

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA
ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

TÁCITO RICHARLES FERREIRA DA SILVA

**O POTENCIAL DAS CIÊNCIAS CARTOGRÁFICAS E GEOTECNOLOGIAS NO
DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE ENERGIA EÓLICA
E SOLAR**



RECIFE

2018

TÁCITO RICHARLES FERREIRA DA SILVA

**O POTENCIAL DAS CIÊNCIAS CARTOGRÁFICAS E GEOTECNOLOGIAS NO
DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE ENERGIA EÓLICA
E SOLAR**

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito básico para obtenção do grau de Engenheiro Cartógrafo.

Orientador: Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco.

RECIFE

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S586p Silva, Tácito Richarles Ferreira da.
O potencial das ciências cartográficas e geotecnologias no desenvolvimento e implantação de projetos de energia eólica e solar / Tácito Richarles Ferreira da Silva. – 2018.
143 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, 2018.
Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1. Engenharia Cartográfica. 2. Prospecção. 3. Energia renovável. 4. Análise geoespacial. I. Pacheco, Admilson da Penha. (Orientador). II. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.) BCTG/2018-294

TÁCITO RICHARLES FERREIRA DA SILVA

**O POTENCIAL DAS CIÊNCIAS CARTOGRÁFICAS E GEOTECNOLOGIAS NO
DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE ENERGIA EÓLICA
E SOLAR**

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito básico para obtenção do grau de Engenheiro Cartógrafo, defendida no Departamento de Engenharia Cartográfica, em 27 de junho de 2018.

Aprovado em: 27/06/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco
Universidade Federal de Pernambuco (Orientador)

Prof^ª. Dra. Karoline Paes Jamur
Universidade Federal de Pernambuco (Examinador interno)

Prof. Msc. Aramis Leite de Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (Examinador externo)

Dedico este trabalho aos meus pais: Moisés Ferreira da Silva e Minerva Sebastiana da Silva. Por acreditar e investir em mim e não medir esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. A minha família, pelo seu contínuo apoio dando-me segurança e certeza de que não estive sozinho nesta caminhada, onde pude encontrar o fortalecimento para jamais desistir e persistir na realização dos meus sonhos.

.AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela força, coragem e persistência nesta caminhada.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

À minha família, pelo carinho e por sempre acreditarem em mim.

Ao Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco, por quem tenho uma grande admiração e respeito e que, com paciência, disponibilidade e sabedoria, conduziu a orientação deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Não poderia de deixar de agradecer as professoras Andrea de Seixas, Ana Lucia e Simone Sato, nas quais tive bastante contato, incentivos e orientações.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento deste Trabalho.

Aos amigos que criei e levo comigo, contribuindo fisicamente, psicologicamente e emocionalmente. Pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida. Não somente durante o desenvolvimento desta pesquisa, mas como seres que passaram a fazer parte da minha vida como um todo: Adalberto Filho, Antônio Felipe, Camila Ribeiro, Jefferson Alves, Fábio Vinicius.

A família construída para a vida: André Victor, Anderson Filipe e Ronald Barcelos,

Ao pessoal do LATEC, que pude contar e compartilhar bons momentos durante a graduação.

A todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Este trabalho apresenta de forma sistemática a aplicação das ciências cartográficas e geotecnologias no desenvolvimento e implantação de sistemas de aproveitamento de energia eólica e solar. A partir da disseminação do conceito de energias renováveis e a necessidade atual e constante de produzir energia com fontes não poluentes, surgiu à importância de mostrar a contribuição da Engenharia Cartográfica nesse contexto. A metodologia estabelecida abrange a prospecção solar e eólica. No contexto da energia solar, a área de estudo tem como critério a aproximação de uma subestação e radiação solar do local, prosseguindo com a análise geoespacial no intuito de encontrar todos os possíveis impedimentos na implantação da Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV), seguindo todas as legislações vigentes, indo até a estimativa da área necessária e as indicações de locais para implantação de UFV. No contexto da energia eólica, a região de estudo teve como critério a existência de altas velocidades de ventos e que fosse uma área que abrangesse diversos impedimentos na implantação da Central Geradora Eólica (EOL), prosseguindo com a análise geoespacial e rugosidade, indo até a geração de um mapa eólico local e indicação de layout para o posicionamento dos aerogeradores. A partir das análises realizadas, foi possível gerar um mapeamento das exclusões e impedimentos, como também a indicação de áreas para implantação de UFV com potência de 500 e 210MW e indicação de layouts para implantação de aerogeradores em uma EOL. Por fim, a Engenharia Cartográfica mostrou-se uma poderosa ferramenta para os projetos solares e eólicos, além de ser bastante versátil, visto que possui interdisciplinaridade com a Meteorologia, Geografia, Biologia, Engenharia Elétrica, Civil, de Energia, Geologia e as demais geociências, tendo sua parcela de contribuição para a economia mundial, estudos e pesquisas de desenvolvimento social e urbano e a busca de alternativas para produção de energia de fontes não poluentes.

Palavras-chave: Prospecção. Energia renovável. Análise geoespacial.

ABSTRACT

This work presents in a systematic way the application of mapping sciences and geotechnologies in the development and implementation of wind and solar energy systems. From the dissemination of the concept of renewable energies and the current and constant need to produce energy with non-polluting sources, the importance of showing the contribution of Cartographic Engineering in this context arose. The methodology will cover solar and wind prospecting. In the solar context, the study area has as criterion the proximity of a substation and the radiation of the place, proceeding with the geospatial analysis in order to find all possible impediments in the implementation of Photovoltaic Plant, following all the current legislation, going until the estimation of the necessary area and the indications of locations for implantation of Photovoltaic Plant. In the context of wind power, the region of study had the criterion of the existence of high wind velocities and that it was an area that covered several impediments in the implantation of the wind farm, proceeding with the geospatial analysis and roughness, going until the generation of a wind map location and layout indication for the positioning of wind turbines. From the analyzes carried out, it was possible to generate a mapping of the exclusions and impediments, as well as the indication of areas for implantation of Photovoltaic Power Plant with power of 500 and 210MW and indication of layouts for implantation of wind turbines in a wind farm Finally, Cartographic Engineering has proved to be a powerful tool for solar and wind projects, as well as being quite versatile, since it has interdisciplinarity with Meteorology, Geography, Biology, Electrical, Civil Engineering, Energy, Geology and other geosciences , with its share of contribution to the world economy, studies and research of social and urban development and the search for alternatives for energy production from non-polluting sources.

