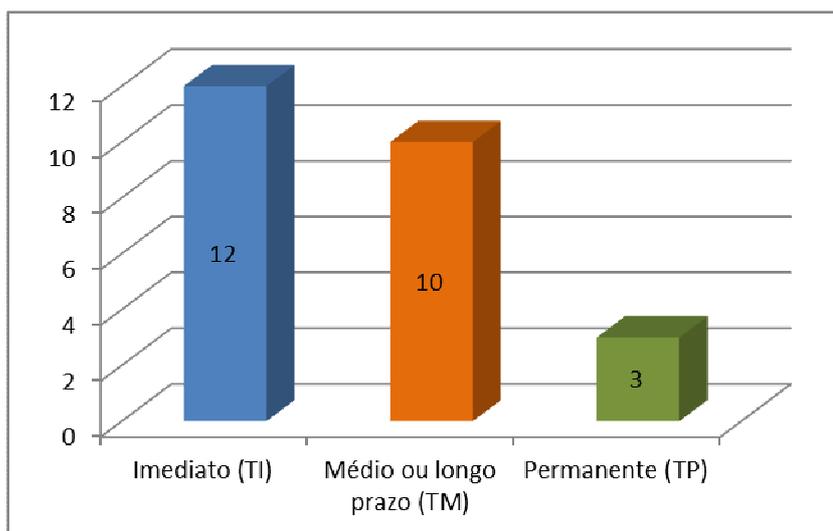
Gráfico 14 - Quantificação do espaço de ocorrência dos impactos



Org: Leiliane Nóbrega

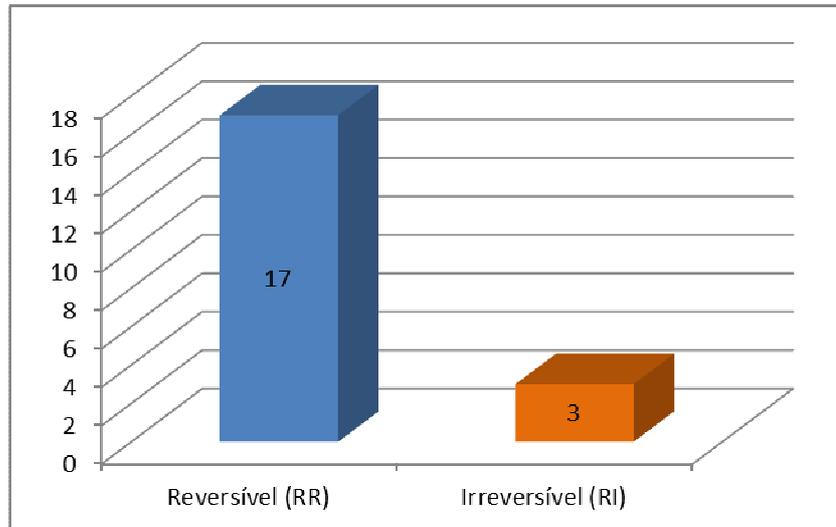
Com relação ao tempo de ocorrência a maioria dos impactos ocorre de imediato, mas grande parte também ocorre em médio ou longo prazo, sendo poucos os impactos permanentes. Quanto à reversibilidade, há uma superioridade dos impactos reversíveis. Os Gráficos 15 e 16 representam as categorias tempo de ocorrência e reversibilidade, respectivamente.

Gráfico 15 - Quantificação do tempo de ocorrência



Org: Leiliane Nóbrega

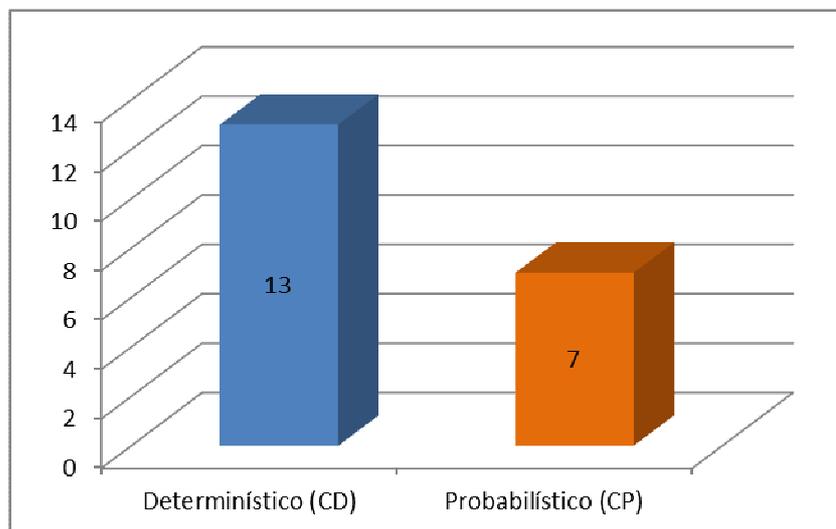
Gráfico 16 - Quantificação da Reversibilidade



