



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE POMBAL-PB

ANA PAULA OLIVEIRA SILVA

**ESTUDO TEÓRICO SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS RESULTANTES DA
IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**

POMBAL-PB

2016

ANA PAULA OLIVEIRA SILVA

**ESTUDO TEÓRICO SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS RESULTANTES DA
IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ CLEIDIMÁRIO
ARAÚJO LEITE

POMBAL-PB

2016

ANA PAULA OLIVEIRA SILVA

**ESTUDO TEÓRICO SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS RESULTANTES DA
IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ CLEIDIMÁRIO
DE ARAÚJO LEITE

Trabalho de conclusão de curso apresentado em 17 de maio de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite
Orientador – UFCG/*Campus* de Pombal-PB

Prof.^a Dra. Djane Alcântara Barbosa Leite
Examinadora Interna – UFCG/*Campus* de Pombal-PB

Prof. Dr. Raimundo Pereira de Farias
Examinador Externo – UEPB/*Campus* de Catolé do Rocha-PB)

Dedico este trabalho à minha mãe, Tatiana Gomes de Oliveira
Silva, pelo imenso apoio, dedicação e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida e por me ter guiado nas horas que mais precisei.

À minha mãe, Tatiana Gomes de Oliveira Silva, e ao meu Pai, Pedro Otacílio da Silva, pelos ensinamentos, dedicação e confiança.

A meu noivo, Felipe Sérgio de Alencar Dantas, pela compreensão e companheirismo.

Ao Professor José Cleidimário Araújo Leite, pela sua excelente orientação, paciência e amizade durante os estudos acadêmicos que realizamos juntos, em especial nesse trabalho.

Ao meu irmão, Paulo Henrique Oliveira Silva, pelo apoio constante.

Aos meus amigos e colegas de turma, em especial Natália Lino de Lucena, por tantos momentos compartilhados nessa nossa batalha diária na universidade, onde construímos uma forte amizade e dividimos muitas alegrias e tristezas.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB.

Aos professores e às professoras da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental do CCTA/UFCG, que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Enfim, às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho e sempre confiaram em mim.

SILVA, A. P. O. **Estudo teórico sobre impactos ambientais resultantes da implementação de Parques Eólicos na região Nordeste do Brasil.** 2016. 48 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2016.

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se um estudo de avaliação de impactos ambientais resultantes da implementação de Parques Eólicos na região Nordeste do Brasil. Por se tratar de um estudo teórico, a realização da pesquisa teve como base a consulta em fontes bibliográficas, tais como: livros, documentários, trabalhos técnicos e científicos. Para a identificação e análise dos impactos ambientais, foram utilizados os métodos *Ad Hoc*, *Check List* e Matriz de Interação. As medidas de controle e os planos e programas ambientais foram propostos com base em pesquisas na literatura científica e técnica, bem como por meio da aplicação dos métodos *Ad Hoc* e *Check List*. De acordo com os resultados, observaram-se que a fase de implantação dos empreendimentos eólicos foi a que apresentou a maior quantidade de atividades impactantes. Foram identificados um total de 111 impactos ambientais potenciais, sendo 54 no meio físico, 39 no meio biótico e 60 no meio antrópico, considerando que um mesmo impacto ambiental afetou mais de um meio: físico, biótico ou antrópico. A fase de implantação foi a mais impactante, com 71 impactos, sendo 56 negativos e 15 positivos, seguida das fases de operação, com 27 impactos, 07 negativos e 20 positivos, e da fase de planejamento, com 13 impactos, 03 negativos e 10 positivos. Dos 111 impactos, 12 impactos foram considerados significativos, sendo 03 positivos e 09 negativos. A maior parte das medidas de controle ambiental foram do tipo preventivas e mitigadoras. Também foram propostos planos e programas ambientais a serem implantados na gestão ambiental de empreendimentos eólicos, para que os Parques Eólicos possam atender às exigências relacionadas aos aspectos técnico, legal, social, econômico e ecológico, e assim, apresentarem viabilidade ambiental.

Palavras-chave: Avaliação de impacto ambiental. Medidas de controle ambiental. Energia eólica.

SILVA, A. P. O. **Theoretical study about environmental impacts resulting from the implementation of Wind Farms in Northeast region of Brazil.** 2016. 48 pgs. Work of Course Conclusion (Graduation in Environmental Engineering) - Federal University of *Campina Grande, Pombal - PB.* 2016.

ABSTRACT

In this study an environmental impact assessment study caused by the implementation of Wind Farms in Northeast region of Brazil has been presented. Since this is a theoretical study, the research was based on the consultation at bibliographical sources, such as books, documentaries, technical and scientific papers. In order to identify and analysis of the environmental impacts, have been used the methods: Ad Hoc, Check List and Interaction Matrix. Control measures and environmental plans and programs have been proposed based on research in the scientific and technical literature as well as through the application of the methods Ad Hoc and Check List. According to the results, the implementation phase of wind farms was the one that presented the greatest amount of impacting activities. A total of 111 potential environmental impacts were identified, with 54 in the physical environment, 39 in the biotic environment and 60 in the anthropic environment, considering that a same environmental impact changed more than one part of the environment: physical, biotic or anthropic. The implantation phase was the most impactful, with 71 impacts, 56 negatives and 15 positives, followed the operating phases, with 27 impacts, 07 negatives and 20 positives, and planning phase, with 13 impacts, 03 negatives and 10 positives. This total, 12 have been considered significant impacts, being 03 positives and 09 negatives. Most of the environmental control measures were preventive and mitigating. Environmental plans and programs at being implemented in environmental management of wind power projects have been also proposed, so that Wind Farms can meet the requirements related to technical, legal, social, economic and ecological aspects, and thus presents environmental viability.

Keywords: Environmental impact assessment. Environmental control measures. Wind energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo parque eólico	17
Figura 2 – Síntese das etapas do estudo	23
Figura 3 – Localização da área de abrangência do estudo	24
Figura 4 – Evolução da capacidade instalada de diversas fontes de energia	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos impactos ambientais	26
Quadro 2 – Fases e ações do projeto/atividades de empreendimentos eólicos	30
Quadro 3 – Matriz de interação das(os) atividades, aspectos e impactos ambientais potenciais identificados para empreendimentos eólicos versus o segmento do meio ambiente - Meio Físico, Biótico ou Antrópico	32
Quadro 4 – Impactos ambientais significativos e sua respectiva descrição geral	36
Quadro 5 – Matriz de interação com a classificação dos impactos ambientais significativos	38
Quadro 6 – Total de impactos ambientais de acordo com os critérios de classificação	39
Quadro 7 – Medidas de controle ambiental	40
Quadro 8 – Planos e programas ambientais propostos	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIA – Avaliação de Impactos Ambientais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

EIA – Estudo de impacto Ambiental

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 ENERGIA EÓLICA	16
3.2 PARQUES EÓLICOS	16
3.3 IMPACTO AMBIENTAL	18
3.4 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	19
3.4.1 Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais	19
3.4.1.1 Método Espontâneo (<i>Ad Hoc</i>)	20
3.4.1.2 Listas de Controle (<i>Check Lists</i>)	20
3.4.1.3 Matrizes de Interação	21
3.5 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL	22
3.6 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23

4.1 ABRANGÊNCIA DA ÁREA DE ESTUDO	24
4.2 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA	24
4.3 METODOLOGIA	24
4.3.1 Descrição geral de Empreendimentos ou Parques Eólicos	25
4.3.2 Identificação dos Impactos Ambientais	25
4.3.3 Seleção e Classificação dos Impactos Ambientais Significativos	25
4.3.4 Medidas de Controle Ambiental	26
4.3.5 Planos e Programas Ambientais para Empreendimentos Eólicos	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 DESCRIÇÃO GERAL DE EMPRENDIMENTOS EÓLICOS	28
5.2 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS POTENCIAIS	31
5.3 SELEÇÃO DOS IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	36
5.4 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL	39
5.5 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS	44
6 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de energia estão entre os temas de maior importância na atualidade. A qualidade de vida de uma sociedade está intimamente ligada ao seu consumo de energia, meios de transporte, comunicação, indústrias, residências, comércio, agricultura dentre outros, que dependem da disponibilidade de energia. (BRASIL, 2005).

Com esse cenário, Brasil (2005) mostra que fontes de energia não renováveis estão diminuindo, fazendo assim com que o crescimento em busca de fontes alternativas de energias renováveis possa despertar interesse na sociedade, sendo uma boa alternativa, pois, produzidas em larga escala, poderão suprir de forma suficiente as necessidades das demandas nos aspectos quantitativos e temporais, e ainda contribuir para um menor impacto ao meio ambiente.

