



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

CARLOS JOSÉ MONTEIRO BATISTA

**AVALIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL E A
NORMATIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS VOLTADOS À GERAÇÃO DE
ENERGIA EÓLICA EM PERNAMBUCO**

Recife, 2019

CARLOS JOSÉ MONTEIRO BATISTA

**AVALIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL E A
NORMATIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS VOLTADOS À GERAÇÃO DE
ENERGIA EÓLICA EM PERNAMBUCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Prof. DSc. Hernande Pereira da Silva
Orientador

Profa. DSc. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho
Co-orientadora

Recife, 2019

- B333 **Batista, Carlos José Monteiro.**
Avaliação dos procedimentos de licenciamento ambiental e a normatização de empreendimentos voltados à geração de energia eólica em Pernambuco. / Carlos José Monteiro Batista. – Recife, PE: O autor, 2019.
113 f.: il., color. ; 30 cm.
- Orientador: Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva.
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho.
- Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2019.
- Inclui referências.
1. Energia Renovável. 2. Geoprocessamento. 3. Licenciamento Ambiental. 4. Gestão Ambiental. I. Silva, Hernande Pereira da (Orientador). II. Carvalho, Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira (Co-orientadora). III. Título.
- 621.41 CDD (22 Ed.)

CARLOS JOSÉ MONTEIRO BATISTA

**AVALIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL E A
NORMATIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS VOLTADOS À GERAÇÃO DE ENERGIA
EÓLICA EM PERNAMBUCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: 27 de junho de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. DSc. Hernande Pereira da Silva
Orientador (IFPE)

Profa. DSc. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho
Co - Orientadora (IFPE)

Prof. PhD. José Antônio Aleixo da Silva
Examinador Interno (MPGA)

Profa. DSc. Cristiane Guiselini
Examinadora Externa (UFRPE)

Prof. DSc. Fernando Henrique de Lima Gadelha
Examinador Externo (IFPE)

Profa. DSc. Rejane Jurema Mansur
Examinadora Interna (MPGA)

APRESENTAÇÃO

O autor possui Graduação em Administração de Empresas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Especialização em Gestão, Educação e Política Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atualmente, é graduando em Engenharia de Produção pela FIR / Universidade Estácio de Sá.

Possui ainda formação de Técnico Mecânico pelo Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco (IFPE), curso de Inspetor de Soldagem pela Fundação Brasileira de Tecnologia de Soldagem e o curso Profissionalizante de Petróleo e Gás pela Associação dos Servidores do CEFET – ASCEFET.

Iniciou sua vida profissional como estagiário da área de Manutenção da fabricante de alumínio Alcoa S/A, localizada em Itapissuma - PE. Posteriormente, ocupou a função de Trainee de Técnico Mecânico na fábrica de engrenagens Musashi S/A, localizada em Igarassu - PE.

Na fábrica de aerogeradores IMPSA, localizada em Suape – PE, ocupou diversos cargos nas áreas de manutenção, qualidade e meio ambiente.

Na área de meio ambiente desempenhou atividades de técnico em meio ambiente e sustentabilidade, com monitoramento dos parâmetros de poluição da planta, com experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em qualidade do ar, das águas e do solo.

Foram desenvolvidas além das atividades normativas de desenvolvimento, preparação e implementação do sistema de gestão da qualidade, as normas ISO 14001, ISO 9001, melhorias no processo (KAIZEN), treinamentos e condução de auditorias internas.

Paralelamente, foram desenvolvidas algumas experiências na área de meio ambiente, como a criação de minhocas e uma estação de compostagem, visando o reaproveitamento das sobras alimentares do restaurante e da vegetação oriunda do corte e poda das áreas verdes e jardins da planta.

Essas experiências, despertaram o interesse pela temática ambiental, em especial as normas, procedimentos, licenciamentos ambientais na área de energia eólica, sendo o objeto desse estudo.

Foi professor tutor dos cursos de EaD do Centro Universitário Joaquim Nabuco (UNINABUCO/Recife).

Atualmente, é professor nas unidades da UNINASSAU (Campus Graças e Boa Viagem).

Dedico a todos aqueles que me ajudaram de alguma forma a chegar onde estou e especialmente a Deus, e os meus pais (in memoriam): Adení Monteiro Dantas Teles e Eufrásio Batista Teles por terem me dado uma boa educação e a oportunidade de estudar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço também as seguintes personalidades, as quais foram fundamentais na execução deste trabalho.

Aos companheiros de sala de aula e das “horas difíceis”;

Ao Sr. Felipe Vasconcelos da Empresa PECENERGIA, pela grandiosa ajuda técnica;

Aos Professores e Servidores do CER – UFPE;

Aos Professores e Servidores do Curso de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental do IFPE, (em especial aos Professores DSc Hernande Pereira da Silva, e a Coordenadora do Curso DSc Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho) doutores sobre tudo na hora de saber ensinar, com paciência e competência, características só identificadas nos verdadeiros mestres do saber;

E finalmente, a Cláudia Pontes, principal alicerce de minha vida, em todos os sentidos, a qual contribui de forma decisiva nos momentos mais difíceis.

A todos, portanto, meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

As mudanças ocorridas na composição das matrizes energéticas mundiais, favoreceram o crescimento de fontes renováveis e intermitentes como a eólica, a solar, exigindo cada vez mais um planejamento estratégico bem elaborado. Os últimos levantamentos indicam a evolução da capacidade instalada no Brasil, com uma projeção para o ano de 2020 de 17.289 MW de geração eólica. Neste cenário a região Nordeste merece destaque, uma vez que corresponde a aproximadamente a metade do total da capacidade de geração brasileira alcançando uma potência de 75.000 MW. Em Pernambuco, com o objetivo de aumentar a produção de energia eólica no Estado, aproximadamente 35 parques estão em fase de projeto ou construção/operação, distribuídos por 14 municípios, somando ao todo mais de R\$ 3 bilhões em investimentos. A proposta da pesquisa é a elaboração de um método de campo para o licenciamento ambiental, contendo os critérios mais relevantes para os potenciais impactos ambientais e de um fluxograma contendo as etapas do processo de licenciamento ambiental, visando proporcionar ao agente fiscalizador, *in loco*, a verificação dos parâmetros pré-estabelecidos, realizando os ajustes necessários para a efetiva liberação do empreendimento. Para este estudo, delimitou-se as áreas em dois parques eólicos, ambos situados no estado de Pernambuco, denominados Parque Eólico Serra das Vacas, no município de Paratama, localizado na mesorregião Agreste e o Parque Eólico Fontes dos Ventos, no município de Tacaratu, localizado na mesorregião do São Francisco. Na metodologia aplicada se utilizou as análises das informações contidas no Relatório Ambiental Simplificado (RAS) do empreendimento Serra das Vacas, sendo mencionados e dispostos em matrizes os potenciais impactos gerados (fases de implantação e operação) e as suas medidas mitigadoras, assim como a análise espaço-temporal de imagens de satélites, visando comparar as informações de melhoramento (reaproveitamento) ou construção de novos acessos viários. Nos casos estudados, verificou-se a existência de impactos ambientais, devido aos desmatamentos provocados pela abertura de novos acessos, não havendo quando possível, o reaproveitamento dos acessos existentes. A utilização da referida metodologia mostrou que houve a supressão de vegetação em uma única estrada aferida no Parque Serra das Vacas, equivalente a uma área de 4.659,00 m². Analogamente, em relação ao Complexo Eólico Fonte dos Ventos, poderia ter sido evitado uma supressão de uma área de 7.363,00 m², o que totalizou nos dois casos, uma área total de supressão de vegetação de 12.022,00 m² no domínio fitogeográfico Caatinga, o qual já apresenta em algumas áreas, um processo de savanização. Portanto, o estudo aqui apresentado tem como objetivo principal evidenciar a as análises espaço-temporais de imagens de satélites geoprocessadas, as quais irão permitir ao gestor, fazer as análises ambientais e comparativas com a planta baixa do empreendimento eólico, promovendo caso necessário, as alterações, ajustes e adequações necessárias no layout pré-definido no RAS, fornecido pelo empreendedor.

Palavras-chave: Energias Renováveis, Geoprocessamento, Licenciamento Ambiental, Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

The changes that took place in the composition of the world energy matrix favored the growth of renewable and intermittent sources such as wind and solar, requiring more and more strategic planning. The latest surveys indicate the evolution of installed capacity in Brazil, with a forecast for 2020 of 17.289 MW of wind generation. In this scenario, the Northeast region deserves to be highlighted, since it corresponds to approximately half of the total Brazilian generation capacity reaching a power of 75.000 MW. In Pernambuco, with the goal of increasing wind power production in the State, approximately 35 parks are in the design or construction / operation phase, distributed by 14 municipalities, totaling more than R\$ 3 billion in investments. The research proposal is the elaboration of a field method for the environmental licensing of an application, containing the most relevant criteria for potential environmental impacts and a flowchart containing the steps of the environmental licensing process, aiming to provide the monitoring agent, in loco, the verification of the pre-established parameters, making the necessary adjustments for the effective release of the enterprise. For this study, the areas were delimited in two wind farms, both located in the state of Pernambuco, called the Serra das Vacas Wind Farm, in the municipality of Paratama, located in the Agreste mesoregion and the Fontes dos Ventos Wind Farm, in the municipality of Tacaratu, located in the São Francisco mesoregion. In the applied methodology, the analysis of the information contained in the Simplified Environmental Report of the Serra das Vacas project was used, where the potential impacts generated (implementation and operation phases) and their mitigation measures were mentioned and arranged in matrices, as well as the space-time analysis of satellite images, aiming at comparing information on improvement (reuse) or construction of new road accesses. In the cases studied, it was verified the existence of environmental impacts, due to the deforestation caused by the opening of new accesses, not where possible, the reuse of existing accesses. The use of this methodology showed that there was suppression of vegetation on a single road measured in the Serra das Vacas Park, equivalent to an area of 4.659,00 m². Similarly, in relation to the Wind Source Wind Complex, a suppression of an area of 7.363,00 m² could have been avoided, which totaled in both cases a total vegetation suppression area of 12.022,00 m² in the Caatinga Phytogeographical Domain, which already has in some areas a process of desertification. Therefore, the main objective of this study is to demonstrate the use of management tools such as Strategic Environmental Assessment, together with space-time analyzes of geoprocessed satellite images, which will allow the manager to perform environmental analyzes and comparative with the low plan of the wind farm, promoting, if necessary, the necessary changes, adjustments and adjustments in the pre-defined layout in the RAS, provided by the entrepreneur.

Keywords: Renewable Energies, Geoprocessing, Environmental Licensing, Climate Change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de leilões.	24
Figura 2	Aerogerador.	39
Figura 3	Potencial eólico das regiões do Brasil.	40
Figura 4	Panorama do potencial eólico no Brasil.	42
Figura 5	Torre anemométrica.	46
Figura 6	Mapa rosa do ventos anuais (frequência x direção).	50
Figura 7	Mapa rosa do ventos anuais (velocidade x direção).	51
Figura 8	Mapa rosa do ventos anuais (energia x direção).	52
Figura 9	Imagem de satélite utilizada na elaboração do RAS denominada “acesso a área objeto de estudo”.	55
Figura 10	Imagem de satélite utilizada na elaboração do RAS denominada “croqui dos locais de medição”.	55
Figura 11	Imagem de satélite utilizada na elaboração do RAS denominada “unidade de conservação RPPN”.	56
Figura 12	Fluxograma das etapas de implantação de um parque eólico.	76
Figura 13	Fluxograma metodologia de pesquisa.	82
Figura 14	Mapa localização geográfica do Estado de Pernambuco.	84
Figura 15	Carta-imagem localização geográfica do Parque Eólico Serra das Vacas.	86
Figura 16	Carta-imagem localização geográfica do Parque Eólico Fonte dos Ventos.	87
Figura 17	Carta-imagem da área destinada às centrais de geração de energia do Parque Eólico Serra das Vacas.	91
Figura 18	Carta-imagem layout do Parque Eólico Serra das Vacas.	92
Figura 19	Carta-imagem vegetação intacta antes da instalação do Parque Eólico Serra das Vacas.	93
Figura 20	Carta-imagem supressão vegetação depois da instalação do Parque Eólico Serra das Vacas.	94
Figura 21	Carta-imagem da área destinadas às centrais de geração de energia do Parque Eólico Fonte dos Ventos.	96
Figura 22	Carta-imagem layout do Parque Eólico Fonte dos Ventos.	97
Figura 23	Carta-imagem vegetação intacta antes da instalação do Parque Eólico Fonte dos Ventos.	98
Figura 24	Carta-imagem supressão vegetação depois da instalação do Parque Eólico Fonte dos Ventos.	99
Figura 25	Carta-imagem da estrada antiga antes da instalação do Parque Eólico Serra das Vacas.	101
Figura 26	Carta-imagem do reaproveitamento da área da estrada antiga – Eólica Serra das Vacas.	102
Figura 27	Carta-imagem da área das estradas nova / antiga – Eólica Fonte dos Ventos.	103
Figura 28	Carta-imagem do reaproveitamento da área da estrada antiga – Eólica Fonte dos Ventos.	104
Figura 29	Fluxograma proposto com as etapas do processo de liberação das licenças ambientais.	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Critérios de seleção de um parque eólico.	29
Quadro 2	Procedimentos de cálculo do critério de exposição usando DEM.	31
Quadro 3	Fontes geradoras de energia.	33
Quadro 4	Velocidade média do vento (m/s) 50 m acima nível superfície.	42
Quadro 5	Evolução da capacidade eólica instalada no mundo.	44
Quadro 6	Sítio de medição.	46
Quadro 7	Matriz dos impactos ambientais na fase de implantação.	65
Quadro 8	Matriz dos impactos ambientais na fase de operação.	66
Quadro 9	Matriz das medidas ambientais na fase de implantação.	72
Quadro 10	Matriz das medidas ambientais na fase de operação.	73
Quadro 11	Impactos X ações mitigadoras.	75
Quadro 12	Medidas contidas na RAS X medidas propostas para mitigar os impactos.	106
Quadro 13	Modelo do aplicativo com os critérios avaliativos para o licenciamento.	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Evolução da capacidade instalada.	45
Gráfico 2	Rosa dos ventos frequência X direção.	48
Gráfico 3	Rosa dos ventos velocidade média X direção.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição da matriz energética brasileira.	32
Tabela 2	Distribuição de área dos continentes e a velocidade média do vento.	41
Tabela 3	Médias meteorológicas – ano médio (jan/03 a dez/05).	47
Tabela 4	Velocidades médias mensais e anuais ((jan/03 a dez/05).	47
Tabela 5	Mapeamento dos parques eólicos no Brasil.....	54
Tabela 6	Resumo comparativo reaproveitamento entre as áreas de antigos e novos acessos.	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ADA	Área Diretamente Afetada
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AID	Área de Influência Direta
ACB	Análise Custo Benefício
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Proteção Permanente
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CCEE	Câmara de Comercialização do Setor Elétrico
CCIR	Certificado de Cadastro do Imóvel Rural
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CPRH	Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos
DAIL	Declaração de Aptidão à Inscrição no Leilão
DEM	Digital Elevation Mode
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EWEA	European Wind Energy Association
FEHEPE	Fundo de Eficiência Hídrica e Energética de Pernambuco
GEOSERE	Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto
GPS	Global Position System
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
INCRA	Instituto de Colonização e Reforma Agrária
ITR	Imposto sobre a Propriedade Rural
KAIZEN	Mudança para Melhor
LI	Licença de Instalação
LL	Licença de Localização
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Ministério público
PCE	Pequenas Centrais Elétricas
PGIRS	Plano de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos
PPP	Políticas, Planos e Programas
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia
RAS	Relatório Ambiental Simplificado ou Relatório Ambiental de Supressão
RD	Regiões de Desenvolvimento
RFB	Receita Federal do Brasil
RIMA	Relatório de Impacto ao Meio Ambiente
SIG	Sistemas de Informação Geográficas
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SEMAS	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SIN	Sistema Interligado Nacional
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UTM	Universal Transversa de Mercator
WWEA	World Wind Energy Associaton

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.	15
2	OBJETIVOS.	17
2.1	Objetivo geral.	17
2.1.1	Objetivos específicos.	17
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.	18
3.1	Cadastramento e habilitação técnica para as empresas participantes de leilões.	20
3.1.1	Solicitação de cadastramento para fins de Declaração de Aptidão à Inscrição no Leilão – DAIL.	20
3.2	Leilões regulados de geração e transmissão de energia.	24
3.2.1	Tipo de leilões.	24
3.3	Critérios de localização geográfica de parques eólicos.	28
3.4	Composição da matriz energética brasileira.	31
3.5	As fontes geradoras de energia.	33
3.6	As energias renováveis.	34
3.6.1	A energia eólica.	37
3.6.1.1	Os primeiros sistemas de controle de potência.	37
3.6.1.2	Aerogerador.	38
3.6.1.3	Mapeamento do potencial eólico brasileiro.	39
3.6.1.4	Características gerais dos ventos.	40
3.6.1.5	Estimativa do potencial eólico de uma região.	43
3.6.1.6	Evolução da capacidade eólica no Brasil.	44
3.6.1.7	Processo de aquisição de dados eólicos.	45
3.6.1.8	Mapeamento do potencial eólico em Pernambuco.	49
3.7	Impactos ambientais.	57
3.7.1	Fase de licença prévia.	57
3.7.2	Impactos ambientais (fases de implantação e operação).	57
3.8	Medidas mitigadoras (fase de implantação e operação).	67
3.8.1	Aspectos gerais.	67
3.8.2	Descrição das medidas mitigadoras.	67
3.9	Matriz de ações mitigadoras.	74
3.10	O processo de implantação de um parque eólico.	74
4	METODOLOGIA.	81
4.1	Procedimentos metodológicos.	81
4.2	Áreas de estudo.	83
4.2.1	Município de Paratama.	85
4.2.2	Município de Tacaratu.	85
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.	88
5.1	Procedimentos de licenciamento ambiental eólicos em Pernambuco.	88
5.2	Utilização de imagens de satélite.	90
5.2.1	Comparativo dimensional das áreas das estradas nova/antiga.	100
5.3	Proposta de fluxograma das etapas do processo de liberação das licenças ambientais.	108
6	CONCLUSÃO.	109
7	REFERÊNCIAS.	111

1 INTRODUÇÃO

A energia renovável tem se mostrado, mundialmente, uma alternativa ambiental na redução dos elementos poluentes na produção de energia. No Brasil a energia eólica vem ultrapassando, nos leilões energéticos, a energia hídrica, tradicional fonte utilizada no país. O Nordeste brasileiro tem um papel importante nessa nova composição da matriz energética brasileira, uma vez que estudos demonstram um potencial estimado de 75.000 MW, correspondendo a metade dos 144.000 MW do total da capacidade de geração brasileira (BRASIL, 2008).

No entanto, do ponto de vista físico, não existe uma fonte energética convertida em outra fonte que não ocasione impactos ao meio ambiente. A instalação de parques eólicos no litoral trouxe alguns transtornos socioambientais principalmente nas Áreas de Proteção Permanente (APP) como a destruição de casas e os conflitos com comunidades de pescadores (PINTO; MARTINS; FERREIRA, 2017).

Neste cenário, a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), juntamente com as técnicas de geoprocessamento surgem como ferramentas alternativas de gerenciamento nos processos de licenciamento ambiental.

Visando atenuar as consequências do aquecimento global, as energias renováveis têm se mostrado uma alternativa capaz de minimizar as emissões de dióxido de carbono e poluentes relacionados com a utilização de carvão mineral e outros combustíveis fósseis na produção de energia.

Particularmente, a energia eólica apresenta algumas vantagens ambientais, em relação a outras fontes de geração energética. Sua produção não implica na emissão de CO₂, assim como outros produtos nocivos ao ambiente (reduzindo o risco do efeito estufa), o aumento da oferta de energia, a produção de energia sustentável em longo prazo, redução da dependência energética externa, criação de oportunidades de emprego, o desenvolvimento econômico localizado, não apresenta variações de preço, nem riscos geopolíticos, e ser ilimitada (MEIRELES, 2011).

Desta forma, a utilização da energia eólica no Brasil tem evoluído ao longo dos anos. O Sul e o Nordeste brasileiro têm uma importância relevante na atual composição da matriz energética brasileira. A instalação dos parques eólicos no Nordeste tem se concentrado na zona litorânea e região semiárida (BEZERRA; SANTOS, 2006).

Particularmente, verificou-se que os impactos ambientais das atividades de implantação e operação das usinas eólicas sobre os campos de dunas foram relacionados com

a necessidade de construção e manutenção de uma rede de vias de acesso para interligar cada um dos aerogeradores. Essas intervenções provocaram o desmatamento e soterramento de setores das dunas fixas, extinção e fragmentação de lagoas interdunares, movimentação mecânica de grandes volumes de areia (terraplenagem da duna), alterações na morfologia dunar (e dos demais sistemas ambientais definidos na área de influência direta), da topografia e fixação artificial das dunas móveis. Alteraram ainda o transporte de areia pela ação dos ventos e dinâmica de migração dos campos de dunas (MEIRELES, 2011).

Verificou-se também que os estudos realizados para a implantação das usinas eólicas levaram em conta somente os indicadores de “potencial eólico” (em escala regional) sem a realização de estudos para a determinação das interferências relacionadas com a projeção de um elevado número de usinas eólicas instaladas e concentradas em uma mesma região (BRASIL, 2009).

Diante do exposto, evidenciou-se que os impactos socioambientais negativos decorrem como efeitos colaterais, não observados ou ignorados nos levantamentos dos impactos ambientais realizados, assim como, de políticas públicas, sejam elas políticas macroeconômicas, sejam políticas setoriais, como as de transportes e de energia.

A partir dos potenciais impactos socioambientais gerados na implantação dos parques eólicos, nas áreas litorâneas, os tabuleiros pré-litorâneos e mais recentemente, as regiões semiárida, se mostram como alternativa para a implantação e operação dos aerogeradores, desde que submetidos a um planejamento sustentável, além da realização de estudos de impactos ambientais, de acordo com a legislação vigente (MEIRELES, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o processo de licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica no estado de Pernambuco.

2.1.1 Objetivos específicos

- Analisar os procedimentos de licenciamento ambiental dessa modalidade de empreendimento no estado de Pernambuco;
- Utilizar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento como ferramentas gerenciais nos processos de licenciamento ambiental eólico;
- Verificar os possíveis impactos ambientais gerados na implantação dos parques eólicos estudados em áreas rurais no estado de Pernambuco;
- Apresentar proposta de fluxograma de otimização das etapas do processo de liberação das licenças ambientais.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As energias renováveis têm se mostrado uma alternativa ambiental na redução da emissão dos gases e poluentes produzidos na utilização de combustíveis fósseis na produção de energia. Observa-se que para acompanhar a crescente demanda de consumo, essas fontes tradicionais devem ser substituídas gradativamente por alternativas menos poluentes e agressivas ao meio ambiente (EWEA, 2004).

As novas tecnologias têm favorecido o crescimento da demanda energética mundiais ao longo dos anos. Um dos setores mais importantes em relação a sustentabilidade é justamente o setor energético, devido a sua necessidade estratégica as nações e ao seu potencial de poluição.

Os países têm procurado aumentar a participação de energia renovável em sua matriz energética. A utilização da energia eólica no Brasil tem evoluído ao longo dos anos, mais acentuadamente no Nordeste, ultrapassando em muitos leilões energéticos realizados, a energia hídrica, a qual foi durante muitos anos uma tradicional fonte de energia utilizada no país.

No Brasil, o consumo total de energia cresceu de 215,5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (mtep) em 2004, para 299,2 mtep no ano de 2017, ou seja, um aumento de aproximadamente 40% em uma década. O Brasil tem investido ao longo de décadas na geração de energia hídrica, devido a abundância de recursos hídricos, o custo ser relativamente baixo e os impactos ambientais inferiores em comparação as termelétricas a carvão (BRASIL, 2017).

A grande dependência das hidrelétricas, vem ameaçando a geração de energia no Brasil, uma vez que essa fonte é exclusivamente dependente dos fatores climáticos, sendo vulnerável, portanto a questão das chuvas.

Devido ao baixo nível de alguns reservatórios, muitos deles com níveis críticos, algumas medidas emergenciais foram implementadas, como por exemplo, a cobrança da bandeira tarifária, que tem como objetivo, desestimular o consumo mediante o pagamento de sobretaxas ao custo do Kw/h do consumidor em função dos custos de geração da energia elétrica.

Destacadamente nos Estados do Nordeste brasileiro, a energia eólica tem sido considerada uma das fontes energéticas alternativas mais favoráveis, tanto no litoral quanto nas regiões do interior (AZEVEDO et al., 2017).

A partir de 1994, com a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANNEE) Lei nº 9.427, de dezembro de 1996, foram implementadas pelo governo federal, algumas leis, destacadamente as Leis 10.847/02 e 10.848/04, nas quais foram definidos novos marcos regulatórios para o setor energético.

Em 2001, o País passou por uma crise energética. A crise fez com que aumentasse o incentivo a contratação de empreendimentos eólicos, então o PROEÓLICA (Programa Emergencial de Energia Eólica) foi criado. O programa tinha como objetivo a contratação de 1.050 megawatts de projetos eólicos até 2003, porém esse programa não vingou e acabou sendo substituído pelo PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica).

Diante de uma tendência cada vez maior da diversificação da matriz energética brasileira, o governo federal adotou diversas medidas visando aumentar e diversificar a participação das fontes alternativas renováveis, complementando a produção nacional de eletricidade do Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), Decreto nº 5.025, de 2004.

A partir da criação do PROINFA, um considerável aporte de mão de obra e recursos foram gerados, além de investimentos, desenvolvimento e novas tecnologias para as indústrias nacionais, as quais forneceram equipamentos e materiais para esse novo mercado energético (BRASIL, 2017).

Tais mudanças tiveram como objetivos o estabelecimento de regras para as empresas e indústrias do setor energético, a garantia de tarifas mais baixas possíveis e o abastecimento para o consumidor de forma interrupta.

Para atingir estes objetivos, o novo modelo do setor elétrico promoveu as seguintes alterações: A metodologia de compra e venda de energia pelas distribuidoras e geradoras, o mecanismo de repasse do custo dessa energia para as tarifas e o estabelecimento de novas regras para licitação de novas usinas.

Essas novas regras proporcionaram a assinatura de contratos com prazos maiores para os vencedores dos leilões. Por consequência, esses prazos maiores trouxeram uma maior segurança e um menor risco nos investimentos.

As modificações ocorridas no setor elétrico proporcionaram a criação de algumas empresas como a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE). Dessa forma, a aquisição de energia passou a ser realizada exclusivamente, por meio de leilões, denominados leilões regulados de geração e transmissão de energia, sendo os componentes fundamentais da legislação do setor elétrico brasileiro.

3.1 CADASTRAMENTO E HABILITAÇÃO TÉCNICA PARA AS EMPRESAS PARTICIPANTES DE LEILÕES

A Portaria do Ministério de Minas e Energia (MME) nº 102, de 22 de março de 2016, e suas alterações, bem como as demais normas infralegais que regem o processo, estabelece a forma de apresentação da documentação de empreendimentos eólicos com vistas ao processo de cadastramento e habilitação técnica dos empreendimentos na Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Adicionalmente, cabe ressaltar que os parâmetros, dados e informações fornecidos pelo empreendedor para o cadastramento e a habilitação técnica serão utilizados para o cálculo das garantias físicas dos empreendimentos eólicos, a composição dos contratos de compra e venda de energia no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e dos documentos que constituirão os atos de autorização do poder concedente, na hipótese de a energia do mesmo vir a ser objeto de contratação como vendedor nos Leilões de Energia Elétrica.

A solicitação para o cadastro e a habilitação técnica pode ser realizado no sistema eletrônico da EPE, mediante o preenchimento do Acompanhamento de Empreendimentos Geradores de Energia (AEGE), a qualquer tempo, independentemente de haver o leilão ou não (BRASIL, 2017).

3.1.1 Solicitação de cadastramento para fins de Declaração de Aptidão à Inscrição no Leilão – DAIL

Em atendimento à Lei 10.848, de 15 de março de 2004, para empreendimentos que já tenham comercializado energia no ACR, e que se enquadrem no §7º-A, art. 2º, da referida Lei, sendo apresentado o requerimento de cadastramento para fins de Declaração de Aptidão à Inscrição no Leilão (DAIL), é vedada a apresentação de quaisquer outros documentos além daqueles supracitados:

- Ficha de dados – É o documento que apresenta os dados técnicos, cronograma, orçamento e características operacionais de um empreendimento e é gerada automaticamente a partir dos dados inseridos pelo empreendedor no sistema AEGE. Todos os campos constantes da ficha de dados no sistema AEGE deverão ser obrigatoriamente preenchidos. A ficha de dados a ser apresentada na EPE deve ser

obrigatoriamente a última versão validada do sistema AEGE no momento do pedido de solicitação de cadastramento e habilitação técnica.

- Registro na ANEEL - Conforme o art. 2º da portaria MME nº 102/2016, para fins de habilitação técnica pela EPE os empreendimentos de geração devem estar registrados na referida agência.
- Memorial descritivo – É incluído na documentação do processo de habilitação o memorial descritivo do projeto da Central Geradora Eólica (EOL), contemplando a sumarização a seguir apresentada.
- A – Características gerais do empreendimento
 - ✓ A1 – Localização e acessos
 - ✓ A2 – Infraestrutura disponível
 - ✓ A3 – Potencial eólico e condições climáticas
 - ✓ A4 - Caracterização geral do terreno da EOL, quanto à topografia, à cobertura vegetal e às construções
- B – Sistema de conexão
 - ✓ B1 - Características da subestação elevadora dos transformadores, elevadores e arranjo dos barramentos.
- B2- Descritivo da conexão do empreendimento na rede de distribuição, na rede básica ou nas demais instalações de transmissão; ponto de conexão na rede da concessionária (subestações ou seccionamento de linha de transmissão) e especificação da(s) linha(s) de transmissão que conecta(m) a subestação elevadora ao ponto de conexão, devendo ser apresentados em diagrama unifilar (BRASIL, 2017).
- C - O desenho de localização e acessos devem estar em estrita concordância com toda a documentação apresentada, em formato “dwg”, no sistema de projeção UTM, incluindo a grade de coordenadas e a indicação do meridiano central do fuso, com coordenadas vinculadas ao Referencial Geodésico Brasileiro - SIRGAS 2000, contendo obrigatoriamente:

- ✓ A poligonal da propriedade onde será construído o parque eólico, indicando-se os números das matrículas nos Registros Gerais de Imóveis (RGI) (caso o parque seja construído em mais de uma propriedade, todas deverão ser representadas da mesma forma). Essa poligonal deve estar consistente com o georreferenciamento averbado no RGI ou com memorial descritivo de georreferenciamento;
 - ✓ Quando uma propriedade for compartilhada por mais de um parque eólico ou quando a certificação contemplar um complexo eólico, esses parques deverão ser obrigatoriamente representados e identificados no desenho de localização;
 - ✓ A localização dos aerogeradores e das torres anemométricas, identificadas com as respectivas coordenadas UTM e designação utilizada na certificação de medições anemométricas e certificação de produção anual de energia. Estas coordenadas deverão ser as mesmas declaradas no AEGE;
 - ✓ A localização das estradas, vias de acesso ao parque eólico, subestação e demais edificações do empreendimento;
 - ✓ Rosa dos ventos, compatível com a certificação de medições anemométricas.
- A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), deve ser apresentada, juntamente com o respectivo comprovante de recolhimento, em conformidade com a Lei 6.496, de 7 de dezembro de 1977, regulamentada pela Resolução Confea nº 1.025, de 30 de outubro de 2009, e atendendo ao disposto na Resolução Confea nº 218, de 29 de junho de 1973, do profissional responsável pelo projeto. Destaca-se que na ART deve constar obrigatoriamente o nome e o endereço da empresa contratante e da empresa contratada, nome e número do registro do profissional, título (mecânica, elétrica, civil, etc.) do responsável pelo projeto, nome do empreendimento, potência instalada e o endereço onde o mesmo será construído (BRASIL, 2017).
 - Na licença ambiental deve constar o nome do empreendimento, a razão social ou o CNPJ do agente interessado, a potência instalada do projeto, o número de aerogeradores, a data de emissão e o prazo de validade, conforme dados cadastrados no AEGE. A potência instalada e o número de aerogeradores informados na licença

ambiental devem ser iguais ou maiores do que a potência habilitável e o número de aerogeradores cadastrados. No caso de Licença Ambiental que contemple vários empreendimentos, é necessário que cada empreendimento licenciado seja individualmente identificado, com indicação do nome, do número de aerogeradores e da potência instalada, os quais devem ser iguais ou maiores do que o cadastrado no AEGE para o respectivo empreendimento. A Licença Ambiental apresentada deve estar em conformidade com a legislação ambiental vigente, notadamente a Lei Federal nº 6.938/81, o Decreto Federal nº 99.274/90 e as Resoluções CONAMA nº 01/86, 06/87, 237/97, 279/01 e 462/14, bem como a Legislação Estadual, quando for o caso.