Org: Leiliane Nóbrega

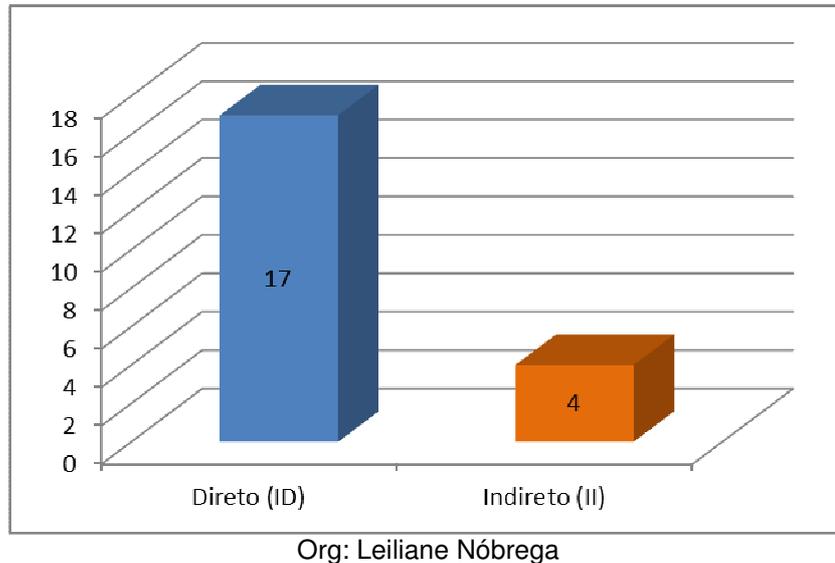
No que diz respeito à chance de ocorrência do impacto, a maioria são determinísticos. Quanto à incidência a presença de impactos diretos foi superior aos indiretos. Os Gráficos 17 e 18 representam as categorias chance de ocorrência e incidência, respectivamente.

Gráfico 17 - Quantificação da Chance de ocorrência



Org: Leiliane Nóbrega

Gráfico 18 - Quantificação da Incidência



De modo geral, a maioria dos impactos ambientais identificados ocorre na fase de instalação do empreendimento. Entretanto grande parte dos impactos ocorre no local e no momento da instalação, são reversíveis de ocorrência conhecida.

## 5.5 Medidas mitigadoras

Denomina-se medidas mitigadoras o conjunto de ações a serem realizadas, com objetivo de reduzir os efeitos dos impactos negativos de um empreendimento (RIBEIRO, 2004 in PHILLIPI Jr., et al, 2004).

A aplicação das medidas mitigadoras compreende desde medidas simples como o uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), até o uso de técnicas sofisticadas. Modificações no projeto para evitar ou reduzir impactos negativos também são consideradas medidas mitigadoras (FOGLIATTI et al., 2004).

Ribeiro, 2004 in Phillipi Jr., et al, 2004., (2004, p. 778), considera que:

Para cada impacto específico cabe à equipe multidisciplinar exercer sua criatividade e discutir medidas de mitigação. Obviamente que os impactos de maior magnitude devem ser aqueles que mereçam maior atenção, de modo a diminuir a magnitude e os riscos até que sejam socialmente aceitáveis.

As medidas de mitigação propostas para os impactos ambientais negativos significativos são cruciais em um estudo ambiental, pois estes necessitam ser

atenuados ou mesmo evitados em virtude do seu potencial de causar degradação no meio ambiente. Na Tabela 3 são listadas algumas medidas de mitigação baseadas em RIMAs elaborados para parques eólicos do Ceará e Rio Grande do Norte.

Tabela 3 - Medidas mitigadoras propostas para os impactos identificados em parques eólicos do CE e RN

IMPACTOS AMBIENTAIS	PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS
Afugentamento da fauna	Fazer o manejo da fauna durante a realização da supressão vegetal Executar a limpeza do terreno seguindo as diretrizes do Plano de Desmatamento racional proposto.
Aumento na geração de resíduos sólidos	O acondicionamento temporário de resíduos sólidos deverá ser feito em recipientes ou coletores fechados e identificados. Deverá ser feita a manutenção e inspeção de rotina dos pontos de coleta de resíduos e depósitos intermediários de resíduos. Os resíduos sólidos deverão ser dispostos em locais adequados, quais sejam: aterros sanitários urbanos, estabelecimentos de reciclagem, etc.
Risco de contaminação dos solos	Realizar análises se solo periodicamente. Não lançar no solo materiais contaminantes.
Risco ao patrimônio arqueológico	Executar os Programas de Prospecção e de Resgate Arqueológicos (se necessário), segundo as diretrizes da Portaria IPHAN N° 230, de 17 de dezembro de 2002. Desenvolver um Programa de Educação Patrimonial diversificado e participativo tendo em vista o reconhecimento do patrimônio arqueológico pelos operários do canteiro de obras e sua valorização pela população do entorno.
Emissão de ruídos e gases	Molhar as áreas expostas do solo ou em terraplenagem para diminuir a missão de poeiras fugitivas. Os veículos e equipamentos utilizados nas atividades devem receber manutenção preventiva para evitar emissões abusivas de gases e ruídos na área trabalhada. Minimizar os níveis de ruídos a serem gerados durante a operação. Fazer regulagem e manutenção das turbinas para evitar emissão abusiva de ruídos ou acidentes.
Riscos de acidentes de trabalho	Equipar a área do canteiro de obras com sinalização de segurança. Fornecer e cobrar dos operários o uso correto dos EPI's.
Transtornos devido ao fluxo de veículos	Instalação de quebra-molas e de placas sinalizadoras de baixa velocidade nas vias.