Entre as fontes de energias renováveis, destaca-se a energia eólica, considerada uma fonte “limpa”, por “não gerar” poluentes ao meio ambiente e usar o vento como fonte de energia (GOMES, 2011). O princípio de funcionamento geração eólica de energia baseia-se na movimentação das turbinas dos aerogeradores, pela força dos ventos, que converte a energia cinética em energia elétrica.

No Brasil, o potencial eólico tem despertado o interesse de vários fabricantes e representantes dos principais países envolvidos com a energia eólica. As instalações já em operação mostram uma importante iniciativa, tanto das concessionárias brasileiras responsáveis pelos projetos experimentais, como das empresas autoprodutoras de energia que, dentro do novo cenário do setor elétrico, investem no desenvolvimento do aproveitamento eólico para geração de energia. (ALVES, 2010).

Segundo Alves (2010), a região Nordeste foi uma das pioneiras na instalação de energia eólica para aproveitamento na geração de energia elétrica no País. Contudo, sabe-se que a implantação de parques eólicos não gera apenas impactos positivos, mas também inúmeros impactos negativos. Nesse sentido, busca-se que o empreendimento atenda à legislação vigente, para que em todas as fases de implementação possam ocorrer menos impactos negativos e mais impactos positivos, beneficiando assim o meio social e natural.

Dentro da temática “impacto ambiental”, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) surgiu, em nível nacional, como um dos instrumentos de implantação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) no Brasil, disciplinada pela Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Este instrumento visa a avaliação dos impactos ambientais em empreendimentos e atividades antrópicas com potencial degradante do meio ambiente, a exemplo dos parques eólicos.

Nesse sentido, importante se faz a avaliação dos impactos ambientais em parques eólicos, para o seu conjunto de etapas de implementação: planejamento, implantação e operação, para que estes empreendimentos sejam implementados com viabilidade ambiental, reduzindo assim os impactos ambientais negativos e maximizando-se os impactos positivos.

Considerando que os parques eólicos são empreendimentos relativamente “novos” no país, pelo menos em larga escala, há uma necessidade de se conhecer os seus impactos ao meio ambiente por meio da elaboração de estudos ambientais e assim contribuir para subsidiar o processo de licenciamento ambiental – que também é relativamente recente no Brasil – favorecendo, portanto, a sua gestão ambiental.

A partir de estudos sobre a região Nordeste do Brasil, constatou-se que esta é, atualmente, a maior produtora de energia elétrica produzida a partir de fonte eólica no País, por isso, surgiu uma das motivações para a construção deste trabalho acadêmico.

Por fim, neste trabalho apresenta-se um levantamento teórico dos principais impactos ambientais resultantes da implementação de empreendimentos eólicos especialmente para a região Nordeste do Brasil.

A principal motivação deste trabalho foi a falta ou a pouca disponibilidade de informações sobre os impactos ambientais em parques eólicos, pois, como se trata de um tipo de empreendimento relativamente recente no País, os estudos técnicos ambientais e a legislação específica e ambiental sobre este tema ainda são insipientes e carecem de um melhoramento emergente, pela importância, já citada, da temática em questão.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Realizar um estudo teórico sobre os impactos e medidas de controle ambiental de empreendimentos eólicos no Nordeste Brasileiro.

2.2 ESPECÍFICOS

- Apresentar uma descrição geral de empreendimentos ou parques eólicos;
- Identificar os impactos ambientais potenciais resultantes da implementação desse tipo de empreendimento;
- Selecionar e classificar os impactos ambientais significativos;
- Propor medidas de controle ambiental;
- Apresentar planos e programas ambientais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ENERGIA EÓLICA

O início do Século XX foi marcado por grandes transformações tecnológicas. A eletricidade, que foi usada como forma de transformação e a utilização de energia, alterou os padrões de consumo e a demanda energética da população, principalmente no meio urbano. Com o avanço da rede elétrica ainda no século XX, foram feitas diversas pesquisas sobre aproveitamento da energia eólica em grande escala (MONTEZANO, 2007).

Meyer (2014) denomina energia eólica como sendo energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento), e o seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, por meio do emprego de turbinas eólicas.

Para Montezano (2007), a energia eólica tem se mostrado como uma alternativa viável para o fornecimento de energia, inserindo-se como uma importante fonte no mercado energético mundial. Além de ser uma alternativa energética cada vez mais competitiva economicamente, um dos grandes incentivos para o uso dessa forma de energia está nos baixos índices de impactos ao meio ambiente.

A energia eólica vem se destacando no Brasil, e vem apresentando significativa redução de custo ao longo dos últimos anos. Em 2005, a preços atualizados, ela apenas se viabilizava a 300 R\$/MWh. Nos últimos leilões de energia, realizados em agosto e dezembro de 2011, a energia eólica foi comprada ao preço médio de 99 R\$/MWh e 105 R\$/MWh, respectivamente, um terço do valor de referência há seis anos (TOLMASQUIM, 2012).

3.2 PARQUES EÓLICOS

Usina eólica, outra denominação citada na literatura para parque eólico, tem sua composição formada de torres com aerogeradores, postos de transformação, cabos subterrâneos para transporte da energia elétrica, central de comando, subestação e acessos às torres, instalações de interligação, obras de infraestruturas e equipamentos complementares (FILHO et al., 2013).

Para Fadigas (2011), o objetivo de uma usina eólica é ampliar a oferta de energia elétrica utilizando o vento como fonte de energia natural e renovável, sem agredir o meio ambiente, e reduzir as emissões de gases para atmosfera, sendo a geração de energia o principal produto de empreendimentos de sítios ou parques eólicos.

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, é necessário um conjunto de aerogeradores conectados entre si (NÓBREGA, 2013).

Na Resolução CONAMA n. 462, de 24 de julho de 2014, no Art. 2º, estabelecem-se critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre:

Para os fins previstos nesta Resolução, considera-se: I - empreendimento eólico: qualquer empreendimento de geração de eletricidade que converta a energia cinética dos ventos em energia elétrica, em ambiente terrestre, formado por uma ou mais unidades aerogeradoras, seus sistemas associados e equipamentos de medição, controle e supervisão, classificados como: a) usina eólica singular: unidade aerogeradora, formada por turbina eólica, geradora de energia elétrica; b) parque eólico: conjunto de unidades aerogeradoras; c) complexo eólico: conjunto de parques eólicos. II – microgerador eólico: unidade geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 100 kW (cem quilowatts); III – sistemas associados: sistemas elétricos, subestações, linhas de conexão de uso exclusivo ou compartilhado, em nível de tensão de distribuição ou de transmissão, acessos de serviço e outras obras de infraestrutura que compõem o empreendimento eólico, e que são necessárias a sua implantação, operação e monitoramento.

Na Figura 1 apresenta-se um exemplo de um parque eólico, com destaque para a distribuição das torres dos aerogeradores.

Figura 1 – Exemplo de um Parque eólico



Fonte: *Google* imagens (2015)

3.3 IMPACTO AMBIENTAL

Os conceitos de impacto ambiental apresentados pela maior parte dos autores na literatura indicam que tais impactos são sempre resultantes de atividades antrópicas, mas é válido acrescentar que em parte da literatura já se considera que as alterações ambientais também podem ocorrer por causas naturais, a exemplo de: enchentes, queimadas naturais, erupções vulcânicas etc.

Na Resolução CONAMA n. 001/86, Art.1º, define-se impacto ambiental como sendo:

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; e V - a qualidade dos recursos ambientais.

Na Norma NBR ISO 14.001/2004, define-se impacto ambiental como: “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização”.

De acordo com Santos (2004), impacto ambiental “é compreendido como toda alteração perceptível no meio, que comprometa o equilíbrio dos sistemas naturais ou antropizados, podendo decorrer tanto de ações humanas como de fenômenos naturais”.

Para Fogliatti et al. (2004), impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades física, química e/ou biológica do meio ambiente, causada por atividade humana, que provoca de forma direta ou indireta impactos que venham a afetar a saúde, a segurança e/ou a qualidade dos recursos naturais.

De acordo com Philippi Jr. (2005), “o conceito de impacto ambiental incorpora a consideração de qualquer alteração significativa ao meio ambiente – em um ou mais de seus componentes – provocada por uma ação humana”.

Vale salientar que este conceito diverge da maioria dos conceitos apresentados no que trata magnitude da alteração ambiental, pois para ser impacto não é necessário que a alteração seja significativa, conforme afirmado por Sánchez, 2008.

Sánchez (2008) adota o conceito de impacto ambiental como “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”.

3.4 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

De acordo com Fogliatti et al. (2004), a “AIA teve origem nos Estados Unidos da América, como um dos instrumentos para a efetivação da política nacional do meio ambiente deste país”.