Keywords: Prospection. Renewable energy. Geospatial Analysis

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico isolado.....	23
Figura 2 - Componentes de uma turbina eólica no interior da nacela.....	27
Figura 3 - Diferentes sistemas de coordenadas para Cartografia e SIG.....	31
Figura 4 - Relações interdisciplinares entre SIG e outras áreas.....	32
Figura 5 - Diagrama das instituições do Setor Elétrico Brasileiro (SEB).....	40
Figura 6 - Fluxograma da Metodologia.....	42
Figura 7 - Área de estudo da prospecção Bom Nome.....	44
Figura 8 - Área de estudo da prospecção Aquiraz.....	45
Figura 9 - Fluxograma para a análise da declividade.....	47
Figura 10 - UFV e suas respectivas informações.....	48
Figura 11 - Aerogerador e suas respectivas informações.....	49
Figura 12 - Parque eólico e respetivas informações.....	49
Figura 13 - Rodovia Federal e respetivas informações.....	50
Figura 14 - Assentamento Rural e suas informações.....	51
Figura 15 - Comunidades Quilombolas e suas informações.....	51
Figura 16 - UC e respetivas informações.....	52
Figura 17 - Rios identificados na escala da ANA.....	53
Figura 18 - Rios identificados e ajustados manualmente.....	53
Figura 19 - Corpo d'água identificado e manualmente vetorizado.....	54
Figura 20 - Área alagável identificada pela série de imagens históricas e vetorizada manualmente.....	55
Figura 21 - Interface do Web Map da EPE.....	56
Figura 22 - Feições pontuais (edificações) identificadas e vetorizadas manualmente.....	57
Figura 23 - Centros urbanos identificados e vetorizados manualmente.....	57
Figura 24 - Especificações para faixa de passagem da LT.....	58
Figura 25 - Fluxograma da metodologia.....	60
Figura 26 - Área de estudo da prospecção eólica.....	61
Figura 27 - Atlas do potencial eólico brasileiro em uma altura de 120m.....	62
Figura 28 - Fluxograma para a análise de declividade em projetos eólico.....	63
Figura 29 - Cone de interferência contendo os 16 setores do vento.....	65
Figura 30 - Fluxograma metodológico para a análise da rugosidade.....	66
Figura 31 - Vetorização manual da linha férrea.....	67

Figura 32 - Mapa de declividade na prospecção Bom Nome.....	70
Figura 33 - Mapa de declividade na prospecção Aquiraz.	71
Figura 34 - Identificação das UFV vizinhas na prospecção Bom Nome.....	72
Figura 35 - Identificação das EOL presentes na região.....	73
Figura 36 - Rodovias identificadas na prospecção Bom Nome.....	74
Figura 37 - Rodovias identificadas na prospecção Aquiraz.	75
Figura 38 - Assentamentos Rurais identificados na prospecção Bom Nome.....	76
Figura 39 - Comunidade Quilombola identificada na prospecção Aquiraz.	76
Figura 40 - Unidade de Conservação identificada na prospecção Aquiraz.....	77
Figura 41 - Hidrografias presentes na prospecção Bom Nome.	78
Figura 42 - Hidrografias presentes na prospecção Aquiraz.....	78
Figura 43 - Linhas de Transmissão identificadas na prospecção Bom Nome.....	79
Figura 44 - Linha de Transmissão identificada na prospecção Aquiraz.....	79
Figura 45 - Edificações e centros urbanos vetorizados manualmente em Bom Nome.	80
Figura 46 - Edificações e centros urbanos vetorizados manualmente em Aquiraz.	80
Figura 47 - Exclusões identificadas com aplicação de seus respectivos buffers na prospecção Bom Nome.....	81
Figura 48 - Exclusões identificadas com aplicação de seus respectivos buffers na prospecção Aquiraz.	82
Figura 49 - Esquema com medidas do seguidor e do módulo utilizados.	83
Figura 50 - Áreas indicadas para implantação de uma UFV com potência de 500MW na prospecção Bom Nome.....	84
Figura 51 - Áreas indicadas para implantação de uma UFV com potência de 210MW na prospecção Aquiraz	85
Figura 52 - Mapa de declividade na prospecção eólica.....	86
Figura 53 - Identificação das EOL vizinhas presentes na prospecção eólica.....	90
Figura 54 - Raio de interferência e direção predominante do vento. O raio tanto na direção predominante quanto na direção posterior.....	91
Figura 55 - Cones de interferência e respectivas áreas de influência pelos cones.	91
Figura 56 - Mapa de rugosidade e suas respectivas classes.	92
Figura 57 - Rodovias identificadas na prospecção eólica.....	93
Figura 58 - Assentamentos Rurais identificados na prospecção eólica.....	94
Figura 59 - Hidrografias presentes na prospecção eólica.	94
Figura 60 - Ferrovias identificadas na prospecção eólica.....	95

Figura 61 - Edificações e centros urbanos identificados na prospecção eólica.....	96
Figura 62 - Identificação de todas as exclusões e seus respectivos buffers aplicados.	97
Figura 63 - Mapa eólico da prospecção eólica.	98
Figura 64 - Interface gráfica do software WindPRO.....	99
Figura 65 - Layout proposto dentro dos terrenos anteriormente delimitados.	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Levantamento dos principais impactos negativos associados à energia eólica.....	26
Tabela 2 - Capacidade instalada por estado brasileiro no final de 2015.	30
Tabela 3 - Feições com seus respectivos buffers a serem aplicados.	59
Tabela 4 - Direções do vento e respectivas frequências.	64
Tabela 5 - Feições e seus respectivos buffers a serem aplicados.	68
Tabela 6 - UFV vizinhas identificadas e suas respectivas potências e municípios de localização.	72
Tabela 7 - Informações dos aerogeradores identificados na região.....	73
Tabela 8 - Rodovias identificadas na prospecção e seus respectivos tipos.	74
Tabela 9 - Assentamentos Rurais e suas respectivas informações.	75
Tabela 10 - Comunidade Quilombola e respectivas informações.	75
Tabela 11 - UC identificada e respectivas informações.	77
Tabela 12 - Especificações dos módulos e seguidores utilizados.	82
Tabela 13 - Estimativa e considerações a respeito das áreas necessárias para implantação de uma UFV de 210 e 500MW.....	83
Tabela 14 - Coordenadas e respectivas informações dos aerogeradores vizinhos presentes na prospecção eólica.....	86
Tabela 15 - Especificações do aerogerador e respectivo raio do cone de interferência.	90
Tabela 16 - Rugosidade e valores de z_0	92
Tabela 17 - Rodovias identificadas e seus respectivos tipos.	93
Tabela 18 - Assentamentos Rurais identificados na prospecção eólica.	93

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Proteção Ambiental
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CM SAF	The Satellite Application Facility on Climate Monitoring
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EOL	Central Geradora Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
LT	Linha de Transmissão
MDT	Modelo Digital do Terreno
MNT	Modelos Numéricos do Terreno
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIGEL	Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico

SIN	Sistema Interligado Nacional
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission,
TDG	Transmissora Delmiro Gouveia S.A.
TIN	Triangular Irregular Network
TMA	Torre de Medição Anemométrica
UC	Unidades de Conservação
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivo Geral.....	21
2.2	Objetivos Específicos	21
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
3.1	Energia Solar.....	22
3.1.1	Aspectos Gerais	22
3.1.2	Breve histórico.....	23
3.1.3	Cenário Brasileiro.....	24
3.2	Energia Eólica	25
3.2.1	Aspectos Gerais	25
3.2.2	Breve histórico.....	27
3.2.3	Cenário Brasileiro.....	28
3.3	Ciências Cartográficas e Geociências	30
3.3.1	Sistemas de Referência e Projeções Cartográficas	30
3.3.2	Geoprocessamento	32
3.3.3	Cartografia Temática	32
3.4	Geodésia.....	33
3.4.1	Shuttle Radar Topography Mission – SRTM.....	33
3.4.2	Modelo Digital de Terreno (MDT).....	33
3.5	Legislação	34
3.5.1	Assentamentos Rurais.....	34
3.5.2	Comunidades Quilombolas.....	35
3.5.3	Hidrografia.....	36
3.5.4	Áreas de Proteção Ambiental (APA).....	37
3.5.5	Rodovias e Ferrovias	38
3.5.6	O Setor Elétrico Brasileiro (SEB).....	38
4	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	41
4.1	Energia Solar.....	42
4.1.1	Área de estudo	43