Continuação da Tabela 3.

<b>IMPACTOS AMBIENTAIS</b>	<b>PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS</b>
Perda da cobertura vegetal	A limpeza da área deverá ser restrita às áreas previstas e estritamente necessárias, de forma a impedir o aumento das áreas desmatadas. Após a conclusão das obras, recuperar as áreas desmatadas e limpas para implantação da obras.
Aumento dos processos erosivos	Realizar a supressão vegetal somente quando estiver próximo do início das obras de terraplenagem, evitando que o terreno fique exposto às intempéries do tempo por longo período. No caso da identificação de processos erosivos não passíveis de controle, realizar a contenção e estabilização da erosão.
Alterações morfológicas	Os movimentos de terra deverão ser feitos de modo a adaptar as estradas às características topográficas da área minimizando ao máximo os cortes e aterros.
Alterações na paisagem	Os aerogeradores devem possuir cores neutras. Recuperação de áreas com revegetação em áreas com superfícies expostas.
Redução da Avifauna e Quiropteroфаuna	Disposição dos aerogeradores em linhas espaçadas com corredores. Monitoramentos longos pré/pós-operação.

Fonte: GEOCONSULT (2010, 2011a, 2011b, 2012a, 2012b).

Dentre os impactos listados com suas respectivas medidas mitigadoras, apenas dois ocorrem na fase de operação: alteração da paisagem e redução da Avifauna e Quiropteroфаuna. As medidas mitigadoras propostas para essa fase devem ter duração equivalente ao funcionamento do empreendimento.

Os demais impactos a serem mitigados ocorrem durante a fase de instalação. Por tanto, os impactos suas respectivas medidas de mitigação tem prazo de duração correspondente ao tempo de duração das obras. Por ser uma fase que contempla obras civis é também a que apresenta maior número de impactos e conseqüentemente mais medidas de mitigação são propostas para essa fase.

Todas as medidas propostas na Tabela 3, são baseadas nas medidas mitigadoras elaboradas nos RIMAs analisados, sendo portanto, medidas propostas frequentemente.

Um ponto que merece destaque é que embora o trabalho apresente apenas as medidas de mitigação para os impactos negativos considerados significativos, segundo GEOCONSULT (2012a), todos os impactos negativos do projeto devem ser mitigados.

## 5.6 Planos de Controle e Monitoramento Ambiental

Prevista no artigo 6º, inciso IV, da Resolução CONAMA nº 001/86, a elaboração de planos e programas ambientais é uma atividade que tem como objetivo propor soluções para controlar e/ou atenuar os impactos ambientais adversos gerados e/ou previsíveis aos componentes do sistema ambiental pelas ações do projeto de implantação e operação (FOGLIATTI et al., 2004).

O programa de monitoramento é importantíssimo, pois ele registra toda a dinâmica do processo, com isso é possível identificar impactos ambientais não previstos, bem como verificar o cumprimento dos compromissos assumidos, a eficácia das medidas de mitigação e o estabelecimento de compensações pelos efeitos adversos (RIBEIRO, 2004 in PHILLIPI Jr., et al, 2004).

Os planos e programas de monitoramento listados abaixo foram identificados em GEOCONSULT (2010, 2011a, 2011b, 2012a, 2012b).

a) Planos de controle ambiental para construção das obras: Consiste num conjunto de programas (listados abaixo), os quais contemplam diversas medidas e ações que devem ser aplicadas durante a implantação do complexo eólico (GEOCONSULT, 2011b).