O processo de AIA pode ser definido como o conjunto de procedimentos ligados e sequenciais, que têm como objetivo avaliar a viabilidade ambiental (necessidade maior em se garantir o equilíbrio ecológico) de projetos, planos e programas, e fundamentar uma decisão a respeito (SÁNCHEZ, 2008).

Com os estudos de AIA é possível realizar a previsão dos possíveis impactos ambientais significativos de uma atividade proposta, para que se possa tomar a melhor decisão, e direcionar-se ao desenvolvimento dos estudos ambientais. : (FOGLITTI et al., 2004 OU FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004, conforme Norma.

A identificação, a análise e a avaliação dos impactos ambientais que são gerados por atividades com potencial poluidor são objetivos do Estudo de Impacto Ambientais (EIA) (FOGLIATTI et al., 2004).

Em uma etapa inicial denominada de triagem ou definição de âmbito identifica-se qual o estudo que se mostra apropriado. A adequação do estudo ambiental a ser apresentado resulta do exame das características da intervenção e do local onde se pretende que a intervenção seja realizada (MILARÉ, 2013).

3.4.1 Métodos de avaliação de impactos ambientais

Para Fogliatti et al. (2004), os métodos de AIA são definidos como mecanismos estruturados para identificação, comparação e organização de dados sobre impactos ambientais, e permitem que as informações sejam apresentadas em diversos formatos visuais para que possam assim ser interpretados pelos responsáveis e auxiliá-los na tomada de decisão.

Os métodos de AIA, segundo Cunha e Guerra (2010), são “mecanismos estruturados para comparar, organizar e analisar informações sobre impactos ambientais de uma proposta, incluindo os meios de apresentação escrita e visual dessas informações”.

Embora a Resolução CONAMA n. 001/86 trate da AIA, acaba limitando-se ao EIA apenas, e levando várias pessoas a acreditarem que a AIA limita-se ao EIA, o que não prevalece hoje tendo em vista a Constituição Federal de 1988 na qual se cita que o EIA é

destinadas apenas para avaliação de impactos ambientais de atividades ou obras de significativa grandeza (MILARÉ, 2013)

Constam na literatura diversos métodos de avaliação de impactos ambientais, entre os quais se citam: *Ad Hoc* (Método Espontâneo), *Check Lists* (Listas de Controle), Matrizes de Interação, *Networks* (Redes de Interação), *Overlays Mapping* (Sobreposição de Mapas), Modelos de Simulação, Análise Multicritério, Sistemas Especialistas e Modelo Fuzzy (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

A seguir, será apresentada uma descrição de alguns dos métodos citados, em que foram priorizados os que serão utilizados como ferramentas no desenvolvimento deste estudo.

3.4.1.1 *Ad Hoc* (Método Espontâneo)

O método *Ad Hoc* consiste na reunião de diversos profissionais de diferentes áreas do conhecimento e tem como objetivo levantar os possíveis impactos ambientais de um empreendimento (BRAGA et al., 2005; FLOGIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

Segundo Cunha e Guerra (2010), esta metodologia não pode ser utilizada de forma isolada, pois se usada deverá desenvolver uma avaliação de impacto ambiental simples, objetiva e dissertativa.

Este método, por sua vez, apresenta entre suas principais vantagens a rapidez na identificação dos impactos ambientais, e como desvantagens a sua vulnerabilidade, pois permite apenas uma avaliação individual dos impactos, e sua subjetividade dos resultados (CALIJURI; CUNHA, 2013; BRAGA et al., 2005).

3.4.1.2 *Check Lists* (Listas de Controle)

Este método de AIA consiste na elaboração de listas nas quais são identificados e enumerados os impactos ambientais do empreendimento ou da atividade em questão, no respectivo estudo ambiental. Tem como principal objetivo identificar os impactos ambientais relevantes nos meios abiótico, biótico e antrópico (CUNHA; GUERRA, 2010; FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

A aplicação deste método dar-se, inicialmente, pela elaboração de uma lista com base em pesquisas de trabalhos técnicos para empreendimentos do mesmo tipo ou semelhantes, e posteriormente se analisa a possível ocorrência desses impactos, no caso em questão, por meio da análise das ações de projeto do empreendimento e o respectivo diagnóstico ambiental

da área de influência. Por fim, acrescentam-se, quando necessário, por meio do método *Ad Hoc*, os impactos ambientais não verificados na listagem inicial, mas que ocorrerão no caso em estudo (LEITE, 2015).

Segunda Braga et al. (2005), as listagens de controle constituem uma evolução do método *Ad Hoc* e têm como vantagens a “simplicidade de aplicação, reduzida a exigência quanto a dados e informações” e, como desvantagens, “não permitem projeções e previsões ou identificação de impactos de segunda ordem”.

3.4.1.3 Matrizes de Interação

Esses métodos são resultantes de uma evolução das listagens de controle simples, e podem ser consideradas listas de controle bidimensionais (BRAGA et al., 2005).

A metodologia mais conhecida e difundida nacional e internacionalmente é a Matriz de Leopold, desenvolvida em 1971. Esta matriz relaciona 100 atividades antrópicas que alteram o ambiente e 88 componentes ambientais, resultando em 8800 possíveis interações (BRAGA et al. 2005).

Esses métodos resultam de uma evolução das listagens de controle simples e podem ser consideradas listas de controle bidimensionais (BRAGA et al., 2005).

As matrizes geralmente apresentam em seu eixo vertical as ações de projeto e, no eixo horizontal, os fatores ambientais passíveis de sofrerem impactos ambientais. O impacto de cada atividade sobre cada fator ambiental é dado pela interseção das linhas e colunas da matriz (CALIJURI; CUNHA, 2010; FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

Cunha e Guerra (2010) e Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), citam que esse método tem como vantagens: a fácil compreensão dos resultados; a abordagem dos fatores físicos, bióticos e sociais; acomoda dados quali-quantitativos; fornece boa orientação para o prosseguimento dos estudos ambientais; e introduz a multidisciplinaridade. Como desvantagem, os autores citam: a não identificação de impactos ambientais secundários e de demais ordens. Para minimizar ao máximo essas desvantagens, atualmente, as matrizes estão sendo cada vez mais modificadas e aprimoradas (CUNHA; GUERRA, 2010).

3.5 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

As medidas de controle ambiental constituem ações e/ou atividades com objetivo de prevenir, mitigar, compensar ou potencializar os impactos ambientais, especialmente os significativos, e devem ser previstas ou propostas em um estudo ambiental.

As medidas de prevenção são aquelas indicadas para os impactos negativos com ocorrência incerta ou para evitar que um determinado impacto aconteça.

Para Fogliatti et al. (2004), as medidas mitigadoras podem ser entendidas como “qualquer ação prevista para diminuir os efeitos dos impactos negativos”.

As medidas de compensação são aquelas definidas para os impactos ambientais negativos que não podem ser mitigados.

De acordo com Philippi Jr. et al. (2004), as medidas compensatórias são utilizadas quando, após esgotadas todas as medidas de mitigação e prevenção, ainda restem impactos ambientais negativos decorrentes da implantação do projeto (empreendimento ou atividade).

Medidas de maximização são “aquelas capazes de potencializar os efeitos positivos de um determinado impacto”. (PHILIPPI Jr., 2008)

Philippi Jr. (2005) define medidas de maximização como “aquelas capazes de potencializar os efeitos positivos de um determinado impacto”.

3.6 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS

Os planos e programas ambientais têm por objetivo geral a execução das medidas de controle ambiental que são destinadas aos impactos ambientais significativos de um empreendimento ou atividade antrópica.

Estes planos e programas devem fazer parte da estrutura mínima dos estudos ambientais na área de AIA.

De acordo com a Resolução CONAMA n. 001/86, no Art. 6º, o EIA deverá conter, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:
a) o meio físico; b) o meio biológico e os ecossistemas naturais; c) o meio sócioeconômico.