Não serão aceitas pela EPE, para fins de habilitação técnica, as seguintes licenças ambientais: de caráter precário; emitidas para fins exclusivos de participação nos leilões de geração de energia elétrica; que não atestem a viabilidade ambiental e nem aprovem a localização e a concepção do empreendimento; cuja validade esteja condicionada à participação nos leilões de energia elétrica; e outras que não atendam ao disposto na legislação federal. No que se refere à renovação de licenças ambientais, quando as condições não forem especificadas pelo órgão ambiental competente, deve-se observar o disposto no artigo 14, § 4º, da Lei Complementar nº 140/11.

A não apresentação da Licença Ambiental até o prazo limite estabelecido pela Portaria MME nº 102/2016, ou em portaria específica para o leilão em curso, implicará a não habilitação do empreendimento.

- Estudos e relatórios de impacto ambiental são fornecidos e apresentados ao órgão competente no processo de licenciamento ambiental, de acordo com a etapa do projeto: Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA/RIMA), Relatório Ambiental Simplificado (RAS), Relatório Ambiental Preliminar (RAP) etc. Os estudos ambientais apresentados devem contemplar o exposto na legislação pertinente - Lei Federal nº 6938/81, Decreto Federal nº 99.274/90 e Resoluções CONAMA nos 01/86, 06/87, 237/97 e 279/01, bem como na Legislação estadual, quando for o caso. Complementações dos estudos, solicitadas pelo órgão ambiental, deverão ser entregues junto com a licença ambiental (BRASIL, 2017).

3.2 LEILÕES REGULADOS DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA

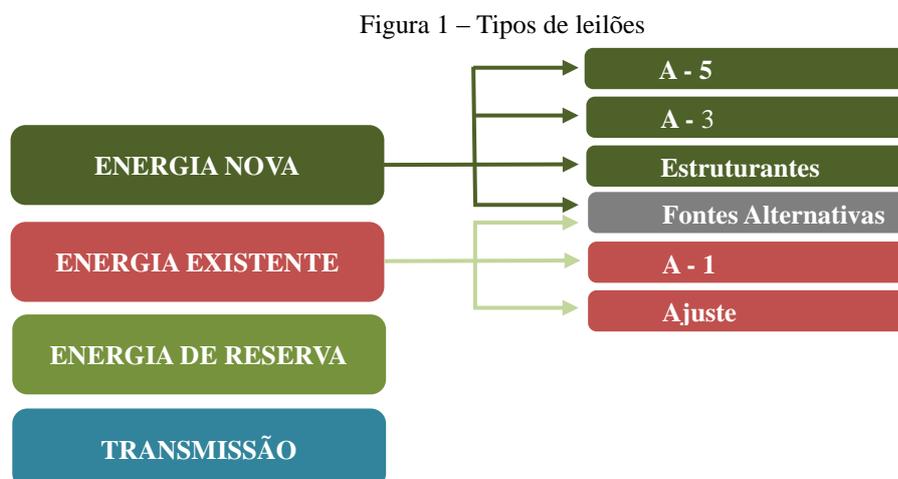
Decorrente dessas modificações, os leilões são hoje, a principal forma de contratação de energia no Brasil. Por intermédio desse mecanismo, concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) garantem o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). O processo de realização dos leilões de energia elétrica é de responsabilidade da Câmara de Comercialização do Setor Elétrico (CCEE), por delegação da ANEEL.

Os leilões têm promovido a concorrência entre diversos agentes do setor elétrico, empreendedores provenientes de outros setores e até mesmo de outros países. O aumento da concorrência, tem resultado em redução de custos e prazos para construção de novas instalações de geração e transmissão, o que tem beneficiado o consumidor por meio da modicidade tarifária.

O critério que tem sido utilizado para estabelecer os vencedores do leilão é o de menor tarifa, visando assim a eficiência na contratação de energia (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2012).

3.2.1 Tipo de leilões

Os leilões estão classificados, conforme descreve a Figura 1 a seguir:



Fonte: Adaptado de Instituto Acende Brasil (2012)

- Leilões de energia nova - É por meio dos leilões de geração de energia nova que o governo coordena a expansão do parque gerador. Essa modalidade possui 03 classificações:
 - ✓ Leilões A-5: nos leilões de geração de energia são negociados contratos de suprimento de energia de longo prazo, contratos que selam o compromisso requerido para que os empreendedores possam realizar investimentos em novas instalações.
 - ✓ Leilões A-3: leilão de energia para entrega três anos após o contrato. Também são leilões de novos empreendimentos;
 - ✓ Leilões de projetos estruturantes: leilão de energia para entrega no ano seguinte. São leilões de energia de usinas existentes.

- Leilões de energia existente - A recontratação de energia proveniente de empreendimentos de geração já em operação é realizada por meio dos leilões de energia existente. É uma forma de proporcionar flexibilidade na contratação de energia em relação aos parâmetros de Quantidade / Preços, visando proporcionar ajustes às condições vigentes, condições essas que podem mudar em função de variações no consumo de energia e de alterações nos custos dos insumos. O sistema de leilões permite tais ajustes sob a disciplina promovida pela pressão competitiva, possuindo duas modalidades:
 - ✓ Leilões A-1: essa modalidade de contrato, possui uma menor antecedência e duração, contendo cláusulas, permitindo que as distribuidoras reduzam o montante contratado para compensar a redução de sua carga, devido a migração de consumidores para o ambiente de contratação livre, além de uma redução de até 4% a cada ano para adaptação a desvios em relação as suas projeções de demanda.
 - ✓ Leilões de ajuste: Os leilões de ajuste tem por objetivo complementar os montantes de energia contratados com antecedência maior (Leilões A-5, A-3 e A-1). Trata-se de um mecanismo de mitigação de risco para os distribuidores possibilitando ajustes na contratação para atender a carga energética desejada.

- Leilões de energia de reserva: a reforma setorial da Lei nº 10.848, de 2004, promoveu a possibilidade de contratação de Energia de Reserva, visando aprimorar a segurança de fornecimento de energia elétrica (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2012).
- Leilões de transmissão: além da efetiva contratação de energia, os leilões têm sido extensivamente utilizados no setor para promover a expansão das redes de transmissão que compõem a Rede Básica do Sistema Interligado Nacional. Os leilões de energia também são empregados para a recontração de energia. Esse processo de recontração de energia proporciona ao sistema a flexibilidade necessária para lidar com as variações de custos e do consumo de energia. A pressão concorrencial promovida pelo leilão também visa à repactuação das condições a preços competitivos (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2012).
- Leilões de energia nova / Existente para fontes alternativas - As fontes alternativas de energia têm sua origem nas modalidades de leilões de energia novas ou existente. Essa foi uma forma escolhida pelo governo para aumentar a participação das fontes eólica, solar, Pequena Central Hidrelétrica (PCH) e biomassa na matriz energética brasileira.

Além da contratação de energia, os leilões têm sido extensivamente utilizados no setor para promover a expansão das redes de transmissão que compõem a rede básica, além dos custos das instalações de transmissão que compõem a Rede Básica de transmissão do SIN são remunerados por meio da Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) cobrada de todos os usuários da Rede Básica. Esse processo exige da empresa participante dos leilões, a obrigatoriedade dos licenciamento ambiental no estágio de Licença Prévia (LP) ou a Licença de Localização (LL).

Esses empreendimentos em sua maioria são liberados por meio do RAS, Resolução CONAMA 462/14, em detrimento dos EIAs e RIMAs previstos nas Resoluções CONAMA 01/86 e 279/01 e na Lei nº 14.249/10 do estado de Pernambuco.

A adoção dos leilões, com a expansão das redes de transmissão, causou alguns transtornos socioambientais, predominantemente no nordeste brasileiro, uma vez que muitos desses empreendimentos foram implementados em APP. Em decorrência disso, foram movidas por intermédio do Ministério Público (MP), várias ações judiciais coletivas, em função dos licenciamentos ambientais realizados e as respectivas licenças concedidas pelos órgãos ambientais estaduais.

Os estudos sendo realizados por meio do RAS, foram efetivados de forma simplificada, com o objetivo de favorecer a celeridade da instalação dos empreendimentos eólicos em uma área carente de investimentos e desenvolvimento, como é o caso do Nordeste brasileiro. A forma contratual exigia o licenciamento ambiental, a apresentação dos contratos de arrendamento e compra de propriedades, o que na maioria dos casos ocorreu de forma rápida, pois na maioria das localidades já existia condições documentais favoráveis, advindas da vocação para o turismo e das pressões de especulação do setor imobiliário.

A expansão eólica no Brasil aumentou consideravelmente a partir do ano de 2008, uma vez que empresas, nacionais e estrangeiras, começaram a realizar, com recursos próprios, a prospecção do potencial eólico brasileiro, mediante a instalação de torres com anemômetros (BRASIL, 2018).

Nas regiões potencialmente favoráveis, foram estabelecidos contratos de arrendamento de terra entre os proprietários e as empresas, visando futuras instalações de parques eólicos. A questão fundiária atrelada às questões ambientais, sociais e econômicas, bem como as competências dos órgãos ambientais estaduais em relação as estruturas humanas e técnicas insuficientes para atender uma demanda cada vez mais crescente no processo de licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos, podem favorecer a liberação de licenças sem o devido rigor e análise técnica necessária.

Os processos de liberação ambiental envolvem uma análise criteriosa, demandando assim um tempo considerável, afim de evitar problemas ambientais futuros. Um dos documentos exigidos para a participação no leilão é a Licença Prévia ambiental (LP) ou Licença de Localização (LL).

Prevalece então uma incompatibilidade e um paradoxo temporal entre a periodicidade de realização dos leilões e o processo deliberativo das licenças ambientais.

Observa-se que os estudos apresentados na forma de RAS, ou até mesmo outra modalidade, decorrem em algumas limitações, pois os executores e analistas ambientais não fazem uma análise profunda em relação às alternativas tecnológicas e de localização, levando-se em conta, de forma satisfatória, os impactos quer sejam cumulativos, indiretos ou aqueles que são inerentes a esta forma de avaliação de impacto ambiental.

Devido as análise dos projetos não ocorrerem muitas vezes de forma integradas com seus entornos, levando-se em conta apenas o empreendimento individualmente, frequentemente muitos de problemas, conflitos e desconfortos são gerados com as comunidades nos seus entornos, reforçando a ideia de que as decisões são tomadas ou decorrem da mera continuidade de políticas já estabelecidas elaboradas pelo governo ou pelo

setor privado sem levar em consideração a opinião das mesmas (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2012).

Isso reforça a necessidade de utilizar ferramentas gerenciais alternativas de gestão como a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), o mapeamento de processos, juntamente com as técnicas de geoprocessamento no gerenciamento nos processos de licenciamento ambiental eólicos.

A AAE é um instrumento de planejamento, que estabelece os objetivos por meio da avaliação dos impactos ambientais, visando a integração estratégica, subsidiando o processo de tomada de decisão, em consonância com as Políticas, Planos e Programas (PPPs), favorecendo a integração efetiva de considerações biofísicas, econômicas, sociais e políticas nos processos públicos e institucionais. Como já discorrido em outro tópico, a avaliação de impacto ambiental, como instrumento de planejamento ambiental, serve como instrumento de ajuda à tomada de decisão política, de concepção de projetos e de planejamento, de negociação social e, por fim, como instrumento de gestão ambiental (PARTIDÁRIO, 2007).

Por outro lado, a ferramenta de mapeamento de processos, a qual pode ser definida segundo Slack et al (2009), como as atividades se relacionam umas com as outras dentro do processo produtivo.

O mapeamento de processos, identifica os possíveis gargalos existentes, eliminando as atividades desnecessárias, unindo ou separando, as operações ou elementos, alterando ou permanecendo com a sequência das operações e simplificando as operações chaves, propondo possíveis soluções de melhorias, permitindo assim, uma maior facilidade na visualização das decisões, facilitando a compreensão e as conclusões, as quais auxiliam no aprimoramento do processo existente (BARNES, 1982).

3.3 CRITÉRIOS DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE PARQUES EÓLICOS

A fonte eólica é caracterizada por sua intermitência, e por ter essa característica, torna-se necessárias previsões de curto prazo e as mais precisas possíveis. Diante do exposto, o objetivo maior de um levantamento do potencial eólico de uma região é a redução dos níveis de incerteza associadas à operação de projetos envolvendo a geração de energia eólica (CUNHA, 1998).

A localização geográfica dos parques eólicos é um problema de decisão espacial bastante complexo, pois envolve vários agentes com objetivos distintos, e muitas vezes conflitantes, estando sujeito a diversas restrições de caráter técnico e ambiental. A solução

desse problema, para ser considerada aceitável, deve ser capaz de conciliar esses objetivos conflitantes atendendo as restrições impostas (EASTMAN et al., 1995).

A seleção do local corresponde à etapa inicial de seleção mais adequada para o desenvolvimento de qualquer projeto de energia eólica. O propósito dessa fase é identificar locais promissores e definir restrições técnicas, comerciais e ambientais a fim de que somente os locais mais apropriados sejam selecionados para o desenvolvimento das etapas seguintes.

A pesquisa para localização de um local eólico pode ser orientada pelas seguintes questões (SÁ, 2011):

- Onde estão os melhores locais?
- Como é o relevo e qual é a rugosidade?
- Estão disponíveis?
- Existe rede elétrica de distribuição?

Em relação ao termo “restrição” usado no Quadro 1 tem um caráter impositivo absoluto em relação a localização, limitando assim, um número de alternativas a serem consideradas, enquanto o termo “fator” é um critério que impõe uma restrição relativa de acordo com uma escala de preferência que melhora ou piora a adequação de uma alternativa específica em relação à atividade sob consideração (EASTMAN et al., 1995).

Quadro 1 – Critérios de seleção de um parque eólico

Tipo	Critério	Consideração
Restrição	Proximidade de ferrovias e rodovias (modal viário)	Física
	Proximidade de aeroportos	
	Proximidade de corpos d'água	Ambiental
	Proximidade de costa litorânea	
	Unidades de conservação	
	Proximidade de áreas urbanas	Social
Fator	Recurso eólico	Técnica e Econômica
	Área disponível	
	Conexão à rede elétrica	
	Acessibilidade	
	Ocupação e uso do solo	

Fonte: Adaptado de Cresesb (2012)

No Brasil, as ações de planejamento do governo federal, relacionadas a infraestrutura energética vem sendo realizadas por meio de estudos sequenciados, os quais estão sendo coordenados pelo Ministério de Minas de Energia (MME). Essa sequência está estruturada em

duas vertentes: 1) Estudos de longo prazo (matriz energética e plano nacional de energia e 2) Curto prazo (plano decenal de expansão e monitoramento da expansão).

Visando subsidiar a formulação de políticas e estratégias públicas para atratividade de novos investimentos em Pernambuco, o estado vem promovendo a implantação de projetos de energias renováveis e a partir da criação do programa denominado PE Sustentável (Lei 14.666, de 18/05/2012), além dos Decretos 33.547/2009, 37.144/2011 e 37.948/2012, os quais fomentam ações e melhorias das práticas de sustentabilidade ambiental nas empresas e comunidades produtivas do Estado, por intermédio de incentivos fiscais e a criação do Fundo de Eficiência Hídrica e Energética de Pernambuco (FEHEPE).

Em diferentes partes do mundo, o setor de energia é um dos que mais têm se beneficiado desses incentivos. Não obstante, essa prática de benefícios fiscais tem sido adotada por vários estados brasileiros, inclusive em Pernambuco.

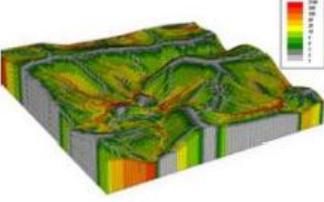
Esses benefícios não podem incorrer no entanto, no sentido de facilitar, negligenciar ou não cumprir requisitos ambientais exigidos para a instalação dessa modalidade de empreendimento.

Diante do exposto, a utilização das ferramentas legais exigidas nos processos de licenciamento ambientais exigidos para empreendimentos eólicos, como o RAS, AIA e o EIA/RIMA apresenta algumas limitações, como por exemplo, a ausência de uma avaliação de planejamento e desenvolvimento do objeto em estudo por meio de uma perspectiva estratégica de longo prazo.

Por sua vez, os softwares de geoprocessamento tem um papel importante nesse processo de licenciamento ambiental, uma vez que no processo de tomada de decisão, os mesmos podem ser utilizados com o objetivo de identificar e gerar mapas temáticos com a utilização de fotografias aéreas e imagens de satélites, com uma base cartográfica atualizada e uma escala adequada, promovendo assim, o levantamento de dados espaciais com o uso de equipamentos *Global Position System* (GPS), como complemento para os relatórios de estudo ambientais e relatórios do investidor, os aspectos da estrutura regional existente (malha viária, distritos, povoados, cidades, áreas ambientalmente protegidas, infraestrutura elétrica e civil e as áreas de influência do projeto do parque eólico), são variáveis importantes para os Estudos de Impacto Ambiental (CRESESB, 2012).

No Quadro 2 estão descritas algumas das etapas do procedimento de cálculo do critério de exposição usando *Digital Elevation Mode* (DEM) em paralelo com as operações executadas no software de geoprocessamento.

Quadro 2 – Procedimentos de cálculos do critério de exposição utilizando DEM

#	Etapa	Operação no Software
	Realiza uma operação focal para suavizar a superfície e eliminar mudanças de elevação súbitas e frequentemente artificiais.	<i>Neighborhood>BlockStatistic</i> [forma de círculo, raio de 3 células, cálculo da média]
	Simula o fluxo de água caindo na superfície e descendo a encosta pelo caminho mais inclinado. Um mapa de fluxo é gerado onde os locais com os menores valores são indicados.	<i>Hidrology>Flow direction e Hidrology> Flow accumulation</i>
	Reclassifica o mapa de fluxo para isolar as localizações contendo somente um caminho de escoamento (valores de 1 a 2) identificando os candidatos a cumes de relevo.	<i>Reclassify</i> [1 a 2 recebe 1;>3 recebe 0]
	Realiza uma operação focal para atribuir o valor da maioria o valor da maioria da vizinhança a cada localidade do mapa resultante da operação anterior. Esse passo é realizado para remover os picos isolados ou muito pequenos identificados.	<i>Neighborhood>BlockStatistic</i> [forma de círculo, raio de 1 célula, cálculo da maioria]

Fonte: Adaptado de CRESESB (2012)

Diante do exposto, as ferramentas de geoprocessamento auxiliam na tomada de decisão em relação ao esboço original do layout contidos na planta baixa do empreendimento eólico.

3.4 Composição da matriz energética brasileira

Segundo Cunha e Coelho (2003), para entender o atual panorama energético, faz-se necessário também, entender historicamente os atores e o cenário energético brasileiro, considerando-se que o país considera três elementos na política energética brasileira: a política regulatória, a qual está baseada nos princípios de comando e controle; a estruturadora, tendo como base a intervenção direta de instituições públicas ou privadas e a Indutora, visando à influência no comportamento, na atitude das pessoas.

Até meados dos anos 90, o modelo de desenvolvimento brasileiro demandou cada vez mais a necessidade de produção energética, sobretudo, em relação ao petróleo, em “abundância” na década de 70/80 (BRASIL, 2017). O setor de energia brasileiro, passou então, por duas grandes mudanças na década de 90. A primeira grande transformação diz respeito à privatização das companhias operadoras, com a criação da Agência Nacional de

Energia Elétrica (ANEEL). Nesse contexto, foi determinado também que a exploração dos potenciais hidráulicos fosse concedida por intermédio de leilão ou concorrência.

A segunda significativa mudança ocorreu em 2004, a partir da criação do novo modelo elétrico, com alguns objetivos a serem alcançados: garantir a segurança no suprimento; promoção da modicidade tarifária; promoção da inserção social.

O petróleo, considerado uma fonte tradicional de energia, foi tão continuamente extraído que seus poços já começam a se esgotar, pouco menos de 100 anos após o início de sua utilização efetiva. O carvão, um recurso ainda mais antigo, também é considerado esgotável. A energia nuclear, da mesma forma, nos alerta para o perigo dos resíduos radioativos.

Diante do exposto, as chamadas “fontes alternativas de energia” ganham um espaço cada vez maior e os projetos envolvendo essas modalidades de geração de energia, necessitam de licenças ambientais, sendo indispensável averiguar se os empreendimentos apresentam compatibilidade técnica e legal em relação ao atendimento da legislação ambiental vigente, analisando-se os principais condicionantes, bem como os dispositivos legais que regulamentam o referido projeto.

Nos últimos anos, conforme demonstra a Tabela 1, a composição da matriz energética brasileira tem dado ênfase às diferentes fontes de geração de energia, com destaque para a energia eólica (WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION, 2014).

Tabela 1 – Composição da matriz elétrica brasileira

Hidráulica	65,2%
Petróleo e derivados	2,5%
Biomassa	8,2%
Solar e Eólica	6,9%
Carvão	4,1%
Gás natural	10,5%
Nuclear	2,6%

Fonte: Adaptado de EPE (2018)

3.5 AS FONTES GERADORAS DE ENERGIA

A utilização de fontes geradoras de energia está relacionada ao próprio período de existência da humanidade. As fontes de geração de energia são classificadas em 02 grupos ou categorias:

- Fontes não renováveis ou convencionais: Tem como origem os elementos fósseis (carvão mineral, gás natural, petróleo), ou nucleares (elementos radiativos). Esta modalidade de geração, produz em suas transformações energéticas uma grande quantidade de gases lançados na atmosfera, como dióxido de carbono (CO₂), óxidos de enxofre (SO₂), hidrocarbonetos (HC), óxido de nitrogênio (NOx) causadores do efeito estufa e o do aquecimento global.
- Fontes renováveis ou alternativas: São aquelas provenientes de recursos naturais naturalmente reabastecidos. Particularmente, em quase todo o mundo, as energias renováveis representam apenas uma pequena parcela da geração energética, sobretudo ao comparar-se com as grandes e tradicionais centrais elétricas geradoras. Essa particularidade, favorece o fornecimento dessa modalidade de energia em duas formas: 1 – Exclusivamente interligada a rede pública ou 2 – Interligada ou não a rede pública. (GOLDEMBERG; LUCON, 2006). As fontes geradoras de energia estão classificadas em duas categorias, outrora mencionadas, conforme demonstra a seguir o Quadro 3.

Quadro 3 – Fontes geradoras de energia

FONTES		ENERGIA PRIMÁRIA		ENERGIA
Não-renováveis	Fósseis	Carvão mineral		Termoeletricidade, calor, combustível para transporte
		Petróleo e derivados		
		Gás natural		
	Nuclear	Materiais fósseis		Termoeletricidade,
Renováveis	“Tradicionais”	Biomassa primitiva: lenha de desmatamento		Calor, combustível
	“Convencionais”	Potenciais hidráulicos de médio e grande		Hidroeletricidade
	“Novas”	Potenciais hidráulicos de pequeno porte		Hidroeletricidade
		Biomassa “moderna”: lenha replantada,		Biocombustíveis
		Outros	Energia solar	Calor, eletricidade
			Geotermal	Calor e eletricidade
			Eólica	Eletricidade
Maremotriz ou das ondas				

Fonte: Adaptado de Goldemberg e Lucon (2006)

3.6 ENERGIAS RENOVÁVEIS

As fontes geradoras de energias renováveis são:

Biomassa

É a forma mais antiga e tradicional que o homem utiliza. Até o século XVIII a principal fonte de energia era a madeira, a lenha. Há três classes de biomassa: A biomassa sólida, líquida e gasosa.

A biomassa sólida tem como fonte os produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), as florestas energéticas, bem como seus resíduos, e a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.

A biomassa líquida existe em uma série de biocombustíveis líquidos com potencial de utilização, todos com origem nas chamadas "culturas energéticas". São exemplos: O biodiesel, obtido a partir de óleos de algumas sementes de plantas como o girassol, a soja, dentre outras, o etanol, produzido com a fermentação de hidratos de carbono (açúcar, amido, celulose), e o metanol, gerado pela síntese do gás natural.

Já a biomassa gasosa é encontrada nos efluentes agropecuários provenientes da agroindústria e do meio urbano. É achada também nos aterros de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Esses resíduos são resultados da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica, e são constituídos por uma mistura de metano e gás carbônico. Esses materiais são submetidos à combustão para a geração de energia;

As energias renováveis têm se mostrado uma alternativa ambiental na redução da emissão dos gases e poluentes produzidos na utilização de combustíveis fósseis na produção de energia (GALDINO et al, 2004).

Geotermal

Geotermal é do calor proveniente do interior da terra. Como o próprio nome indica: prefixo 'geo' que significa terra e sufixo térmico – calor, é a energia obtida a partir do calor proveniente do interior do nosso planeta Terra. A energia geotérmica é considerada uma das energias mais limpas e confiáveis no leque de energias renováveis utilizáveis. O processo consiste no aquecimento da água dos reservatórios subterrâneos, quando a mesma entra em contato com o magma. Em alguns locais essa água quente sobe até a superfície terrestre e

forma pequenos lagos. A abertura de poços também pode ocorrer, para que a água e o vapor dos reservatórios sejam drenados até a superfície. Essa água naturalmente aquecida pode ser utilizada de diversas formas, como, por exemplo, nos processos industriais e no aquecimento de ambientes, piscinas, estufas de agricultura e lagoas de aquicultura. Essas formas de aproveitamento representam o uso direto do calor geotérmico, sendo que as fontes geotérmicas de baixas temperaturas (35 a 148°C) são as mais indicadas para este tipo de utilização (SUSÇUARANA, 2018).

Maremotriz ou das ondas

Energia maremotriz, também conhecida como energia dos mares é a energia obtida a partir dos desnível das marés. Ocorre devido à força gravitacional entre a lua, a terra e o sol, que causam as marés e as ondas, devido a uma diferença de altura média dos mares de acordo com a posição relativa entre estes três astros.

O sistema de maremotriz é aquele que aproveita o movimento regular de fluxo do nível do mar (elevação e abaixamento). Para que essa energia seja revertida em eletricidade é necessária a construção de barragens, eclusas (permitindo a entrada e saída de água). Funciona de forma semelhante a uma hidrelétrica. Quando a maré enche, a partir do represamento da água, um reservatório junto ao mar é formado, a água entra e fica armazenada nesse reservatório, e, quando baixa, a água sai, movimentando uma turbina diretamente ligada a um sistema de conversão, gerando assim eletricidade (SESMIL, 2013).

Hidroeletricidade

A energia hídrica é aquela que utiliza a força cinética das águas de um rio e a converte em energia elétrica, com a rotação de uma turbina hidráulica. É a forma mais conhecida e popular no mundo para a geração de energia. No Brasil corresponde a mais de 60% de toda energia gerada no país. Sua principal desvantagem ambiental está relacionada ao porte, ao tamanho da área útil necessária, e compreende todas as etapas do projeto, desde a sua construção até a sua fase de operação (TOLMALSQUIM, 2016).

À exceção das grandes indústrias hidrelétricas, que atendem ao vasto mercado, há também a aplicação da energia hídrica no campo por meio de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), baseadas em rios de pequeno porte. A região Centro-sul do país é especialmente propícia ao uso desse tipo de recurso.

As pequenas centrais são capazes de suprir uma propriedade e alimentar seus geradores. Na Europa, muitos sítios e chácaras se utilizam dessas instalações como fonte alternativa.

Solar

A geração de energia por intermédio da fonte solar é a forma de energia mais abundante e inesgotável do planeta, sendo originada a partir da luz solar. É esperado que até 2040 seja a fonte renovável de energia mais importante e significativa para o Brasil, podendo ser usada para a produção de eletricidade por meio de painéis solares ou termo solares e células fotovoltaicas (BRITO et al., 2011).

No Brasil, a quantidade de sol abundante durante quase todo o ano estimula o uso desse recurso. Existem duas formas de utilizar a energia solar: ativa e passiva. O método ativo se baseia em transformar os raios solares em outras formas de energia (térmica ou elétrica) enquanto o passivo é utilizado para o aquecimento de edifícios ou prédios, sendo essa prática, mais comum na Europa, onde o frio demanda opções para a calefação.

Em uma visão geral, a energia solar não fica somente na dianteira de potência instalada, como também no número de empregos que gera e na flexibilidade de uso.

A energia solar térmica ou termo solar, utiliza o sol para aquecer um fluido. Os chamados painéis ou coletores solares possuem dutos para a passagem de fluidos, onde esse fluido é aquecido e, posteriormente, acumulado em um tanque térmico denominado boiler. A energia solar térmica é normalmente usada para produzir água quente para banho, aquecimento de ambientes ou processos industriais. São extremamente eficientes e reduzem em até 80% o consumo de energia relativo ao aquecimento da água.

Por sua vez, os painéis fotovoltaicos são constituídos por células de silício, convertendo a luz solar de forma direta em eletricidade. As células fotovoltaicas que compõem os painéis geram corrente elétrica ao ser expostas ao sol. Essa energia passa por equipamentos elétricos, que tratam essa corrente para que ela fique com as características ideais para o consumo. A principal vantagem é a quase total ausência de poluição. No entanto, a grande limitação dos dispositivos fotovoltaicos é seu baixo rendimento. Outro inconveniente são os custos de produção dos painéis, elevados devido à pouca disponibilidade de materiais semicondutores (EWEA, 2003).

A expansão dos investimentos da China no mercado de produção de painéis fotovoltaicos de silício cristalino, contribuíram fortemente a reversão desse quadro com a

consequente expansão do mercado fotovoltaico. Nos últimos cinco anos houve uma redução de preços dos equipamentos em 80% e o custo da eletricidade da solar fotovoltaica caiu 60% entre 2010 e 2016, sendo atualmente a fonte geradora de energia que mais cria novos empregos no mundo (IRENA, 2017).

3.6.1 Energia eólica

Também conhecida como a energia dos ventos. Os primeiros indícios de utilização são atribuídas a Heron de Alexandria, há cerca de dois mil anos (PINTO, 2012). Durante o período da idade média, a energia eólica foi muito utilizada fonte de energia mecânica em substituição a tração animal.

Por sua vez, no século XX, o modelo de geração de energia tem como base as fontes não renováveis, destacadamente o petróleo e o carvão mineral (EWEA, 2004).

A energia eólica se constitui hoje, em escala mundial, uma alternativa competitiva de aproveitamento eletro-energética, devido aos grandes avanços verificados na tecnologia empregada na construção/operação dos modernos aerogeradores.

A atividade de produção energético, a partir do século XXI vem buscando um desenvolvimento sustentável, por meio da expansão da oferta, consumo consciente, preservação do meio ambiente e qualidade de vida.

3.6.1.1 Primeiros sistemas de controle de potência

Na revolução industrial as máquinas de produção, como os teares industriais, moinhos de farinha, exigiam certa constância da velocidade.

A inconstância da ocorrência irregular e intensidade variável dos ventos foram eleitas como as desvantagens da energia eólica em relação a outras fontes energéticas como à força animal e a roda ou moinho movida a água (EWEA; GREENPEACE, 2003).

Para contornar essas variações de intensidade, foram criados no século XVI, os primeiros sistemas de controle ou limitação de potência com a utilização do mecanismo de acionamento de freio ao eixo das pás.

Essas invenções permitiram integrar os moinhos de vento a essas unidades produtivas, e até o século XVIII - século do surgimento da máquina a vapor - os moinhos de vento, juntamente com as rodas d'água, estavam presentes em muitas paisagens. Foi na Dinamarca, em 1976, que ocorreu a instalação da primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica

pública (BRASIL, 2008).

Recentes desenvolvimentos tecnológicos (sistemas avançados de transmissão, melhor aerodinâmica, estratégias de controle e operação das turbinas etc.) têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. Os custos dos equipamentos, que era um dos principais entraves ao aproveitamento comercial da energia eólica, reduziu-se significativamente nas últimas duas décadas.