- Plano de transporte dos equipamentos;
- Plano de controle ambiental para implantação das obras;
- Programa Ambiental para Construção da Obra (PAC);
- Programa de Sinalização das Obras do Empreendimento;
- Programa de Proteção do Trabalhador e Segurança do Ambiente de Trabalho.

b) Plano de gestão ambiental contempla os seguintes programas: Visa promover mecanismos eficientes que garantam a execução e o controle das ações planejadas nos planos e programas ambientais e adequada condução das obras(GEOCONSULT, 2011b). Os programas que compõe esse plano são:

- Programa de Comunicação Social;
- Programa de Educação Ambiental;
- Programa de Auditoria Ambiental;
- Plano de Conservação Paisagística e dos Recursos Hídricos;

- Programa de Controle de Desmatamento;
- Programa de Proteção e Manejo da Fauna;
- Programa de Controle de Erosão e Sedimentação;
- Plano de Monitoramento da Qualidade da Água (superficial e subterrânea);
- Plano de Monitoramento da Qualidade do Solo;
- Programa de Recuperação das Áreas Degradadas;
- Programa de Monitoramento dos Ruídos;
- Programa de Monitoramento da Fauna;
- Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Os referidos planos e programas deverão ser aplicados durante as fases de implantação e operação, bem como apresentados relatórios de acompanhamento de cada um aos órgãos ambientais durante a solicitação da licença operação do empreendimento.

Alguns desses planos como, monitoramento da fauna, ruídos, gerenciamento dos resíduos sólidos e proteção do trabalhador se estenderão durante toda a operação do parque eólico e é dever dos órgãos ambientais a fiscalização para a aplicabilidade dos planos (GEOCONSULT, 2012a).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De fato a energia eólica se apresenta como uma importante alternativa energética para o Brasil, sobretudo se for utilizada de forma complementar com a energia hidrelétrica.

Considerada uma fonte renovável de energia, a eólica está em crescente desenvolvimento no Brasil, programas e incentivos foram criados para estimular a geração desse tipo de energia no País. Alguns fatores como a redução do uso de combustíveis fósseis, principalmente petróleo e do carvão e a não emissão de gases de efeito estufa, representam o interesse da participação dessa fonte na matriz energética nacional. A complementaridade das eólicas as usinas hidrelétricas é outro fator de incentivo que contribui para o uso dessa fonte.

A criação do PROINFA em 2002 pode ser considerada um marco para a energia eólica a nível de Brasil, esse programa criado pelo governo deu início a instalação em larga escala de parques eólicos no País. Porém em 2009 esse programa perdeu lugar para os leilões públicos de contratação de energia, os quais obtiveram mais sucesso nas contratações devido os preços serem menores que os do PROINFA.

Até hoje, foram realizados sete leilões de contratação de energia com a participação da energia eólica, entre o período de 2009 a 2012. Com o passar dos anos observou-se uma queda considerável nos preços das tarifas de energia eólica. O que levou o Brasil a situação atual de 322 eólicas contratadas.

Sendo considerada, em estudos realizados, a região de maior potencial eólico do Brasil, o Nordeste concentra atualmente o maior número de parques eólicos nas fases de instalação e operação totalizando 64, 44 % dessa fonte no País. Com destaque para os estados do Rio grande do Norte e Ceará.

Sendo assim deve ser incentivada a instalação de mais usinas eólicas, sobretudo no Nordeste brasileiro, entretanto deve-se observar os impactos gerados em todas as fases desse empreendimento.

Os impactos ambientais levantados neste trabalho, com base nos RIMAs analisados, totalizam 20 impactos ambientais significativos, envolvendo impactos positivos e negativos, sendo a maior ocorrência destes na fase de instalação, responsável também pela ocorrência da maioria dos impactos negativos.

Quanto a classificação, a maioria dos impactos são negativos, diretos, de ocorrência imediata a implantação, reversíveis, de ocorrência provável e nas áreas de influência do empreendimento.

Para reduzir os efeitos dos impactos negativos foram propostas medidas mitigadoras para preservar a qualidade ambiental da área.

Das medidas mitigadoras propostas, as principais identificadas foram: a) Desmatar somente áreas previstas e estritamente necessárias; b) Dispor adequadamente os resíduos sólidos gerados; c) Realizar manutenção preventiva nos veículos; c) Utilizar adequadamente os EPIs; d) Instalar quebra-molas e placas sinalizadoras na via; e) Realizar contenção e estabilização de processos erosivos; f) Minimizar ao máximo os cortes e aterros; g) Revegetação em áreas desmatadas; e h) Monitoramentos longos pré/pós-operação.

Com a execução dos programas de monitoramento ambiental e aplicação das medidas mitigadoras, os impactos ambientais da implantação de parques eólicos, independente da localização dos mesmos, serão reduzidos ou até eliminados. Com isso o meio ambiente como um todo ganha ao se equilibrar desenvolvimento econômico com proteção ao meio ambiente.

Pode-se considerar que as áreas planas nas serras e planícies interiores podem ser consideradas como as mais viáveis e menos impactadas para a implantação de parques eólicos. Nessas regiões, guardadas as áreas de preservação permanentes dos recursos hídricos e de declividade, apresentam maior viabilidade ambiental, pois se encontram em ambientes mais estáveis do ponto de vista da dinâmica geoambiental.