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e

permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

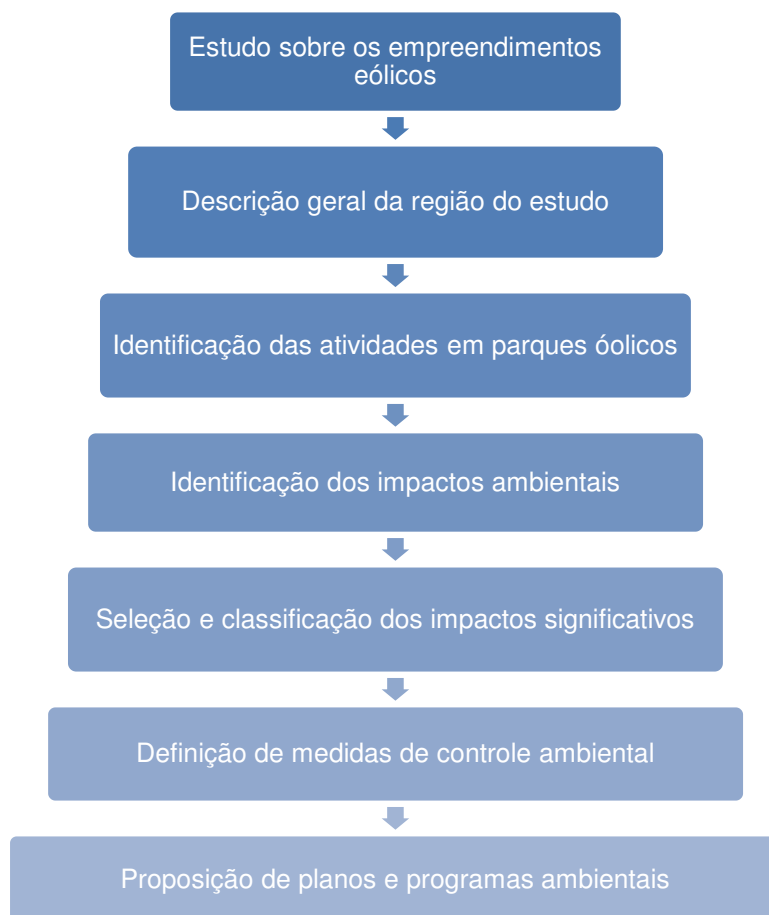
III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento, os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados (BRASIL, 1986).

4 MATERIAL E MÉTODOS

As etapas metodológicas utilizadas para o desenvolvimento deste estudo encontram-se apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Síntese das etapas metodológicas do estudo



Fonte: Autoria própria (2016)

4.1 ABRANGÊNCIA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de abrangência escolhida para a elaboração desse estudo foi a região Nordeste do Brasil (Figura 3), por apresentar um elevado potencial para a implementação de parques eólicos e ser a maior produtora de energia eólica no país.

Figura 3 - Localização da área de abrangência do estudo



Fonte: Revista Fator Brasil (2014)

4.2 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

Na região Nordeste do Brasil estão localizados os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, que ocupam 18% da área total do território nacional (BRASIL, 2014)

Conforme dados do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população nordestina totaliza 53.081.950 habitantes, abrigando cerca de 28% da população residente no Brasil. A densidade demográfica é de 34,1 habitantes por quilômetro quadrado.

4.3 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesse estudo compôs-se basicamente da realização de pesquisas bibliográficas, trabalhos realizados na área, consultas à legislação ambiental brasileira, como também utilização de ferramentas de AIA.

4.3.1 Descrição geral de empreendimentos ou parques eólicos

A descrição dos empreendimentos eólicos foi realizada de forma geral, destacando-se as ações de projeto e/ou atividades comuns e específicas deles em cada etapa de implementação: planejamento, implantação e operação.

Para tanto, o levantamento das informações teve por base a realização de pesquisas na literatura, em trabalhos técnicos e científicos, especialmente em Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA), sobre parques eólicos, e ainda a partir do levantamento de informações de usinas eólicas já em fase de funcionamento ou operação.

4.3.2 Identificação dos impactos ambientais

A identificação dos impactos ambientais potenciais foi realizada para as fases de implementação do empreendimento: planejamento, implantação e operação, por meio da aplicação de ferramentas de AIA, quais sejam: *Ad Hoc* (Método Espontâneo), *Check Lists* (Listas de Controle) e Matrizes de Interação, descritos na literatura (Sánchez, 2008; Fogliatti et al., 2004; Philippi Jr. et al., 2004), e em trabalhos técnicos e científicos para o tipo de empreendimento em questão.

Para tanto, fez-se a listagem dos impactos ambientais dos empreendimentos, em função das ações de projeto e/ou atividades diagnósticas no Item 4.3.1, e ainda a complementação dessa lista por meio do método *Ad Hoc*.

Posteriormente, os impactos ambientais listados foram analisados para a seleção dos impactos significativos, de acordo com as informações encontradas na pesquisa nas citadas fontes utilizadas na consulta.

4.3.3 Seleção e classificação dos impactos ambientais significativos

Para a identificação e análise dos impactos ambientais significativos, foram utilizados os métodos *Ad Hoc* (método espontâneo) e *Check Lists* (listagens de controle), citados na literatura (SÁNCHEZ, 2008; FOGLIATTI et al., 2004).

Os impactos ambientais identificados como significativos foram classificados de acordo com Fogliatti et al. (2004), sob os critérios apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos impactos ambientais

Critério	Classificação	Sigla	Descrição
Valor	Positivo	P	Quando produz um resultado benéfico.
	Negativo	N	Quando produz um resultado adverso.
Espaço de ocorrência	Local	L	Quando o projeto afeta apenas a área em que a atividade está sendo desenvolvida.
	Regional	R	Quando os efeitos são sentidos fora do contorno do projeto.
	Estratégico	E	Quando o efeito se expande para fora da área de influência do projeto.
Tempo de ocorrência	Imediato	I	Quando surge no momento da implantação do projeto.
	Médio ou Longo prazo	ML	Quando o efeito aparece depois de certo tempo.
	Permanente	PE	Quando depois de iniciada a atividade que produz o efeito, este continua.
	Cíclico	C	Quando o efeito se manifesta intervalos de tempo determinados ou variados.
Reversibilidade	Reversível	RE	Quando alguma ação desenvolvida cessa seu efeito.
	Irreversível	IR	Quando seu efeito permanece ao longo do tempo.
Chance de ocorrência	Determinístico	DE	Quando existe a certeza de ocorrência.
	Probabilístico	PR	Quando é incerta sua ocorrência.
Incidência	Direto	DI	Quando o impacto limita-se a zona de influência direta e indireta do projeto.
	Indireto	IN	Quando é estendido para fora da zona de influência do projeto.

Fonte: Adaptado de Fogliatti, Filippo e Goudard (2004)

4.3.4 Medidas de controle ambiental

As medidas de controle ambiental foram elencadas e destinadas para os impactos ambientais significativos, por meio da utilização dos métodos *Ad Hoc* (método espontâneo) e *Check Lists* (listagens de controle), citados em Fogliatti et al. (2004) e Sánchez (2008), e de acordo com as informações apresentadas na citadas fontes de consulta do estudo, principalmente em trabalhos técnicos realizados para empreendimentos do tipo e semelhantes aos parque eólicos.

Posteriormente, fez-se a classificação das medidas de controle ambiental quanto à natureza em:

- Preventivas: medidas aplicadas com o intuito de prevenir a ocorrência do impacto;
- Mitigadoras: aplicadas para minimizar o(s) efeito(s) dos impactos negativos inevitáveis;
- Compensatórias: utilizadas quando os impactos negativos não podem ser mitigados;
- Maximizadoras: usadas para potencializar os impactos positivos.

4.3.5 Planos e programas ambientais

Os planos e programas ambientais foram obtidos por meio de pesquisas na literatura técnica e científica sobre empreendimentos eólicos e afins – cujas características eram semelhantes: as atividades, os impactos e as medidas de controle ambiental.

O método *Check Lists* (Sánchez, 2008; Fogliatti et al., 2004; Philippi Jr. et al., 2004) foi utilizado como ferramenta na identificação dos planos e programas ambientais, considerando as particularidades do empreendimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESCRIÇÃO GERAL DE EMPRENDIMENTOS EÓLICOS

Segundo Fadigas (2011), parque eólico ou fazenda eólica, como também é conhecido, consiste na concentração de um conjunto de turbinas em um mesmo local, integradas eletricamente, injetando energia no mesmo ponto da rede elétrica. Sua distribuição espacial é feita com base em estudos técnicos e econômicos, considerando aspectos tais como: maximização de energia coletada, eficiência, redução dos custos, redução de impactos ambientais (incluindo o impacto visual) e redução de ruídos entre outros.

A usina eólica tem sua composição formada de torres com aerogeradores, postos de transformação, cabos subterrâneos para transporte da energia elétrica, central de comando, subestação e acessos às torres, instalações de interligação, obras de infraestruturas e equipamentos complementares (FILHO et al., 2013).

Um projeto eólico é constituído das fases de planejamento, implantação e operação. Nessas fases existem várias ações que causam diversos impactos ambientais associados a esse tipo de projeto, sendo que essas ações impactam mais ou menos o meio ambiente, a depender da fase de projeto (FADIGAS, 2011).

A geração média de energia nos seis primeiros meses de 2015 foi de 1.831 MW, diante de 856 MW, média alcançada no mesmo período de 2014. A capacidade instalada de usinas eólicas no Brasil chegou a 6.183 MW ao final do primeiro semestre de 2015, quase o dobro em relação ao mesmo período de 2014, quando a capacidade era de 3.106 MW. Esses dados foram divulgados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2012).