4.1.2	Radiação	46
4.1.3	Análise da declividade	46
4.1.4	Identificação de Central Geradora Solar Fotovoltaica Vizinha.....	47
4.1.5	Identificação de Parques Eólicos Vizinhos.....	48
4.1.6	Identificação das Rodovias	50
4.1.7	Assentamentos Rurais e Comunidades Quilombolas	50
4.1.8	Unidades de Conservação.....	52
4.1.9	Análise Hidrológica	52
4.1.10	Linha de Transmissão	55
4.1.11	Edificações e Centros Urbanos	56
4.1.12	Aplicação de <i>Buffer</i> das exclusões	58
4.1.13	Estimativa da área de implantação da UFV.....	59
4.1.14	Indicação da área para implantação da UFV	59
4.2	Energia Eólica	60
4.2.1	Área de Estudo.....	60
4.2.2	Mapa Eólico preliminar	62
4.2.3	Análise da declividade	62
4.2.4	Identificação de Parques Eólicos Vizinhos.....	64
4.2.5	Delimitação dos cones de interferência	64
4.2.6	Análise da Rugosidade	65
4.2.7	Identificação das Rodovias	66
4.2.8	Assentamentos Rurais.....	66
4.2.9	Análise Hidrológica.....	67
4.2.10	Análise das ferrovias.....	67
4.2.11	Edificações e Centros Urbanos	68
4.2.12	Aplicação de <i>Buffer</i> nas exclusões	68
4.2.13	Mapa Eólico.....	69
4.2.14	Layout do Projeto	69
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	70
5.1	Energia Solar.....	70
5.1.1	Análise da Declividade	70
5.1.2	Identificação de Usinas Fotovoltaicas Vizinhas	71
5.1.3	Identificação de Parques Eólicos Vizinhos.....	72

5.1.4	Identificação das Rodovias	74
5.1.5	Assentamentos Rurais e Comunidades Quilombolas	75
5.1.6	Unidades de Conservação.....	77
5.1.7	Análise Hidrológica.....	77
5.1.8	Linha de Transmissão – LT	79
5.1.9	Edificações e Centros Urbanos	80
5.1.10	Aplicação de <i>Buffer</i> nas exclusões	81
5.1.11	Estimativa da área de implantação da UFV.....	82
5.1.12	Indicação da área para implantação da UFV	83
5.2	Energia Eólica	86
5.2.1	Análise da declividade.....	86
5.2.2	Identificação de Parques Eólicos Vizinhos.....	86
5.2.3	Delimitação dos cones de interferência	90
5.2.4	Análise da Rugosidade	91
5.2.5	Identificação das Rodovias	92
5.2.6	Assentamentos Rurais.....	93
5.2.7	Análise Hidrológica.....	94
5.2.8	Análise das ferrovias.....	95
5.2.9	Edificações e Centros Urbanos	96
5.2.10	Aplicação de <i>Buffer</i> nas exclusões	97
5.2.11	Mapa Eólico.....	98
5.2.12	Layout do Projeto	99
6	CONCLUSÕES.....	101
	REFERÊNCIAS.....	103
	APÊNDICE A - MAPA DA ÁREA DE ESTUDO DA PROSPECÇÃO	
	SOLAR EM BOM NOME.	110
	APÊNDICE B - MAPA DE DECLIVIDADE NA PROSPECÇÃO SOLAR	
	EM BOM NOME.	111
	APÊNDICE C - MAPA DE UFV VIZINHA NA PROSPECÇÃO SOLAR	
	EM BOM NOME.	112
	APÊNDICE D - MAPA DAS RODOVIAS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM	
	BOM NOME.....	113

APÊNDICE	E - MAPA DOS ASSENTAMENTOS RURAIS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.....	114
APÊNDICE	F- MAPA HIDROLÓGICO NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.....	115
APÊNDICE	G - MAPA DA LINHA DE TRANSMISSÃO NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.....	116
APÊNDICE	H - MAPA DAS CASAS E CENTROS URBANOS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.....	117
APÊNDICE	I - MAPA DAS EXCLUSÕES NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.	118
APÊNDICE	J - MAPA DAS ÁREAS INDICADAS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.	119
APÊNDICE	K - ÁREA DE ESTUDO DA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.....	120
APÊNDICE	L - MAPA DE DECLIVIDADE NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.	121
APÊNDICE	M - MAPA DE EOL VIZINHA NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.	122
APÊNDICE	N - MAPA DE RODOVIAS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.....	123
APÊNDICE	O - MAPA DE COMUNIDADE QUILOMBOLA NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.....	124
APÊNDICE	P - MAPA DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.....	125
APÊNDICE	Q - MAPA HIDROLÓGICO NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.....	126
APÊNDICE	R - MAPA DE LINHA DE TRANSMISSÃO NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.....	127
APÊNDICE	S - MAPA DAS EDIFICAÇÕES E CENTROS URBANOS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.....	128
APÊNDICE	T - MAPA DAS EXCLUSÕES NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.	129
APÊNDICE	U - MAPA DAS ÁREAS INDICADAS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.	130

APÊNDICE V - MAPA DA ÁREA DE ESTUDO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.....	131
APÊNDICE W - MAPA DA DECLIVIDADE ESTUDO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.	132
APÊNDICE X - MAPA DOS CONES DE INTERFERÊNCIA ESTUDO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.	133
APÊNDICE Y - MAPA DAS RODOVIAS ESTUDO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.....	134
APÊNDICE Z - MAPA DOS ASSENTAMENTOS RURAIS NA PROSPECÇÃO EÓLICA.	135
APÊNDICE AA - MAPA HIDROLÓGICO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.	136
APÊNDICE BB - MAPA DAS EDIFICAÇÕES E CENTROS URBANOS NA PROSPECÇÃO EÓLICA.	137
APÊNDICE CC - MAPA DAS EXCLUSÕES E INDICAÇÃO DO LAYOUT DOS AEROGERADORES NA PROSPECÇÃO EÓLICA.	138
ANEXO A - MAPA DAS PRINCIPAIS ROTAS DE AVES MIGRATÓRIAS NO BRASIL.	139
ANEXO B - ÁREAS IMPORTANTES PARA AVES MIGRATÓRIAS NO BRASIL.....	140
ANEXO C - ÁREAS IMPORTANTES PARA AVES MIGRATÓRIAS NO ESTADO DO CEARÁ.....	141
ANEXO D - ÁREAS IMPORTANTES PARA AVES MIGRATÓRIAS NO ESTADO DA PARAÍBA.	142
ANEXO E - ÁREAS IMPORTANTES PARA AVES MIGRATÓRIAS NO ESTADO DA PARAÍBA.	143

1 INTRODUÇÃO

O consumo de combustíveis fósseis, a poluição do meio ambiente e a utilização de matrizes energéticas que promovem grandes impactos ambientais negativos são apontados como três fatores característicos do atual modelo de desenvolvimento da sociedade (LEONZIO, 2016). Diante deste cenário, diversos pesquisadores têm concentrado seus esforços para propor mudanças nas formas convencionais de geração de energia e na busca por novas formas de obtê-las, principalmente por fontes renováveis, que possuam uma relação de viabilidade econômica, equilíbrio ecológico e que sejam capazes de satisfazer o avanço tecnológico (CARRASCO- DÍAZ et al., 2015; LEONZIO, 2016; TRAPP e RODRIGUES, 2016). As pesquisas e a necessidade de energias alternativas ganharam destaque a partir da década de 1970, quando as crises no setor petrolífero comprometeram a segurança energética de diversos países (AZEVEDO et al., 2017).