Tendo em vista que não existem muitas publicações que contemplem o tema abordado, o presente trabalho é uma pequena, porém relevante contribuição para área de estudo dos impactos decorrentes de todas as fases de empreendimentos eólicos.

Ressalta-se a necessidade de realização de mais estudos sobre a temática abordada, bem como a elaboração de um novo atlas do potencial eólico brasileiro.

## REFERÊNCIAS

ALDABÓ, R. **Energia Eólica**. São Paulo: Artliber, 2002.

AMARANTE, O.A.C. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Escalas variadas. Série do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, Brasília: 2001. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2012.

BRANCO, S.M. **Energia e Meio Ambiente**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Usinas Eólicas: Acompanhamento das Centrais Eólicas**. Brasília: ANEEL, 2013a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idarea=37&perfil=2>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Matriz Energética do Brasil: Usinas do Tipo Eólica em Operação**. Brasília: ANEEL, 2013b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoGeracaoTipo.asp?tipo=7&ger=Outros&principal=E%F3lica>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA. Energias Renováveis**. MME, 2013c. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/programa/Energias\\_Renovaveis.html](http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/programa/Energias_Renovaveis.html)>. Acesso em: 15 set. 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Energia Eólica**. MME, 2012a. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica/energia-eolica>>. Acesso em: 10 out. 2012.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2012 – ano base 2011: síntese do relatório final**. Rio de Janeiro: EPE, 2012b. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2012\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2012_Web.pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2012.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Informe a Imprensa: Leilão de Energia A-5 2012**. São Paulo: EPE, 2012c. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20121214\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20121214_1.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2012.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Informe a Imprensa: Leilão de Energia A-5 2011**. São Paulo: EPE, 2011. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20111220\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20111220_1.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2012.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Informe a Imprensa: Leilões de Fontes Alternativas 2010**. São Paulo:EPE, 2010. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20100826\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20100826_1.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2012.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Informe a Imprensa: Leilão de Energia de Reserva Eólica**. São Paulo:EPE, 2009. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20091214\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20091214_1.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Instruções para Cadastramento e Habilitação Técnica com Vistas à Participação nos Leilões de Energia**. Rio de Janeiro: ANEEL, 2007. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/LeilaoA32007\\_22/Instru%C3%A7%C3%B5es%20para%20Projetos%20Centrais%20E%C3%B3licas%20R0%20\\_2\\_.pdf](http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/LeilaoA32007_22/Instru%C3%A7%C3%B5es%20para%20Projetos%20Centrais%20E%C3%B3licas%20R0%20_2_.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia\\_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2013.

CLAUDINO-SALES, V. **Os Litorais Cearenses**. IN: SILVA, J.B; CAVALCANTE, M. T. e DANTAS, E.W.C.(Org.). Ceará: Um novo olhar geográfico. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

CUSTÓDIO, R.S. **Energia Eólica para Produção de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2009.

DUTRA, R. (Org.) **Tutorial de Energia Eólica: Princípios e Tecnologias**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www.DUTRA.cepel.br/tutorial/tutorial\\_eolica\\_2008\\_e-book.pdf](http://www.DUTRA.cepel.br/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2012.

FERREIRA, H.T. **Energia Eólica: Barreiras a sua Participação no Setor Elétrico Brasileiro**. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-graduação em energia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. 111f.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

GEOCONSULT. Relatório de Impacto Ambiental-RIMA. **Complexo Eólico Santo Inácio**. Fortaleza, jun. 2012a. Disponível em <<http://www.semace.ce.gov.br/2012/07/complexo-eolico-santo-inacio/>>. Acesso em: 04 abr. de 2013.

GEOCONSULT. Relatório de Impacto Ambiental-RIMA. **Central Geradora Eólica Bons Ventos da Serra 1**. Fortaleza, set. 2012b. Disponível em < <http://www.semace.ce.gov.br/2012/11/geradora-eolica-bons-ventos-da-serra-i/>>. Acesso em: 04 abr. de 2013.

GEOCONSULT. Relatório de Impacto Ambiental-RIMA. **Complexo Eólico Faísá**. Fortaleza, jan. 2011a. Disponível em < <http://www.semace.ce.gov.br/2012/06/complexo-eolico-faisa/>>. Acesso em: 04 abr. de 2013.

GEOCONSULT. Relatório de Impacto Ambiental-RIMA. **Parque Eólico Campo dos Ventos II**. Rio grande do Norte. Fortaleza, dez. 2011b. Disponível em < <http://200.149.240.140/rimas/rimas.asp>>. Acesso em: 04 abr. de 2013.