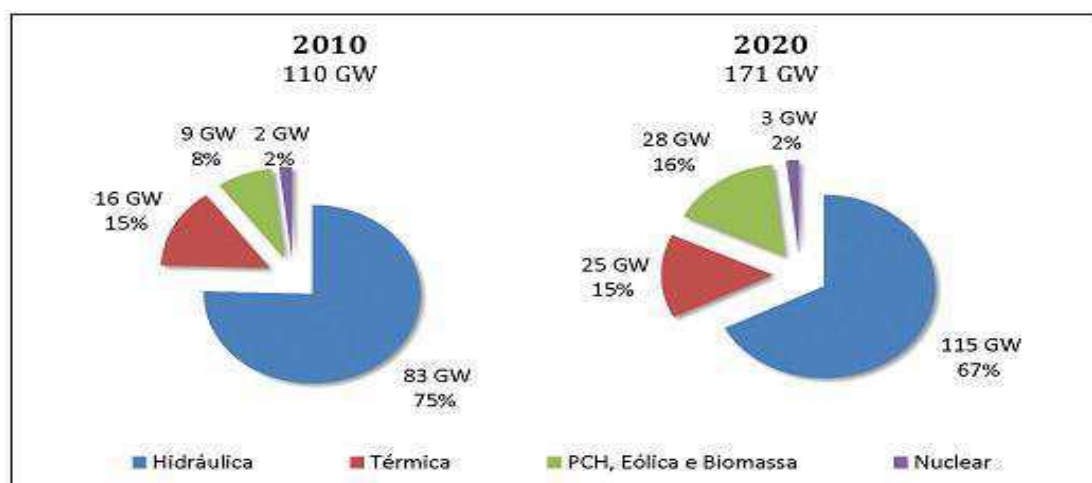
O Rio Grande do Norte lidera, em capacidade instalada de usinas eólicas, com 2.243 MW, seguido por Ceará (1.233 MW), Rio Grande do Sul (1.300 MW) e Bahia (959 MW). De janeiro a julho de 2015, entraram em operação cerca de 1.437 MW de usinas eólicas, e ainda estão previstos cerca de 1.636 MW a serem instaladas até o final do ano. Para o ano 2016 já estão previstos cerca de 3.100 MW e para 2017 cerca de 1.985 MW (BRASIL, 2015)

O mercado de geração de energia eólica tem surpreendido, retrata Tolmasquim (2012), e acrescenta que, em 2004, a capacidade instalada era inferior a 30 MW. Considerando apenas as usinas já contratadas, foram instalados pouco mais de 8.000 MW, com isso, o aumento de

instalações de usinas eólicas no Brasil proporcionou a vinda de empresas internacionais que operam na fabricação de aerogeradores no país, visando com isso aquecer um mercado ascendente e promissor.

Na Figura 4 apresenta-se uma evolução da capacidade instalada de diversas fontes de energia, convencionais e alternativas, dos anos de 2010 a 2020.

Figura 4 - Evolução da capacidade instalada de diversas fontes de energia.



Fonte: Tolmasquim (2012)

Conforme observado na Figura 4, há uma previsão de aumento da capacidade instalada de empreendimentos eólicos de 9,0 GW (em conjunto com as fontes PCH e Biomassa), em 2010 para 28,0 GW em 2020, o que indica um potencial importante de expansão da produção eólica no Brasil.

A implantação de um parque eólico requer uma série de critérios para obtenção do licenciamento adequado para sua implementação.

Segundo Fogliatti, et al., 2004 com o surgimento da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, o licenciamento ambiental adquiriu uma ampla aplicação dentro das atividades com potencial de impacto ao meio ambiente. No Art. 10 desta lei cita-se que:

... a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades que utilizam recursos ambientais que sejam efetivas ou potencialmente poluidoras, ou capazes de causar qualquer degradação no meio ambiente, dependeram de licenciamento ambiental prévio.

Em se tratando de usinas eólicas, para que um empreendedor possa participar de um leilão para a construção de um parque eólico, ele já tem que possuir a Licença Prévia (LP) emitida pelo órgão ambiental competente, que geralmente é obtida com a elaboração de um Relatório Ambiental Simplificado (RAS) (BRSIL,2007).

Vale salientar que o Relatório Ambiental Simplificado (RAS) é concedido para empreendimentos de pequeno porte, ou seja, que não cause impactos significativos ao meio ambiente, do contrario a legislação impõe a elaboração de um EIA-RIMA, mesmo antes da LP.

O empreendedor ganhador no leilão terá que solicitar uma LI (Licença de Instalação) ao órgão ambiental competente que só será concedida se toda a documentação anterior estiver de acordo com a legislação ambiental, posteriormente, se deve obter uma Licença de Operação (LO), que é a última licença a ser emitida, e autoriza o funcionamento do empreendimento (CONAMA, 2012).

Com base na descrição dos parques eólicos, foi possível elencar as ações de projeto e/ou atividades em cada fase dos empreendimentos, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Fases e ações de projeto/atividades de empreendimento eólicos

Fases	Atividades
Planejamento	Levantamento preliminar (caminhos de acesso, solo, topográfico, incidência de ventos etc.); Estudo de viabilidade técnica-econômica; Elaboração de projetos de engenharia; Divulgação do empreendimento; Isolamento da área; Contratação de mão de obra temporária.
Implantação	Contratação de mão de obra permanente; Implantação dos canteiros de obras; Limpeza da área; Construção das vias de acesso; Pavimentações de vias de acesso; Cortes e aterros; Terraplenagem;

Quadro 2 - Fases e atividades de empreendimento eólicos (conclusão)

Fases	Atividades
Implantação	Desmatamento; Manuseio de máquinas pesadas; Construção das edificações; Instalação de estruturas elétricas; Extração de recursos naturais; Instalação dos aerogeradores; Implantação das áreas verdes.
Operação	Manutenção de áreas construídas; Operacionalização dos aerogeradores; Manutenção de áreas verdes; Manutenção das vias de acesso; Manutenção dos aerogeradores; Atividades de gerenciamento.

Fonte: Autoria própria (2016)

De acordo com os resultados vistos no Quadro 2, a fase dos empreendimentos eólicos que apresenta mais ações de projeto/atividades impactantes é a de implantação, com 14, seguida das fases de operação e planejamento, ambas com 06 ações ou atividades de projeto.

5.2 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS POTENCIAIS

No Quadro 3, encontra-se apresentada a matriz de interação com as atividades, aspectos e impactos ambientais potenciais (possíveis de ocorrer) identificados para empreendimentos eólicos versus o setor do meio ambiente - Meio Físico, Biótico ou Antrópico – afetado/beneficiado.

Quadro 3 - Matriz de interação das(os) atividades, aspectos e impactos ambientais potenciais identificados para empreendimentos eólicos versus o segmento do meio ambiente - Meio Físico, Biótico ou Antrópico.

Fase	Atividade	Aspecto ambiental	Impacto	Meio		
				F	B	A
Planejamento	Levantamentos preliminares	Geração de empregos temporários	- Aumento na expectativa da população em relação à oferta de emprego			x
			- Contratação de mão de obra especializada			x
	Elaboração do estudo de viabilidade técnica-econômica	Geração de empregos temporários	- Aumento na expectativa da população em relação à oferta de emprego			x
			- Aumento na arrecadação e impostos			x
			- Contratação de mão de obra especializada			x
	Elaboração de projetos de engenharia	Geração de empregos temporários	- Contratação de mão de obra especializada			x
	Divulgação do empreendimento	Difusão da informação	- Aumento da expectativa da população em relação à oferta de emprego			x
			- Conflito com a preferência do público			x
	Isolamento da área	Intervenção no ambiente natural	- Alteração do ambiente natural	x	x	
			- Perturbação da fauna		x	
Contratação de mão de obra temporária	Geração de emprego e renda	- Aumento do número de empregos			x	
		- Aumento na renda da população			x	
		- Intensificação da economia local			x	
Implantação	Contratação de mão de obra permanente	Geração de empregos e renda	- Aumento do número de empregos			x
			- Aumento da renda dos trabalhadores e da economia local			x
	Implantação dos canteiros de obras	Geração de renda/ uso e ocupação do solo/ emissão de ruídos	- Aumento da renda da população			x
			- Alteração da estrutura do solo	x		
			- Ruídos causados pelo maquinário	x	x	x
	Abertura das vias de acesso	Exposição do solo/ Geração de resíduos gasosos/ Exposição do solo/ Geração de ruídos Movimentação de máquinas pesadas/	- Perda da vegetação natural		x	
			- Alteração da qualidade do ar	x	x	x
			- Erosão acelerada do solo em áreas do entorno	x		
			- Ruídos causados pelo maquinário	x	x	x
		- Risco de poluição do ar	x	x	x	

Quadro 3 - Matriz de interação das(os) atividades, aspectos e impactos ambientais potenciais identificados para empreendimentos eólicos versus o segmento do meio ambiente - Meio Físico, Biótico ou Antrópico (continuação).