Comparativamente, de acordo com o instituto Escolhas, para um consumo médio estimado em 200 terawatts-hora (TWh), os valores de investimento x custo de geração energética na modalidades solar – fotovoltaica são de R\$ 1.280 Bilhões em investimento e R\$/MWh 255,95 o custo da energia. A modalidade Hidrelétrica com um investimento de R\$ 600 Bilhões e R\$/MWh 100,61 o custo da energia e finalmente a modalidade Eólica com R\$ 1.209 Bilhões em investimento e R\$/MWh 241,85 o custo da energia (ABEE, 2015).

3.6.1.2 Aerogerador

A partir do surgimento da máquina a vapor, dos motores de combustão interna e das grandes usinas de eletricidade e rede de distribuição, os sistemas eólicos foram praticamente abandonados por um longo período, tendo seu uso restrito a algumas aplicações, como o bombeamento de água em áreas rurais e salinas.

Os avanços da aerodinâmica e surgimento da eletrônica, permitiram o aparecimento de aerogeradores muito mais eficientes e com o custo menor por kW. Isto possibilitou a instalação de parques eólicos em vários países principalmente da Europa e nos Estados Unidos. Atualmente, podem ser encontrados em nível comercial aerogeradores com potências nominais de até 8,0 MW.

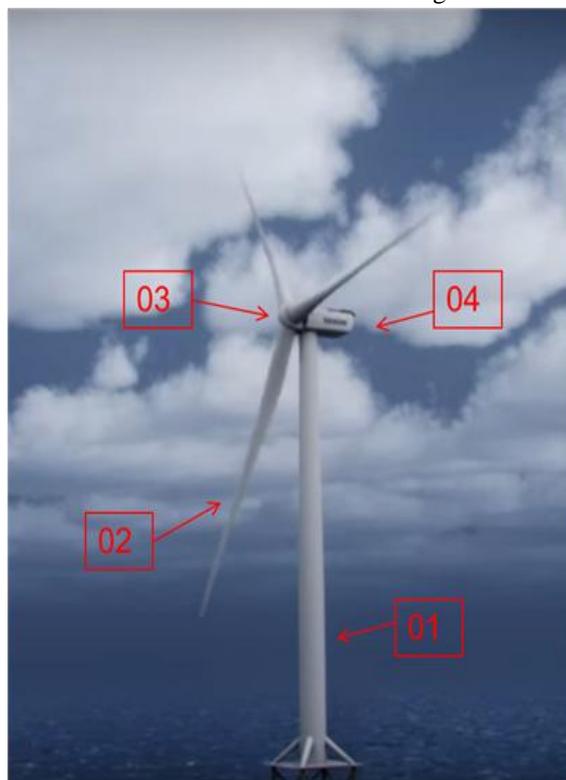
Mesmo os aerogeradores de pequeno porte, idealizados para sistemas autônomos de carregamento de baterias, também evoluíram bastante incorporando novas tecnologias, tendo com isto ampliando muito sua faixa de utilização, existem atualmente várias opções de fabricantes, os quais disponibilizam comercialmente para a venda aos consumidores residenciais, aerogeradores de pequenos porte, com capacidade produtiva na faixa de 50 a 600/W nominais.

Um aerogerador com capacidade de geração de 1,8 MWh/dia, pode custar aproximadamente quinze milhões de reais

Nos últimos anos aumentou muito a geração de eletricidade dos chamados aerogeradores, conforme demonstra a Figura 2, os quais são posicionados verticalmente a

grandes alturas como 100, 120 e até 180 metros do solo, conseguem gerar até 216 MWh/dia (VESTAS, 2015).

Figura 2 – Aerogerador



Aerogerador VESTAS V164-8.0 MW

Componentes: **01**: Torre; **02**: Pás; **03**: Hub; **04**: Nacelle / Gerador

Fonte: Adaptado de Vestas (2015)

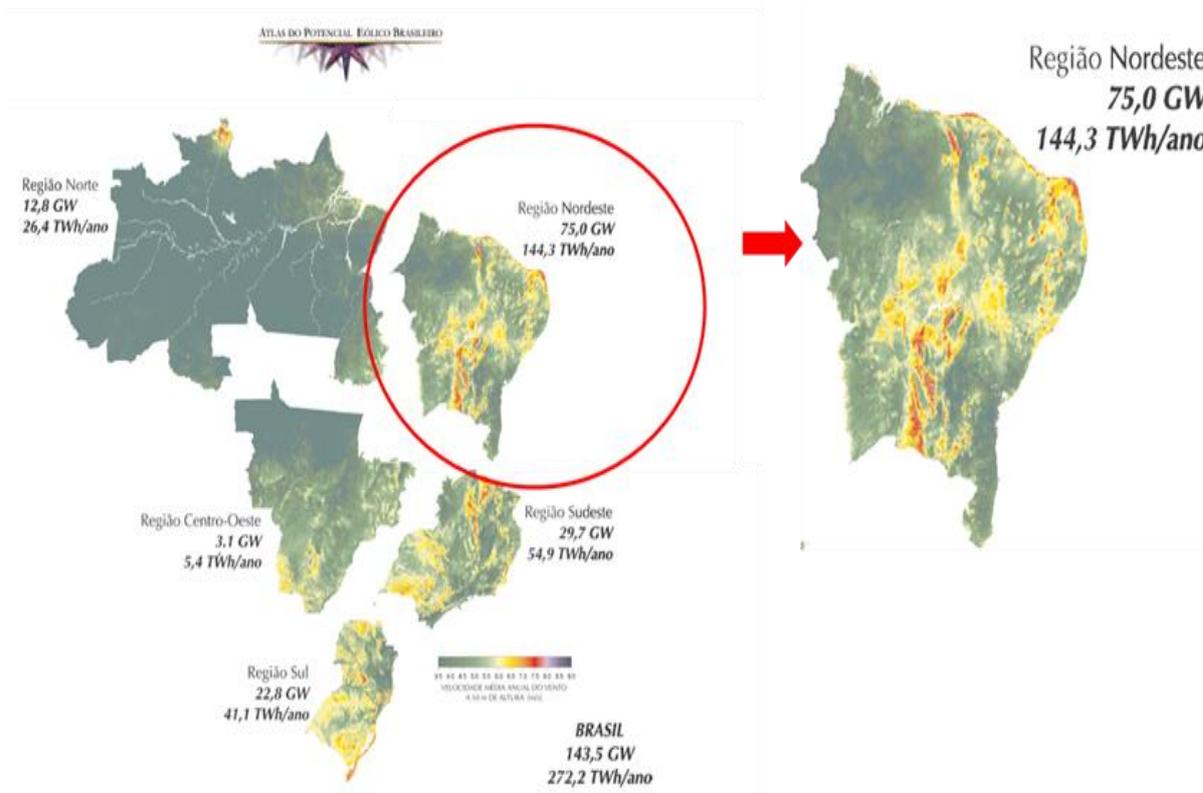
3.6.1.3 Mapeamento do potencial eólico brasileiro

No Brasil, o Atlas Eólico da Região Nordeste (ANEEL, 2008), demonstrou o grande potencial na exploração da energia eólica.

O primeiro aerogerador de grande porte foi instalado no arquipélago de Fernando de Noronha, em 1992, tratando-se de uma turbina de 0,075 MW, com rotor tripá de 17 metros de diâmetro, sendo o mesmo integrado ao sistema de fornecimento de energia, formando um sistema híbrido com o gerador diesel já existente na ilha, patrocinando uma economia de aproximadamente 10% no consumo de diesel, além da redução de emissão de poluentes.

A Figura 3 indica o panorama de distribuição do potencial eólico brasileiro, com um potencial total gerador de 144.300 MW. A região Nordeste merece um destaque, uma vez que corresponde a aproximadamente a metade do total da capacidade de geração brasileira alcançando uma potência de 75.000 MW.

Figura 3 – Potencial eólico das regiões no Brasil



Fonte: Adaptado de Brasil (2008).

3.6.1.4 Características gerais dos ventos

O levantamento do potencial eólico de uma região tem como objetivo a redução dos níveis de incerteza associadas à operação de projetos envolvendo a geração de energia eólica.

A fonte eólica é caracterizada por sua intermitência, e por ter essa característica, tornam-se necessárias para compor um levantamento de potencial eólico, previsões de curto prazo e as mais precisas possíveis (CUNHA, D. 1998).

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Geralmente, uma avaliação rigorosa envolve levantamentos específicos, dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB, 1993).

Segundo a organização mundial de meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m, podendo essa proporção variar muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental, como indicado na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição de área dos continentes e a velocidade média do vento

Região/Continente	Velocidade do Vento a 50 m de Altura					
	6,4 a 7,0		7,0, a 7,5		7,5 a 8,0	
	(10 ³ Km ²)	(%)	(10 ³ Km ²)	(%)	(10 ³ Km ²)	(%)
África	3.750	12	3.350	11	200	1
Austrália	850	8	400	4	550	5
América do Norte	2.550	12	1.750	8	3.350	15
América Latina	1.400	8	850	5	950	5
Europa Ocidental	345	8,6	416	10	371	22
Europa Ocidental & ex- URSS	3.377	15	2.260	10	1.146	5
Ásia (excluindo ex - URSS)	1.550	6	450	2	200	5
Mundo	13.650	10	9.550	7	8.350	6

Fonte: Adaptado de GRUBB, M. MEYER (1993).

No Brasil, os estudos demonstram que os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará (CE) e em Fernando de Noronha (PE), no início dos anos 1990. Os resultados dessas medições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas do Brasil (BRASIL, 2008).

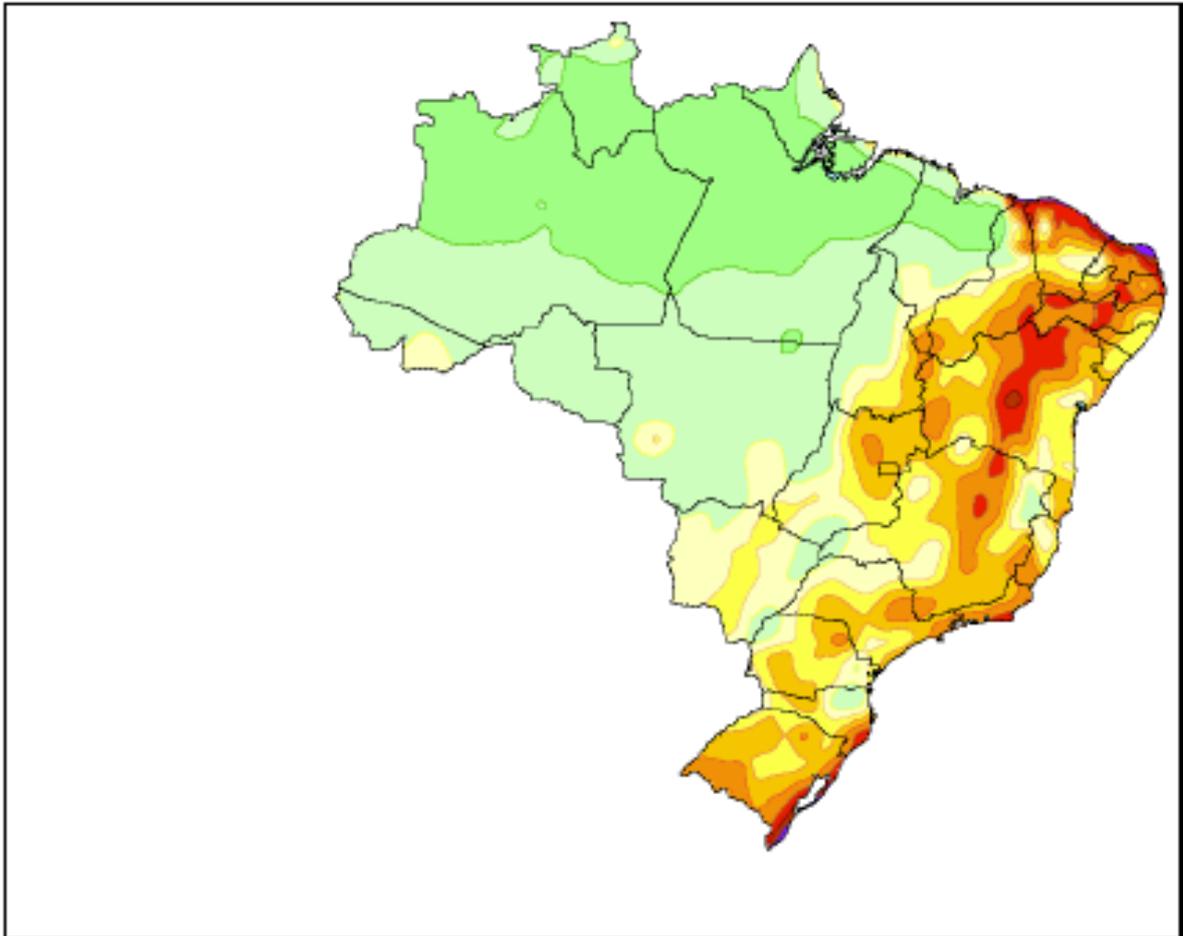
Os diversos levantamentos e estudos já realizados, bem como aqueles que estão em andamento, quer seja a nível local, regional, nacional ou internacional têm fornecido o suporte e condições necessárias para a efetiva exploração a nível comercial da energia eólica no País.

Com o apoio da ANEEL e do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) publicou em 1998, a primeira versão do Atlas Eólico da Região Nordeste.

Assim, o governo brasileiro, desde que sejam constatadas a sustentabilidade socioambiental e legal do projeto, além do cumprimento das normas legais e regulamentares de geração e comercialização de energia elétrica decorrentes da exploração da central geradora eólica, tem favorecido a instalação desses empreendimentos, considerando assim as energias alternativas como uma prioridade na geração de energia elétrica da contemporaneidade, além dos benefícios ambientais dessas fontes de energia.

Os dados apresentados na legenda da Figura 4 se referem à velocidade média do vento e energia eólica média a uma altura de 50 m acima da superfície em relação a cinco condições topográficas distintas, localizadas no território brasileiro (CBEE, 2003).

Figura 4 – Panorama do potencial eólico no Brasil



Fonte: Adaptado de Feitosa (2003)

O Quadro 4 mostra a classificação das velocidades de vento e regiões topográficas utilizadas na Figura 4.

Quadro 4 – Velocidade média do vento (m/s) 50 m acima nível superfície

		Mata	Campo aberto	Zona costeira	Morros	Montanhas
Classes de energia	4	> 6	> 7	> 8	> 9	> 11
	3	4,5 a 6	6,0 a 7	6,5 a 8	7,5 a 9	8,5 a 11
	2	3 a 4,5	4,5 a 6	5 a 6,5	6 a 7,5	7 a 8,5
	1	< 3	< 4,5	< 5	< 6	< 7

Fonte: Adaptado de Feitosa, (2003).

- Zona Costeira – áreas de praia, normalmente com larga faixa de areia, onde o vento incide predominantemente do sentido mar - terra;
- Campo Aberto – áreas planas de pastagens, plantações e /ou vegetação baixa, sem muitas árvores altas;
- Mata – áreas de vegetação nativa com arbustos e árvores altas, sendo um tipo de terreno que causa mais obstruções ao fluxo de vento;
- Morros – áreas de relevo levemente ondulado, relativamente complexo, com pouca vegetação ou pasto;
- Montanhas – áreas de relevo complexo, geralmente possuindo elevadas altitudes (SILVA, 2006).

Os referidos valores foram obtidos para as seguintes condições padrão: altitude igual ao nível do mar, temperatura de 20°C. Quando se altera a mudança de altitude para 1.000 m acima do nível do mar isso acarretará uma diminuição de 9% na densidade média de energia e a diminuição de temperatura para 15°C provocando um aumento de cerca de 2% na densidade de energia média (BRASIL, 2008).

A classe 04 corresponde aos melhores locais para aproveitamento dos ventos no Brasil, com destaque para as regiões Sul e Nordeste.

Dependendo das condições topográficas, as classes 02 e 03 podem ou não ser favoráveis.

Pode-se identificar ainda no Quadro 4, que a classe 01 representa regiões de baixo potencial eólico, de pouco ou nenhum interesse para o aproveitamento da energia eólica.

Para efeito ilustrativo, um local de classe 3 na costa do Nordeste, pode apresentar velocidades médias anuais entre 6,5 e 8 m/s, enquanto que um local de classe 3 no interior do Maranhão (Mata) apresentará apenas valores entre 4,5 e 6 m/s.

3.6.1.5 Estimativa do potencial eólico de uma região

Na década de 90, estimativas indicavam que a capacidade instalada no mundo era inferior a 2.000 MW. Ao longo dos anos essa capacidade foi aumentando. Em 1994, ela subiu para 3.734 MW, divididos entre os continentes europeu (45,1%), americano (48,4%), asiático (6,4%) e outros países (1,1%). Em 1998 esse valor chegou a 10.000 MW.

Nos anos 2000, a capacidade total instalada no mundo ultrapassou 32.000 MW (BTM, 2000; WIND FORCE, 2003).

Esse crescimento de mercado fez com que a associação europeia de energia eólica estabelecesse novas metas, indicando que, nos próximos anos, a energia eólica poderá suprir 10% de toda a energia elétrica requerida no mundo. De fato, em alguns países e regiões, a energia eólica já representa uma parcela considerável da eletricidade produzida. Na Dinamarca, por exemplo, a energia eólica representa 18% de toda a eletricidade gerada e a meta é aumentar essa parcela para 50% até 2030. Na região da Schleswig-Holstein, na Alemanha, cerca de 25% do parque de energia elétrica instalado é de origem eólica. Na região de Navarra, na Espanha, essa parcela é de 23%. Em termos de capacidade instalada, de acordo com o último levantamento ocorrido em 2017, a Europa já apresenta 80.000 MW (GWEC, 2017), conforme demonstra o Quadro 5.

Quadro 5 – Evolução da capacidade eólica instalada no mundo (MW)

País/região	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2016
Alemanha	2080	2874	4445	6113	8734	12001	50018
Estados Unidos	1590	1927	2492	2555	4245	4645	97611
Dinamarca	1116	1450	1742	2297	2456	2889	5228
Espanha	512	834	1530	2402	3550	4830	23074
Brasil	3	7	20	20	20	22	10740
Europa (exceto Alemanha, Dinamarca e Espanha)	1058	1411	1590	2610	2760	3637	83010
Ásia	1116	1194	1287	1574	1920	2184	203643
Continente americano (exceto EUA e Brasil)	52	128	194	223	302	353	4556
Austrália e Pacífico	33	63	116	221	410	524	4963
África e Oriente Médio	24	26	39	141	147	149	3906
Total	7584	9914	13455	18156	24544	31234	486749

Fonte: Adaptado de GWEC (2017).

3.6.1.6 Evolução da capacidade eólica no Brasil

O Brasil tem diversificado sua matriz energética, utilizando fontes alternativas, além da possibilidade de complementaridade entre a geração hidrelétrica, a geração eólica e a solar, visto que o maior potencial eólico, na região Nordeste, ocorre durante o período de menor disponibilidade hídrica, do que em outras regiões do país.

De acordo com o Gráfico 1, os levantamentos indicam a evolução da capacidade eólica instalada, tendo a como ponto de partida o ano de 2005, no qual o potencial era de 27.1 MW de geração de energia eólica. No ano de 2017, o panorama indica um potencial de 13.218 MW e em 2020, uma prospecção de 17.949 MW de geração eólica (INSTITUTO ESCOLHAS, 2017).

Gráfico 1 – Evolução da capacidade instalada



Fonte: Adaptado de ABEE (2015)

3.6.1.7 Processo de aquisição de dados eólicos

O estudo da viabilidade de implementação de um parque eólico envolve alguns aspectos relacionados a produção energética, os acessos, as conexões com a rede de distribuição, a viabilidade econômica do empreendimento. Segundo Silva et al (2009), o conhecimento do regime dos ventos é fundamental para que se faça um projeto racional de aproveitamento da energia eólica. Para a correta determinação do regime dos ventos é necessário analisar dados coletados durante um longo período de tempo, em geral alguns anos. Trabalhar com um grande número de dados de vento se torna impraticável; como alternativa se utilizam modelos probabilísticos para estimar as curvas de frequência de velocidade.

O processo de aquisição de dados eólicos de uma determinada região, é realizado mediante a instalação de uma torre anemométrica, conforme a Figura 5. Essas torres são equipadas com sensores de medição de vento em três ou mais alturas distintas, sendo instalados 03 ou mais anemômetros, posicionadas a 20, 60, 85, 100, 120 metros de altura e 02 ou mais sensores de direção ou *windvanes* situados a 30 e 70 metros de altura. Esses equipamentos podem registrar e armazenar dados relacionados as variáveis vento, temperatura, humidade e pressão atmosférica (IMPISA, 2006).

Figura 5 – Torre anemométrica



Fonte: Adaptado de IMPSA S/A (2006).

O Quadro 6 apresenta as informações gerais de monitoramento climático retiradas de uma torre de medição localizada no município de Beberibe – CE.

Quadro 6 – Sítio de medição

Projeto (nº sitio)	Praias de Parajuru (8571)
Município	Beberibe, CE
Altura da Torre	85 m
Longitude (W) / X utm*	37° 53' 41.2'' / 622 639 m
Latitude (S) / Y utm*	04° 21' 12.6'' / 9 518 707 m
Início da Operação	19/12/2002
Período de Medição Analisado	21/12/2002 a 05/09/2006
Período de Validação para Ajuste Climatológico	01/01/2003 a 31/12/2005 (3 anos)

Fonte: IMPSA S/A (2006).

*Projeção UTM. South American Datum (SAD69). Zona 24S

A Tabela 3 apresenta os dados relativos às médias meteorológicas mensais e anuais de temperatura, pressão atmosférica e densidade do ar. Por sua vez a Tabela 4 apresenta as velocidades médias mensais e anuais do vento nas alturas de medição da torre anemométrica instalada na área da usina de Praias de Parajuru, Beberibe – CE (IMPSA, 2006).

Tabela 3 – Médias meteorológicas – ano médio (jan/03 a dez/05)

													Sítio Praias de Parajuru	
Meses		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média anual (03 anos)
														Alturas de medição
6.0m	Temperatura (°C)	28.3	28.5	28.4	28.7	28.5	27.5	27.3	27.3	27.4	27.8	28.2	28.5	28.0
5.8m	Pressão atmosférica (hPa)	1010.1	1010.0	1010.1	1010.4	1011.3	1012.9	954.1	1013.4	1009.1	1011.0	1009.9	1009.7	1006.0
85m	Densidade do ar (Kg/m ³)*	1.158	1.158	1.158	1.157	1.159	1.164	1.098	1.166	1.161	1.161	1.159	1.157	1.155

Fonte: IMPSA S/A (2006).

* Calculada a partir de dados de temperatura e pressão atmosférica medidos na torre de Praias de Parajuru, considerando a atmosfera padrão ISA (*International Standard Atmosphere*)

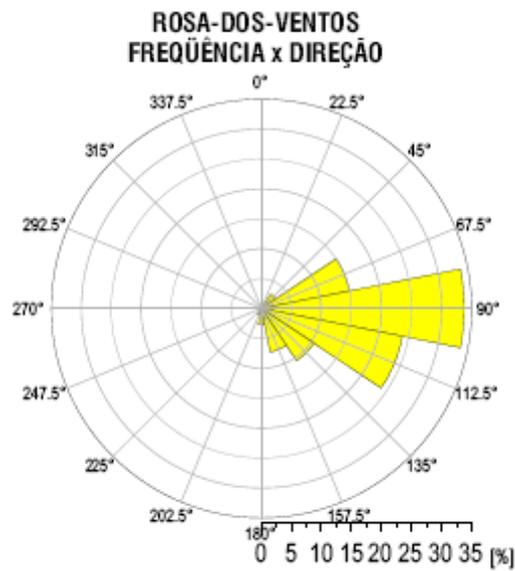
Tabela 4 – Velocidades médias mensais e anuais médio (jan/03 a dez/05)

Meses		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
														Alturas de medição
60m	V Média (m/s)	6.95	6.97	6.45	6.98	7.14	7.07	8.01	9.42	10.23	10.58	9.87	9.20	8.24
	k	2.61	2.89	2.53	3.29	3.55	3.39	3.66	4.43	4.45	4.96	4.67	5.04	3.22
	C (m/s)	7.83	7.82	7.26	7.79	7.93	7.87	8.88	10.33	11.21	11.52	10.80	10.01	9.19
40m	V Média (m/s)	6.83	6.76	6.22	6.72	6.88	6.75	7.71	9.14	9.97	10.37	9.69	9.06	8.01
	k	2.51	2.71	2.36	3.04	3.30	3.11	3.47	4.25	4.34	4.94	4.66	5.04	3.08
	C (m/s)	7.70	7.60	7.02	7.52	7.67	7.54	8.58	10.05	10.94	11.30	10.60	9.86	8.96
20m	V Média (m/s)	6.51	6.39	5.85	6.31	6.40	6.22	7.13	8.50	9.34	9.76	9.17	8.61	7.52
	k	2.47	2.56	2.20	2.86	3.03	2.80	3.27	4.15	4.37	5.07	4.81	5.16	2.99
	C (m/s)	7.34	7.20	6.60	7.08	7.17	6.98	7.95	9.36	10.25	10.62	10.01	9.36	8.42
														Alturas de extrapolação – eixo dos rotores
85m	V Média (m/s)	7.09	7.16	6.64	7.20	7.37	7.34	8.28	9.71	10.51	10.84	10.10	9.38	8.47
	k	2.71	3.00	2.63	3.41	3.68	3.52	3.80	4.60	4.62	5.15	4.85	5.23	3.34
	C (m/s)	7.97	8.02	7.47	8.01	8.17	8.15	9.17	10.63	11.50	11.78	11.01	10.19	9.43

Fonte: IMPSA S/A (2006).

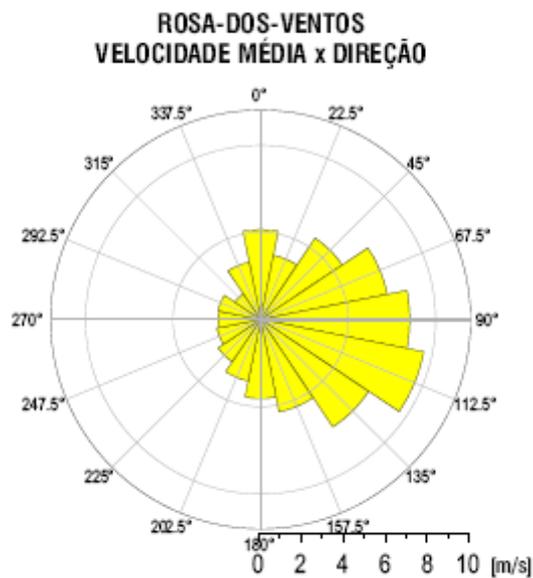
Os Gráficos 2 e 3 são denominados rosa dos ventos e indicam respectivamente as variáveis de frequência X direção e velocidade média X direção, medidas no período de Janeiro/2003 a Dezembro/2005 (03 anos).

Gráfico 2 – Rosa dos ventos frequência X direção



Fonte: IMPSA S/A (2006)

Gráfico 3 – Rosa dos ventos velocidade média X direção



Fonte: IMPSA S/A (2006)

3.6.1.8 Mapeamento do Potencial Eólico em Pernambuco

Analisando os mapas contidos no Atlas Eólico-Solar de Pernambuco de 2017, pode-se verificar os níveis de vento e o consequente potencial eólico no Estado.

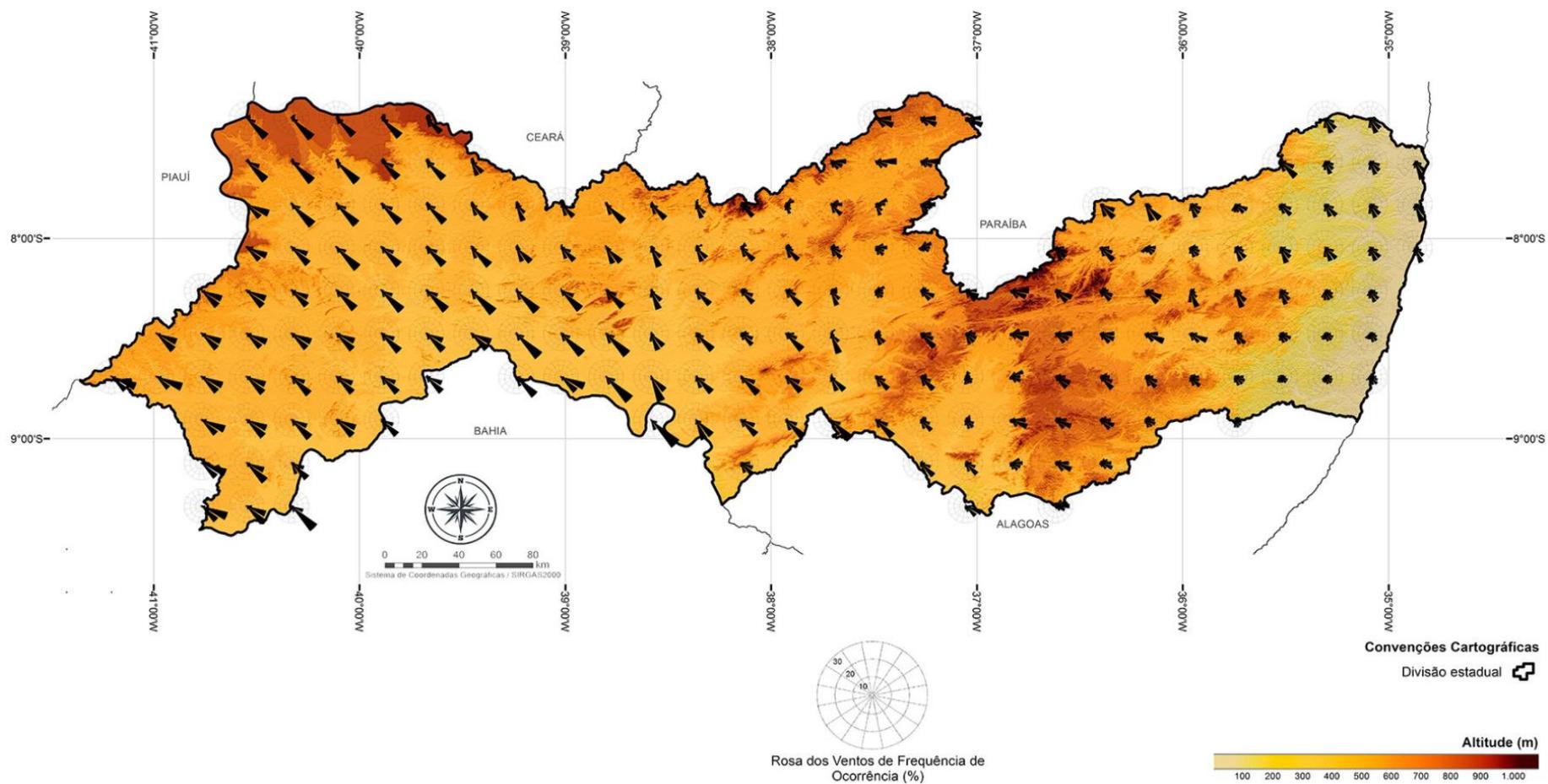
O vento é o resultado do aquecimento desigual da superfície do planeta pelo sol, sendo que apenas 2% da energia solar disponível é transformada em energia cinética. O vento também segue a flutuabilidade das estações ao longo do ano, variando em intensidade e em direção. Alguns fenômenos oceânicos e atmosféricos de escala planetária mudam a sua intensidade de um ano para o outro e podem influenciar as correntes de ar, desde fenômenos atmosféricos de mesoescala como as circulações de brisa marítima, terrestre e as brisas de vale montanha, assim como as alterações locais como o uso do solo, aumentando ou diminuindo o atrito nas camadas superficiais da atmosfera também alteram as características dos ventos. Analisando as características dos ventos em Pernambuco, pode-se observar poucas variações em relação a direção, a qual gira em torno do quadrante Sudeste a maior parte do ano (CEPEL, 2017).

Na Figura 6, observa-se que a distribuição de frequências de direção mostra que na região mais costeira o vento varia mais em direção, com uma rosa dos ventos mais distribuída.