Fontes renováveis de energia são todas as formas de aproveitamento energético que apresentam como base a utilização de forças e processos naturais, sem promover grandes danos ao meio ambiente e de forma que o recurso em questão seja capaz de ser reabastecido, em uma escala de tempo humana (CELESTINO e JULIÃO, 2017). Nesse contexto, enquadram-se a energia solar, o calor geotermal, a energia eólica, a energia proveniente das marés, a energia vinculada aos recursos hídricos e as várias formas de aproveitamento energético através das biomassas. Todas as referidas fontes estão sujeitas a causar alterações ecológicas, a depender principalmente do local de exploração e da magnitude da mesma. Qualquer projeto de instalação para utilização de um determinado recurso energético deve ser acompanhado de estudos aprofundados, tomando como base não apenas os interesses econômicos, mas principalmente as questões que envolvem a adequada escolha da área e os impactos ambientais associados (AZEVEDO et al., 2017; JUNQUEIRA e UTURBEY, 2017).

Ainda em termos de instalação de projetos dessa magnitude, a ciência cartográfica e seus desmembramentos têm apresentado potencial para auxiliar na tomada de decisões sobre os locais mais adequados e, conseqüentemente, identificar as áreas que fornecerão um maior aproveitamento do recurso energético em questão (FERNANDES, 2015; SANTOS e ARAÚJO, 2016; CELESTINO e JULIÃO, 2017). Para essa finalidade, os processos e metodologias envolvem técnicas de análise geoespacial, topografia do terreno, utilização de imagens de satélites, fotoidentificação, processamento em Sistema de Informação Geográfica (SIG), mapeamento de sistemas (rodoviários, ferroviários, hídricos, eólicos, solares, etc.).

Nesse sentido, Fernandes (2015) descreve o desenvolvimento de dois procedimentos diferentes para a análise do potencial de geração de energia fotovoltaica em zonas industriais de Portugal. Segundo a autora, a primeira metodologia tem por base a coleta de informações características do telhado dos edifícios (localização, orientação e inclinação), a confecção de ortofotomapas da área e a geração de um Modelo Digital Terreno para as áreas correspondentes, em ambiente SIG; a segunda metodologia, por sua vez, consiste na obtenção de informações por meio de um drone, com o registro de fotografias e, posteriormente, o processamento e a construção do respectivo ortofoto e do Modelo Digital de Elevação. Os resultados da referida pesquisa revelam o potencial de produção de energia solar nos telhados dos locais abordados (1539 kWh/m²/ano).

Santos e Araújo (2016) realizaram um estudo de caso no estado do Rio Grande do Norte que comprova a aplicabilidade de técnicas do geoprocessamento como uma ferramenta para auxiliar o desenvolvimento de empreendimentos para geração de energia eólica. A pesquisa desses autores apresenta como resultado a classificação de zonas geoambientais prioritárias, os locais marginais às áreas que apresentam certa vulnerabilidade e as áreas restritas para a instalação dos projetos eólicos. Com a realização do trabalho, obteve-se ainda um produto cartográfico (escala: 1:28000), que apresenta capacidade de subsidiar as etapas planejamento das formas de uso e ocupação da região em análise, sem promover perda dos elementos geoambientais e garantindo o manejo adequado do recurso disponível.

Mediante as informações obtidas em base científica, este trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura vislumbra descrever e utilizar procedimentos oriundos das ciências cartográficas e das geotecnologias, como um mecanismo capaz de auxiliar as etapas de implantação e desenvolvimento de projetos associados ao aproveitamento energético solar e eólico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar de forma sistemática e aplicada o potencial metodológico das ciências cartográficas e geotecnologias no desenvolvimento e implantação de projetos de energia eólica e solar.

2.2 Objetivos Específicos

- Contextualizar as Energias Renováveis (eólica e solar);
- Abordar o estado da arte dos diferentes métodos/processos cartográficos e geotecnológicos utilizados no desenvolvimento e implantação de projetos de energia eólica e solar;
- Estabelecer uma metodologia geocartográfica para o desenvolvimento e implantação de projetos de energia eólica e solar;
- Realizar Experimentos Geocartográficos (“estudos de casos”) para o desenvolvimento e implantação de projetos de energia eólica e solar.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Energia Solar

3.1.1 Aspectos Gerais

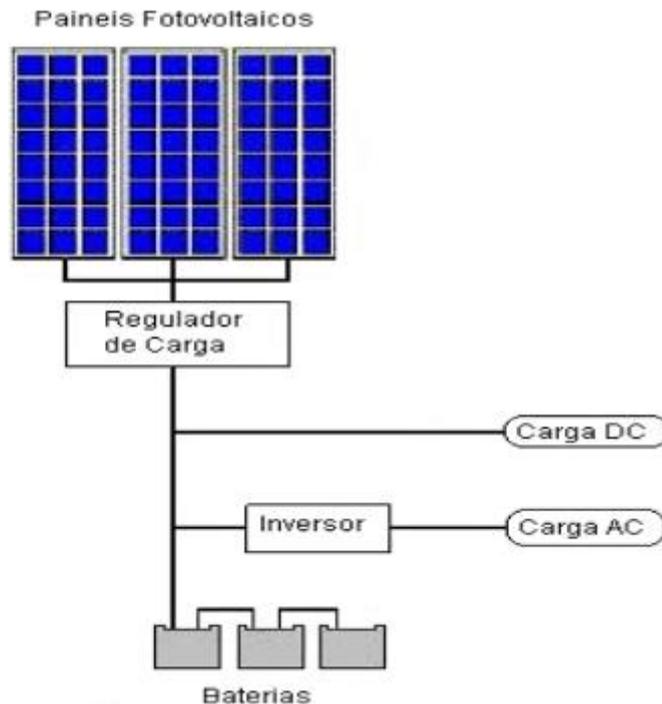
A energia solar é definida como sendo o aproveitamento energético por meio do sol. Essa energia, que chega a superfície terrestre através de ondas eletromagnéticas (seja de forma de radiação direta ou difusa), é crucial para o desenvolvimento de todas as formas de vida, desde o aproveitamento para a fotossíntese nas espécies vegetais até o uso em células fotovoltaicas produzidas pelo ser humano. A radiação solar pode ser empregada diretamente como uma fonte de energia térmica (aquecimento de líquidos e gases), para geração de potência mecânica e para geração de eletricidade, através de tecnologias de concentração de radiação, por implicações dessa radiação em determinados sistemas (termoelétrico e o fotovoltaico) (ANEEL, 2008; KEMERICH et al., 2016). É considerada como uma forma energia limpa por não produzir ruídos e por não poluir o ambiente, além de ser um sistema duradouro (AMARAL, 2018).