Fase	Atividade	Aspecto	Impacto ambiental	Meio		
				F	B	A
Implantação	Pavimentação de vias de acesso	Movimentação de máquinas pesadas	- Compactação do solo	x		
			- Impermeabilização do solo	x		
			- Erosão acelerada do solo em áreas do entorno	x		
			- Ruídos causados pelo maquinário	x	x	x
			- Risco de poluição do ar	x		
	Limpeza da área	Retirada da vegetação/ Exposição do solo	- Perda da vegetação natural		x	
			- Perda do habitat natural da fauna	x	x	
			- Afugentamento da fauna		x	
	Cortes e aterros	Movimentação de máquinas pesadas	- Alteração das características do solo	x		
			- Compactação do solo	x		
			- Impermeabilização do solo	x		
			- Degradação da paisagem	x	x	
			- Erosão acelerada do solo (local e entorno)	x		
			- Alteração do relevo	x		
			- Alteração da drenagem natural	x	x	
	- Risco de acidentes de trabalho			x		
	Terraplenagem	Movimentação de máquinas pesadas/ Trânsito de pessoas no horário de trabalho	- Compactação do solo	x		
			- Ruídos causados pelo maquinário	x	x	x
			- Afugentamento da fauna		x	
			- Morte de animais silvestres		x	
			- Alteração das características do solo	x		
	Desmatamento (local e áreas de empréstimo)	Exposição do solo	- Risco de acidentes de trabalho			x
			- Afugentamento da fauna		x	
			- Alteração da rota migratória de pássaros		x	
			- Perda da vegetação natural		x	
			- Alteração do microclima local	x	x	
			- Perda do habitat natural da fauna		x	
- Alteração da drenagem natural			x	x		
- Erosão acelerada do solo	x					
Manuseio de máquinas pesadas (transporte de equipamentos e elementos/partes componentes do parque eólico)	Movimentação de máquinas pesadas	- Alteração na estrutura do solo	x			
		- Compactação do solo	x			
		- Ruídos causados pelo maquinário	x	x	x	
		- Intrusão visual			x	

Quadro 3 - Matriz de interação das(os) atividades, aspectos e impactos ambientais potenciais identificados para empreendimentos eólicos versus o segmento do meio ambiente - Meio Físico, Biótico ou Antrópico (continuação).

Fase	Atividade	Aspecto	Impacto	Meio		
				F	B	A
Implantação	Construção das edificações	Uso e ocupação do solo/Geração e emissão de ruídos/Geração de material particulados/Geração de emprego	- Alteração na estrutura do solo	x		
			- Compactação do solo	x		
			- Impermeabilização do solo			
			- Intrusão visual	x		x
			- Ruídos causados pelo maquinário	x		x
			- Alteração na qualidade do ar			
			- Contratação de mão de obra especializada			
	Instalação de estruturas elétricas	Geração de emprego	- Morte de aves por colisão com as torres e choque elétrico		x	
			- Aumento da disponibilidade de energia elétrica			x
			- Contratação de mão de obra especializada			x
	Extração de recursos naturais	Consumo de matérias-primas	- Diminuição das reservas de matéria-prima	x	x	
			- Perda ou alteração de habitats	x	x	
			- Afugentamento da fauna	x	x	x
			- Alteração da paisagem natural	x	x	
			- Redução do habitat disponível		x	
			- Erosão acelerada do solo	x		
	Instalação dos aerogeradores	Geração de empregos/ Uso e ocupação do solo	- Morte de aves por colisão com as torres e choque elétrico		x	
			- Interferência eletromagnética	x		x
			- Intrusão visual	x		x
			- Contratação de mão de obra especializada			x
			- Melhora na qualidade do ar	x		x
			- Alteração da rota migratória de pássaros		x	
	Implantação das áreas verdes	Demanda de recursos financeiros/Geração de empregos/Harmonização da paisagem	- Melhoria na qualidade do ar	x		x
			- Retorno de parte da fauna		x	
			- Recuperação de parte da vegetação natural		x	
			- Controle da erosão do solo	x		
			- Contratação de mão de obra especializada			x
- Redução da intrusão visual			x		x	

Quadro 3 - Matriz de interação das(os) atividades, aspectos e impactos ambientais potenciais identificados para empreendimentos eólicos versus o segmento do meio ambiente - Meio Físico, Biótico ou Antrópico (conclusão).

Fase	Atividade	Aspecto	Impacto	Meio		
				F	B	A
Operação	Manutenção de áreas construídas	Geração de empregos permanentes/Conservação da infraestrutura física	- Contratação de mão de obra especializada			x
			- Melhoria do ambiente de trabalho			x
			- Redução no risco de acidentes			x
	Operacionalização dos aerogeradores	Geração de empregos permanentes/Geração e emissão de ruídos	- Aumento na disponibilidade de energia	x		x
			- Redução da emissão de poluentes na atmosfera (dióxido de carbono)	x		x
			- Incentivo ao uso de energia renovável			x
			- Redução no uso de fontes convencionais de energia			x
			- Alteração das correntes de ar	x		x
			- Morte de aves por choque (batida) nas turbinas		x	
			- Ruídos causados pelos aeradores	x		x
	Manutenção de áreas verdes	Geração de empregos/ Utilização de recursos financeiros/Conservação ambiental	- Contratação de mão de obra temporária			x
			- Melhoria da qualidade ambiental	x	x	x
			- Redução da intrusão visual	x	x	x
			- Redução de impactos na fauna		x	
	Manutenção das vias de acesso	Geração de empregos/ Utilização de recursos financeiros/Controle operacional	- Contratação de mão de obra temporária			x
			- Aumento nos gastos econômicos			x
			- Redução no risco de acidentes			x
	Manutenção dos aerogeradores	Geração de empregos/ Utilização de recursos financeiros/Controle operacional	- Contratação de mão de obra especializada			x
			- Melhoria na qualidade do ar	x	x	x
			- Redução do ruído	x	x	x
			- Aumento no custo de produção			x
	Atividades de gerenciais/ administrativas	Geração de empregos/ Utilização de recursos financeiros/Movimentação de veículos automotores	- Diminuição no risco de interrupção do sistema de geração			x
			- Contratação de mão de obra especializada			x
- Aumento nos custos com combustível e manutenção de veículos					x	
- Alteração na qualidade do ar			x		x	
- Ruídos causados pelos veículos			x		x	
		- Risco de acidentes			x	

Fonte: Autoria própria (2016)

Analisando o Quadro 3, observa-se que foram encontrados um total de 111 impactos ambientais, sendo 54 no meio físico, 39 no meio biótico e 60 no meio antrópico, sendo este o mais impactado, considerando que um mesmo impacto ambiental afetou mais de um meio: físico, biótico ou antrópico.

Ainda segundo o Quadro 3, a fase de implantação foi a mais impactante, com 71 impactos ambientais diagnosticados, sendo 56 negativos e 15 positivos. Em sequência, vem a fase de operação, com 27 impactos, sendo 07 negativos e 20 positivos e, por fim, a fase de planejamento, com 13 impactos, sendo 03 negativos e 10 positivos.

5.3 SELEÇÃO DOS IMPACTOS SIGNIFICATIVOS

No Quadro 4, encontra-se a seleção dos impactos ambientais significativos, sua descrição geral e subsequente fase de implementação.