À medida que o vento adentra pelo Agreste a variação de direção predominante fica mais restrita, sendo que ao chegar ao Sertão o vento de Sudeste predomina com pouca amplitude em direção.

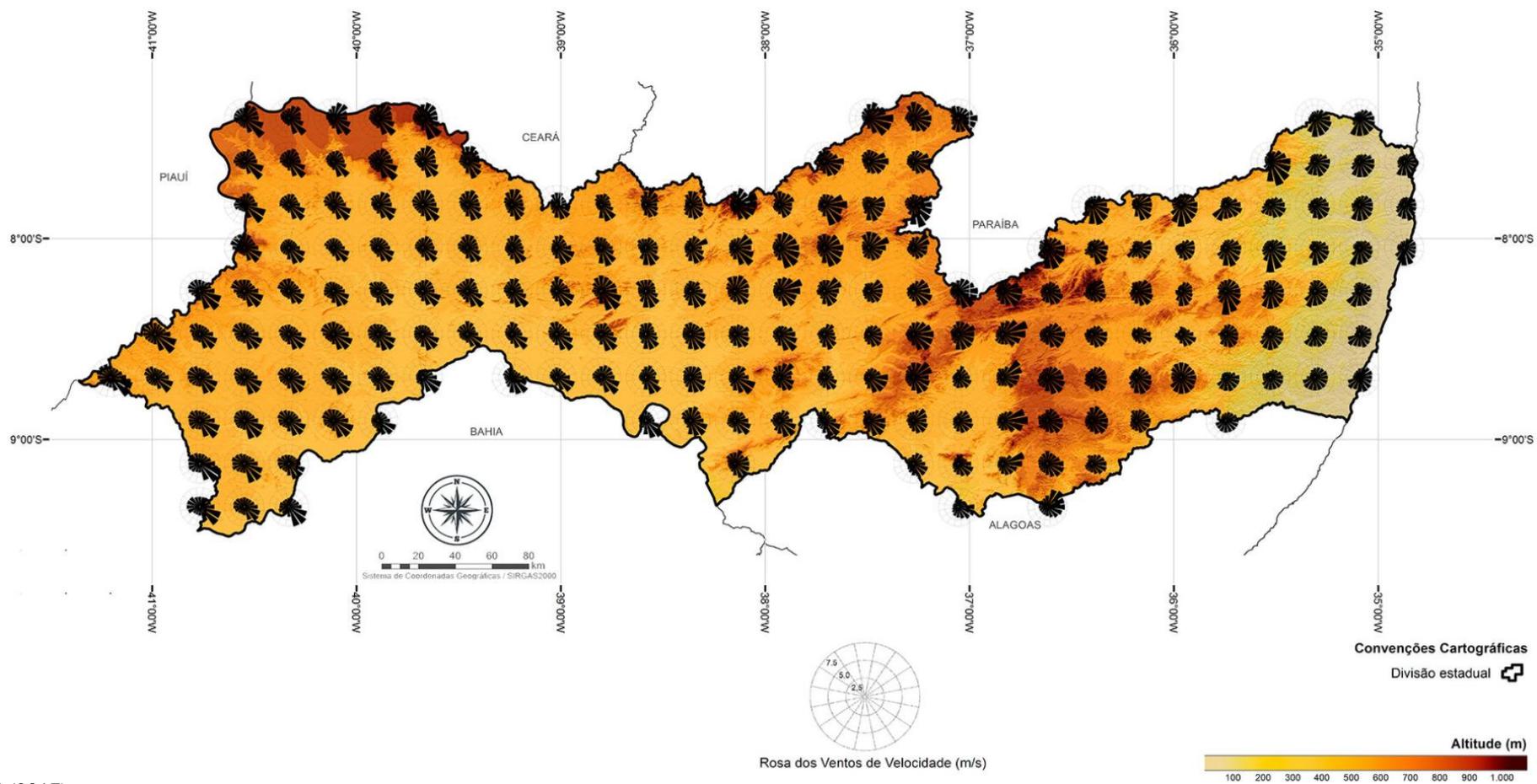
Em relação a distribuição de velocidade e direção dos ventos, mostrado na Figura 7, indica que há velocidades em todas as direções, ainda que com uma frequência muito pequena. Por outro lado, analisando a rosa dos ventos de energia e direção, em watt por metro quadrado (W/m^2), mostrado na Figura 8, o qual evidencia o vento de Sudeste como o que carrega mais energia em todas as regiões. Esta rosa é usada como um identificador do potencial de um determinado local para a utilização da energia eólica (CEPEL, 2017).

Figura 6 – Mapa rosa dos ventos anuais (frequência X direção)



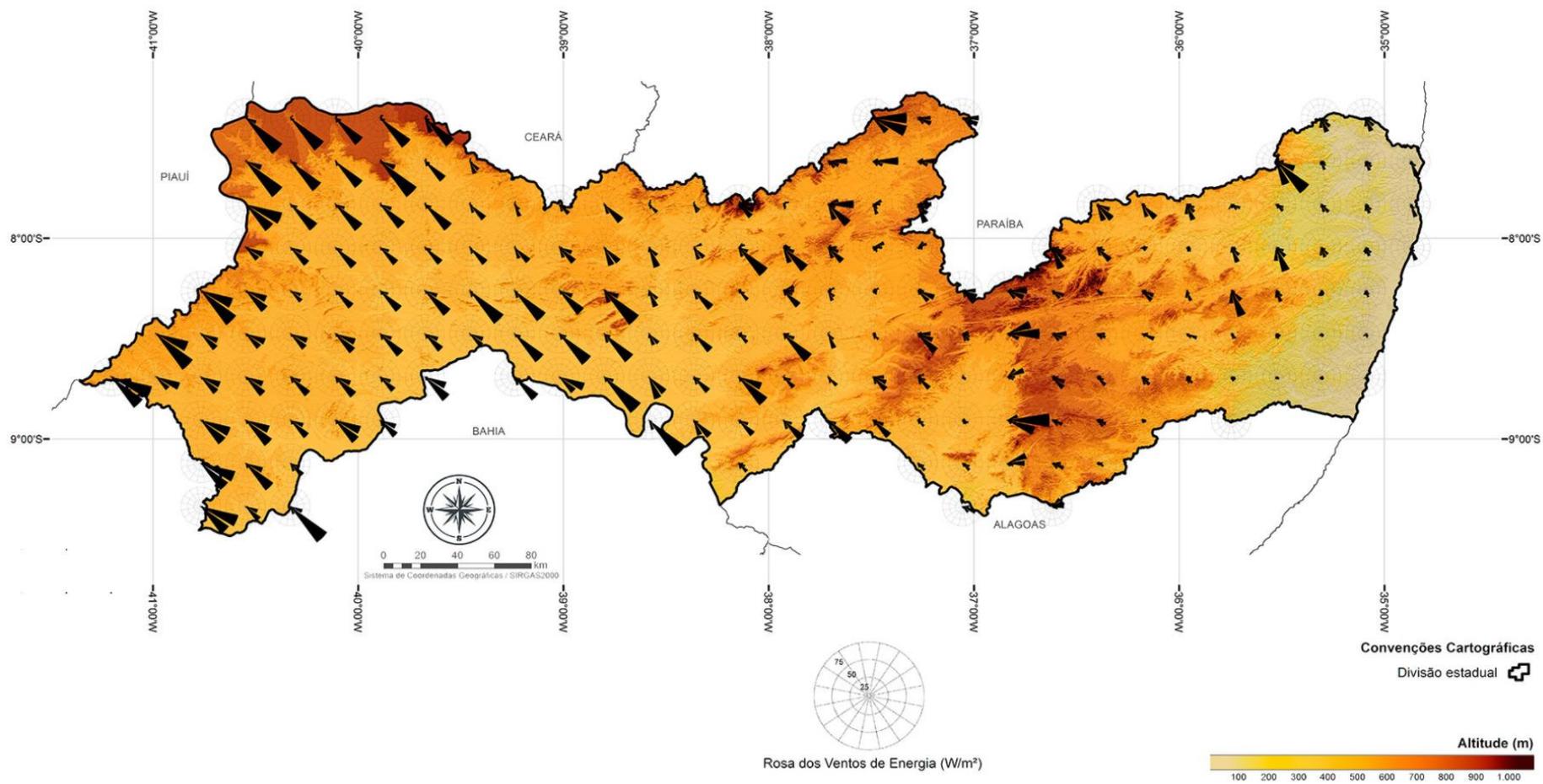
Fonte: Cepel (2017)

Figura 7 – Mapa rosa dos ventos anuais (velocidade X direção)



Fonte: Cepel (2017)

Figura 8 – Mapa rosa dos ventos anuais (energia X direção)



Fonte: Cepel (2017)

Os levantamentos indicam um potencial de 1.047 (GW) de geração de energia eólica, prospectadas para torres eólicas que variam de 100 a 120 metros de altura (ABEE, 2015).

Com o objetivo de aumentar a produção de energia eólica no estado de Pernambuco, aproximadamente trinta parques estão em fase de projeto ou construção, e sete em fase de operação, localizados em quatorze municípios. Ao todo, os empreendimentos somam mais de R\$ 3 bilhões, conforme pode-se observar a Tabela 5 (ABEE, 2015).

Os parques em operação atualmente estão situados na Mesorregião Zona da Mata nos municípios de Macaparana e Pombos. Na Mesorregião Agreste, encontra-se parques em operação nos municípios de Gravatá, Caetés, Paranatama e Pedra. Ainda na Mesorregião Agreste, estão sendo projetados ou em fase de construção empreendimentos nas cidades de Capoeiras, Iati, Pesqueira, Poção, Saloá e Venturosa. Na Mesorregião do Sertão, estão sendo projetados parques no município de Araripina e em operação no município de Tacaratu (ANNEL, 2017).

Por sua vez, em relação a utilização das ferramentas de geoinformação, verifica-se que no documento denominado Relatório Ambiental Simplificado (RAS), que foi elaborado e coordenado pela empresa Engea Consultores Ltda, em conformidade com o contrato firmado pela Pec Energia e Engea, relativo ao processo de instalação do Complexo Eólico Serra das Vacas – III, é possível identificar a utilização de imagens de satélites fomentando a elaboração do mesmo, respectivamente no Capítulo 7, em relação as limitações da área de instalação dos parques eólicos enumerados de 1 a 7, dentre outras ilustrações, conforme demonstram respectivamente as Figuras 9, 10 e 11 abaixo.

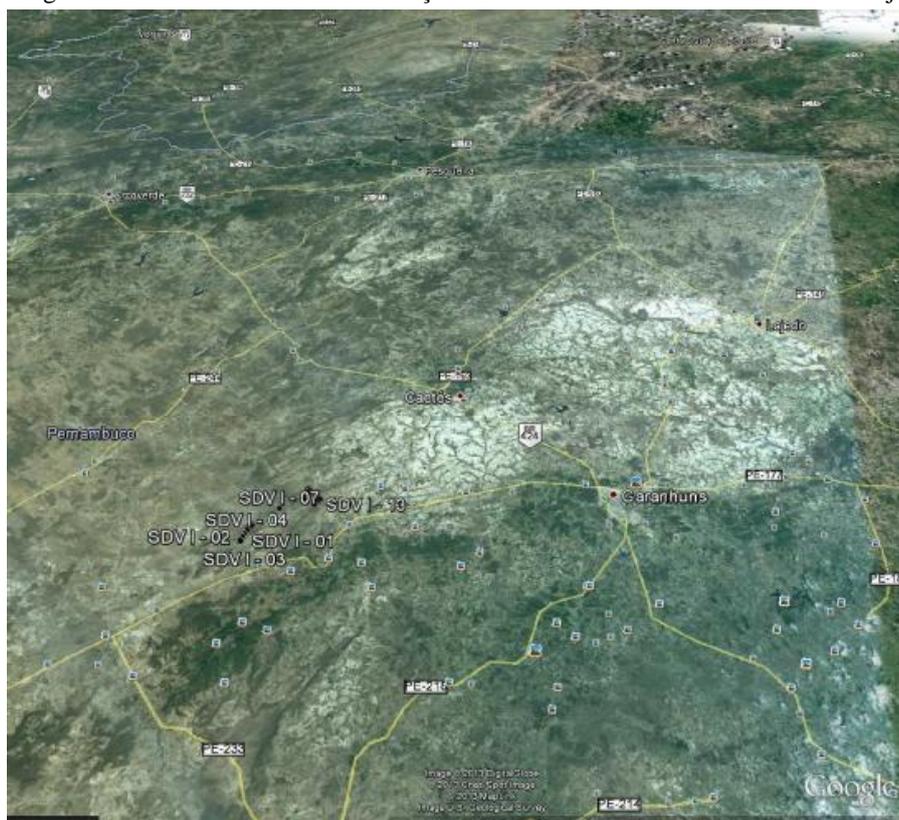
No entanto, vale ressaltar que as referidas imagens de satélites não são utilizadas no sentido de evidenciar os potenciais impactos ambientais (Quadro 7 e 8) tanto nas fases de Licença de Implantação e Licença de Operação, assim como as medidas mitigadoras dos potenciais impactos gerados nas fases de Licenciamento de Implantação e Operação do empreendimento.

Tabela 5 – Mapeamento dos parques eólicos no Brasil

Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEÓLICA – Boletim de março de 2015												
A – Potência instalada						B – Potência em construção						
	Parques eólicos	Apta (MW)	Em Teste (MW)	Em Operação Comercial (MW)	Total Instalada (MW)	Parques eólicos	Contrato (MW)	Em obra	Total em Construção	Parques eólicos	Potência (MW)	% Potência Brasil
Rio Grande do Norte	78	198,0	119,4	1.882,0	2.199,4	91	1.726,6	637,5	2.364,1	169	4.563,5	27,82%
Bahia	40	89,7	117,6	841,7	1.049,0	129	2.367,7	832,8	3.200,5	169	4.249,5	25,90%
Ceará	45	23,1	0,0	1.283,2	1.256,3	56	1.059,4	226,2	1.285,6	101	2.541,9	15,50%
Rio Grande do Sul	43	0,0	59,4	1.089,1	1.148,5	49	566,1	380,0	946,1	92	2.094,6	12,77%
Piauí	4	0,0	0,0	88,0	88,0	41	711,0	420,0	1.131,0	45	1.219,0	7,43%
Pernambuco	8	0,0	61,1	43,6	104,7	29	666,9	148,8	815,7	37	920,4	5,61%
Maranhão	0	0,0	0,0	0,0	0,0	13	351,9	0,0	351,9	13	351,9	2,15%
Santa Catarina	14	3,1	0,0	236,4	239,5	0	0,0	0,0	0,0	14	239,5	1,46%
Paraíba	13	0,0	0,0	69,0	69,0	3	90,0	0,0	90,0	16	159,0	0,97%
Sergipe	1	0,0	0,0	34,5	34,5	0	0,0	0,0	0,0	1	34,5	0,21%
Rio de Janeiro	1	0,0	0,0	28,1	28,1	0	0,0	0,0	0,0	1	28,1	0,17%
Paraná	1	0,0	0,0	2,5	2,5	0	0,0	0,0	0,0	1	2,5	0,02%
BRASIL	248	313,9	357,5	5.548,1	6.219,5	411	7.539,6	2.645,3	10.184,9	659	16.404,4	100,00%

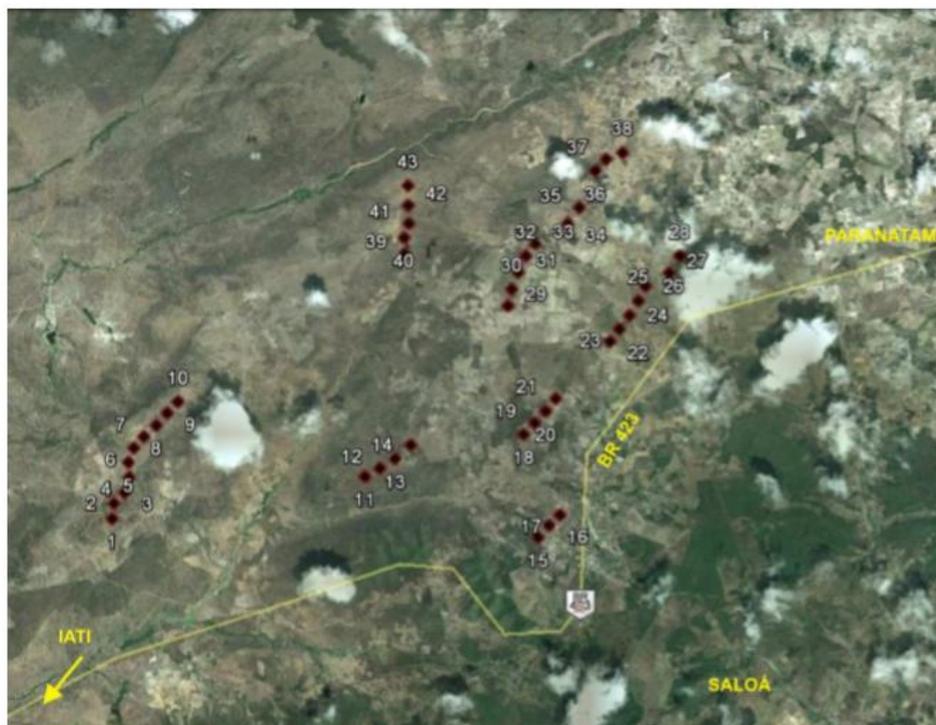
Fonte: Adaptado de ABEE (2015).

Figura 9 – Imagem de satélite utilizada na elaboração do RAS denominada “Acesso a área objeto de estudo”



Fonte: Adaptado de Engea Consultoria LTDA (2015).

Figura 10 – Imagem de satélite utilizada na elaboração do RAS denominada “croqui dos locais de medição”



Fonte: Adaptado de Engea Consultoria LTDA (2015).

Figura 11 – Imagem satélite utilizada na elaboração do RAS denominada “unidade de conservação RPPN”



FONTE: : Adaptado de Engea Consultoria LTDA (2013).

3.7 IMPACTOS AMBIENTAIS

3.7.1 FASE DE LICENÇA PRÉVIA

A Resolução CONAMA nº 001/86, no seu artigo 5º, estabelece que estudos ambientais devem contemplar todas as possíveis alternativas tecnológicas e locacionais do projeto e ainda confrontar com a possibilidade da sua não execução. Uma vez definida a viabilidade de implementação do projeto e excluída a possibilidade de não o executar, deve-se apresentar e avaliar todas as alternativas locacionais e definir sua localização, considerando-se aquela que resulte nos menores impactos ambientais. Para a instalação de um empreendimento ou atividade potencialmente causadora de poluição ou degradação do meio ambiente, deve ser solicitada inicialmente a Licença Prévia (LP,) sem prejuízo de outras licenças ou exigências previstas em lei, ainda que na fase preliminar do planejamento, aprovando, assim, a sua concepção e localização, atestando sua viabilidade ambiental.

A LP em hipótese alguma autoriza o início da implantação do empreendimento, pois tem como objetivo maior informar ao interessado sobre a pertinência e viabilidade da implantação do empreendimento no local pretendido. Os critérios de classificação dos impactos em relação a magnitude, interpretação, relevância e importância do empreendimento são: classificação, probabilidade, prazo, abrangência, magnitude, duração, reversibilidade e natureza (ENGEA, 2013).

Diante do exposto, o Relatório Ambiental Simplificado ou Supressão (RAS), do Parque Eólico Serra das Vacas III, tendo sido elaborado, de acordo com os termos e condições previstos nas Resoluções nº 001/86 e 237/97 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e no Manual de Diretrizes para Avaliação de Impactos Ambientais da Agência Pernambucana de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH) e em Termos de Referência para empreendimentos de Centrais Eólicas, também elaborados pela CPRH, será de fundamental importância para o entendimento do referido estudo em relação aos impactos ambientais citados, bem como as medidas mitigadoras propostas, desde as fases de implantação, assim como as fases de operação do empreendimento eólico.

3.7.2 IMPACTOS AMBIENTAIS (FASES DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO)

Fase dos impactos de implantação e operação

Algumas ações para a implantação e operação do empreendimento nas fases de

implantação e operação do Parque Eólico Serra das Vacas, que causaram impactos sobre o meio ambiente, sendo ordenadas de acordo com a fase de execução do empreendimento (ENGEA, 2013):

Atividades na fase de implantação:

- Limpeza do terreno – consiste da remoção da camada superficial que é utilizada como pasto e pequena movimentação de terra uma vez que se trata de área com desníveis insignificantes, quase plana;
- Instalação e operação do canteiro de obras – são obras de engenharia, embora provisórias, que compreendem a instalação de escritórios, refeitórios, almoxarifados, instalações sanitárias, dentre outras;
- Tráfego – transporte interno de materiais e equipamentos pesados e movimentação de materiais removidos/aportados durante a execução da intervenção;
- Montagem do empreendimento – compreende todas as construções necessárias para a montagem da infraestrutura do empreendimento (ENGEA, 2013).

Descrição dos impactos da fase de implantação:

Os impactos ambientais decorrentes da fase de implantação do empreendimento são apresentados para cada fator ambiental, em função dos meios físico, biológico e antrópico, passíveis de impacto (ENGEA, 2013).

- Meio Físico: os impactos ambientais gerados pela energia eólica estão relacionados principalmente a ruídos, ao impacto visual e ao impacto sobre o meio biológico. Na década de 80 e 90, as questões relacionadas ao ruído gerado foram uma barreira à disseminação desse recurso. Entretanto, com o desenvolvimento tecnológico, houve uma diminuição significativa dos níveis de ruído produzidos pelas turbinas eólicas, que está relacionada a fatores como a aleatoriedade do seu funcionamento e a variação da frequência do ruído, uma vez que esse é diretamente proporcional à velocidade de vento incidente. Adiante, são analisados os impactos sobre: clima, qualidade do ar/atmosfera, níveis e ruído, geomorfologia e sólidos;
- ✓ Clima: as flutuações climáticas, como visto na área, estão fortemente ligadas às lentas variações das condições de contorno à superfície, notadamente da

temperatura da superfície do mar (TSM) dos oceanos tropicais. Assim como a TSM, a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre os oceanos também varia lentamente. Essas variações são, em última análise, as responsáveis pelos vários regimes pluviométricos da área, não sendo percebido durante a fase de implantação do empreendimento, significativas alterações no clima. Dentro dos estudos desenvolvidos pelo empreendedor, as condições climáticas locais foram avaliadas com o enfoque nas condições favoráveis à implantação do parque eólico, visando à determinação das características técnicas do projeto e dos equipamentos a serem utilizados;

- ✓ Qualidade do ar/atmosfera: na fase de implantação houve um aumento no tráfego local e uma pequena modificação na qualidade do ar na área diretamente afetada (ADA) resultante da limpeza do terreno e de pequena movimentação de solo, que foi o responsável pelo ressurgimento de material particulado em suspensão ao longo do empreendimento. Isto contribuiu para aumentar a concentração de poeira no ar; somado àqueles resultantes do escape de gases por tráfego de veículos, funcionamento de motores, que geram também materiais particulados, além de gases provenientes da exaustão dos motores. Essas atividades geram impactos ambientais negativos, de probabilidade certa, ocorrendo em curto prazo. Sua abrangência é local e de pequena magnitude, com duração temporária e reversível;
- ✓ Níveis de ruído: o terreno onde foi instalado o Parque Eólico Serra das Vacas apresenta residências nas proximidades. Durante a fase de implantação, em função do tráfego e uso de equipamentos os níveis de ruído podem atingir valores maiores do que os estipulados pela norma. Para os trabalhadores envolvidos diretamente nessa fase, existe o impacto do ruído de máquinas e equipamentos de altos níveis de pressão sonora. Portanto, a instalação do canteiro de obras, aumento do tráfego local devido a movimentação de máquinas, veículos e equipamentos geradores de ruídos e vibrações, no transporte de pessoal, equipamentos e materiais, movimentação de solo e de outros equipamentos ruidosos utilizados nas obras civis, gerando impactos no fator ambiental ruído, os quais serão: negativos, certos, de curto prazo, de abrangência local, de pequena magnitude; temporários e reversível (ENGEA, 2013);
- ✓ Geologia: não existe impacto no fator ambiental geologia;

- ✓ Geomorfologia: não existe impacto no fator ambiental geologia;
- ✓ Solos: as escavações das terraplenagens alterou a superfície e o relevo do solo que ficaram expostos, criando assim, “cicatrizes” e um impacto visual significativo. Pelo desnudamento do solo e pelo seu revolvimento, causado pelos trabalhos de terraplenagem executados, nas estradas de acessos, das plataformas das torres e das instalações provisórias fazendo com que o solo fique exposto e sujeito às erosões hídrica e/ou eólica. O risco potencial de poluição do solo pelo ocorre devido ao derramamento de combustíveis, óleo e graxas, durante o abastecimento e/ou na manutenção de veículos e demais equipamentos. Este impacto é classificado como negativo, provável, de longo prazo, abrangência local, magnitude pequena, duração permanente (para os acessos) e reversível. Para o canteiro de obras, este impacto é classificado como negativo, provável, de curto prazo, abrangência local, magnitude pequena, duração temporária e reversível;
- ✓ Recursos hídricos superficiais e subterrâneos: a área está inserida na bacia hidrográfica do rio Ipanema, mais especificamente nas bacias do rio denominado “Limitão” a Norte e ao riacho “Lages” a Sul. A erosão hídrica, com o carregamento de material particulado para a drenagem para as águas pluviais, pode provocar o assoreamento, e ocasionar ainda que as substâncias minerais de granulometria muito fina fiquem em suspensão (principalmente argilas), alterando a coloração e a elevação da turbidez da água. Há o risco potencial de ocorrer derramamento de combustíveis, óleo e graxas, durante o abastecimento e/ou na manutenção de veículos e demais equipamentos principalmente no canteiro de obras e nas frentes de trabalho, que seriam carregados para as águas drenantes, o que causariam a alteração no cheiro, no paladar, na turbidez e superficiais Este impacto é classificado como negativo, pouco provável, de curto prazo, abrangência local, magnitude pequena, duração temporária e reversível. Quanto aos recursos hídricos subterrâneos, devido ao baixo potencial hidrogeológico, onde o meio aquífero está totalmente inserido no domínio hidrogeológico fissural, designado por “cristalino” ou maciço rochoso, a instalação não causará qualquer impacto neste fator ambiental (ENGEA, 2013).

- Meio Biótico:

- ✓ Fauna: a depender da intensidade dos ruídos, exemplares de algumas espécies da fauna terrestre podem ser afugentados. O impacto relativo ao afugentamento da fauna é negativo, pois diminuirá a biodiversidade local, certo e de curta duração porque irá permanecer durante a fase de implantação, local, de pequena magnitude, pois devido as condições locais a fauna vivente é bem restrita, temporário e reversível já que após a implantação há uma tendência da fauna voltar a utilizar a área diretamente afetada. Em relação a fauna migratória, pesquisou-se em dados secundários, os quais não apresentaram estudos para as Áreas Diretamente Afetadas (ADA) e de influências direta e indireta;
- ✓ Flora: principalmente na ADA o processo de terraplenagem é sem dúvida o mais impactante, implicando na ação de supressão da vegetação e seus consequentes desdobramentos para a fauna associada. Devido às características da cobertura vegetal da área onde foram implantados os geradores, as estradas de acesso e o canteiro de obras serem fortemente antropizadas, este impacto foi negativo, permanente, certo, irreversível de curto prazo, local e de magnitude pequena, levando-se em consideração a área de implantação. Trata-se em termos de espécies vegetacionais um impacto de pequena monta (ENGEA, 2013).
- Meio Antrópico: os principais fatores socioambientais do meio antrópico, referem-se à geração de emprego e renda, atividades econômicas, economia local e qualidade de vida.
 - ✓ Geração de emprego e renda: na fase de implantação é considerado temporário, reversível e positivo, uma vez que essas atividades podem gerar empregos formais para a população da região;
 - ✓ Atividades econômicas: esse impacto é considerado positivo, com probabilidade certa, de médio prazo, abrangência local, duração temporária, reversível e de média magnitude;
 - ✓ Economia local: o impacto é positivo, de probabilidade certa, de médio prazo, tem abrangência local, de média magnitude, de duração temporária e é reversível pelo incremento do comércio e serviços para atendimento das necessidades dos trabalhadores e pela melhoria da qualidade de vida dos funcionários contratados;

- ✓ Qualidade de vida: há riscos de ocorrência de acidentes de trabalho nos serviços de instalação e desmonte do canteiro de obras e na montagem das turbinas. Este impacto aí se caracteriza como negativo, tem ação direta sobre os trabalhadores que podem perder também, o emprego. É provável, de curto prazo, abrangência local, de duração temporária, de magnitude média, sendo reversível.
- ✓ Patrimônio histórico e cultural: a análise dos impactos sobre o patrimônio arqueológico, histórico e cultural existente na área de influência do parque podem provocar alterações no terreno, ocasionando a possibilidade de destruição dos vestígios arqueológicos e impedindo e/ou comprometendo a realização de estudos futuros. O patrimônio arqueológico poderá sofrer transformações na adequação dos acessos, instalação de obras de apoio e torres e desmatamentos (ENGEA, 2013).

Atividades na fase de operação:

- Transporte e estocagem de matéria prima para operação – podem ocasionar eventuais derramamentos de óleo e outros produtos químicos;
- Funcionamento do Parque Eólico Serra das Vacas III – atividades e procedimentos envolvidos na geração de energia com o incremento da sua oferta;
- Paradas para manutenção das turbinas e equipamentos – paradas programadas para manutenções das turbinas e equipamentos podem ocasionar eventuais derramamentos de óleo ou outros produtos químicos (ENGEA, 2013).

Descrição dos impactos da fase de operação:

Os impactos ambientais decorrentes da fase de operação do empreendimento são apresentados para cada fator ambiental, em função dos meios físico, biológico e antrópico.

- Meio Físico:
 - ✓ Clima: a operação do empreendimento praticamente não causa alterações no clima. Não houve influência no regime de chuvas ou temperatura;

- ✓ Qualidade do ar/atmosfera: a operação das turbinas e máquinas não afetou a qualidade do ar nas áreas de influência do empreendimento;
 - ✓ Níveis de ruído: a operação das turbinas pode aumentar o nível de ruído na área diretamente afetada pelo empreendimento. Portanto, o impacto será: negativo, certo, longo prazo de execução, de abrangência local, de pequena magnitude; permanente e irreversível. Para os trabalhadores envolvidos diretamente na operação existe o impacto do ruído de máquinas e equipamentos;
 - ✓ Solos: com relação ao fator ambiental solos, na operação das turbinas a geração de resíduos sólidos e líquidos poderá contaminar o solo da área de intervenção. Esse impacto é classificado como negativo, provável, de curto prazo, abrangência local, magnitude pequena a nula, duração temporária e reversível.
 - ✓ Recursos hídricos superficiais e subterrâneos: há o risco potencial de ocorrer derramamento de efluentes ou de outros líquidos potencialmente contaminantes (óleos ou combustíveis) que podem atingir a rede de drenagem natural e no caso de grandes precipitações e atingir os leitos de água doce locais. Este impacto é classificado como negativo, pouco provável, de curto prazo, abrangência local, magnitude pequena, duração temporária e reversível (ENGEA, 2013).
- Meio Biótico:
 - ✓ Fauna: a depender da intensidade dos ruídos, exemplares de algumas espécies da fauna terrestre podem ser afugentados. O impacto relativo ao afugentamento da fauna é negativo, diminuindo em um primeiro momento, a biodiversidade local, devido ao afugentamento temporário de alguns indivíduos ou espécies. Pode-se considerar como: negativo, permanente, certo, irreversível de longo prazo, local e de magnitude pequena;
 - ✓ Flora: não existem impactos na fase operacional no fator ambiental vegetação (ENGEA, 2013).
 - Meio antrópico: os fatores socioambientais do meio antrópico, referem-se as atividades econômicas, geração de renda, arrecadação fiscal e qualidade de vida.