Como foi mencionado, o aproveitamento energético se dá por dois tipos de processos ou efeitos: o térmico e fotovoltaico. No processo térmico, dois metais em determinadas condições promovem uma diferença de potencial e aquecem fluídos em uma ampla escala de variação de temperatura (KEMERICH et al., 2016). No processo fotovoltaico, a eletricidade é obtida com a utilização de materiais semicondutores. Dentre eles, o silício (Si) ganha destaque por ser muito abundante na natureza, economicamente viável e bem difundido no mundo, correspondendo a aproximadamente 87,9% do mercado (PINHO e GALDINO, 2014).

Conforme Pinho e Galdino (2014), quando radiação solar incide sob a superfície de um material semicondutor, a energia contida em alguns fótons dos raios solares é suficiente para desprender os elétrons do material da placa, promovendo alguns efeitos, como: o surgimento de lacunas e elétrons livres, a elevação de temperatura da placa que acarreta no aumento de sua condutividade. Dessa forma, tem-se o efeito fotocondutivo. Para que haja a condução dos elétrons através da placa, deve-se aplicar um campo elétrico. Este, por sua vez, pode ser criado a partir da utilização de um semicondutor carregado positivamente de um lado e negativamente do outro (AMARAL, 2018). Nesse sistema condutor, ambas as cargas, oriundas das dopagens, geram um campo elétrico nos limites da área positiva com a negativa. Assim, com a incidência de fótons, gera-se energia suficiente para desprender um elétron e acarreta na reorganização interna do material, que ao final se resume na geração de uma corrente elétrica. Esse é o efeito fotovoltaico, princípio utilizado nas células fotovoltaicas

(PINHO e GALDINO, 2014; AMARAL, 2018). A Figura 1 ilustra esse sistema de forma isolada e simplificada.

Figura 1 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico isolado.



Fonte: Valente (2011).

Conforme observado na Figura 1, a partir incidência da radiação solar sob a placa fotovoltaica, a energia é transferida para um regulador de carga, cuja principal função é não permitir que ocorram prejuízos elétricos nas baterias. Em seguida, ela passa pelo inversor, que vai transformá-la em energia elétrica e fornecerá corrente para equipamentos elétricos (VALENTE, 2011; KEMERICH et al., 2016). O excesso de carga ficará armazenado nas baterias.

3.1.2 Breve histórico

Segundo Machado e Miranda (2015), a energia solar não é exclusividade da sociedade moderna. Os povos antigos já utilizavam o sol para secar peles e alimentos, resquícios históricos oriundos da arqueologia comprovam que, em pleno século VII a.C., se utilizavam simples mecanismos a base de vidro para concentrar a radiação solar e, assim, provocar a combustão de pequenos pedaços de madeira para obter fogo (KOMP, 2001; GRÄTZEL, 2001).

No ano de 1839, o cientista francês chamado Edmond Becquerel realizou algumas observações em duas placas de latão metálicas inseridas em um eletrólito líquido. Quando o sistema foi exposto à luz solar, observou-se que a produção de eletricidade. A esse fenômeno deu-se o nome de efeito fotovoltaico (KOMP, 2001; GRÄTZEL, 2001).

Em 1883, o americano *Charles Fritts* foi o responsável por construir o primeiro sistema de armazenamento elétrico a base de energia solar feita com folhas de selênio. Apesar de ter sido uma bateria de baixíssima eficiência (apenas 1%), seu dispositivo ganhou destaque, sobretudo porque ainda existia a utopia em termos de aproveitamento energético sem a queima de combustíveis (KOMP, 2001). Após um pouco mais de meia década, a primeira célula solar constituída a base de silício foi desenvolvida por pesquisadores da *Bell Labs* em 1954, a célula possuía eficiência de 6%, maior do que a inicialmente formulada por *Charles Fritts* (KOMP, 2001; SMESTAD, 2002).

Um equipamento promissor na história da energia solar foi o *Pirelióforo*, cujo significado da palavra grega é “portador o fogo do Sol”, sendo premiado na exposição universal de *St. Louis* em abril de 1904. O referido equipamento apresentava a forma de um espelho parabólico e uma superfície refletora de 80 m², formado por um conjunto de mais de 6 mil espelhos capazes de refletir a luz do Sol numa capsula refratária, suficiente para fundir metais em elevadas temperaturas (3800 °C), produção de água potável em sítios desérticos, produção de vapor em processos industriais, entre outros (CARRETO, 2016).

Neves (2011) descreve que a primeira geração de células fotovoltaicas em nível avançado tem origem em 1954, quando os laboratórios *Bell*, ao testar materiais semicondutores, descobriram acidentalmente que o silício dopado era fortemente sensível à luz (BRITO e SERRA, 2005).

3.1.3 Cenário Brasileiro

No Brasil, o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), instituído pelo Governo Federal em 1994, iniciou um marco na utilização dos sistemas fotovoltaicos no território. Do ponto de vista estratégico, o Brasil apresenta uma série de atributos positivos que atraem investidores e, conseqüentemente, são responsáveis por desenvolver o mercado energético (DIAS et al., 2017). Silva (2015) enfatiza que a utilização de fontes energéticas solares tem sido estimulada pela necessidade de buscar meios energéticos alternativos e pelo país apresentar viabilidade para esse sistema. Todavia, os incentivos não se encontram na escala que deveriam ser quando comparado com países desenvolvidos. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2017), o Brasil, ao término de 2016, possuía 81 MWp de energia solar fotovoltaica instalados, correspondentes a 0,05%

da capacidade máxima brasileira. Os altos índices de insolação e as elevadas reservas de minerais podem propiciar benefícios competitivos para produção de células e módulos solares (EPE, 2012).

Devido ao elevado custo de instalação de sistemas solares, empresas vinculadas ao setor de energia solar fotovoltaica estão aderindo ao modelo de economia compartilhada, por meio de investidores para condomínios que desejam instalar os painéis. A produção distribuída, no cenário brasileiro, teve origem em 2012, com a aprovação da Resolução Normativa nº 482, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012), que cria e regulamenta o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, por meio da geração distribuída. Em seguida, com a Resolução Normativa nº 687 pela ANEEL em 2015 (ANEEL, 2015), que admite empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, a geração compartilhada e o autoconsumo remoto (ANTONIOLLI et al., 2018). Assim, as partes interessadas passam a se unir como uma cooperativa. Essa forma de organização acarreta em vários benefícios em comparação com o atual modelo de energia elétrica, a exemplo: expansão na busca por formas energéticas alternativas, redução nos gastos com a distribuição da atual matriz energética, produção de energia sem altos impactos ambientais, entre outros (ANTONIOLLI et al., 2018).