Quadro 4 - Impactos ambientais significativos e sua respectiva descrição geral

Impacto ambiental	Descrição	Fase
Redução da vegetação natural	A redução da vegetação é resultante do desmatamento para a abertura de caminhos, onde passarão o maquinário pesado, automóveis de funcionários, peças para a montagem dos aerogeradores, e para instalação dos canteiros de obras e instalação das torres eólicas.	Implantação
Perturbação/deslocamento/afugentamento da fauna e da flora	A perturbação, deslocamento e afugentamento da fauna acontecem quando da escolha e desflorestamento da área para a instalação do parque eólico, e com o intenso movimento de pessoas e máquinas, onde há perda também da flora local.	Implantação e operação
Intrusão visual	A intrusão ocorre porque o conjunto que forma os aerogeradores, que têm aproximadamente 90 metros de altura e cerca de 800 toneladas, alteram de forma significativa a estética do ambiente natural, causando um grande impacto visual para pessoas e animais.	Implantação e operação
Perda ou alteração de <i>habitats</i>	Devido à retirada dos recursos naturais, em especial a vegetação nativa, a instalação de estruturas para dar suporte e a própria instalação do parque, <i>habitats</i> dos animais são alterados e/ou perdidos.	Implantação e operação
Aumento na geração de energia de fonte renovável	Como a geração da energia é feita a partir de uma matriz renovável, pode se dizer que isso contribui de uma forma positiva, pois gera menos poluentes à atmosfera, contribuindo para a sustentabilidade.	Planejamento, implantação e operação
Elevação nos níveis de ruídos	O funcionamento das pás dos aerogeradores provocam intensos ruídos, causando incômodos a quem abita as proximidades e à própria fauna no local.	Implantação e operação
Alteração da rota migratória e morte dos pássaros	Com a instalação e operação dos aerogeradores na rota migratória dos pássaros, é comum ocorrerem mortes por choques com as turbinas e por mudanças na direção e intensidade dos ventos, além de mortes por choques elétricos (acredita-se que os animais não conseguem enxergá-las, quando estão em movimento).	Operação
Aumento no número de empregos	Com a construção do empreendimento, assim como em qualquer grande obra, tem-se a contratação de muitos trabalhadores, de forma direta, indireta, provisoriamente e permanente, aumentando a expectativa da sociedade local e também sua economia.	Planejamento, implantação, operação
Interferência eletromagnética	Aerogeradores podem ser obstáculos para as ondas eletromagnéticas, que podem ser refletidas, espalhadas ou defletidas por eles.	Operação
Alteração na estrutura do solo	Com relação à alteração da estrutura do solo, há uma variedade de impactos que vão desde o uso de máquinas para abrir caminhos até a operação dos parques.	Implantação

Quadro 4 - Impactos ambientais significativos e sua respectiva descrição geral (conclusão)

Impacto ambiental	Descrição	Fase
Conflito com a preferência do público	Alguns empreendimentos afetam de forma positiva, como a geração de empregos, como também de forma negativa, prejudicando pessoas que vivem no entorno, seja pelos níveis de ruídos, perturbação de criações (caprinos, suínos, bovinos etc.), levando ao conflito de opiniões no meio social.	Planejamento
Redução da emissão de poluentes na atmosfera	O vento é utilizado como fonte de energia que, por ser uma fonte renovável, não emite poluentes para atmosfera, se comparado com fontes convencionais de outras matrizes energéticas.	Operação

Fonte: Adaptado de Fadigas (2011)

Observa-se, no Quadro 4, que foram encontrados 12 impactos ambientais significativos, dos quais 03 foram positivos e 09 negativos. Vale salientar que o número de impactos significativos identificados, provavelmente, seria maior que o apresentado neste estudo, caso o levantamento tivesse sido realizado por uma equipe multidisciplinar.

No Quadro 5 encontra-se apresentada uma matriz de interação com a classificação dos impactos ambientais significativos.

Quadro 5 - Matriz de interação com a classificação dos impactos ambientais significativos

Impactos Ambientais	Classificação														
	P	N	L	R	E	I	ML	PE	C	RE	IR	DE	PR	DI	IN
Redução vegetação natural		x	x			x				x		x		x	
Perturbação/ deslocamento/ afugentamento da fauna e da flora		x		x		x	x		X	x		x		x	
Intrusão visual		x		x		x		x			x	x		x	
Perda ou alteração de habitats		x		x		x		x		x		x			x
Geração de energia de fonte renovável	x				x			x			x	x		x	
Elevação nos níveis de ruídos		x	x			x	x	x	X	x		x		x	
Alteração da rota migratória e morte dos pássaros		x	x	x	x		x	x	X		x		x		x
Aumento no número de empregos	x		x	x	x	x	x	x	X	x		x		x	
Interferência eletromagnética		x	x				x		X		x	x			x
Alteração na estrutura do solo		x	x	x		x	x	x			x	x		x	
Conflito com a preferência do público		x	x			x				x			x		x
Redução da emissão de poluentes na atmosfera	x				x			x			x	x		x	
Total	2	9	6	6	4	8	6	8	5	6	6	10	2	8	4

Fonte: Autoria própria (2016)

No Quadro 6, apresenta-se a quantidade de impactos ambientais encontrados nos empreendimentos eólicos, de acordo com cada critério adotado na classificação.

Quadro 6 - Total de impactos ambientais de acordo com os critérios de classificação

Critério	Classificação	Sigla	Total de Impactos
Valor	Positivo	P	2
	Negativo	N	9
Espaço de ocorrência	Local	L	6
	Regional	R	6
	Estratégico	E	4
Tempo de ocorrência	Imediato	I	8
	Médio ou Longo prazo	ML	6
	Permanente	PE	8
	Cíclico	C	5
Reversibilidade	Reversível	RE	6
	Irreversível	IR	6
Chance de ocorrência	Determinístico	DE	10
	Probabilístico	PR	2
Incidência	Direto	DI	8
	Indireto	IN	4

Fonte: Autoria própria (2016)

5.4 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

As medidas de controle ambiental foram propostas apenas para os impactos significativos e divididas em medidas preventivas, compensatórias, mitigadoras e de maximização, conforme mostrado no Quadro 7.

Quadro 7 - Medidas de controle ambiental

Impacto	Medidas de controle ambiental	Classificação da medida
Retirada da vegetação natural	- Providenciar o acompanhamento por um profissional habilitado na área de conhecimento, durante as atividades de retirada da vegetação.	Preventiva
	- Remover ninhos de aves, com a aprovação das agências de proteção ao meio ambiente, para locais mais adequados.	Preventiva
	- Conscientizar funcionários envolvidos na obra, buscando conter qualquer tipo de agressão à fauna, além de divulgar as penalidades legais resultantes destas práticas.	Preventiva
	- Revegetação das áreas de entorno ao empreendimento.	Mitigadora/ Compensatória
Perturbação/deslocamento/ afugentamento da fauna e da flora	- Construir parques eólicos com poucas turbinas de maior potência (maior tamanho) em vez de muitas turbinas de menor potência.	Preventiva
	- Utilização/aproveitamento de estradas e trilhas existentes.	Preventiva
	- Realizar estudos de mitigação específicos nos sítios e estudar as causas e efeitos da interação das aves com o parque eólico.	Preventiva/ Mitigadora
Intrusão visual	- Instalar os aerogeradores ao longo de uma linha reta.	Preventiva
	- Em zonas montanhosas, a solução geralmente adotada é a colocação dos aerogeradores ao longo da linha de cumeeada.	Preventiva
	- Pintar a base dos aerogeradores com cores de gradiente em verde para melhor camuflagem com a vegetação local.	Preventiva/ Mitigadora
	- Usar um tipo de rede elétrica (de preferência subterrânea) e traçado de estrada para interligação das plantas de forma a reduzir o impacto visual.	Preventiva/ Mitigadora

Quadro 7 - Medidas de controle ambiental (continuação)

Impacto	Medidas de controle ambiental	Classificação da medida
Intrusão visual	- Evitar excesso de iluminação, exceto a necessária para segurança aérea;	Preventiva/ Mitigadora
	- Evitar excesso de placas com propagandas e divulgação, com controle de tratamento e cor e qualidade.	Preventiva/ Mitigadora
Perda ou alteração de <i>hábitats</i>	- Evitar micro <i>habitats</i> ou zonas de voo ao instalar turbinas individuais.	Preventiva
Aumento na geração de energia de fonte renovável	- Uso de aerogeradores potentes, para gerar mais energia com menos turbinas.	Preventiva/ Maximização
	- Fazer de forma periódica a manutenção dos aerogeradores.	Preventiva/ Maximização
Elevação nos níveis de ruídos	- Uso de aerogeradores adaptáveis para se adequarem aos limites de ruídos permitidos.	Preventiva
	- Trocar aerogeradores antigos por modelos mais atuais no mercado.	Mitigadora
	- Uso de ventiladores de baixa rotação, de amortecedores de vibração e melhoria nas estratégias de controle para evitar vibrações/ruídos e sua propagação para toda estrutura.	Preventiva/ Mitigadora
	- Melhoria do aerofólio para evitar ruídos na borda de fuga da pá do aerogerador, ruído de ponta de pá e ruído causado pelo fluxo de vento turbulento no perfil da pá.	Mitigadora
	- Construir parques eólicos com poucas turbinas de maior potência (maior tamanho) em vez de muitas turbinas de menor potência.	Preventiva

Quadro 7 - Medidas de controle ambiental (continuação)