GEOCONSULT. Relatório de Impacto Ambiental-RIMA. **Complexo Eólico Asa Branca**. Fortaleza, dez. 2010. Disponível em < <http://200.149.240.140/rimas/rimas.asp>>. Acesso em: 04 abr. de 2013.

LEGISLAÇÃO ambiental e impactos socioeconômicos. **Energia eólica**: anuário 2012, Rio de Janeiro, n. 1, p. 94-99, 2012.

MMA. Ministério do Meio Ambiente / CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 237/1997**. Resoluções do CONAMA: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília: MMA, 2012. p. 644-652.

MOURA-FÉ, M.M. **Plano de Auditoria Ambiental para Parques Eólicos na Zona Costeira do Estado do Ceará**. Monografia de Especialização em Auditoria Ambiental. Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC-CE. Fortaleza: 2013.

MONTEZANO, B.E.M. **Modelo Dinâmico de Visualização de um Aerogerador com Velocidade de Rotação Variável e Controle de Passo em VRML**. Monografia. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2007.

PANORAMA. **Energia eólica**: Anuário 2012, Rio de Janeiro, n. 1, 2012.

PHILIPPI Jr., A.; ROMERO, M. de A.; BRUNA, G.C. **Curso de Gestão Ambiental**. São Paulo: Manole, 2004.

PINHEIRO, M. V. A. **Evolução Geoambiental e Geohistórica das Dunas Costeiras de Fortaleza, Ceará**. Dissertação de Mestrado (Área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial). Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2009.

SALINO, P. J. **Energia Eólica no Brasil: Uma Comparação do PROINFA e dos Novos Leilões**. Monografia. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2011.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de Impacto Ambiental**: Conceitos e Métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

# **ANEXOS**

## ANEXO A -

Quadro I - Usinas eólicas em operação por estado brasileiro.

Usina	Potência Fiscalizada (kW)	Município	Estado
Eólica de Prainha	10.000	Aquiraz	CE
Eólica de Taíba	5.000	São Gonçalo do Amarante	CE
Eólio - Elétrica de Palmas	2.500	Palmas	PR
Parque Eólico de Beberibe	25.600	Beberibe	CE
Mucuripe	2.400	Fortaleza	CE
RN 15 - Rio do Fogo	49.300	Rio do Fogo	RN
Praia do Morgado	28.800	Acaraú	CE
Volta do Rio	42.000	Acaraú	CE
Alegria II	100.650	Guamaré	RN
Alegria I	51.000	Guamaré	RN
Pirauá	4.950	Macaparana	PE
Eólica de Bom Jardim	600	Bom Jardim da Serra	SC
Foz do Rio Choró	25.200	Beberibe	CE
Praia Formosa	105.000	Camocim	CE
Eólica Canoa Quebrada	10.500	Aracati	CE
Lagoa do Mato	3.230	Aracati	CE
Parque Eólico do Horizonte	4.800	Água Doce	SC
Eólica Icaraizinho	54.600	Amontada	CE
Eólica Paracuru	25.200	Paracuru	CE
Parque Eólico Elebrás Cidreira 1	70.000	Tramandaí	RS
Eólica Praias de Parajuru	28.804	Beberibe	CE
Gargaú	28.050	São Francisco de Itabapoana	RJ
Pedra do Sal	18.000	Parnaíba	PI
Parque Eólico Enacel	31.500	Aracati	CE
Macau	1.800	Macau	RN
Canoa Quebrada	57.000	Aracati	CE
Eólica Água Doce	9.000	Água Doce	SC
Parque Eólico de Osório	50.000	Osório	RS
Parque Eólico Sangradouro	50.000	Osório	RS
Parque Eólico de Palmares	8.000	Palmares do Sul	RS
Taíba Albatroz	16.500	São Gonçalo do Amarante	CE
Parque Eólico dos Índios	50.000	Osório	RS
Bons Ventos	50.000	Aracati	CE
Xavante	4.950	Pombos	PE
Mandacaru	4.950	Gravatá	PE
Santa Maria	4.950	Gravatá	PE
Gravatá Fruitrade	4.950	Gravatá	PE
Millennium	10.200	Mataraca	PB