3.2 Energia Eólica

3.2.1 Aspectos Gerais

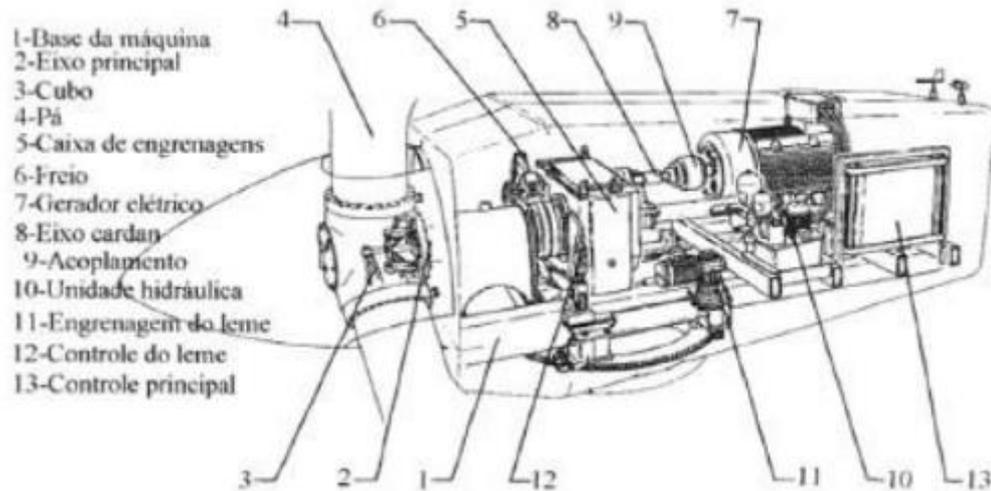
Energia eólica é uma forma renovável de aproveitamento energético que utiliza o ar em movimento. Nesse sistema, as correntes de vento são responsáveis por girar um conjunto de hélices acopladas a um gerador que promove a transformação dessa energia cinética em eletricidade (DÍAZ et al., 2015). Além das características intrínsecas da variabilidade espaço-temporal das componentes de velocidade dos ventos, fatores como o comprimento das hélices, a dimensão do gerador e o rendimento do sistema influenciam fortemente o potencial de eletricidade gerado em todo processo (CARRASCO- DÍAZ et al., 2015; TRAPP e RODRIGUES, 2016). A produção de energia eólica pode ser considerada uma fonte energética de baixo impacto ambiental, quando comparado as demais, e como um sistema alternativo para suprir energeticamente locais onde a rede de distribuição convencional é falha ou ausente (CARRASCO- DÍAZ et al., 2015). Os três principais impactos ambientais negativos desse sistema energético, citados na literatura, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Levantamento dos principais impactos negativos associados à energia eólica.

Impactos negativos	Descrição	Fonte
Poluição sonora	O elevado zumbido observado na turbina eólica em atividade promove desconforto sonoro na população que reside nas áreas de entorno.	Bakker et al. (2012)
Intrusão visual	A instalação das turbinas eólicas é responsável por alterar visualmente a dinâmica no ambiente em que as mesmas se encontram inseridas.	Nunes (2003)
Mortandade de aves	Algumas turbinas eólicas podem estar inseridas em zonas que fazem parte da rota migratória de algumas espécies aviárias. Sob condições de nebulosidade, algumas aves colidem em alguma parte da estrutura, principalmente nas hélices. Esse fato pode se tornar um sério problema na redução da biodiversidade, caso a energia eólica seja implementada em grandes áreas.	Wang et al. (2015)

As turbinas eólicas (também chamadas de aerogeradores) recebem uma classificação conforme o eixo de movimento da hélice, sendo elas: turbina eólica de eixo horizontal (TEEH) e turbina eólica de eixo vertical (TEEV). A maior parte das turbinas eólicas, utilizadas para gerar eletricidade em atividade nos dias de hoje, apresenta eixo de rotação na posição horizontal (RODRIGUES et al., 2015). As pás da turbina de eixo horizontal, que estão em contato direto com o vento, são acopladas por meio de flanges em um suporte de metal chamado de cubo. Ambos (as pás e o cubo) formam o denominado rotor eólico do aerogerador. O resultado da interação das pás da turbina com a corrente eólica que atravessa a área do rotor deve ser a maior possível, no intuito de obter uma maior potência e, conseqüentemente, maior aproveitamento energético (RODRIGUES et al., 2015). As componentes podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2 - Componentes de uma turbina eólica no interior da nacele.



Fonte: Nunes (2003)

De acordo com Salino (2011), a torre é responsável por sustentar e manter os rotores na altura adequada; o nacele é uma estrutura que serve para abrigar o gerador, a caixa de engrenagens e o sistema de controle; o número de pás de um aerogerador é função da capacidade de energia que elas conseguem capturar. A velocidade angular dos aerogeradores apresenta normalmente uma magnitude de 20 a 150 RPM e uma velocidade de trabalho dentro de 1200 e 1800 RPM, sendo necessário um mecanismo de engrenagens (multiplicador de velocidade) que permitirá a conexão e a geração de eletricidade. Esta, por sua vez, é enviada por cabos contidos no interior da torre que estão conectados a uma rede de energia (LIMA, 2009).

3.2.2 Breve histórico

A utilização dos recursos eólicos está associada desde início em que o ser humano realizava atividades básicas, como a secagem de roupas e ventilação (BELLARMINE e URQUHART, 1996); com o período em que o vento passou a ser usado para auxiliar o transporte marítimo, por meio dos sistemas de velas (ABBASI et al., 2010); e quando os sistemas agrícolas começaram a ser desenvolvidos, com a moagem de grãos e o bombeamento de água (DUTRA, 2011). Acredita-se que os egípcios foram os pioneiros (2800 a.C.) no aproveitamento do movimento dos ventos para o desenvolvimento de sua civilização (ZEBRAL et al., 2012).

Segundo Fadigas (2011), registros documentados afirmam que os primeiros moinhos de vento foram encontrados na Pérsia, em meados de 200 a. C., com propósitos agrícolas e apresentando uma estrutura bastante arcaica, ainda mantida por eixos verticais. Esses moinhos

mais simples não eram tão eficientes, mas representaram um avanço na relação de aproveitamento da força eólica pela sociedade.

Com o desenvolvimento das civilizações, moinhos de vento com melhores estruturas físicas surgiram em pleno século XII (FADIGAS, 2011). Ainda de acordo com a autora, esses moinhos apresentavam um eixo de rotação horizontal e a primeira informação documentada registra o seu aparecimento no ano de 1180, em Duchy, Normandia. Essas estruturas de aproveitamento eólico para atividades simples persistiram até o final do século XII, quando os moinhos de vento de eixo horizontal do tipo holandês passaram a ganhar destaque na região Europeia, principalmente na Inglaterra, França e Holanda.

No século XVII, a Holanda foi o país da Europa onde os moinhos de vento ganharam uma maior relevância. Além das utilizações tradicionais (como a moagem dos grãos), essas estruturas passaram a ser utilizadas para a drenagem de terras, tendo em vista que a Holanda apresenta um vasto território abaixo da linha do mar (FADIGAS, 2011).

Após a grande crise do Petróleo e as buscas por geração alternativa de energia, as turbinas eólicas passaram a ser utilizadas para produção de eletricidade. Segundo Pinto (2013), o primeiro sistema básico de aproveitamento de vento para produção de energia elétrica foi desenvolvido por James Blyth e instalado na sua casa de campo em Mary Kirk, Laurencekirk, Reino Unido. Porém, o ponto de transição dos modelos básicos de moinho para a tecnologia que deu origem as turbinas no mercado atual foi devido ao cientista dinamarquês *Pour la Cour*, o mesmo utilizou uma corrente contínua gerada pela turbina para eletrólise e com técnicas de armazenamento, passou a fornecer eletricidade para locais rurais próximos (PINTO, 2013).