Impacto	Medidas de controle ambiental	Classificação da medida
Alteração da rota migratória e morte dos pássaros	- Evitar áreas que se constituem em corredores de migração de aves.	Preventiva
	- Instalar redes elétricas subterrâneas ou técnicas para evitar que as aves possam ser eletrocutadas.	Preventiva/ Mitigadora
	- Usar cor, tipo de estrutura e acabamento uniformes, para minimizar a visibilidade do projeto em áreas sensíveis com amplo espaço.	Preventiva/ Mitigadora
	- Projetar torres com formas alternativas, para não facilitar que as aves fiquem empoleiradas.	Preventiva
Aumento no número de empregos	- A contratação de mão de obra local deve ser priorizada e a capacitação e qualificação profissional dos colaboradores.	Maximização
	- Aquisição de produtos no comércio local.	Maximização
Interferência eletromagnética	- Deve-se levar em conta o material utilizado da confecção dos aerogeradores, tipo, dimensões das torres, rotação, geometria das torres e pás em relação as torres de transmissão de ondas eletromagnéticas.	Preventiva
Alteração na estrutura do solo	- Usar a forma do local como meio de minimizar visivelmente as estradas de acesso a serviços e proteger o terreno de erosão acelerada do solo.	Preventiva
	- Instalação do edifício de manutenção fora do sítio eólico.	Preventiva
	- Instalar aeraeradores mais eficientes ou aeradores de grande porte para minimizar o número de aeradores.	Preventiva/ Mitigadora
	- Selecionar um espaçamento adequado para reduzir a densidade de máquinas.	Preventiva
	- Usar construções que não necessitem de muitas vias de acesso e técnica de manutenção para reduzir a perda temporária e permanente de áreas.	Preventiva

Quadro 7 - Medidas de controle ambiental (conclusão)

Impacto	Medidas de controle ambiental	Classificação da medida
Alteração na estrutura do solo	- Restringir o uso de veículos apenas em vias já existentes.	Preventiva/ Mitigadora
Conflito com a preferência do público	- Evitar a instalação de aerogeradores em terrenos que sejam povoados, para evitar realojamento de moradores locais.	Preventiva
	- Consultar pessoas que moram no entorno da instalação, com o intuito de colher opiniões sobre a obra.	Preventiva/ Mitigadora
Redução da emissão de poluentes na atmosfera	- Desenvolver incentivos à produção de energia eólica com o intuito de aumentar essa matriz energética para reduzir ao máximo os níveis de poluentes no meio ambiente.	Maximização

Fonte: Adaptado de Fadigas (2011)

Das medidas propostas, as medidas de prevenção e mitigação tiveram maior destaque para prevenir e/ou reduzir os impactos ambientais significativos encontrados nas áreas de implementação de parques eólicos.

5.5 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS

Nesta etapa foram propostos alguns planos e programas ambientais para empreendimentos eólicos, tendo em vista os principais impactos identificados e as respectivas medidas de controle ambiental, como pode ser visto no Quadro 8.

Quadro 8 – Planos e programas ambientais propostos para parques eólicos

Plano/ Programa Ambiental	Objetivo/Medida de Controle Ambiental
Programa de Educação Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Conscientização e sensibilização para condições ambientais locais; - Conscientizar quanto ao uso da energia produzida pela usina eólica.
Programa de Comunicação Social	- Manter comunicação com os representantes das comunidades, a fim de socializar as intervenções ambientais que ocorrerão durante todas as fases do empreendimento, além da promoção de discussões a respeito da implementação das medidas de controle a serem adotadas.
Programa de Preservação e Proteção de Espécies	- Melhorar as condições ecológicas do local, com objetivo de promover o desenvolvimento e reprodução das espécies presentes na área.
Plano de Recuperação de Áreas Degradadas	- Propor medidas que possam recuperar os fatores ambientais existentes antes da implementação dos parques eólicos e também recompor o equilíbrio ambiental nas áreas de empréstimo.

Quadro 8 – Planos e programas ambientais propostos para parques eólicos (conclusão)

Plano/ Programa Ambiental	Objetivo / Medida de controle
Planos Alternativos de Equipamentos ou Melhorias da Estética dos Aparelhos	- Visa a melhoria da tecnologia ao longo do tempo, ou seja, construir aerogeradores que possam amenizar impactos como, intrusão visual e ruídos.
Políticas Voltadas ao Desenvolvimento de Alternativas para Uso da Terra	- Desenvolvimento de medidas que conciliem o empreendimento e outras formas de uso simultâneo do território.
Programa de Proteção da Flora e Fauna	- Realocar as espécies nativas da flora, com vistas a estabelecer pontos de passagem de fauna.
Monitoramento Ambiental das Obras de Implantação	- Acompanhar os impactos ambientais da execução das obras e propor medidas preventivas, de controle e registro das práticas ambientais adotadas.
Monitoramento dos Níveis de Ruído e de Interferência Eletromagnética	<p>- Acompanhar os impactos provenientes das vibrações sonoras de acordo com os padrões estabelecidos por legislação;</p> <p>- Acompanhar as possíveis interferências nas linhas de sinais eletrônicos e propor correções quando for o caso;</p> <p>- Monitorar níveis de ruídos em todas as fases de implementação do projeto.</p>

Fonte: Fadigas, (2011) adaptado

6 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo teórico sobre os impactos e medidas de controle ambiental de empreendimentos eólicos no Nordeste Brasileiro.

Na etapa de descrição dos parques eólicos, observaram-se diversas ações de projeto e atividades impactantes em todas as fases de implementação dos empreendimentos dessa natureza: 06 na fase de planejamento, 14 na fase de implantação e 06 na fase de operação, respectivamente.

Foram identificados um total de 111 impactos ambientais potenciais nas fases de planejamento, implantação e operação dos empreendimentos eólicos, sendo 54 no meio físico, 39 no meio biótico e 60 no meio antrópico, considerando que um mesmo impacto ambiental afetou mais de um meio: físico, biótico ou antrópico.

Na análise da significância dos impactos ambientais, foram encontrados 12 impactos ambientais significativos. No entanto, caso a investigação fosse realizada por equipe multidisciplinar provavelmente seriam encontrados mais impactos significativos.

As medidas de controle foram propostas para os impactos significativos, sendo maioria classificada como preventivas e mitigadoras.

Os planos e programas propostos englobaram todos os impactos significativos e respectivas medidas de controle ambiental.

Os resultados encontrados neste estudo servirão de base para fomentar estudos científicos que abordem o tema em questão e também apresentam uma contribuição para a avaliação de impactos ambientais de empreendimentos eólicos, visto que servirão de suporte para elaboração e implantação de estudos técnicos, a exemplo do EIA-RIMA, principalmente por se tratar de um tipo de atividade ainda pouco abordada na legislação ambiental do Brasil.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. J.A. **Análise regional da energia eólica no Brasil**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. São Paulo 2010

BRASIL. Portal Abeolica. Associação Brasileira de Energia Eólica. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/>>. Acesso em 10 de mar. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Consumo Sustentável: Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/consumo_sustentavel.pdf> Acesso em: 11 de maio. 2016.

BRASIL. Portal Brasil. **Território Nacional**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2009/11/territorio>> Acesso em 11 de maio. 2016.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologias e Gestão**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 462, de 24 de Julho de 2014**. Dispões sobre procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>> Acesso em: 10 de mar. 2016.

CUNHA, B. C.; GUERRA, A. J. T. Avaliação e perícia ambiental. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 284 p.

FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. **Energia eólica**. Série Sustentabilidade. Barueri: Manole, 2011. 285 p.

FILHO et al. **Utilização da Energia Eólica no Estado de Minas Gerais**. Comunicado técnico nº 2/2013 – GEMUC/DPED/FEAM. Belo Horizonte- MG, 2013. 77 p.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 249 p.

GOMES, G.M. **Energia Eólica: Em Busca da Sustentabilidade**. São Paulo 2011.
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao>. Acesso em 10 de mar. 2016.

LEITE, J. C. A. Professor da disciplina “Avaliação de Impactos Ambientais” – Nota de Aula. Curso de Engenharia Ambiental da UACTA/CCTA/UFMG, Campus de Pombal, Paraíba, (2014).

MEYER, M.F.et, al. **Energia eólica e seus impactos ambientais**. Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves - RS de 2014

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.

MILARÉ. **E Direito do Ambiente – A Gestão Ambiental e Foco**. 8ª Ed. 2013

NÓBREGA, L.M.M. **Análise Ambiental da Produção da Energia Eólica no Nordeste Brasileiro**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2013. 71p.

NBR ISO 14.001: Sistema de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2004.

PHILIPPI JR. A. **Saneamento, Saúde e Ambiente**: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 1. ed. São Paulo: Manole, 2005. 842 p.

PHILIPPI JR. A.; ROMÉRO, M. A; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2004. 1047 p.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: Conceitos e Métodos. São Paulo: Oficina de texto, 2008. 495 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. Cap. 06 - Avaliação de impactos ambientais. 1 ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2004, 184p.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, 26 (74), 2012. 254p.