- ✓ Atividades econômicas: oportunidade de novos negócios e pela indução da demanda por serviços. Esse impacto é positivo, com probabilidade certa, de médio prazo, abrangência local, duração permanente, irreversível e de média magnitude;
- ✓ Geração de renda: amplia a oferta de emprego e a consequente geração de renda para os trabalhadores contratados. É considerado permanente, irreversível, de curto prazo e média magnitude;
- ✓ Arrecadação fiscal: o incremento de receitas públicas do município pode ocorrer em função da dinamização da economia, com aumento da produção local e maior volume de capital circulante o que repercute na arrecadação fiscal. Esse impacto é positivo, com probabilidade de ocorrência certa, de abrangência local, de média magnitude é irreversível, permanente e curto prazo;
- ✓ Qualidade de vida: o parque restringe o uso e ocupação das terras no entorno imediato das torres, devendo o proprietário não alterar o perfil orográfico (topografia + cobertura vegetal), pois as mesmas acarretaria mudanças no cenário de geração e propagação dos ventos. Portanto o impacto é negativo/positivo, de curto prazo, certo, abrangência local, permanente, de magnitude pequena e irreversível. É um impacto de pequena monta pois as áreas destinadas para as torres e estradas de acesso são pequenas em comparação com as áreas totais das fazendas O empreendimento não impede que o proprietário faça uso das terras no entorno das torres, apenas não altere o “status quo” sendo as atividades predominantes na região compatíveis com o empreendimento (ENGEA, 2013).

Matriz dos impactos (fases de implementação e operação)

Visando um melhor entendimento, as informações a seguir, foram elencadas e extraídas do documento original do empreendimento Serra das Vacas, denominado Relatório Ambiental Simplificado (RAS), contendo informações a identificação dos impactos decorrentes do projeto, nas suas fases de implantação e de operação. Essas informações foram extraídas do Capítulo 8, do referido documento, denominado “Identificação dos impactos”, devidamente representadas no Quadro 7 (Fase de implementação) e no Quadro 8 (Fase de operação).

Quadro 7 – Matriz dos impactos ambientais na fase de implantação

Meio	Impacto		Fatores	Atributos						
				Classificação	Probabilidade	Prazo	Abrangência	Magnitude	Duração	Reversibilidade
Físico	Aumento de material particulado		Qualidade do Ar	N	C	CP	L	P	T	R
	Aumento dos níveis de ruído		Ruído	N	C	CP	L	P	T	R
	Remoção da cobertura vegetal		Solo	N	C	MP	L	P	P	I
	Poluição devido à disposição inadequada de resíduos		Solo	N	PP	LP	L	P	T	R
	Contaminação Aquífera		R. H. Subterrâneos	N	PP	LP	L	P	T	R
	Contaminação das águas dos rios		R. H. Superficiais	N	PP	LP	L	P	T	R
Biótico	Supressão de vegetação		Flora e vegetação	N	C	CP	L	P	P	I
	Poeira em suspensão sobre as folhas		Flora e vegetação	N	C	CP	L	P	T	R
	Afugentamento de exemplares de algumas espécies		Fauna Terrestre	N	C	CP	L	P	P	I
	Evasão de espécies		Fauna Terrestre	N	C	CP	L	P	T	R
Antrópico	Ampliação da oferta de emprego formal e renda		Geração de emprego e renda	P	C	CP	L	M	T	R
	Dinamização da economia local		Atividades Econômicas	P	C	MP	L	M	T	R
Legenda	Classificação	Probabilidade	Prazo		Abrangência	Magnitude	Duração		Reversibilidade	
	Positivo - P	Certo - C	Até 2 anos: Curto Prazo - CP		Local - L	Pequena - P	Temporários - T		Reversível - R	
	Negativo - N	Provável - P	2 anos: Médio Prazo - MP		Regional - R	Média - M	Permanentes - P		Irreversível - I	
		Pouco Provável - PP	Mais de 2 anos: Longo Prazo - LP			Grande - G				

Fonte: Adaptado de Engea Consultoria LTDA (2013).

Quadro 8 – Matriz dos impactos ambientais na fase de operação

Meio	Impacto		Fatores	Atributos						
				Classificação	Probabilidade	Prazo	Abrangência	Magnitude	Duração	Reversibilidade
Físico	Poluição devido à disposição inadequada de resíduos		Solo	N	P	CP	L	P	T	R
	Contaminação das águas dos rios		R. H. Superficiais	N	P	LP	L	P	T	R
	Aumento dos níveis de ruído		Ruído	N	C	LP	L	P	P	I
Biótico	Evasão de espécies		Fauna Terrestre	N	C	CP	L	P	T/P	R
	Morte da Fauna alada (morcegos, aves e aves migratórias)		Fauna	N	P	LP	R	P	P	I
Antrópico	Ampliação da oferta de emprego formal e renda		Geração de renda	P	C	CP	L	M	P	I
	Dinamização das atividades terciárias		Atividades Econômicas	P	C	CP	L	P	P	I
	Dinamização da economia local		Atividades Econômicas	P	C	MP	L	M	P	I
	Alteração na receita municipal, em função do incremento de receitas públicas		Arrecadação fiscal	P	C	CP	L	M	P	I
	Restrição de outros usos para as terras		Qualidade de vida	N/P*	C	CP	L	P	P	I
Legenda	Classificação	Probabilidade	Prazo		Abrangência	Magnitude	Duração		Reversibilidade	
	Positivo - P	Certo - C	Até 2 anos: Curto Prazo - CP		Local - L	Pequena - P	Temporários - T		Reversível - R	
	Negativo - N	Provável - P	2 anos: Médio Prazo - MP		Regional - R	Média - M	Permanentes - P		Irreversível - I	
		Pouco Provável - PP	Mais de 2 anos: Longo Prazo - LP			Grande - G				
P* Pode ser também positivo, pois a obrigação de manter a forma atual de uso e ocupação, evita possíveis desmatamentos ou outras intervenções degradadoras										

Fonte: Adaptado de Engea Consultoria LTDA (2013).

3.8 MEDIDAS MITIGADORAS (FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO)

3.8.1 ASPECTOS GERAIS

As medidas mitigadoras estão relacionadas à conservação ambiental e à inserção regional do empreendimento, tendo por finalidade atenuar os impactos negativos e otimizar os impactos positivos, avaliados e analisados neste estudo, de forma a compatibilizar a implantação do empreendimento com a proteção do meio ambiente.

As empresas que atuam na construção e operação de obras de infraestrutura enfrentam nos dias atuais um grande desafio, que é o de promover uma adequada inserção regional de seus empreendimentos de modo a assegurar, simultaneamente, o atendimento da legislação, a manutenção da qualidade ambiental na região da obra e a otimização de seus benefícios diretos e indiretos decorrentes.

Assim, mais do que o cumprimento à legislação ambiental vigente, as medidas de conservação ambiental representam o compromisso do empreendedor perante a sociedade e as instituições responsáveis pela gestão ambiental, no sentido de conciliar as suas atividades empresariais com a manutenção dos recursos naturais e com o desenvolvimento socioeconômico da região.

Neste contexto, as medidas mitigadoras propostas e contidas no documento no Relatório Ambiental Simplificado RAS, do Parque Eólico Serra das Vacas III, visam a atender aos objetivos gerais descritos a seguir:

- Privilegiar o atendimento à população local;
- Fornecer as diretrizes para a implementação mitigadoras.

3.8.2 DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS

Fase de Implantação

- Meio físico: neste item são descritas as medidas mitigadoras relativas aos impactos correntes sobre fatores ambientais qualidade do ar, solo, subsolo e recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

- ✓ Fator ambiental solo/subsolo/recursos hídricos superficiais e subterrâneos: reduzir a supressão de vegetação natural ao mínimo indispensável para execução das obras, utilizando técnicas de limpeza do terreno compatíveis com as características da cobertura vegetal a ser retirada. Os solos das áreas escavadas não devem ficar muito tempo expostos às intempéries. As áreas não vegetadas e não ocupadas pelas bases ou estradas de acesso devem ser arborizadas, sendo utilizadas espécies nativas da região, assegurando a infiltração e minimizando a erosão.
- ✓ Geração de renda: amplia a oferta de emprego e a consequente geração de renda para os trabalhadores contratados. É considerado permanente, irreversível, de curto prazo e média magnitude (ENGEA, 2013).
- Meio Biótico:
 - ✓ Fauna: em relação aos impactos causados à fauna local, as medidas mitigadoras se confundem com as do meio físico, principalmente no que diz respeito à qualidade do ar, solo, subsolo e recurso hídrico superficial.
 - ✓ Vegetação: sugere-se que sejam tomadas providências no sentido de mitigar os impactos gerados a partir da emissão de material particulado, as quais poderiam incluir a aspersão periódica para umectar o terreno das obras e o do tráfego de veículos. Suprimir a vegetação estritamente na área de intervenção, seguindo as medidas indicadas nos demais fatores ambientais, só devendo ocorrer com a autorização específica dos órgãos competentes (ENGEA, 2013).
- Meio antrópico: as medidas mitigadoras que visam minimizar e/ou maximizar os impactos relativos aos principais fatores socioambientais: emprego e renda, economia local, atividades econômicas, qualidade de vida, estão abaixo descritas:
 - ✓ Emprego e renda: para maximizar o significado social do impacto aumento de renda disponível, devem-se considerar o aproveitamento e a valorização da mão de obra local, a contratação de empresas e de serviços locais e a criação de um banco de dados de mão de obra para a relocação dos empregados em novos

empreendimentos. É interessante também o investimento na capacitação de jovens moradores das áreas de influência direta do empreendimento.

- ✓ Economia local: a medida mitigadora referente ao impacto, dinamização das atividades terciárias é de natureza maximizadora. Consiste em incentivar a criação de novas empresas do setor terciário, tais como: alimentação, transporte, comércio entre outros, para atendimento da demanda da população residente e flutuante na área de influência direta do empreendimento;
- ✓ Atividades econômicas: a medida mitigadora para o impacto dinamização da economia local é de natureza maximizadora. Recomenda-se que sejam utilizados, sempre que possível, os serviços, o comércio e insumos locais;
- ✓ Qualidade de vida: para o impacto relativo ao risco a saúde ambiental e de acidentes de trabalho, as medidas mitigadoras são de natureza preventiva, com a instalação de uma comissão interna de prevenção de acidentes, que elabore e implante o programa de saúde e proteção do trabalhador, em conformidade com as normas de segurança. O programa deve considerar, inclusive, o treinamento dos operários da construção e o atendimento médico-hospitalar. Para o impacto risco a saúde humana, causado, principalmente, pelo aumento de tráfego e de poluentes (ruídos, emissões atmosféricas e lançamento de efluentes líquidos sem tratamento), propõe-se como medidas preventivas, o controle do tráfego e regulagem dos veículos em serviços e atendimento e a implantação do programa de comunicação social e de sinalização para orientar os profissionais, trabalhadores e visitantes. Quanto ao impacto aumento demográfico temporário, em decorrência da atração de mão de obra pelos postos de trabalho gerados, recomenda-se como medida preventiva o controle do surgimento de moradias na área do entorno do empreendimento. Como medidas mitigadoras de natureza corretiva para alterações das qualidades subjetivas das paisagens, recomenda-se a implantação de ações que valorizem e preservem as paisagens e os pontos turísticos locais;

- ✓ Patrimônio histórico e cultural: os impactos são decorrentes, caso não ocorra os devidos cuidados nos trabalhos realizados próximos aos sítios arqueológicos pré-coloniais (ENGEA, 2013).

Fase de Operação

Adiante são apresentadas as medidas tomadas na fase de operação do empreendimento. Algumas medidas são idênticas para diferentes meios e fatores ambientais, porquanto os mesmos poderão receber medidas oriundas de uma mesma ação (ENGEA, 2013).

- Meio Físico: neste item são descritas as medidas mitigadoras relativas aos fatores ambientais do meio físico.
 - ✓ Fator ambiental solo/subsolo/recursos hídricos superficiais e subterrâneos: de modo a evitar a contaminação do solo/subsolo e eventualmente a infiltração para o aquífero se deve implantar sistema de coleta de resíduos sólidos no empreendimento (programa de gestão integrada de resíduos sólidos). Os resíduos coletados são conduzidos a um destino final adequado. Todos os efluentes provenientes da lavagem e manutenção de máquinas e equipamentos (óleos, graxas), devem ter como destino uma caixa separadora, para o devido tratamento no sistema específico do canteiro de obras, se for o caso (ENGEA, 2013).
- Meio biótico: não existem medidas mitigadoras para os impactos na fase de operação;
- Meio antrópico: as medidas mitigadoras relativas aos impactos ambientais, decorrentes da fase de operação do empreendimento, são apresentadas para cada fator socioambiental: atividades econômicas, economia local, geração de renda, qualidade de vida e arrecadação fiscal.
 - ✓ Atividades econômicas: a medida mitigadora para o impacto dinamização da economia local é de natureza maximizadora. Sempre que possível, utilizar os serviços, o comércio e insumos locais;

- ✓ Economia local: a medida mitigadora para o impacto, dinamização das atividades terciárias é de natureza maximizadora e implica em incentivar as empresas do setor terciário;
- ✓ Geração de renda: para maximizar o impacto da ampliação da oferta de emprego e renda, recomenda-se o aproveitamento e a valorização da mão de obra local, a contratação de empresas com comprovada responsabilidade socioambiental e investimentos na formação educacional e profissional da população local;
- ✓ Qualidade de vida: Como prevenção ao impacto, risco à saúde humana e ambiental sugere-se como medida preventiva a implantação de programa de saúde e proteção do trabalhador, de Plano de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos – PGIRS e de programas de educação ambiental e o de comunicação social e sinalização;
- ✓ Arrecadação fiscal: para o impacto alteração na receita municipal, em função do incremento de receitas públicas a medida mitigadora é de natureza maximizadora e compreende o investimento na criação de instrumentos que estimulem o aumento da produtividade das atividades existentes ou de outras que possam ser atraídas, em função do empreendimento instalado (ENGEA, 2013).

Matriz das medidas (fases de implementação e operação)

Por sua vez, as informações a seguir, foram elencadas e extraídas do documento original Relatório Ambiental Simplificado ou Supressão (RAS), do empreendimento Serra das Vacas III, outrora mencionado, Capítulo 9, denominado “Medidas mitigadoras”, devidamente representadas no Quadro 9 (Fase de implementação) e no Quadro 10 (Fase de operação).

Quadro 9 – Matriz das medidas ambientais na fase de implantação

Meio	Impacto	Fatores Sócio Ambientais	Medidas contidas na RAS		
			Natureza	Descrição sumária	Responsável
Físico	Aumento de material particulado em suspensão	Qualidade do Ar	P	Regulagem dos veículos e equipamentos, umectação das vias de circulação, coberturas de cargas com materiais finos	Empreendedor
	Aumento do nível de ruídos	Fauna	P	Regulagem dos veículos e equipamentos	Empreendedor
	Remoção de cobertura vegetal	Solo / subsolo	P	Armazenamento do solo para posterior utilização	Empreendedor
	Disposição inadequada de resíduos	Recursos Hídricos superficial	P	Implantação do Sistema de Gestão Integrada dos Resíduos da Construção Civil	Empreendedor
	Disposição inadequada de efluentes sanitários	Recursos Hídricos superficial	P	Operação adequada do Sistema de Tratamento de Efluentes Sanitários	Empreendedor
Biótico	Supressão da flora e vegetação	Vegetação / flora	P	Limitar a retirada da vegetação apenas as áreas onde serão implantadas as torres e na praça de operação de cada torre e das estruturas de apoio	Empreendedor
	Recobrimento de folhas dificultando trocas gasosas	Vegetação / flora	P	Regulagem dos veículos e equipamentos, umectação das vias de circulação, coberturas de cargas com materiais finos	Empreendedor
	Evasão de espécimes	Fauna Terrestre	P	Manter os veículos utilizados com revisados. Execução de programas de resgate e monitoramento da Fauna e Flora.	Empreendedor
Antrópico	Aumento da renda por contratação de mão de obra	Emprego e Renda	M	Aproveitamento e valorização da mão de obra local; Contratação de empresas e Serviços locais. Criação de banco de dados de mão de obra para relocação dos empregados em novos empreendimentos.	Empreendedor
	Dinamização das atividades terciárias	Economia local	M	Incentivo a empresas do setor terciário	Município e Setor Privado
	Dinamização da economia local	Atividades Econômicas	M	Utilização de serviços, comércio e insumos locais.	Empreendedor
	Risco de acidentes de trabalho	Qualidade de vida	P	Implantação do Programa de Saúde e Proteção ao Trabalhador, em conformidade com as Normas de Segurança	Empreendedor
	Possibilidade de destruição de Patrimônio histórico e cultural	Patrimônio histórico e cultural	P	Implantação do programa de proteção ao patrimônio histórico cultural	Empreendedor
Legenda	Natureza	Preventiva - P	Maximizadora - M	Corretiva - C	

Fonte: Adaptado de Engea Consultoria LTDA (2013).

Quadro 10 – Matriz das medidas ambientais na fase de operação

Meio	Impacto	Fatores Sócio Ambientais	Medidas contidas na RAS		
			Natureza	Descrição sumária	Responsável
Físico	Disposição inadequada de resíduos Sólidos e Líquidos	Solos/Subsolo e Recursos Hídricos Subterrâneos	P	Implantação do Programa de Gestão Integrada dos Resíduos e Líquidos	Empreendedor
	Disposição inadequada de efluentes sanitários	Solos/Subsolo e Recursos Hídricos Subterrâneos	P	Operação adequada do Sistema de Tratamento de Efluentes Sanitários	Empreendedor
Antrópico	Dinamização da economia local	Atividades Econômicas	M	Utilização de serviços, comércio e insumos locais.	Empreendedor
	Dinamização das atividades terciárias	Economia local	M	Incentivo a empresas do setor terciário	Governo municipal e setor privado
	Ampliação da oferta de emprego e renda	Geração de Renda	M	Aproveitamento e valorização da mão-de-obra local contratação de empresas com comprovada responsabilidade socioambiental e investimentos na formação educacional da população local	Empreendedor
	Risco a saúde ambiental dos trabalhadores	Qualidade de vida	P	Implantação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, Programas de Educação Social e de Sinalização e o de Educação Ambiental	Empreendedor
	Risco a saúde ambiental dos trabalhadores	Qualidade de vida	P	Implantação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, Programas de Educação Social e de Sinalização e o de Educação Ambiental	Empreendedor
	Alteração das qualidades subjetivas da paisagem	Qualidade de vida	C	Implantação de ações de valorização de paisagens e de preservação de pontos turísticos	Governo Municipal
	Alteração na receita municipal, em função do incremento de receitas públicas	Arrecadação Fiscal	M	Criação de instrumentos que estimulem o aumento da produtividade das atividades existentes	Governo Municipal
Legenda	Natureza	Preventiva - P	Maximizadora - M	Corretiva - C	

Fonte: Adaptado de Engea Consultoria LTDA (2013).

3.9 MATRIZ DE AÇÕES MITIGADORAS

Por meio da observação dos meios, impactos e os fatores (fases de implantação e operação) e das medidas mitigadoras (fases de implantação e operação), as quais foram elencadas e extraídas do documento original Relatório Ambiental Simplificado ou Supressão (RAS), do Parque Eólico Serra das Vacas III, as quais podem ser implementadas, visando eliminar ou diminuir significativamente esses danos, conforme descreve o Quadro 11.

3.10 O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO

O processo de implantação de parques eólicos no Brasil é composto por 19 etapas dentre operações, transporte e tomadas de decisão. Durante o processo de implantação há o envolvimento de diversas partes interessadas, desde desenvolvedores de projetos de parque eólicos, os gerenciadores de projeto, empresas de transporte, movimentação e montagem e empresas de O&M (Operação e Manutenção) (ABDI, 2014). No Brasil, antes que um parque eólico comece a operar e até mesmo a ser construído, algumas atividades devem ser cumpridas para o atendimento das exigências legais brasileiras. O fluxograma (Figura 5) apresentado mostra as etapas que ocorrem para a implantação de um parque eólico no Brasil. Em seguida cada etapa é descrita mais detalhadamente.

Visando facilitar o entendimento, utiliza-se uma ferramenta denominada mapeamento de processos, a qual pode ser definida como sendo a descrição dos processos, referente a forma de como as atividades relacionam-se umas com as outras dentro do processo produtivo (SLACK et al., 2009). O mapeamento auxilia, portanto, na identificação dos possíveis gargalos existentes, permitindo assim, uma maior facilidade na visualização das decisões, facilitando a compreensão e as conclusões, as quais auxiliam no aprimoramento do processo.

Eliminar atividades desnecessárias, unir operações ou elementos, alterar a sequência das operações e simplificar as operações chave são quatro pontos que devem ser levados em consideração ao se desenvolver ou propor possíveis soluções de melhorias (BARNES, 1982). O mapeamento de processos, utiliza para sua descrição, alguns símbolos, os quais são usados para classificar os diferentes tipos de atividades. Contudo, não há um conjunto padrão de símbolos utilizados em todo o mundo para determinado tipo de processo, existindo, no entanto, alguns que são amplamente usados, como o gráfico de fluxo de sistemas de informação (SLACK et al., 2009).

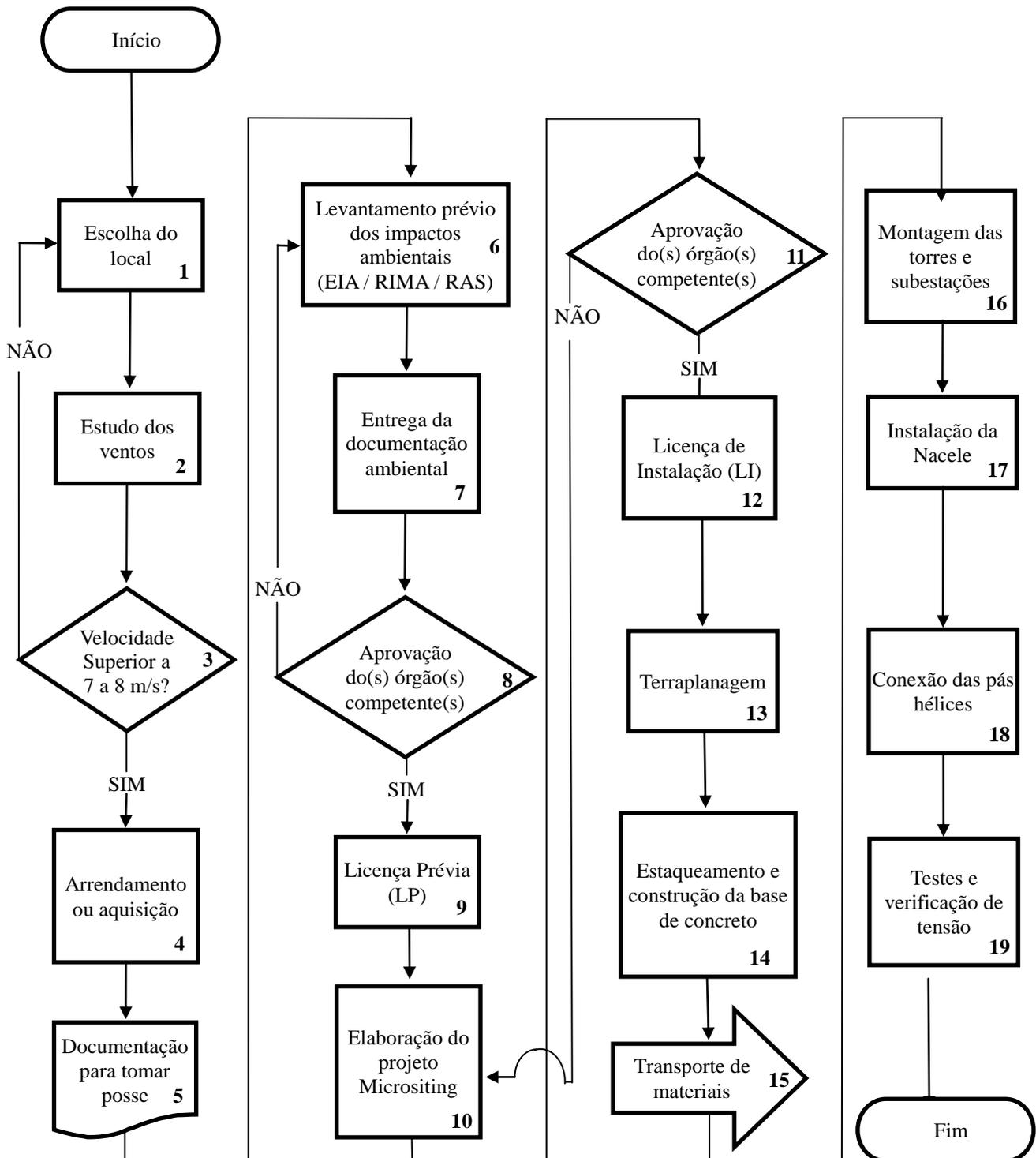
Quadro 11 – Impactos X ações mitigadoras

Meio	Impacto		Fatores Sócio Ambientais	Medidas contidas na RAS		
				Natureza	Descrição sumária	Responsável
Físico	Aumento de material particulado em suspensão		Qualidade do Ar	P	Regulagem dos veículos e equipamentos, umectação das vias de circulação, coberturas de cargas com materiais finos	Empreendedor
	Remoção de cobertura vegetal		Solo / subsolo	P	Armazenamento do solo para posterior utilização	Empreendedor
	Disposição inadequada de resíduos		Recursos Hídricos superficial	P	Implantação do sistema de gestão integrada dos resíduos da construção civil	Empreendedor
Biótico	Supressão da flora e vegetação		Vegetação / flora	P	Limitar a retirada da vegetação apenas as áreas onde serão implantadas as torres e na praça de operação de cada torre e das estruturas de apoio	Empreendedor
	Recobrimento de folhas dificultando trocas gasosas		Vegetação / flora	P	Regulagem dos veículos e equipamentos, umectação das vias de circulação, coberturas de cargas com materiais finos	Empreendedor
	Evasão de espécimes		Fauna Terrestre	P	Manter os veículos utilizados nos serviços com seus motores em boas condições de regulagem, executar um programa de resgate de fauna e flora e um programa de monitoramento da fauna	Empreendedor
Antrópico	Risco de acidentes de trabalho		Qualidade de vida	P	Implantação do programa de saúde e proteção do trabalhador, em conformidade com as normas de segurança.	Empreendedor
	Possibilidade de destruição de Patrimônio histórico e cultural		Patrimônio histórico e cultural	P	Implantação do programa de proteção ao patrimônio histórico cultural	Empreendedor
Legenda	Natureza	Preventiva - P	Maximizadora - M	Corretiva - C		

Fonte: Adaptado de Engea Consultoria LTDA (2013).

Diante do exposto, o fluxograma apresentado na Figura 12 mostra as etapas que ocorrem para a implantação de um parque eólico no Brasil.

Figura 12 – Fluxograma das etapas de implantação de um parque eólico



Fonte: Adaptado Silva et al (2015)

- Etapa 1 – Escolha do local: o objetivo dessa fase é identificar quais são os locais mais apropriados, definindo as restrições técnicas, comerciais e ambientais para o desenvolvimento das etapas seguintes.
- Etapas 2 e 3 – os estudos se iniciam a partir da instalação das torres anemométricas, com alturas variando de 80 a 100 m de altura, com equipamentos dispostos em sua estrutura como medidores de temperaturas, barômetros, sensores eletrônicos de movimentação, anemômetros e um sistema de coleta de dados. As torres permanecem em média de 2 a 3 anos no local de instalação do parque e não necessitam de licenciamento ambiental, pois não geram nenhum tipo de impacto ambiental. Porém, o órgão ambiental precisa ser informado da instalação, acompanhado de memorial descritivo, sucinto, com as coordenadas do local em planta com levantamento planialtimétrico (planta com o maior número possível de informações do estudo), indicando, quando couber, a que empreendimento se refere. As prefeituras devem ser consultadas acerca da legislação aplicável sobre uso e ocupação do solo, pois fornecem a autorização para a implantação das torres anemométricas, condicionada à autorização dos proprietários das respectivas propriedades (STAUT, 2011).
- Etapas 4 e 5 – Arrendamento ou aquisição e documentação para a posse: o proprietário das terras é contatado para apresentação do projeto e as condições de arrendamento. Nestas condições o proprietário da área arrendada receberá uma porcentagem em relação ao faturamento bruto da usina localizada no terreno (royalties) e um pagamento fixo por hectares. Geralmente, o proprietário do terreno pode continuar com seu trabalho (normalmente de criação de animais e plantio) ao redor das torres eólicas. Uma vez aceito o arrendamento por parte do proprietário, ocorre à assinatura do contrato e o registro do imóvel. Em seguida, realiza-se o georreferenciamento (atribuição de coordenadas a determinado objeto espacial) da propriedade dentro dos parâmetros estabelecidos pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), e solicita-se a emissão de Certificado de Cadastro do Imóvel Rural (CCIR). Realiza-se também o levantamento da situação da propriedade junto à Receita Federal, regularizando o pagamento do Imposto sobre a Propriedade Rural (ITR) quando houver pendências. Não havendo o arrendamento, pode ocorrer a aquisição (compra) quando o proprietário está disposto a vender. Porém, após a compra a empresa oferta a propriedade, em forma de arrendamento, para o proprietário que antecedeu o

proprietário que efetuou a venda do terreno. O novo proprietário fica responsável pelo terreno, com os mesmos direitos que recebem os proprietários que arrendam seus terrenos. A empresa negocia o terreno por um período de 25 a 30 anos, renováveis, sem custos adicionais (STAUT, 2011).

- Etapas 6 e 7 – Estudos e licenciamento ambiental: são elaborados os estudos com dados técnicos detalhados que busca identificar os problemas ambientais e os respectivos graus de magnitudes, contendo as ilustrações de mapas, quadros, gráficos, etc., evidenciando, as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implantação. Dessa forma, fornecendo informações que possibilitam a criação de medidas e ações de prevenção para mitigação dos riscos (FREITAS, 2011). O empreendimento poderá receber o Licenciamento Simplificado ou Licença Única (Licenciamento Ambiental que engloba a LP, LI e LO em uma única licença) seguindo as exigências:
 - ✓ Distância mínima de 350m, incluindo as subestações e seu entorno, de comunidades circunvizinhas;
 - ✓ Localização fora da Zona de Amortecimento de Unidade de Conservação de Proteção Integral;
 - ✓ Ausência de Intervenção física em formações dunares móveis, planícies fluviais e de deflação e mangues, em qualquer fase do empreendimento ou de suas obras associadas;
 - ✓ Ausência de Supressão de vegetação arbórea/arbustiva nativa, na área da poligonal do empreendimento.
- Etapa 8 – Aprovação do(s) órgão(s) competente(s): é de responsabilidade do(s) órgão(s) ambiental competente(s), a análise e aprovação do projeto Micrositing;
- Etapa 9 – Licença prévia: para a obtenção da LP, deverão constar algumas informações como o nome do agente interessado, a potência instalada do projeto, a data de emissão e o prazo de validade. Após a verificação e aprovação dos dados, pelo órgão estadual competente, é feito o cadastramento do parque eólico junto a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Para o cadastramento o empreendedor deverá

apresentar cópia da licença ambiental compatível com a etapa do projeto, emitida pelo órgão competente (STUAT, 2011).

- Etapa de 10 – Elaboração do projeto Micrositing: Para a concepção de um projeto eólico, é necessário desenvolver um estudo, chamado de micrositing, que define o layout final de distribuição das turbinas eólicas no sítio e a geração de energia associada ao mesmo. O micrositing de projetos eólicos é bastante complexo e possui características ímpares, pois nele são extrapolados horizontalmente e verticalmente as informações meteorológicas obtidas empiricamente das medições locais, considerando a topografia, orografia e rugosidade do terreno. De acordo com o CONAMA (2013), os mapas e plantas de localização devem ser entregues com escalas apropriadas, abrangendo o local da usina e da sua área de influência (1km). Deve conter também obstáculos, benfeitorias e outros detalhes exigidos pelo o órgão ambiental (FADIGAS, 2011);
- Etapa 11 – Aprovação do(s) órgão(s) competente(s): é de responsabilidade do(s) órgão(s) ambiental competente(s), a análise e aprovação do projeto Micrositing;
- Etapa 12 – Licença de instalação: para a instalação dos equipamentos da usina é necessária outra Licença Ambiental, a Licença de Instalação (LI). Essa licença é obtida através da aprovação do projeto Micrositing, pelos órgãos ambientais competentes.
- Etapa 13 – Terraplanagem: para a criação da via de acesso principal, inicialmente é removida a camada de terra vegetal, abertura da plataforma do caminho e a colocação da camada de saibro (terra batida). Em seguida são construídos aquedutos (canal que serve para conduzir água) e valetas de drenagem (valas para escoamento da água). Após serem decididos os locais dos aerogeradores abrem-se outras vias dentro do parque, utilizando-se o mesmo molde de construção da via principal. A largura das vias de acesso, varia de acordo com o layout da obra, planejado pela empresa contratante. segundo Teixeira (2011), elas costumam ter de 6 a 8 metros de largura, podendo chegar até 15 metros, onde as maiores incluem vias de mão dupla para tráfego de guindastes e carretas de grande porte.