Continuação do Quadro I

<b>Usina</b>	<b>Potência Fiscalizada (kW)</b>	<b>Município</b>	<b>Estado</b>
Púlpito	30.000	Bom Jardim da Serra	SC
Aquibatã	30.000	Água Doce	SC
Santo Antônio	3.000	Bom Jardim da Serra	SC
Cascata	6.000	Água Doce	SC
Rio do Ouro	30.000	Bom Jardim da Serra	SC
Salto	30.000	Água Doce	SC
Bom Jardim	30.000	Bom Jardim da Serra	SC
Campo Belo	10.500	Água Doce	SC
Amparo	22.500	Água Doce	SC
Cruz Alta	30.000	Água Doce	SC
Vitória	4.500	Mataraca	PB
Presidente	4.800	Mataraca	PB
Camurim	4.800	Mataraca	PB
Albatroz	4.800	Mataraca	PB
Coelhos I	4.800	Mataraca	PB
Coelhos III	4.800	Mataraca	PB
Atlântica	4.800	Mataraca	PB
Caravela	4.800	Mataraca	PB
Coelhos II	4.800	Mataraca	PB
Coelhos IV	4.800	Mataraca	PB
Mataraca	4.800	Mataraca	PB
Alhandra	6.300	Alhandra	PB
Aratuá I	14.400	Guamaré	RN
Mangue Seco 3	26.000	Guamaré	RN
Macaúbas	35.070	Brotas de Macaúbas	BA
Mangue Seco 2	26.000	Guamaré	RN
Mangue Seco 1	26.000	Guamaré	RN
Osório 2	24.000	Osório	RS
Mangue Seco 5	26.000	Guamaré	RN
Barra dos Coqueiros	34.500	Barra dos Coqueiros	SE
Dunas de Paracuru	42.000	Paracuru	CE
Novo Horizonte	30.060	Brotas de Macaúbas	BA
Seabra	30.060	Brotas de Macaúbas	BA
Sangradouro 3	24.000	Osório	RS
Parque Eólico Cabeço Preto	19.800	João Câmara	RN
Fazenda Rosário 3	14.000	Palmares do Sul	RS
Fazenda Rosário	8.000	Palmares do Sul	RS
Cerro Chato I (Antiga Coxilha Negra V)	30.000	Santana do Livramento	RS

Continuação do Quadro I

<b>Usina</b>	<b>Potência Fiscalizada (kW)</b>	<b>Município</b>	<b>Estado</b>
Cerro Chato II (Antiga Coxilha Negra VI)	30.000	Santana do Livramento	RS
Cerro Chato III (Antiga Coxilha Negra VII)	30.000	Santana do Livramento	RS
IMT	2,2	Curitiba	PR
Quixaba	25.500	Aracati	CE
Miassaba II	14.400	Guamaré	RN
Sangradouro 2	26.000	Osório	RS
Pedra Branca	30.000	Sento Sé	BA
Osório 3	26.000	Osório	RS
Mel 02	20.000	Areia Branca	RN
Sete Gameleiras	30.000	Sento Sé	BA
São Pedro do Lago	30.000	Sento Sé	BA
Fazenda Rosário 2	20.000	Palmares do Sul	RS
Parque Eólico Cabeço Preto IV	19.800	João Câmara	RN
Ventos do Brejo A-6	6	Brejinho	RN
Caminho da Praia	2.000	Cabo de Santo Agostinho	PE
Clóvis Ferreira Minare	156	Iturama	MG
<b>TOTAL</b>			
92 Usinas		2.044.538,2 kW	

Fonte: BRASIL, 2013b.

## ANEXO B -

Quadro II – Usinas eólicas com atividades de implantação em andamento no estado do Ceará.

Usina	Potência (MW)	Município
Estado do Ceará		
Araras	30	Acaraú
Buriti	30	Acaraú
Cajucoco	30	Itarema
Colônia	18,9	São Gonçalo do Amarante
Coqueiros	27	Acaraú
Embuaca	25,2	Trairí
Faísa I	25,2	Trairí
Faísa II	25,2	Trairí
Faísa III	25,2	Trairí
Faísa IV	25,2	Trairí
Faísa V	27,3	Trairí
Fleixeiras I	30	Trairí
Garças	30	Acaraú
Guajirú	30	Trairí
Icaraí	14,4	Amontada
Icaraí I	27,3	Amontada
Icaraí II	37,8	Amontada
Lagoa Seca	19,5	Acaraú
Mandaú	30	Trairí
Taíba Águia	23,1	São Gonçalo do Amarante
Taíba Andorinha	14,7	São Gonçalo do Amarante
Trairí	25,39	Trairí
Vento do Oeste	19,5	Acaraú
<b>TOTAL</b>		
23 Usinas		590 MW

Fonte: BRASIL, 2013a.

Quadro III – Usinas eólicas com atividades de implantação em andamento no estado do Rio Grande do Norte.