3.2.3 Cenário Brasileiro

De acordo com o Conselho Global de Energia Eólica (GWEC, 2015), o Brasil continuará apresentando um mercado promissor de energia eólica até 2020 e encontra-se, no ranking global, dentre a décima posição em termos de capacidade instalada. Ainda segundo o referido Conselho, espera-se que o sólido crescimento da indústria eólica brasileira continue, uma vez que o governo brasileiro, juntamente com a indústria eólica, estabeleceu uma meta para atingir 24 GW de energia eólica até 2024, cobrindo 11% da capacidade de geração do Brasil. A energia eólica já contratada para 2019 elevaria a capacidade instalada total para 18,67 GW. O governo brasileiro tem promovido subsídios para a participação do setor industrial eólico na produção de energia, por meio de programas federais, como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), gerenciado pelas Centrais Elétricas

Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), instituído pela Lei n. 10.438, de 26 de abril de 2002, e revisado pela Lei n. 10.762, de 11 de novembro de 2003 (BRASIL, 2002).

Em termos totais, a capacidade eólica do Brasil ficou em 8,72 GW, distribuídos por 349 parques eólicos, representando um investimento total de 50 bilhões de reais. O setor emprega mais de 41 mil pessoas, fornece eletricidade para cerca de 15 milhões de residências e reduziu as emissões de CO₂ em cerca de 16 milhões de toneladas, demonstrando os importantes benefícios econômicos, sociais e ecológicos que a indústria eólica brasileira traz para o país (GWEC, 2015). Ainda segundo o Conselho, os principais novos parques eólicos que entraram em operação em 2015 foram:

- Complexo *Ventos de Santa Joana*: localizado no Piauí, com capacidade de 439 MW distribuídos em 15 parques eólicos (investidores: CHESF, Contour Global e Cubico);
- Complexo de *Santa Brígida*: localizado em Pernambuco, com capacidade de 182 MW distribuídos em 7 parques eólicos (investidor: Cubico);
- Complexo *Campo Neutro*: localizado no Rio Grande do Sul e constituído pelos 7 parques eólicos *Chui* com capacidade de 162 MW; e 11 parques eólicos no complexo *Verace* com capacidade de 163 MW (investidor: Eletrosul).

A Tabela 2 refere-se à capacidade instalada por estado no final de 2015. Por meio de sua análise, observa-se que Nordeste Brasileiro é um ambiente propício para atrair capital e investimento em parques eólicos, como ocorre por meio de alguns programas subsidiados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Devido à localização geográfica, essa região apresenta elevados padrões em termos de qualidade e velocidade dos ventos (JUÁREZ et al., 2014).

Tabela 2 - Capacidade instalada por estado brasileiro no final de 2015.

Estado	Capacidade Instalada (em MW)	Número de parques eólicos
Bahia	1618,9	62
Ceará	1304,3	47
Paraíba	69	13
Pernambuco	377,3	19
Piauí	705,1	25
Paraná	2,5	1
Rio de Janeiro	28,1	1
Rio Grande do Norte	2779,6	100
Rio Grande do Sul	1557,7	66
Santa Catarina	238,5	14
Sergipe	34,5	1
Total	8715,5	349

Fonte: GWEC (2015)

3.3 Ciências Cartográficas e Geociências

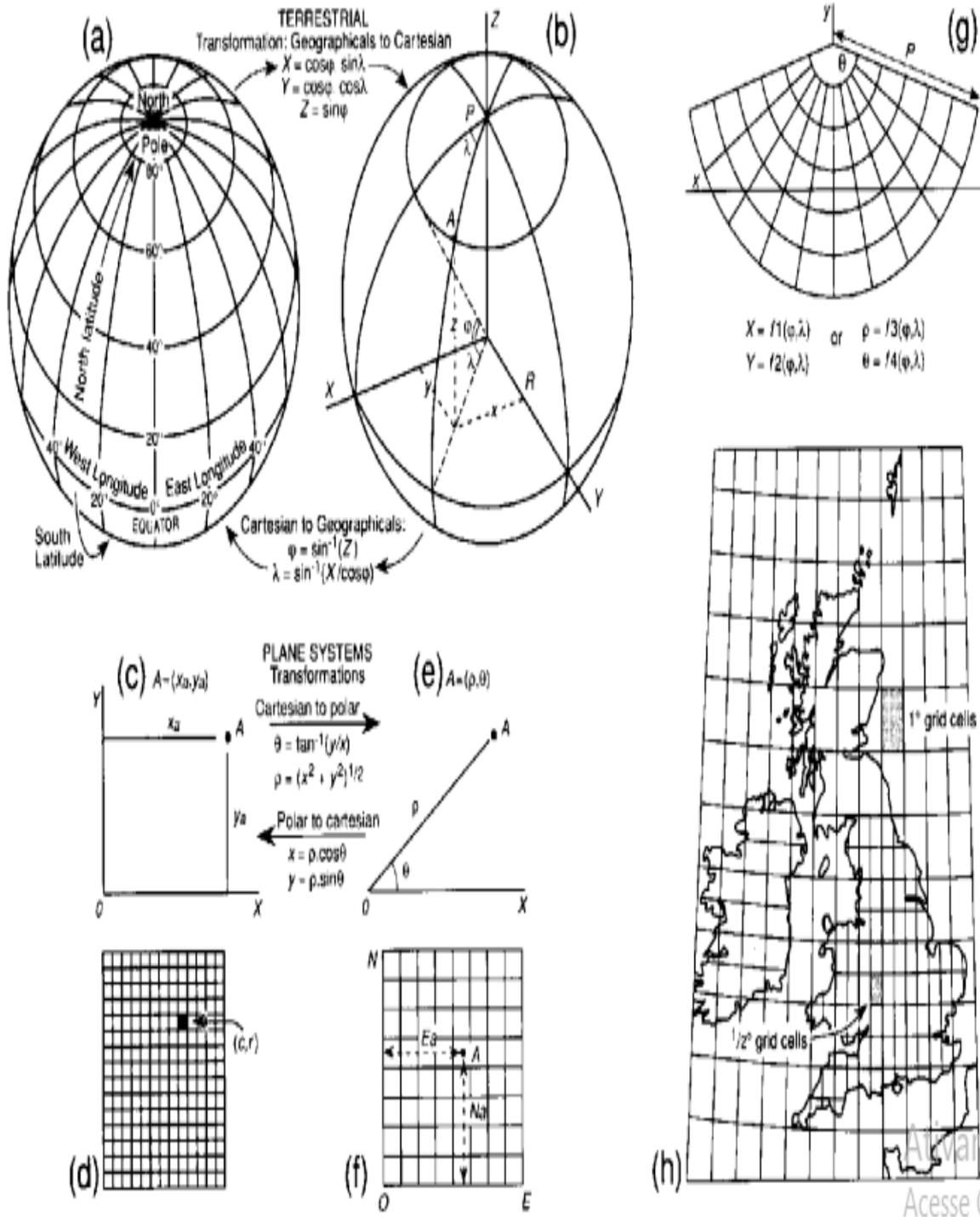
3.3.1 Sistemas de Referência e Projeções Cartográficas

De acordo com o IBGE (1998), a Cartografia é um conjunto de estudos e operações científicas, tendo como base os resultados das observações diretas ou análises, visa a elaboração de mapas ou outras expressões gráficas.