- Etapa 14 – Estaqueamento e construção da base de concreto: A fase de estaqueamento é o processo de instalação das estacas de concreto na base do aerogerador, para que o mesmo possa ser conectado ao solo. Posteriormente a base será construída a qual dará sustentação a torre eólica (STUAT, 2011).
- Etapa 15 – Transporte de materiais: os materiais recebidos para a construção do parque são transportados, geralmente, por caminhões (transporte rodoviário) e/ou por navios (transporte marítimo);
- Etapa 16 – Montagem de torres e subestação: com a chegada dos equipamentos, dar-se início as montagens das torres e a construção da subestação, para então realizar a interligação entre os cabos da torre e da subestação. Uma Subestação é uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica.
- Etapa 17 – Instalação das naceles: após a fixação das torres no solo, as naceles são instaladas no alto das torres. Nacele é uma carcaça que serve para proteger os componentes que ficam no seu interior, como: gerador, caixa multiplicadora, freios, embreagem, mancais, controle eletrônico, sistema hidráulico, entre outros componentes elétricos e eletrônicos. Estes componentes mecânicos e elétricos são os responsáveis de suma importância para converter a força dos ventos em energia elétrica.
- Etapa 18 – Conexão das pás hélices: as três pás hélices, são conectadas nas naceles. As pás são responsáveis pela ativação do rotor (equipamento onde é gerada a energia mecânica de rotação).
- Etapa 19 – Testes e verificação de tensão: para o início do funcionamento definitivo do parque são realizados testes e verificações de tensão para a produção de energia (STUAT, 2011).

4 METODOLOGIA

O estudo foi realizado por meio de análises temporais de imagens de satélites, realizando estudos comparativos das imagens obtidas da referida área com informações contidas no RAS do Parque Eólico Serra das Vacas II. Este foi elaborado por meio da equipe técnica da Empresa Engea Consultoria LTDA em 2013, o qual tornou-se um dos documentos referenciais para o referido estudo, bem como a obtenção dos resultados. Fazendo-se esta comparação, foi possível oferecer sugestões e alterações no layout pré-definido no RAS, visando estabelecer uma otimização na tomada de decisão.

4.1 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Os estudos preliminares foram iniciados a partir da análise do Atlas Eólico-Solar de Pernambuco (CEPEL, 2017), no qual uma série de mapas que ressaltam níveis de vento e de radiação solar, evidenciando assim, uma visão geral do potencial de geração de fontes solares e eólicas no estado, bem como os aspectos da geografia, da economia, da infraestrutura, obtidos como resultados da pesquisa bibliográfica. Diante do exposto, foram fundamentados os indicadores do potencial de geração energética no Estado, a partir das fontes eólica e solar.

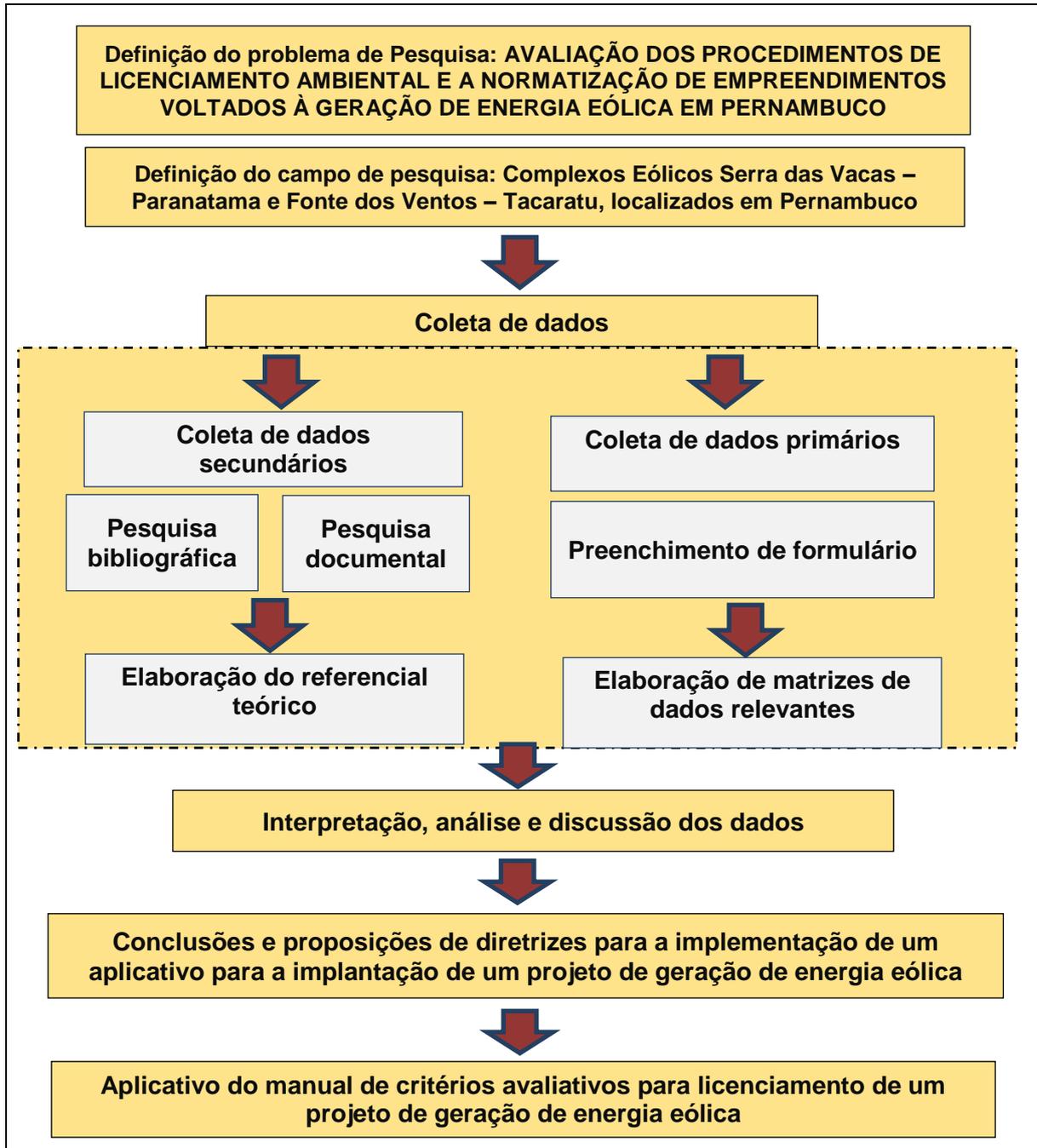
O RAS do Parque Eólico Serra das Vacas III, é composto por 10 capítulos contendo desde a identificação do empreendimento, do proponente, da consultoria e da equipe técnica, apresentação de alternativas locacionais e tecnológicas.

As informações obtidas do diagnóstico, cuja abrangência espacial é determinada pela área de influência, são descritas a situação atual dos condicionantes ambientais que compõem os meios físico, biológico e antrópico, com base em pesquisas de dados já publicados em diversos estudos ambientais realizados na área, além dos obtidos pelas equipes técnica do empreendimento ao longo de visitas e investigações “in loco”. Em seguida, no processo de pesquisa e coleta de dados primários, com base nas informações coletadas nos referidos quadros, assim como a partir das análises temporais de imagens de satélites do empreendimento.

Após a interpretação, análise e discussão das informações, foram elaborados documentos as matrizes dos dados considerados relevantes, os quais fomentaram a criação de uma matriz com propostas visando a mitigação dos impactos, bem como a otimização do processo de licenciamento, denominada, respectivamente, de medidas contidas no RAS X medidas propostas para mitigar os impactos.

Com o objetivo de evidenciar e facilitar o entendimento da realização da metodologia da pesquisa elaborou-se o fluxograma, conforme descrito na Figura 13:

Figura 13 – Fluxograma metodologia de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

4.2 ÁREAS DE ESTUDO

O estado de Pernambuco, situa-se no setor leste da região Nordeste, ocupando uma área de 98.119,8 km², correspondendo a aproximadamente 1,15% da área territorial total brasileira e 6,3% da área da Região Nordeste.

Possui divisas territoriais ao norte com a Paraíba e com o Ceará, com o Piauí a oeste, com a Bahia e Alagoas ao sul e a leste com o oceano Atlântico. Composto por 184 municípios e um distrito estadual - o Arquipélago de Fernando de Noronha, situado a 500 km da costa, totaliza 8.796.448 habitantes o que equivale de 4,61% da população brasileira.

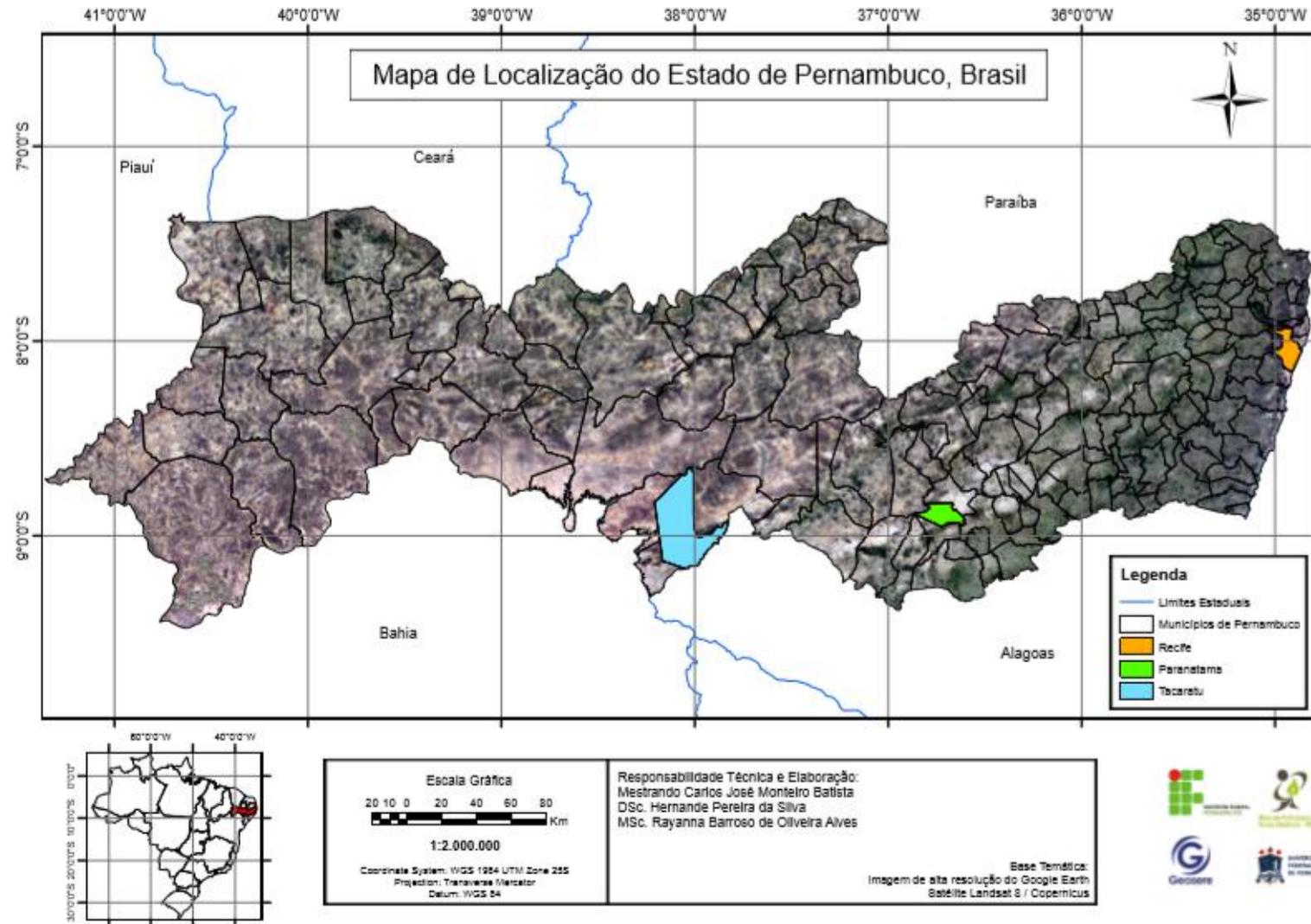
Pernambuco tem mais de 90% da sua área inserida no chamado “polígono das secas”, região onde as estiagens prolongadas e a precipitação mal distribuída, colocam a vida de cerca de 4,5 milhões de habitantes em risco, possuindo uma taxa de urbanização de 80,2% e uma densidade média de 89,48 habitantes por quilômetro quadrado. (BRASIL, 2010).

A distribuição geográfica em forma retangular, no sentido leste oeste, faz com que o Estado tenha uma rica variedade de vegetação, relevo e clima. Pela pluralidade das configurações físico-geográficas, a administração estadual, com o apoio do meio acadêmico e da Administração federal, elaborou estudos e propostas de regionalização do Estado com base na Teoria do Polo de Crescimento, dividindo Pernambuco em doze (12) Unidades Territoriais de Planejamento denominadas Regiões de Desenvolvimento (RD) a saber: Agreste Central, Agreste Meridional, Agreste Setentrional, Mata Norte, Mata Sul, Metropolitana, Sertão Central, Sertão de Itaparica, Sertão do Araripe, Sertão do Moxotó, Sertão do Pajeú e Sertão do São Francisco.

Estudos evidenciam os potenciais energéticos eólico e solar em Pernambuco como sendo altos, fazendo com que a sua exploração se constitua em uma importante ferramenta de transformação social, um vetor do desenvolvimento sustentável (CEPEL, 2017).

Portanto, as áreas de estudo foram delimitadas basicamente em 02 (Dois) Municípios do estado de Pernambuco conforme descreve a Figura 14, nos Municípios de Paratama com o parque eólico denominado Serra das Vacas e de Tacaratu com o parque eólico denominado Fontes dos Ventos.

Figura 14 – Mapa localização geográfica do Estado de Pernambuco



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

4.2.1 Município de Paratama

O município de Paratama está localizado na Mesorregião Agreste do estado de Pernambuco, a 254 Km da capital Recife. Situado a 879 metros de altitude, tem as seguintes coordenadas UTM (zona 24L e Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000) S: 757.537m e W: 9.013.084m, possuindo uma área de 230,9 km² com uma população estimada de 11 478 habitantes. Sua densidade demográfica é de 49,71 habitantes por km² no território do município. Faz divisa com os municípios de Saloá, Caetés e Terezinha (IBGE, 2010).

Complexo eólico Serra das Vacas

Complexo eólico Serra das Vacas, localizado em Paratama, estando referenciado pelas coordenadas UTM (zona 24L e Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000) E: 749.303m e N: 9.014.773m. A Figura 15 indica a localização do complexo Eólico Serra das Vacas.

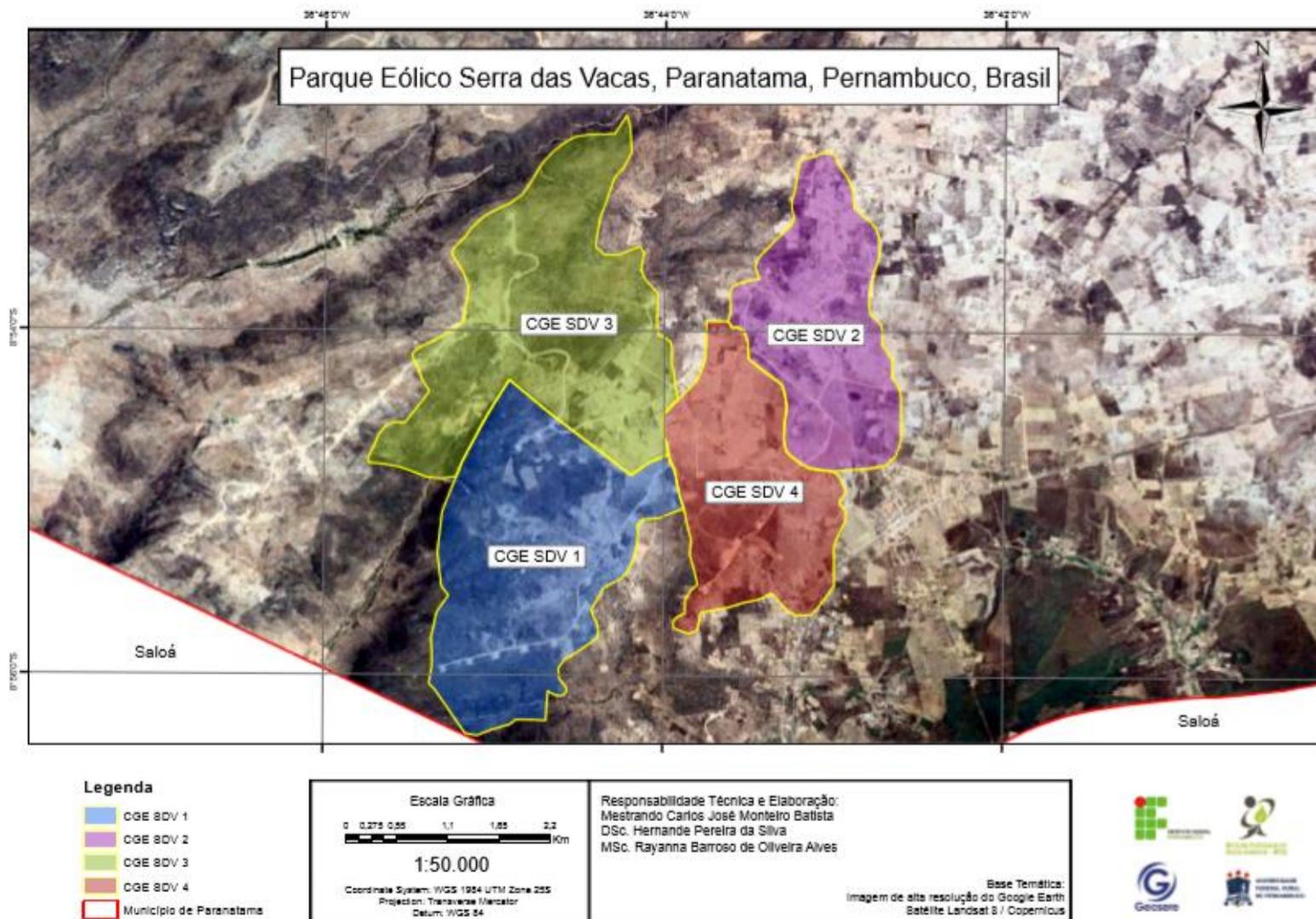
4.2.2 Município de Tacaratu

O município de Tacaratu está localizado na Mesorregião Centro/Sul do estado de Pernambuco e a 447 Km da capital Recife. Situado a 514 metros de altitude, tem as seguintes coordenadas UTM (zona 37L e Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000) S: 406.597m e E: 8.993.337m, possuindo uma área de 1264,5 km² com uma população estimada de 24 626 habitantes. Sua densidade demográfica é de 19,47 habitantes por km² no território do município. Faz divisa em Pernambuco com os municípios de Jatobá, Petrolândia, Floresta, e Inajá, além de Pariconha no Estado de Alagoas (IBGE, 2010).

Complexo Eólico Fonte dos Ventos

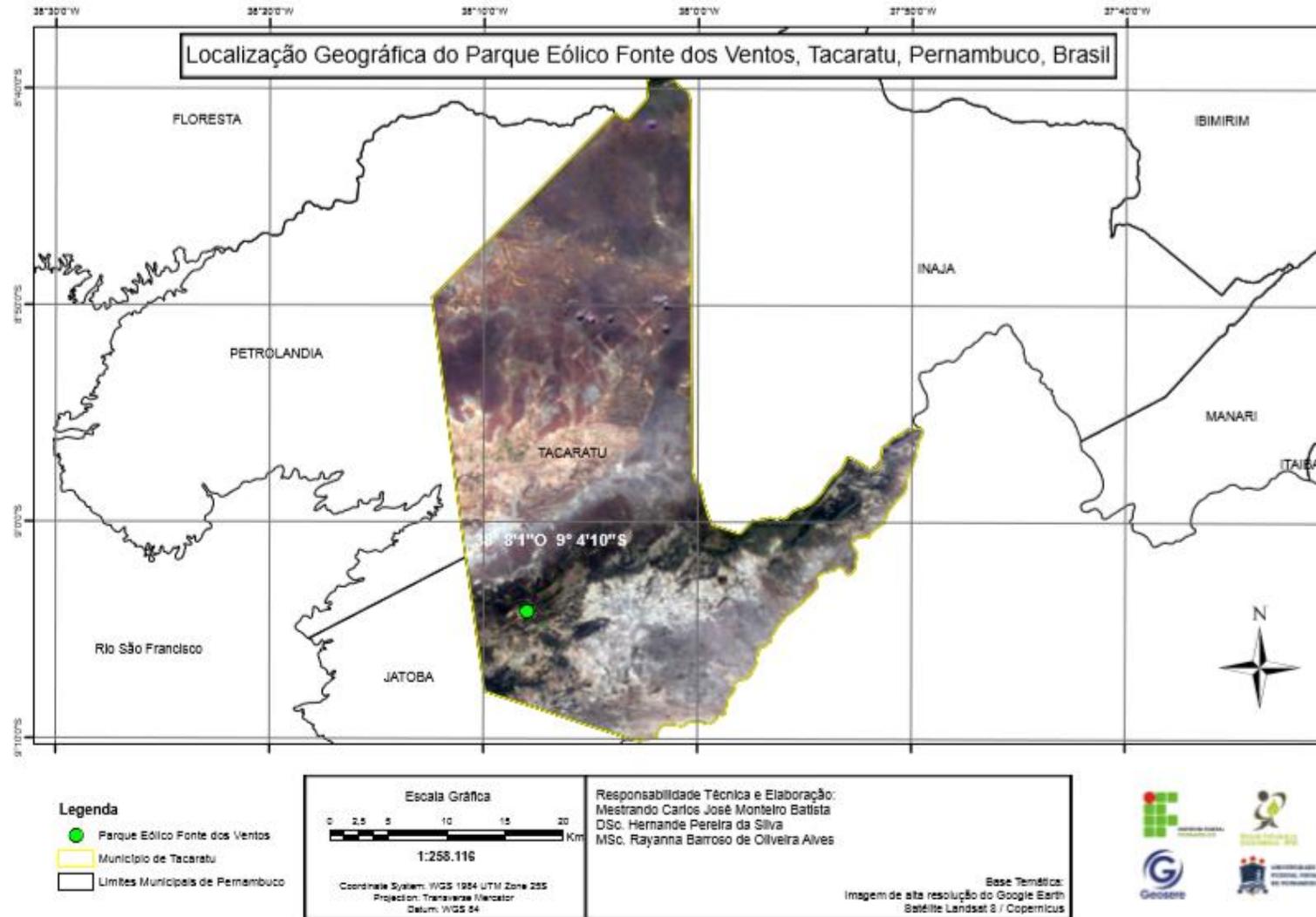
O Complexo Eólico Fonte dos Ventos, localizado em Tacaratu, é composto por 34 aerogeradores e possui uma capacidade instalada de 80 MW, estando referenciado pelas coordenadas UTM (zona 24L e Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000) W: -38.149.166m e S: -9.271.944m. A Figura 16 indica a localização do Complexo Eólico Fonte dos Ventos.

Figura 15 – Carta-imagem localização geográfica do Parque Eólico Serra das Vacas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Figura 16 – Carta-Imagem Localização Geográfica do Parque Eólico Fonte dos Ventos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PROCEDIMENTOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL EÓLICOS EM PERNAMBUCO

O licenciamento ambiental, segundo o Inciso I do art. 1º da Resolução CONAMA de nº 237/1997 é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Atualmente, o processo de implantação de um parque eólico no Brasil, e em especial no estado de Pernambuco, pela CPRH, estabelece o atendimento de algumas exigências ambientais. Essas exigências estão baseadas nas licenças ambientais de LP, LI e LO, sendo uma condição na fase de projeto, antes mesmo que um parque eólico comece a ser construído.

A obtenção das referidas licenças obedecem uma ordem cronológica, conforme demonstra o fluxograma apresentado na Figura 12, etapas 6 a 9. Deve-se portanto, conduzir ao mesmo tempo a obediência ao cronograma do empreendimento em consonância com o órgão ambiental responsável.

Na fase de obtenção da LP, o empreendedor elabora um documento em formato de relatório, contendo informações como o nome do agente interessado, a potência instalada do projeto, a data de emissão e o prazo de validade. O documento deverá conter ainda os estudos ambientais, (EIA/RIMA/RAS), o qual contém além dos dados técnicos que buscam identificar os possíveis impactos ambientais detalhados e os respectivos graus de magnitudes e consequências ambientais gerados em virtude de sua implantação, ilustrações de mapas, quadros, gráficos, dentre outros, os quais evidenciam, as vantagens e desvantagens do projeto.

Uma vez elaborado, o documento é entregue (protocolado) ao órgão ambiental responsável (CPRH). O órgão ambiental promoverá a análise do referido documento e estando de acordo com os requisitos estabelecidos, poderá enviar ao local do empreendimento um agente ambiental, para que o mesmo faça um confronto entre as informações contidas no estudo com as evidências do local.

Serão realizados então, a elaboração de um parecer técnico, contendo as análises e anotações necessárias pelo órgão ambiental responsável, podendo o parecer estar em total

conformidade, parcialmente conforme ou não conforme, em relação as informações contidas no projeto e a visita in loco.

As observações e ponderações são elaboradas e apresentadas em forma de um relatório escrito, pelo órgão ambiental ao empreendedor, devendo o mesmo realizar caso existam, as modificações sugeridas, visando a adequação do projeto.

A proposta do referido estudo se utiliza das informações contidas no Relatório Ambiental Simplificado ou Supressão (RAS), elaborado pelo empreendedor, do Parque Eólico Serra das Vacas III, de acordo com os termos e condições previstos nas Resoluções nº 001/86 e 237/97 do CONAMA e no Manual de Diretrizes para Avaliação de Impactos Ambientais da CPRH e em termos de referência para empreendimentos de centrais eólicas, também elaborados pela CPRH, em relação aos possíveis impactos e seus respectivos graus de magnitudes e consequências ambientais gerados, seguindo o mesmo fluxo de entrega e análise documental e estando de acordo com os requisitos estabelecidos, poderá enviar ao local do empreendimento um agente ambiental, para que o mesmo faça um confronto entre as informações contidas no estudo com as evidências do local.

Analisando os procedimentos supracitados para o licenciamento ambiental de parques eólicos no estado de Pernambuco, verifica-se que no processo de elaboração do parecer técnico pautado nas informações obtidas no RAS, podendo ser divergentes em relação às informações encontradas no local pelo agente ambiental fiscalizador. Além de que, na visita in loco, o agente ambiental fiscalizador não está instrumentalizado para a melhor realização do trabalho de fiscalização.

Muitas vezes o agente ambiental fiscalizador não tem, na visita in loco, uma visão espacial do local a ser implantado o empreendimento, pois estas não são apresentadas no RAS. Com o objetivo de otimizar este processo, foi elaborado um passo a passo, baseado na descrição do processo de implantação de um parque eólico, conforme descreve o capítulo 3.7, Figura 12, etapas 6, 7 e 8, do referido estudo, visando dessa forma, agilizar o processo decisório, conforme demonstra o esboço na Figura 29 descrito no item 5.4.

As informações obtidas in loco, cruzadas com as informações obtidas por meio de técnicas de sensoriamento remoto pelo agente ambiental fiscalizador, serão então confrontadas com as informações contidas no RAS, cabendo ao agente fiscalizador, de posse do aplicativo sugerido, conforme está proposto no item 5.4, promover de forma online, o parecer de total conformidade, parcialmente conforme ou não conforme, bem como as adequações necessárias, em relação a LP do empreendimento.

5.2 UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Por meio da utilização do sensoriamento remoto, utilizou-se imagens de satélite para auxiliar na indicação de redução nos desmatamentos nos empreendimentos. Um exemplo de como essa metodologia pode ser usada diz respeito a evitar a supressão de uma área, em relação aos desmatamentos provocados pela abertura e o alargamento de estradas novas e antigas, nos complexos eólicos Serra das Vacas e Fontes dos Ventos.

As Figuras 17, 18, 19 e 20 foram obtidas mediante o emprego do software Google Earth de geoprocessamento em relação ao Parque Eólico Serra das Vacas.

A Figura 17 apresenta uma carta imagem elaborada a partir de um imageamento no ano de 2013.

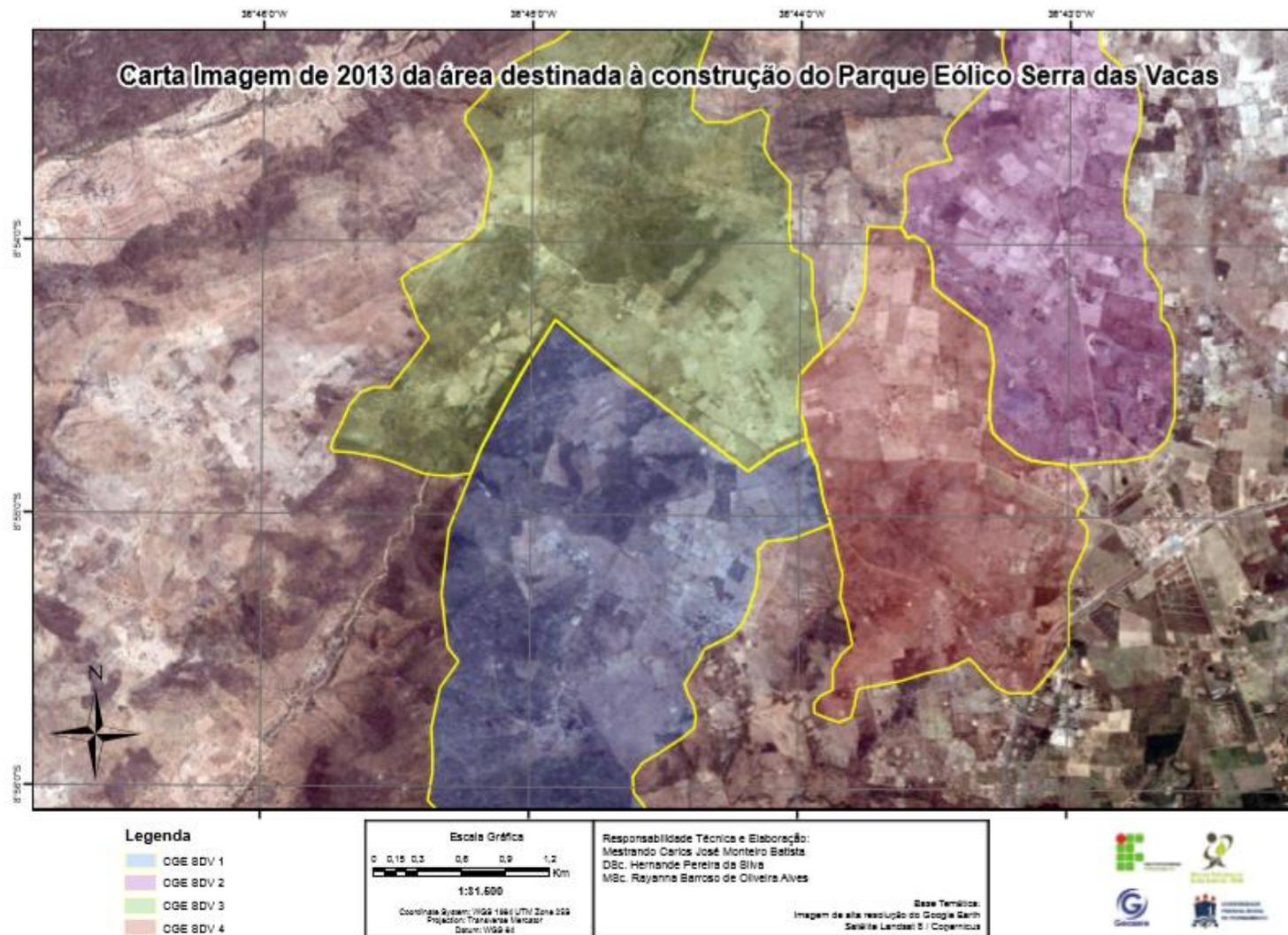
A Figura 18 apresenta uma carta imagem elaborada a partir de um imageamento no ano de 2018. Nela se observa o layout do parque eólico, onde foram instalados 53 aerogeradores em uma 1ª fase e de mais 22 aerogeradores em uma 2ª fase, totalizando 75 aerogeradores com uma potência total instalada de 142 MW.