<b>Usina</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>Município</b>
Estado do Rio Grande do Norte		
AREIA BRANCA	27,3	Areia Branca
ASA BRANCA IV	32	Parazinho
ASA BRANCA V	32	Parazinho
ASA BRANCA VI	32	Parazinho
ASA BRANCA VII	32	Parazinho
ASA BRANCA VIII	32	Parazinho
CALANGO 1	30	Bodó
CALANGO 2	30	Bodó
CALANGO 3	30	Bodó
Calango 4	30	Bodó
Calango 5	30	Bodó
Campo Dos Ventos II	30	João Câmara
Costa Branca	20,7	João Câmara
Dreen Boa Vista	14	Pedra Branca
Dreen Olho D'água	30	São Bento do Norte
Dreen São Bento Do Norte	30	São Bento do Norte
Eurus I	30	João Câmara
Eurus III	30	João Câmara
Eurus VI	8	Parazinho
Farol	20	São Bento do Norte
Juremas	16,1	João Câmara
Macacos	20,7	João Câmara
Mar E Terra	23,1	Areia Branca
Miassaba 3	50,4	Areia Branca
Morro Dos Ventos I	28,8	Guamaré
Morro Dos Ventos II	28,8	João Câmara
Morro Dos Ventos III	28,8	João Câmara
Morro Dos Ventos IV	28,8	João Câmara
Morro Dos Ventos IX	28,8	João Câmara
Morro Dos Ventos VI	28,8	João Câmara
Pedra Preta	20,7	João Câmara
Rei Dos Ventos 1	48,6	João Câmara
Rei Dos Ventos 3	48,6	Galinhos
Renascença I	30	Galinhos
Renascença II	30	Parazinho
Renascença III	30	Parazinho
Renascença IV	29,9972	Parazinho
Santa Clara I	30	Parazinho
Santa Clara II	30	Parazinho

Continuação do Quadro III

<b>Usina</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>Município</b>
Estado do Rio Grande do Norte		
Santa Clara III	30	Parazinho
Santa Clara IV	30	Parazinho
Santa Clara V	30	Parazinho
Santa Clara VI	30	Parazinho
União Dos Ventos 1	22,4	Parazinho
União Dos Ventos 2	22,4	Pedra Branca
União Dos Ventos 3	22,4	Pedra Branca
União Dos Ventos 4	11,2	Pedra Branca
União Dos Ventos 5	24	Pedra Branca
União Dos Ventos 6	12,8	São Miguel do Gostoso
União Dos Ventos 7	14,4	São Miguel do Gostoso
União Dos Ventos 8	14,4	São Miguel do Gostoso
União Dos Ventos 9	11,2	Pedra Grande
União Dos Ventos 10	14,4	Pedra Grande
Ventos De São Miguel	30	Parazinho
<b>TOTAL</b>		
54 Usinas	1450 MW	

Fonte: BRASIL, 2013a.

Quadro IV – Usinas eólicas com atividades de implantação em andamento no estado da Bahia

<b>Usina</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>Município</b>
<b>Estado da Bahia</b>		
Alvorada	8	Caetité
Caetité 1	30	Caetité
Caetité 2	30	Caetité
Caetité 3	30	Caetité
Candiba	9,6	Guanabi
Guanambi	20,8	Guanabi
Guirapá	28,8	Guanabi
Ilhéus	11,2	Igaporã
Igaporã	30	Igaporã
Licínio de Almeida	24	Guanabi
Nossa Senhora da Conceição	24	Igaporã
Pajeú do Vento	25,6	Caetité
Pedra Branca	30	Sento Sé
Pedra do Reino III	18	Sobradinho
Pindaí	24	Guanabi
Planaltina	27,2	Caetité
Porto Seguro	6,4	Igaporã
Rio Verde	30	Caetité
São Pedro do Lago	30	Sento Sé
Serra do Salto	19,2	Guanabi
Sete Gameleiras	30	Sento Sé
<b>TOTAL</b>		
21 usinas	486,80 MW	

Fonte: BRASIL, 2013a.

Quadro V – Usinas eólicas com atividades de implantação em andamento no estado do Rio Grande do Sul

<b>Usina</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>Município</b>
Estado do Rio Grande do Sul		
Atlântica I	30	Palmares do Sul
Atlântica II	30	Palmares do Sul
Atlântica IV	30	Palmares do Sul
Atlântica V	30	Palmares do Sul
Cerro Chato IV	10	Santana do Livramento
Cerro Chato V	12	Santana do Livramento
Cerro Chato VI	24	Santana do Livramento
Cerro dos Trindade	8	Santana do Livramento
Fazenda Rosário 2	20	Palmares do Sul
Pontal 2B	10,8	Viamão
Reb Cassino I	22	Rio Grande
Reb Cassino II	20	Rio Grande
Reb Cassino III	22	Rio Grande
VERACE I	20	Santa Vitória do Palmar
VERACE II	20	Santa Vitória do Palmar
VERACE III	26	Santa Vitória do Palmar
VERACE IV	30	Santa Vitória do Palmar
VERACE V	30	Santa Vitória do Palmar
VERACE VI	18	Santa Vitória do Palmar
VERACE VII	30	Santa Vitória do Palmar
VERACE VIII	26	Santa Vitória do Palmar
VERACE IX	30	Santa Vitória do Palmar
VERACE X	28	Santa Vitória do Palmar
<b>TOTAL</b>		
23 usinas		526,8 MW

Fonte: BRASIL, 2013a.