A Figura 19 apresenta uma carta imagem elaborada a partir de um imageamento no ano de 2013. Observa-se que sem a presença do parque eólico não foram evidenciados potenciais impactos relacionados a esse tipo de empreendimento, como por exemplo a necessidade de adequação dos acessos, instalação de obras de apoio e das torres, desmatamentos com a consequente remoção de cobertura vegetal.

Por sua vez, a Figura 20 apresenta uma carta imagem da cobertura vegetal elaborada a partir de um imageamento no ano de 2018, com a presença das vias de acesso ao parque eólico.

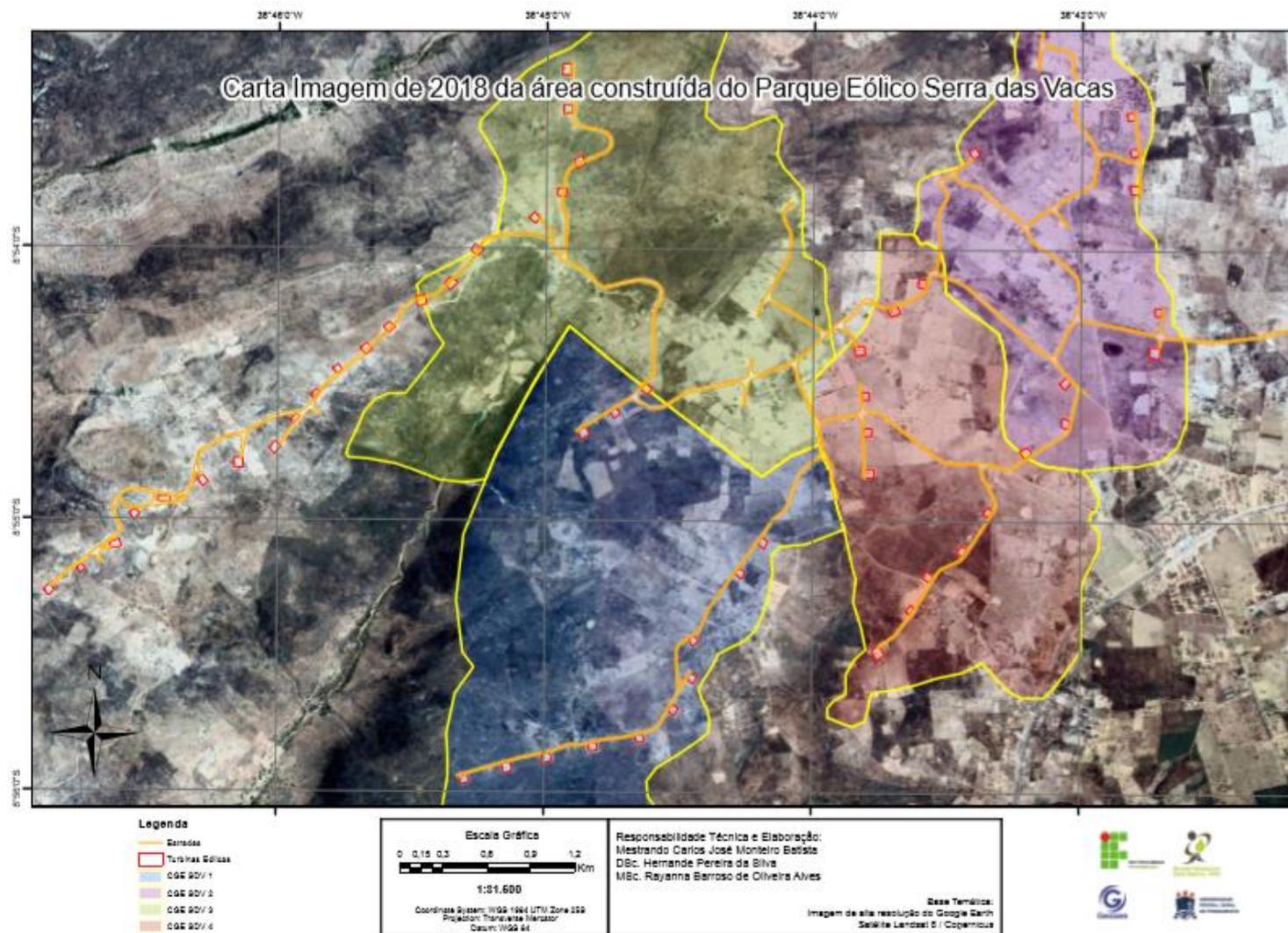
Pode-se verificar, portanto, que a partir da presença do Parque Eólico Serra das Vacas, ocorreram modificações no uso e ocupação do solo, abrangendo desde a construção ou reforma das vias de acesso, além da implantação das torres eólicas, com consequente supressão da vegetação local.

Figura 17 – Carta-imagem da área destinada às centrais de geração de energia do Parque Eólico Serra das Vacas



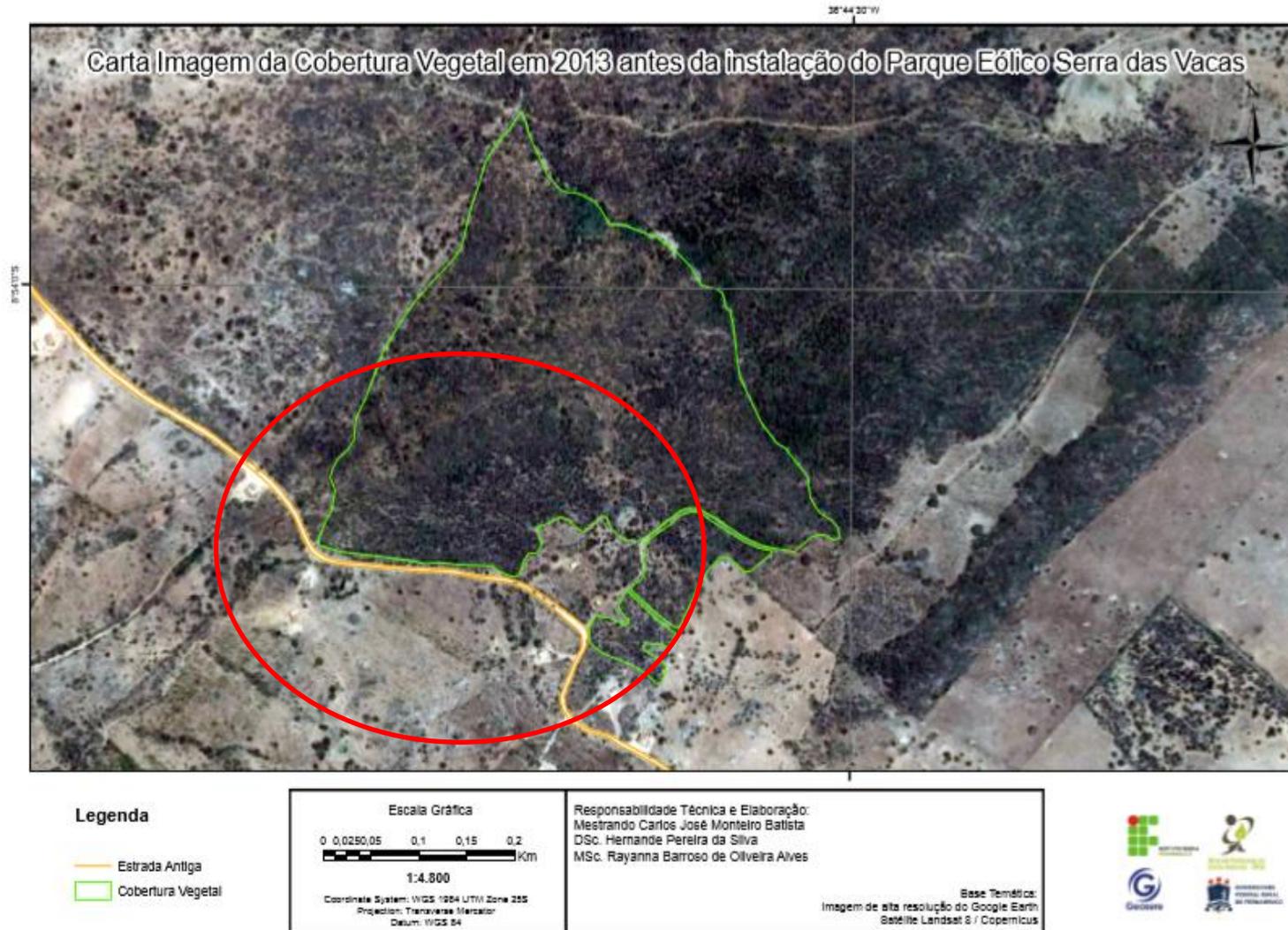
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 18 – Carta-imagem layout do Parque Eólico Serra das Vacas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 19 – Carta-imagem vegetação intacta antes da instalação do Parque Eólico Serra das Vacas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 20 – Carta-imagem supressão vegetação depois da instalação do Parque Eólico Serra das Vacas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

De forma análoga, as Figuras 21, 22, 23 e 24 são imagens obtidas por meio do software de geoprocessamento Google Earth em relação ao Parque Eólico Fonte dos Ventos.

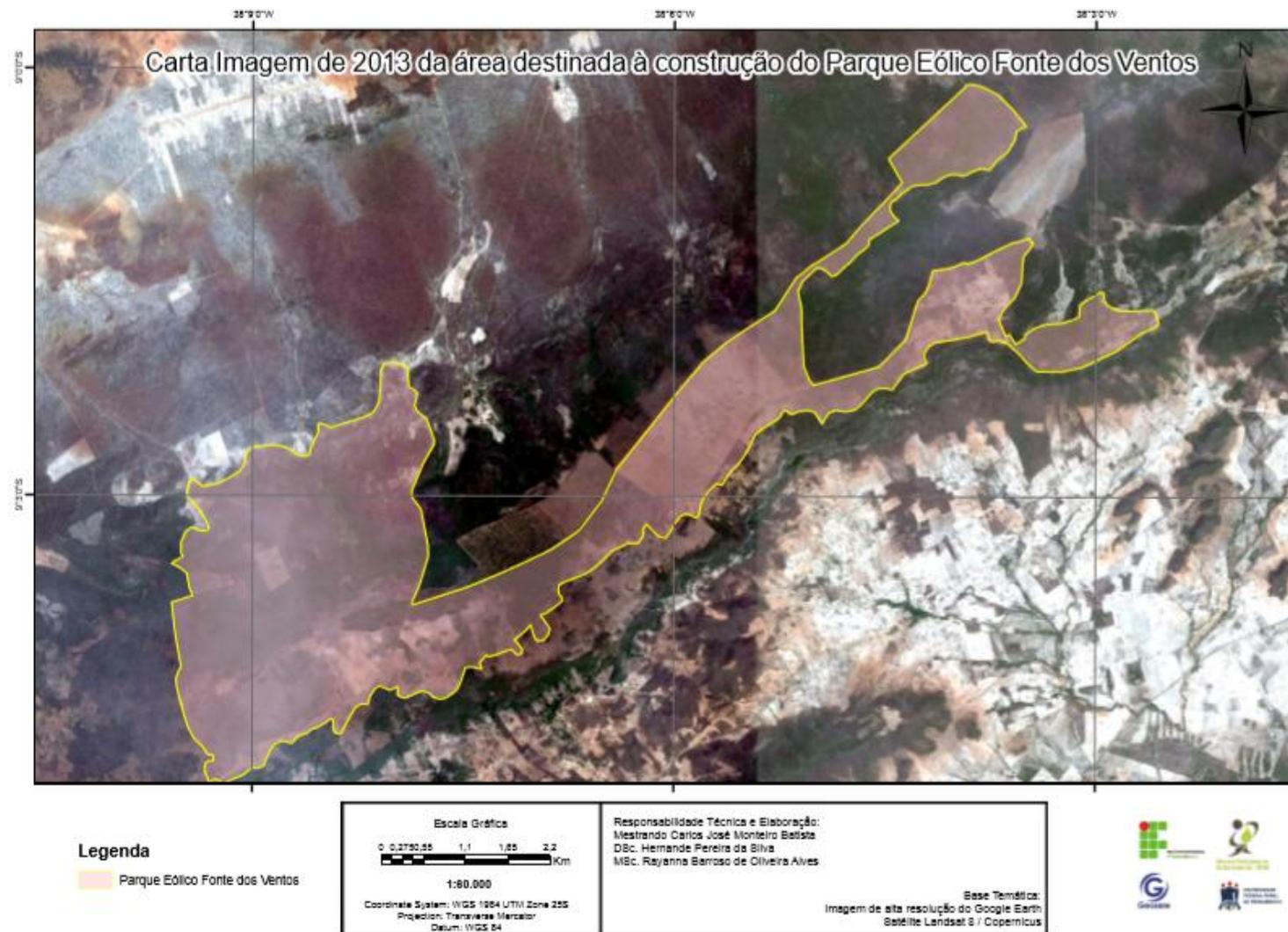
A Figura 21 apresenta uma carta imagem elaborada a partir de um imageamento no ano de 2013.

A Figura 22 apresenta uma carta imagem elaborada a partir de um imageamento no ano de 2018. Pode-se observar o layout do parque eólico, com a instalação total de 34 aerogeradores com uma potência total instalada de 80 MW, capaz de gerar cerca de 320 milhões de kWh por ano.

A Figura 23 apresenta uma carta imagem elaborada a partir de um imageamento no ano de 2013. Na referida carta-imagem, se observa a relativa conservação vegetal local, não sendo evidenciados potenciais impactos degradativos.

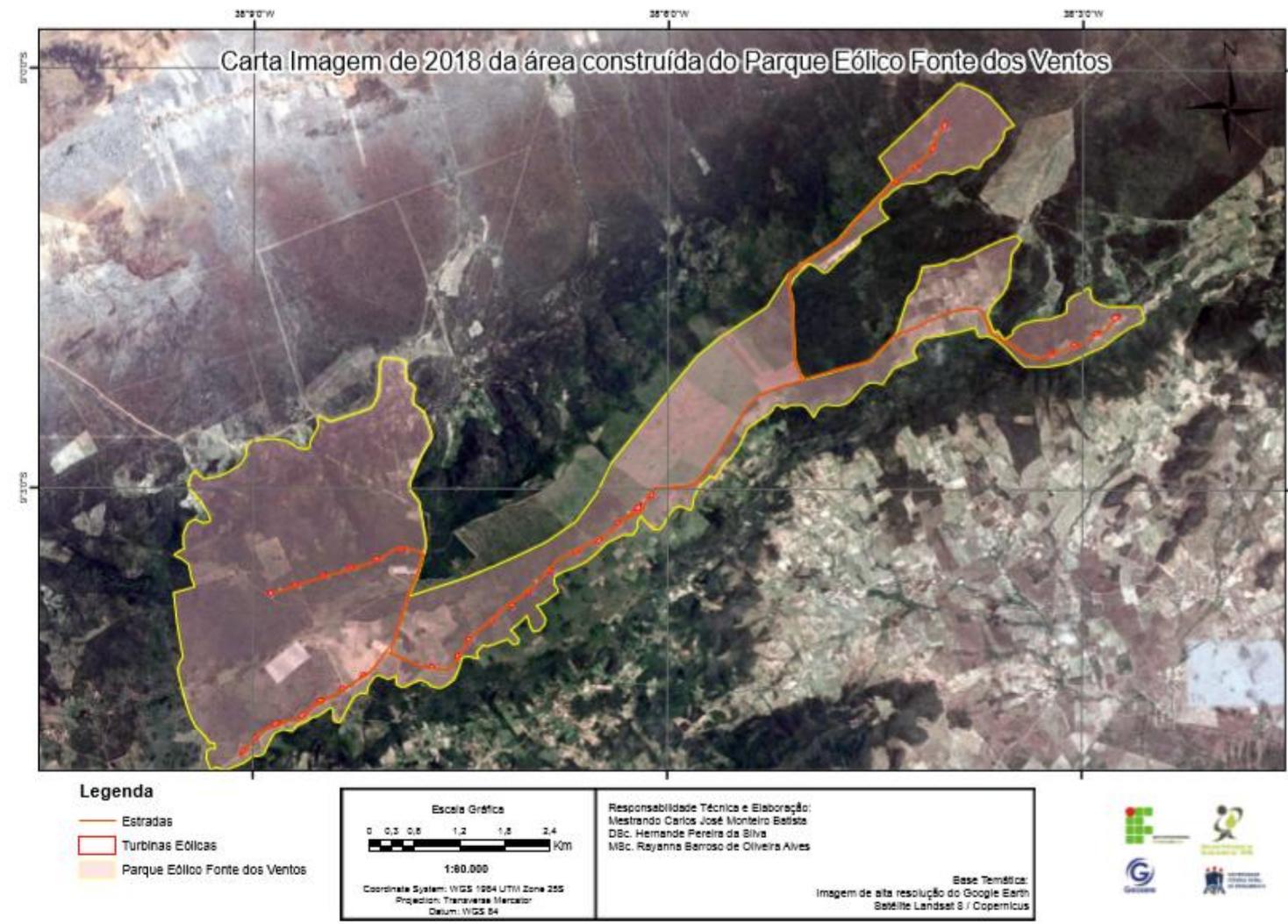
A Figura 24 apresenta uma carta imagem elaborada a partir de um imageamento no ano de 2018. Contudo, a partir da instalação do parque eólico, foram observados impactos relacionados a supressão da vegetação, devido as obras de infraestrutura realizadas no local do empreendimento, como a implantação das torres eólicas, praça de operação e instalações elétricas, dentre outros.

Figura 21 – Carta-imagem da área destinada às centrais de geração de energia do Parque Eólico Fonte dos Ventos



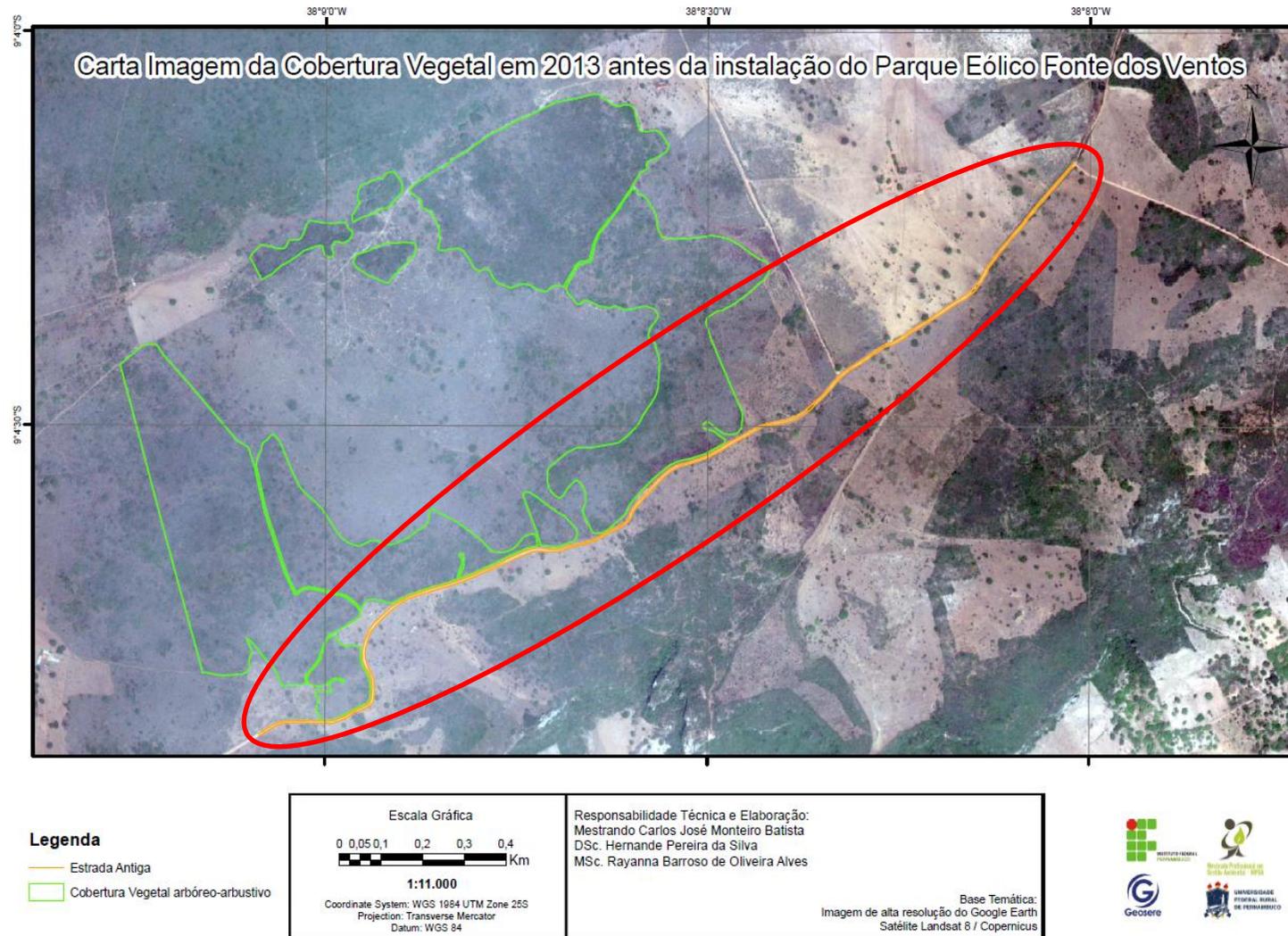
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 22 – Carta-imagem layout do Parque Eólico Fonte dos Ventos



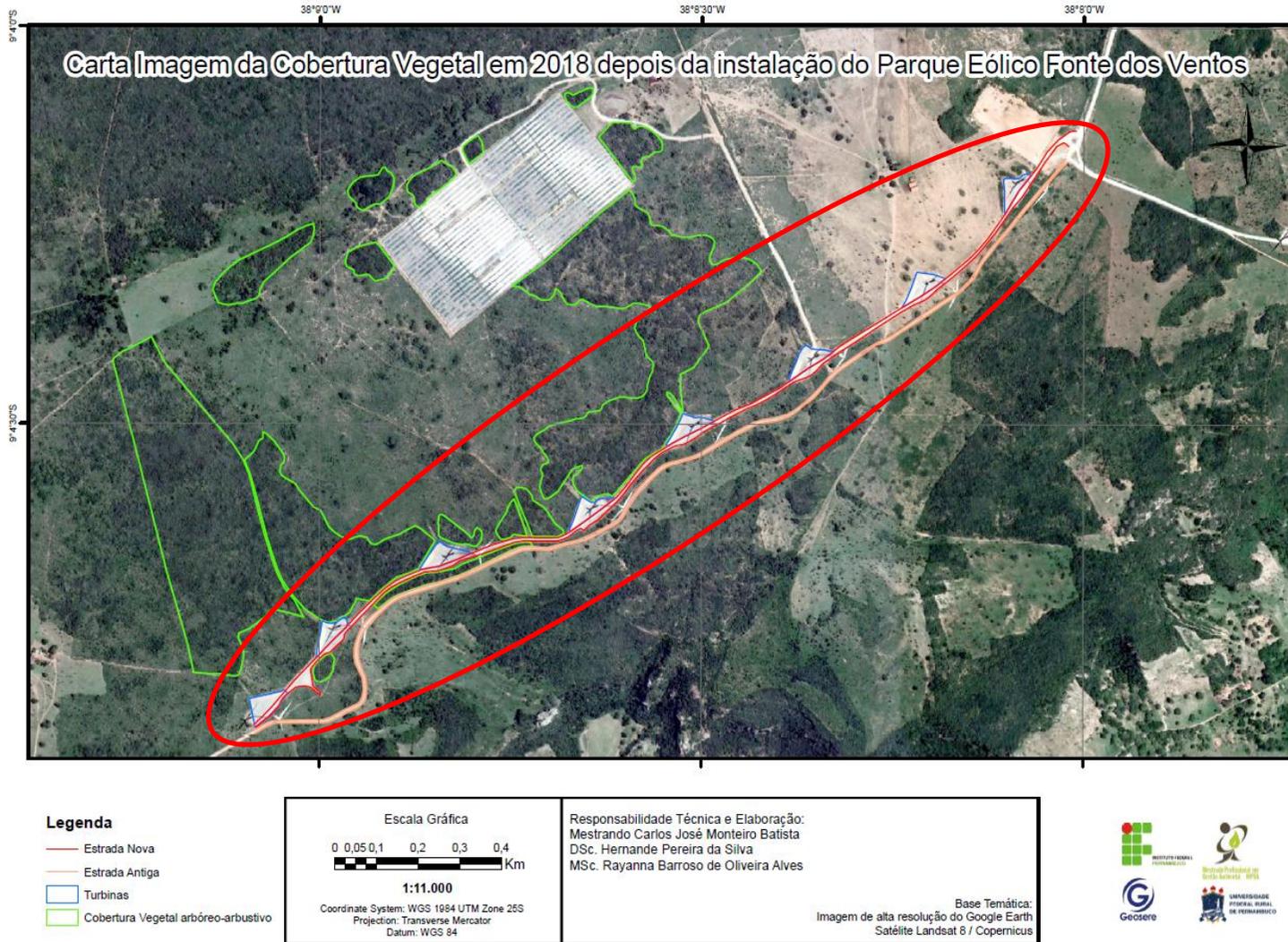
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 23 – Carta-imagem da vegetação intacta antes da instalação do Parque Eólico Fonte dos Ventos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 24 – Carta-imagem supressão vegetação depois da instalação do Parque Eólico Fonte dos Ventos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

5.2.1 Comparativo dimensional das áreas das estradas nova/antiga

Outra observação importante, está relacionado diretamente as modificações ocorridas na construção ou reforma das vias de acesso.

Em relação ao Complexo Eólico Serra dos Ventos, o RAS menciona uma área construída total de estrada nova de 61.600 m^2 .

Em relação especificamente a estrada nova no Complexo Eólico Serra das Vacas citada na Figura 25, onde suas dimensões são, uma extensão de 1.298 m e uma largura 8 m, ou seja: $1.298 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 10.384 \text{ m}^2$.

Por sua vez, a estrada antiga citada na Figura 26, possui uma extensão de 1.145 m. e uma largura de 3 m, ou seja, $1.145 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 3435 \text{ m}^2$. O empreendedor poderia ter reaproveitado essa estrada compensando o aumento da largura de 3 m para 8 m = 5 m, permanecendo com o mesmo comprimento, ou seja, $1.145 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 5.725 \text{ m}^2$.

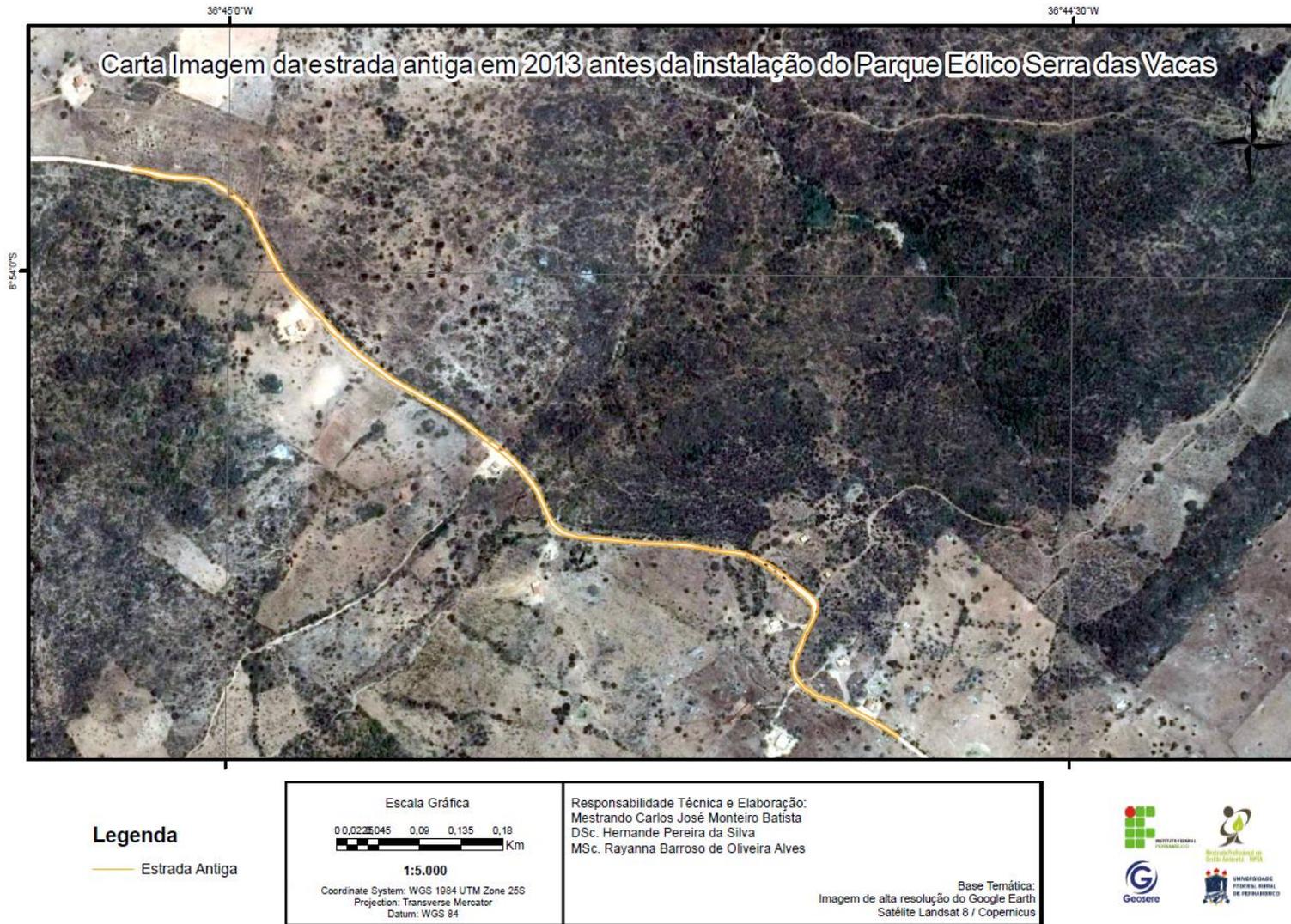
Dessa forma pode-se concluir que somente nessa estrada a área da supressão de vegetação seria de: $10.384 \text{ m}^2 - 5.725 \text{ m}^2 = 4.659 \text{ m}^2$.

De forma análoga, em relação ao Complexo Eólico Fonte dos Ventos, fazendo um comparativo entre uma estrada nova e uma antiga, especificamente a estrada nova citada na Figura 27, com uma extensão de 2.507,5 m e uma largura de 8 m, ou seja: $2.507,5 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 20.060 \text{ m}^2$.

Em relação especificamente a estrada antiga citada na Figura 28, a supracitada via tem uma extensão de 2.539,5 m e uma largura de 3 m, ou seja: $2.539,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 7.618 \text{ m}^2$.

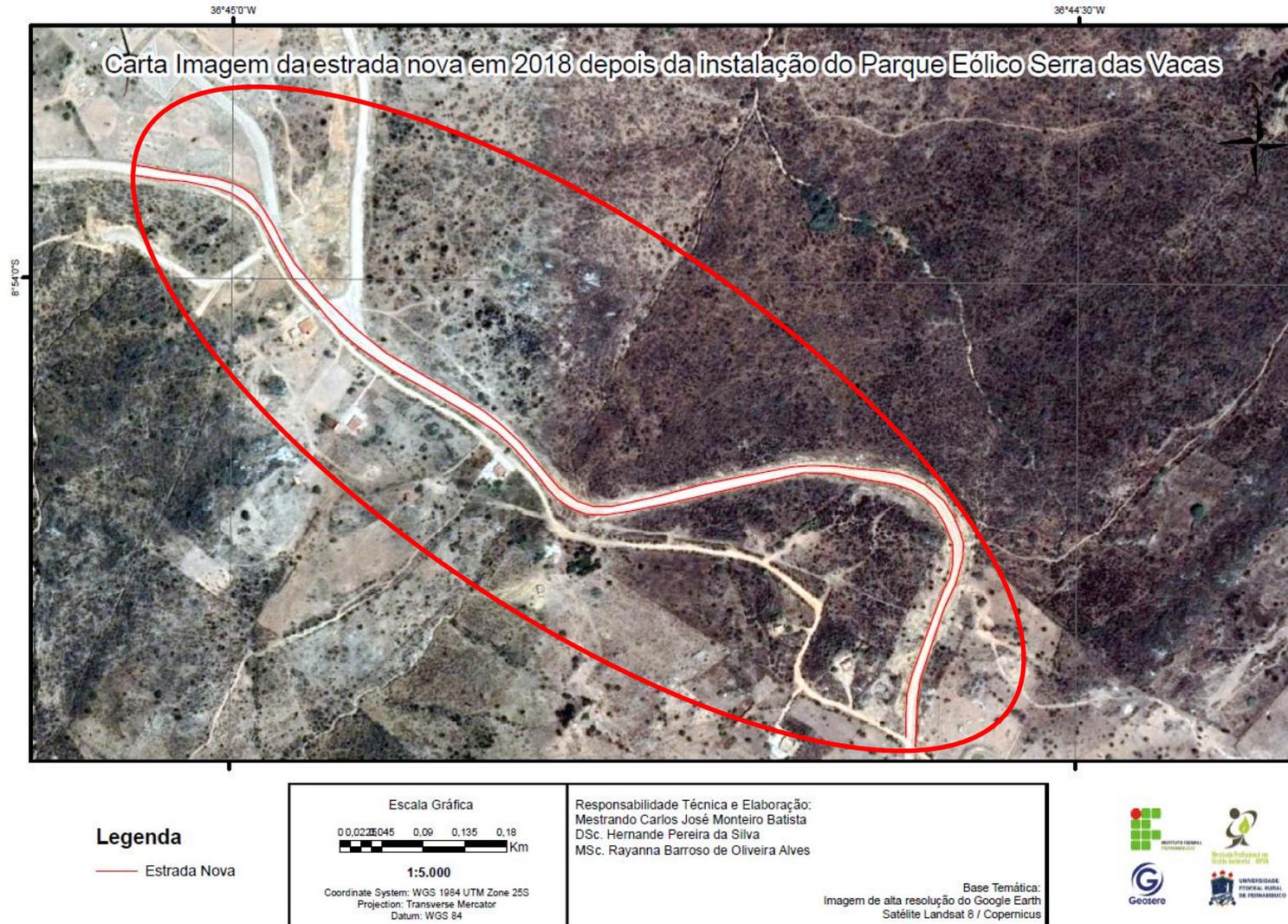
Reaproveitando essa estrada dar-se-ia por meio da compensação do aumento da largura de 3 m para 8 m = 5 m mantendo-se o comprimento, ou seja, $2.539,5 \text{ m}^2$, tem se: $2.539,5 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 12.697,5 \text{ m}^2$. Dessa forma, a área da supressão vegetal seria de: $20.060 \text{ m}^2 - 12.697,5 \text{ m}^2 = 7.362,5 \text{ m}^2$.

Figura 25 – Carta-imagem da estrada antiga antes da instalação do Parque Eólico Serra das Vacas



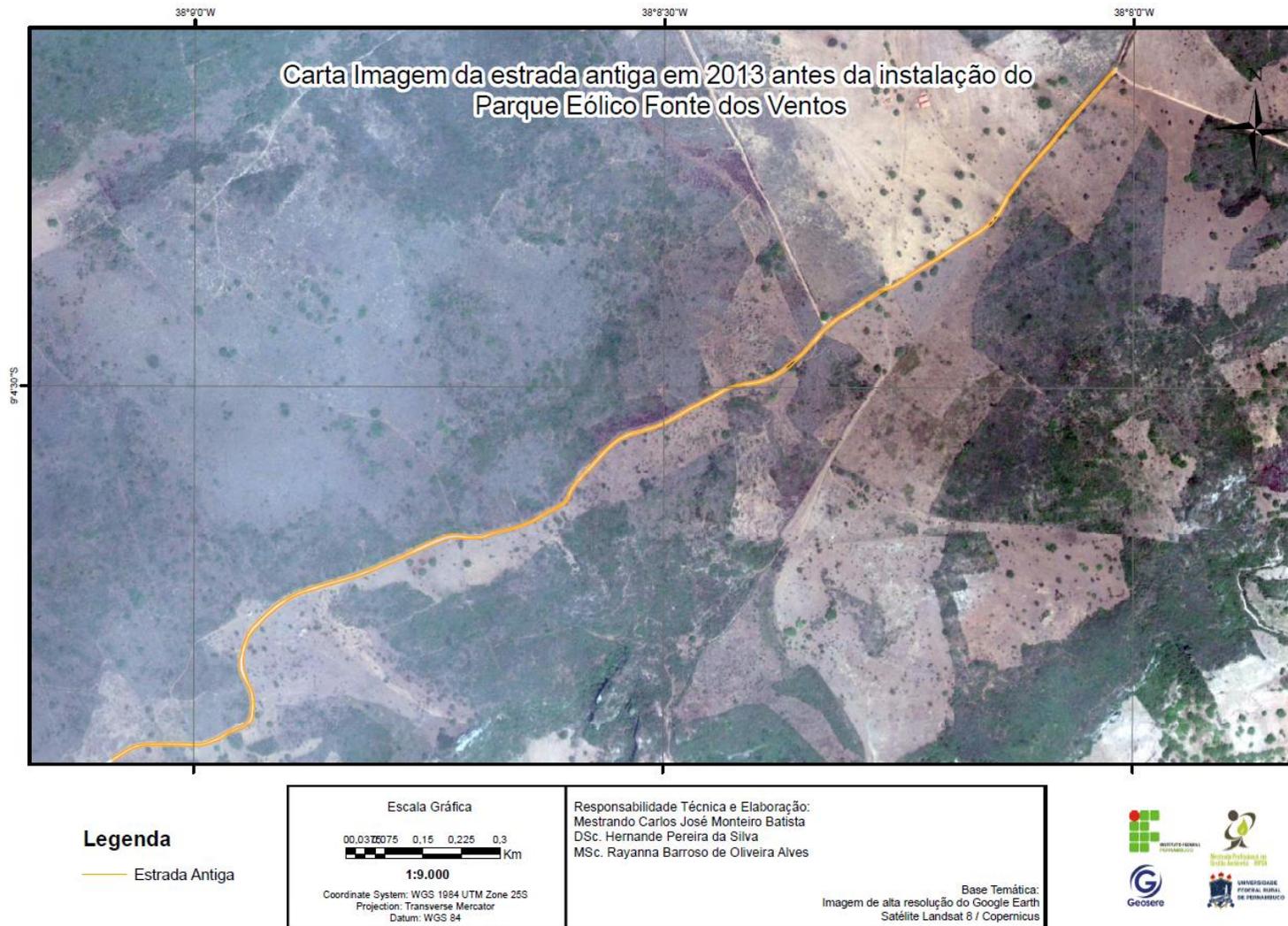
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Figura 26 – Carta-imagem da estrada nova de acesso ao Parque Eólico Serra das Vacas



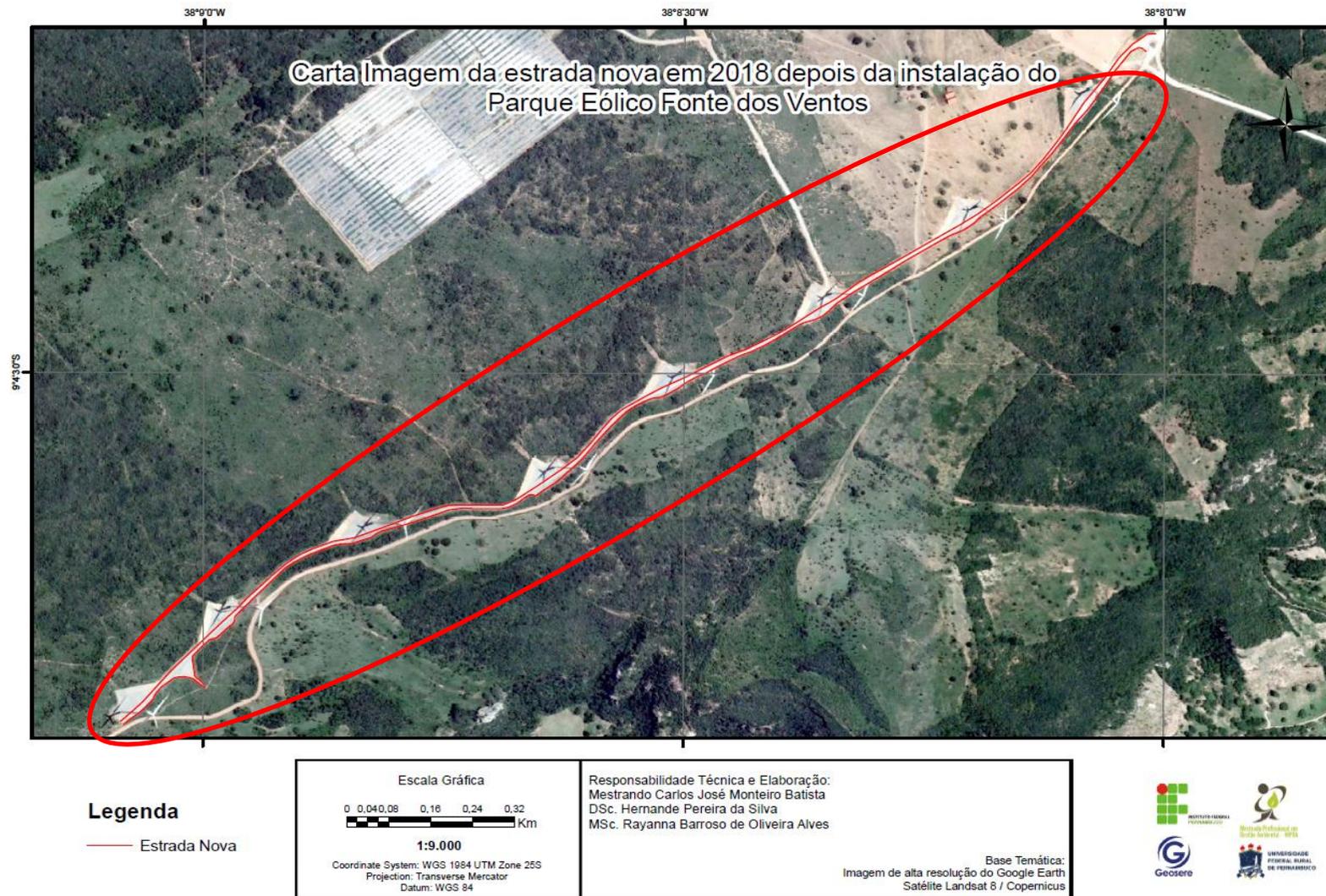
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 27 – Carta-imagem da área da estrada nova / antiga – Eólica Fonte dos Ventos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 28 – Carta-imagem do reaproveitamento da área da estrada antiga – Eólica Fontes dos Ventos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Diante do que foi exposto, pode-se fazer um resumo comparativo em relação aos antigos e novos acessos, conforme descreve a Tabela 6.

Tabela 6 - Resumo comparativo do reaproveitamento entre as áreas de antigos e novos acessos

	Estrada	Extensão	Largura	Área (A)
Complexo Eólico Serra das Vacas	Estrada nova	1.298 m	8 m	10.384 m ²
	Estrada antiga	1.145 m	5 m*	5.725 m ²
	Dessa forma pode-se concluir que somente nessa estrada a supressão vegetal que seria evitada seria igual a:			$10.384 - 5.725 = 4.659 \text{ m}^2$
	Estrada	Extensão	Largura	Área (B)
Complexo Eólico Fonte dos Ventos	Estrada nova	2.507 m	8 m	20.060 m ²
	Estrada antiga	2.539,5 m	5 m*	12.697,5 m ²
	Dessa forma análoga, a supressão vegetal evitada seria de:			$20.060 - 12.697 = 7.362,5 \text{ m}^2$
Somente nos dois casos mencionados, a supressão a ser evitada seria de:				$4.659 + 7.362 = 12.021,5 \text{ m}^2$
Total de (A) + (B) =				

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

*5 metros em média

Alguns estudos relacionados aos impactos das mudanças climáticas na estabilidade dos biomas brasileiros (OYAMA; NOBRE, 2003), revelaram que o domínio fitogeográfico Caatinga está entre os mais vulneráveis num cenário de aumento das temperaturas globais, o que coloca a região em alerta, uma vez que os efeitos das mudanças climáticas representam fatores a mais em relação à pressão de origem antrópica à desertificação. Esses fatores somados aos efeitos das mudanças climáticas fazem do Nordeste uma região factível a um rápido aumento das áreas que estão em processo de savanização (LACERDA et al., 2015).

Utilizando as informações contidas na Tabela 7 (oriundas das imagens de satélites), pode-se desenvolver medidas mitigadoras, dos impactos gerados, conforme demonstra o Quadro 12.

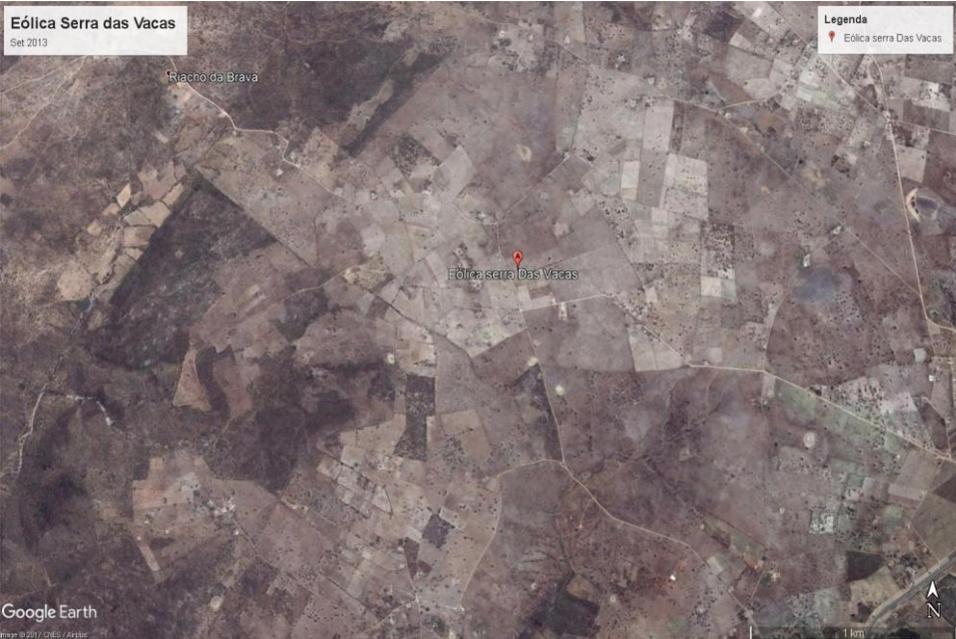
Por sua vez, alguns critérios avaliativos dos potenciais impactos descritos no RAS podem ser avaliados em um manual em forma de aplicativo, proporcionando a identificação, visualização e mensuração nos processos de licenciamento ambiental na implantação de um projeto de geração de energia eólica, conforme modelo proposto no Quadro 13.

Quadro 12 – Medidas contidas na RAS X medidas propostas para mitigar os impactos

Meio	Impacto	Medidas contidas na RAS	Medidas Propostas para Mitigar os Impactos na RAS	Responsável
		Descrição sumária	Descrição sumária	
Físico	Aumento de material particulado em suspensão	Regulagem dos veículos e equipamentos, umectação das vias de circulação, coberturas de cargas com materiais finos.	Utilizar imagens de satélite identificando e aproveitando os acessos já existentes, evitando a abertura de novos acessos.	Empreendedor
	Remoção de cobertura vegetal	Armazenamento do solo para posterior utilização.	Utilizar imagens de satélite identificando no Layout do empreendimento, a melhor disposição do material removido.	Empreendedor
	Disposição inadequada de resíduos	Implantação do Sistema de Gestão Integrada dos Resíduos da Construção Civil.	Utilizar imagens de satélite identificando no Layout do empreendimento, a melhor disposição do material removido.	Empreendedor
Biótico	Supressão da flora e vegetação	Limitar a retirada da vegetação apenas as áreas onde serão implantadas as torres e na praça de operação de cada torre e das estruturas de apoio.	Utilizar imagens de satélite identificando e aproveitando os acessos já existentes, evitando a abertura de novos acessos.	Empreendedor
	Recobrimento de folhas dificultando trocas gasosas	Regulagem dos veículos e equipamentos, umectação das vias de circulação, coberturas de cargas com materiais finos.	Utilizar imagens de satélite identificando e aproveitando os acessos já existentes, evitando a abertura de novos acessos.	Empreendedor
	Evasão de espécimes	Manter os veículos utilizados nos serviços com seus motores em boas condições de regulagem, executar um programa de resgate de Fauna e Flora e um programa de monitoramento da Fauna.	Utilizar imagens de satélite identificando e aproveitando os acessos já existentes, evitando a abertura de novos acessos.	Empreendedor
Antrópico	Risco de acidentes de trabalho	Implantação do Programa de Saúde e Proteção do Trabalhador, em conformidade com as Normas de Segurança.	Redução das horas trabalhadas nas atividades de abertura de novos acessos	Empreendedor
	Possibilidade de destruição de Patrimônio histórico e cultural	Implantação do programa de proteção ao patrimônio histórico cultural	Utilizar imagens de satélite identificando no Layout do empreendimento, a melhor disposição do material removido	Empreendedor

Fonte: Adaptado, Engea Consultoria LTDA (2018).

Quadro 13 – Modelo do aplicativo com os critérios avaliativos para o licenciamento

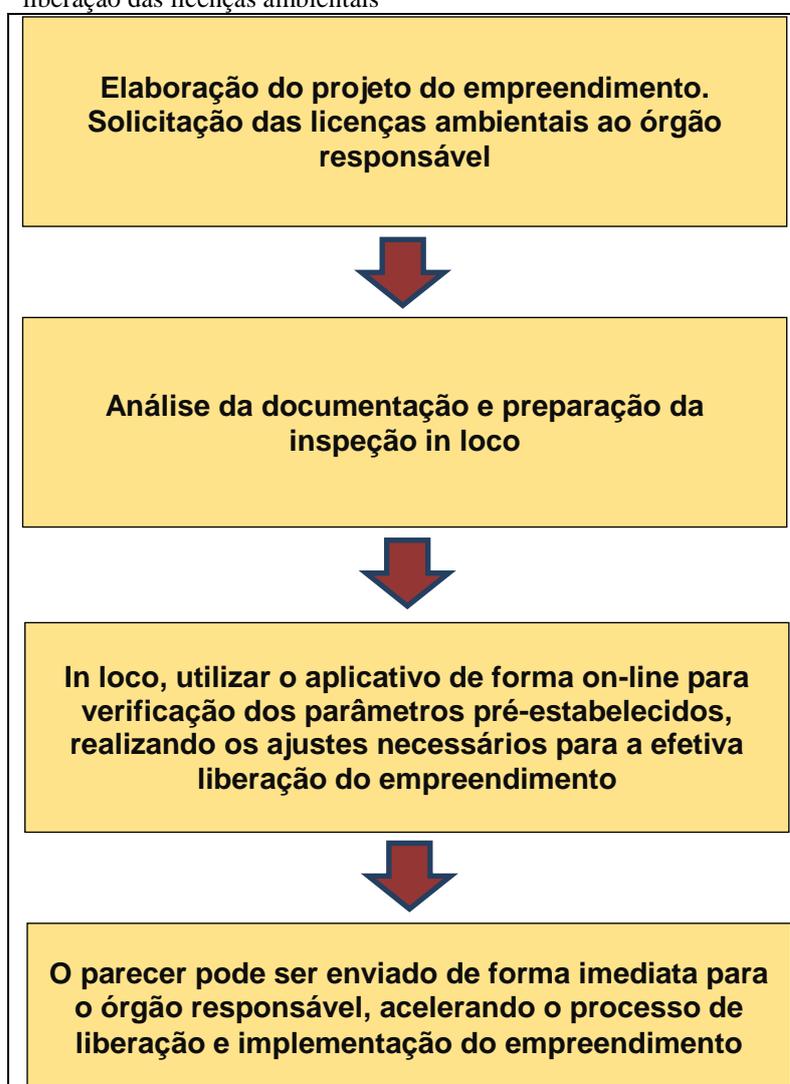
MEIO	IMPACTOS	Sim	Não	Imagem de satélite do empreendimento (Geral)
Físico	Haverá um aumento de material particulado em suspensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ocorrerá remoção de cobertura vegetal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Haverá disposição inadequada de resíduos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Proximidade de ferrovias e rodovias (Modal viário)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Proximidade de aeroportos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Conexão à rede elétrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Biótico	Haverá supressão da flora e vegetação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Haverá recobrimento de folhas dificultando trocas gasosas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Haverá evasão de espécimes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Proximidade de cursos d'água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Proximidade de unidades de conservação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Proximidade de áreas urbanas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Antrópico	Risco de acidentes de trabalho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Possibilidade de destruição de patrimônio histórico e cultural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

5.3 PROPOSTA DE FLUXOGRAMA DE OTIMIZAÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO DE LIBERAÇÃO DAS LICENÇAS AMBIENTAIS

Com o objetivo de facilitar e agilizar a liberação das licenças ambiental do empreendimento, foi elaborado um passo a passo, baseado na descrição do processo de implantação de um parque eólico, conforme descreve o capítulo 3.7, Figura 12, etapas 6, 7 e 8, do referido estudo, visando dessa forma, agilizar o processo decisório, conforme demonstra o esboço na Figura 29:

Figura 29 – Fluxograma proposto para as etapas do processo de liberação das licenças ambientais



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

6 CONCLUSÃO

As análises temporais de imagens visaram comparar as informações de melhoramento (reaproveitamento) ou construção de novos acessos viários e as informações contidas nas matrizes dos potenciais impactos e das medidas mitigadoras.

Analisando a documentação RAS do empreendimento, identifica-se a utilização de imagens de satélites. No entanto, as referidas imagens foram utilizadas apenas para localizar espacialmente o empreendimento. Há pouca utilização de imagens com o objetivo, por exemplo, de visualizar e identificar, os acessos terrestres já existentes, os quais poderiam, ser reaproveitados, bem como a construção de novos acessos na localidade e na elaboração da matriz de interação entre as fases e os fatores ambientais, facilitando a identificação visual dos impactos significativos durante as fases de licenciamento prévio (LP), implantação (LI) e operação (LO) do empreendimento.

Em ambos os empreendimentos estudados, verificou-se a existência de vias de acesso já existentes antes da instalação do empreendimento e que não foram ou não puderam ser reaproveitadas, ocorrendo assim a existência de supressão vegetal, sobretudo nas áreas utilizadas como vias de acesso.

Conforme descreve a metodologia, a utilização de imagens georreferenciadas, pode indicar uma redução das referidas supressões nesses empreendimentos.

No Complexo Eólicos Serra das Vacas, a utilização da metodologia proposta, demonstra em aferição de apenas uma das estradas de acesso, poderia evitar a supressão de uma área de 4.659 m² em relação aos desmatamentos provocados pela abertura de novos acessos em detrimento quando possível, do reaproveitamento de acessos existentes. De forma análoga, em relação Complexo Eólico Fonte dos Ventos, poderia evitar a supressão de uma área de 7.362,5 m².

A metodologia servirá, baseada nas informações contidas no RAS do empreendimento, a elaboração de um modelo, na forma de um aplicativo, contendo os critérios mais relevantes extraídos dos potenciais impactos elencados, juntamente com as imagens geoprocessadas. Propondo-se assim, com base na descrição do processo de implantação de um parque eólico, conforme descreve o fluxograma apresentado na Figura 12, agilizar o processo decisório para a liberação da licença ambiental prévia (LP) do empreendimento, realizando alterações no referido fluxograma, conforme descreve a Figura 29. O agente fiscalizador, de posse do aplicativo a ser desenvolvido numa fase posterior, poderá atuar interativamente “In loco”, utilizando-o de forma on-line afim de verificar dos parâmetros pré-estabelecidos, realizando

os ajustes necessários para a efetiva liberação do empreendimento. Desta forma, o parecer poderá ser enviado de forma imediata para o órgão responsável, acelerando assim, uma otimização na tomada de decisão e no planejamento estratégico de liberação e implementação do empreendimento eólico.

Portanto, as análises temporais de imagens geoprocessadas de satélites, poderão permitir ao gestor, fazer estudos temporais - comparativos das imagens obtidas da referida área, com a planta baixa do empreendimento eólico, e até mesmo em outros empreendimentos como construção de rodovias, ferrovias, hidrelétricas, promovendo caso necessário, as alterações, ajustes e adequações necessárias no layout pré-definido no RAS, fornecido pelo empreendedor.

É importante frisar necessidade de um aprofundamento das bases teóricas-científicas para projetos de energias eólicas em estudos futuros. A partir da adoção dessas recomendações, poderá ser possível a contribuição para a orientação do setor elétrico, a sociedade civil, os órgãos de licenciamento ambiental quanto a necessidade da excelência da gestão da energia eólica contemplando as fases de projeto, instalação e funcionamento dos parques eólicos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil**. Brasília, 2014, Disponível em: http://www.abdi.com.br/Estudo_Backup/Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil.pdf. Acesso em 09 jan. 2019.
- Agência Nacional De Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, 2008, Cedoc, 2008. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/JadeCorte/bioma-semi-rido>. Acesso em 05 jul. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Dados mensais março de 2015**. São Paulo, Pigma Gráfica e Editora Ltda, 2015. Disponível em: <http://portalabee.org.br>. Acesso em 05 jul. 2017.
- AZEVEDO, J. P. M.; NASCIMENTO, R. S.; SCHRAM, I. B. Energia eólica e os impactos ambientais: um estudo de revisão. **Revista UNINGÁ**, v. 51, p. 101-106, 2017.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**. São Paulo: Edgard Blücher, 6ª ed., 1982.
- BEZERRA, F. D.; SANTOS, L. S. Potencialidades da Energia Eólica no Nordeste. **Caderno Setorial Etene**, São Paulo, n.72, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13564/15382>. Acesso em 05 jul. 2017.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resolução n 01/1986**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186>. Acesso em 05 de jul. de 2017.
- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2017. CEPEL, 2017. Disponível em: http://novoatlas.cepel.br/wp-content/uploads/2017/07/Novo-Atlas-do-Potencial-Eolico-Brasileiro-SIM_2013.pdf. Acesso em 05 jul. 2017.
- CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA. **ATLAS**. Recife, 2003. Editora Universitária – UFPE, 2003. Disponível em: <http://www.eolica.com.br>. Acesso em 05 jul. 2017.
- CEPEL. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília:CEPEL, DF, 2017. 44 p. Disponível em:http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf. Acesso em 04 out. 2017.
- CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Sálvio Brito. **Potencial Energético Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2012.
- CUNHA, D. **Análise da Viabilidade Técnico-Econômica de um Sistema de Geração Híbrido Eólico-Diesel para a Ilha de Algodão/PA**. 1998. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1998.
- CUNHA, L. H.; COELHO, M.C.N. Política e gestão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **A Questão ambiental: Diferentes Abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Ministério das Minas e Energia. **Leilão de Energia de Reserva – Eólica**, Brasília, 2009. Disponível em: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20090716_1.pdf. Acesso em 13 de out. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Ministério das Minas e Energia. **Leilão de Energia de Reserva – Eólica**, Brasília, 2018. Disponível em: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20090716_1.pdf. Acesso em 09 de jan. 2019.

ENGEA CONSULTORIA LTDA, 2013. **Relatório Ambiental Simplificado Parque Eólico Serra das Vacas III**. Recife, 2013. ENGEA. Disponível em: <https://engeaconsultoria.com.br/>. Acesso em 10 de jul. de 2018.

EWEA. Wind Power Expands 23% in Europe But Still Only a 3-Member State Story, In: News Release, The **European Wind Energy Association**, and Europe, 2004.

FEITOSA, E. A. N. et al. **Panorama do Potencial Eólico no Brasil**. Brasília: Dupligráfica, 2003.

GOLDEMBERG, J; LUCON, O. **Energias Renováveis: um futuro sustentável**. **REVISTA USP**, São Paulo, n.72, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13564/15382>. Acesso em 05 jul. 2017.

GOOGLE EARTH-MAPAS. **GOOGLE EARTH**. Brasil, 2018. Google. Disponível em: <http://mapas.google.com/consulta>. Acesso em 13 de out. 2018.

GRUBB, M. MEYER, N. I. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: JOHANSSON, T. B. et. al. **Renewable energy: sources for fuels and electricity**. Washington, D. C.:Island Press, 1993. p.

GWEC. **Global Wind Statistics**. Global Wind Energy Council, Bélgica, 2017. Disponível em: https://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf. Acesso em 05 jul. 2017.

IMPESA S/A. Industria Metalúrgica Pescarmona. **Relatório Eólico Praias de Parajuru – Beberibe - CE**, 2006. ED. IMPESA. Disponível em: <http://www.impesa.com/en>. Acesso em 07 jul. 2018.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. **Leilões no Setor Elétrico Brasileiro: Análises e Recomendações**. São Paulo, White Paper, 2012. Disponível em: http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2012_WhitePaperAcendeBrasil_07_Leiloes_Rev2.pdf. Acesso em 09 jan. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro. IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em 05 jul. 2017.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Quanto é? Gerar Energia**. São Paulo:NUCA, 2017. Disponível em: <http://quantoenergia.escolhas.org/portaabee.org.br>. Acesso em 19 jul. 2019.

IRENA. International Renewable Energy Agency. **Bottom-up Assessment Methodology of IRENA's Decarbonisation Scenarios**, IRENA, Abu Dhabi, 2017. Disponível em: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Perspectives_for_the_Energy_Transition_2017.pdf. Acesso em 13 mai. 2018.

LACERDA, F. F. et al. **Academia Pernambucana de Ciências Agrônomicas**. Recife, v. 11/12, p.121-154, 2015. Disponível em://C:/Users/11024903/Downloads/1118-3176-1-PB.pdf. Acesso em 24 set. 2018.

MEIRELES A. J. A., **Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense**. Ed Confins, 2011. Disponível em: <http://confins.revues.org/index2423.html>. Acesso em 09 jan. 2019.

OYAMA, M. D., NOBRE, C. A. **A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America**. Geophysical.Res. Letters, v. 30, n. 23, p.2199-2203, 2003.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. **O Mercado Brasileiro da Energia Eólica, Impactos Sociais e Ambientais**. Rev. Ambient. Água [online]. 2017, vol.12, n.6, pp.1082-1100. ISSN 1980-993X. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2064>.

SESMIL, L. F. **Energia Maremotriz: Impactos ambientais e viabilidade econômica no Brasil**. Lavras, UFLA, 2013. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4529/1/TCC_Energia%20maremotriz%3A%20impactos%20ambientais%20e%20viabilidade%20econ%C3%B4mica%20no%20Brasil. Acesso em 09 jan. 2019.

SILVA, C. C. **Análise dos Aspectos Meteorológicos e Estruturais na Geração de Energia Elétrica de Centrais Eólicas**. – Recife, 2006. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo, 2009. Atlas, 3º Ed. São Paulo.

STUAT, F. **O Processo de Implantação de Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro**. Salvador, 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/o-processo-de-implantacao-de-parques-eolicos-no-nordeste-brasileiros>. Acesso em 09 jan. 2019.

SUSÇUARANA, M. S. **Energia Geotérmica**. INFOESCOLA, UFAC, 2018, Disponível em: <https://www.infoescola.com/geologia/energia-geotermica/>. Acesso em 05 de jul. de 2018.

TEIXEIRA, R. **Energia: Tecnologias Otimizam a Construção de Parques Eólicos**. São Paulo, 2011. Parma, 2011. Disponível em: http://www.revistamt.com.br/antigo/PDFS/MT_151.pdf Acesso em 07 de jul. de 2017.

VESTAS., 2015. 1 vídeo (3 min). **Vestas V164-8.0 MW – a game changer in offshore**. Publicado pelo canal Youtube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=uJBFAAJXH4c>. Acesso em 19 de set. de 2017.