Define-se por Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) o conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país. Em outras palavras é o sistema ao qual estão referenciadas todas as informações espaciais no Brasil (IBGE, 1998).

MAGUIRE et al. (1991), mostra alguns dos sistemas de referências mais importantes para a Cartografia e SIG (Figura 3).

Figura 3 - Diferentes sistemas de coordenadas para Cartografia e SIG.



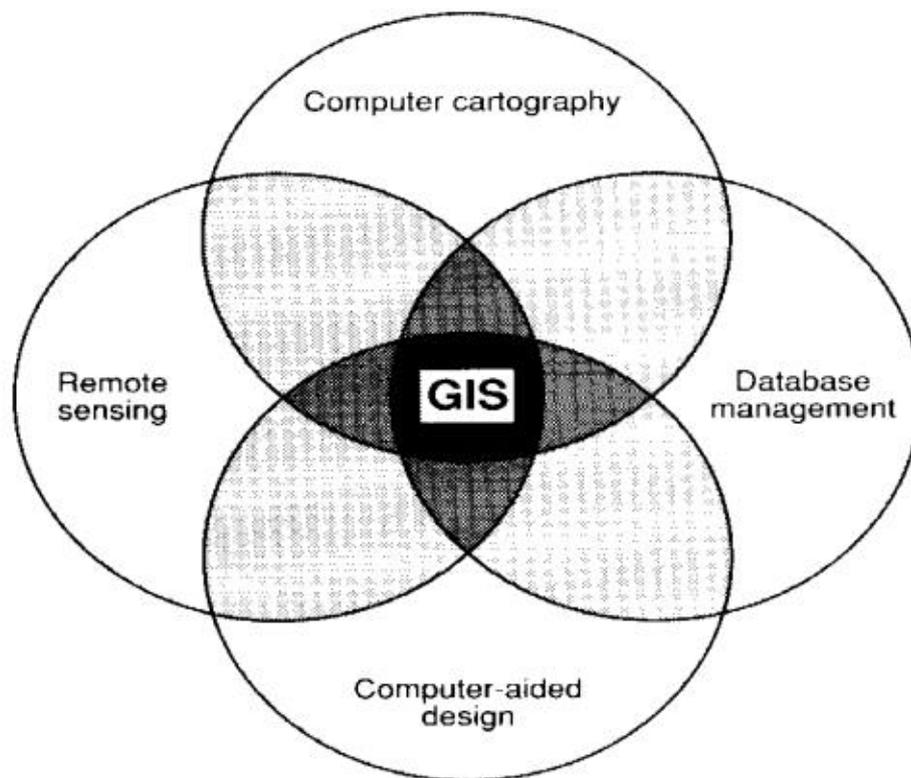
Fonte: Maguire et al. (1991)

3.3.2 Geoprocessamento

De acordo com CÂMARA et. al. (2001), o termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que se faz uso de técnicas matemáticas e computacionais para o processamento da informação geográfica e vem influenciando as áreas da Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Energia, Transporte, Planejamento Urbano e Regional.

MAGUIRE et al. (1991) sintetiza a relação do SIG com as outras áreas (Figura 4).

Figura 4 - Relações interdisciplinares entre SIG e outras áreas.



Fonte: Maguire et al. (1991)

3.3.3 Cartografia Temática

Segundo GEORGE (1970), a Cartografia Temática é o instrumento de expressão dos resultados adquiridos pela geografia, mas, ela própria é uma técnica que pode ser aplicada para projetar no espaço qualquer noção ou ação que se torne necessária representar espacialmente sem que essa noção ou ação faça parte de um sistema de relações geográficas.

Segundo MOURA (1993), a cartografia temática é apresentada como instrumento de grande potencialidade para a caracterização de valores e elementos na síntese de dados na composição de perfis sobre os objetos analisados.

Todo mapa temático é composto por elementos fundamentais, uma base geográfica ou mapa base e uma cobertura contendo informações temáticas específicas (WOSNY, 2010).

3.4 Geodésia

3.4.1 Shuttle Radar Topography Mission – SRTM

A missão SRTM é um projeto comum entre a National Imagery and Mapping Agency (NIMA) e a National Aeronautics and Space Administration (NASA). O objetivo deste projeto foi produzir dados topográficos digitais para 80% da superfície terrestre do planeta (todas as áreas terrestres entre 60°N e 56°S), com pontos de dados localizados a cada 1 arco-segundo (aproximadamente 30 metros) grade de latitude / longitude. Este sistema de radar reuniu dados que resultaram no mapa topográfico mais preciso e completo da superfície da Terra que já foi montado (USGS).

Segundo MARTINS (2010), o SRTM foi o primeiro Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborado em larga escala, com alta qualidade de resolução espacial: SRTM 1 (1 arco de segundo ~ 30m), SRTM 3 (3 arcos de segundo ~ 90m) e SRTM 30 (30 arcos de segundo ~ 270m).

São imagens interferométricas que utilizam radar de abertura sintética (SAR), alternativo ao método estereoscópico tradicional (SANTOS et al., 2006). Possuem resolução horizontal de 90 metros e exatidão vertical altimétrica de 6 metros, sendo calibrados com pontos de controle no terreno e 16 metros, sem pontos de controle (RABUS et al., 2003).

3.4.2 Modelo Digital de Terreno (MDT)

Um modelo digital de terreno (MDT) pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície (ASSAD & SANO, 1998). Pode ser utilizado para representar informações de ordem econômica e social ou acerca do meio físico (ZANARDI, 2006). A criação de um modelo digital de terreno corresponde a uma nova maneira de focar o problema da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos é possível calcular volume, área, desenhar perfis e seções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar

mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais.

Entre alguns usos do MDT, Burrough (1986) ressalta:

- Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas e perfis topográficos;
- Análises de corte e aterro para projetos de estradas e barragens;
- Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- Elaboração de mapas de declividade;
- Apresentação tridimensional

3.5 Legislação

3.5.1 Assentamentos Rurais

(BERGAMASCO & NORDER, 1996) afirmam que os assentamentos rurais podem ser definidos como a criação de novas unidades de produção agrícola, por meio de políticas governamentais, visando o reordenamento do uso da terra. Ainda conforme os autores, a busca de novos padrões sociais na organização do processo de produção agrícola: (a) projetos de colonização; (b) reassentamento de populações atingidas por barragens; (c) planos estaduais de valorização das terras públicas e de regularização possessória; (d) programas de reforma agrária; e (e) criação de reservas extrativistas.

FURTADO (2000), diz respeito à instalação de novas propriedades agrícolas, como resultado de políticas públicas, objetivando uma redistribuição de terras menos concentradora, cujos envolvidos são os trabalhadores rurais sem-terra e aqueles com pouca terra. O termo assentamento, introduzido pelos órgãos oficiais, dá ideia de alocação, de fixação dos trabalhadores na agricultura, daí o surgimento de uma nova categoria no espaço rural, o assentado. Esta terminologia tenta ocultar uma ação anterior dos trabalhadores que lutaram com denodo pelo direito a terra.

Os assentamentos rurais podem ser inicialmente definidos como novas unidades de produção que, no nível local ou regional, reordenam, em vários sentidos, o sistema de propriedade e uso das terras, estabelecem outros padrões sociais de produção agrícola e, por vezes, criam novas dinâmicas econômicas e sociais (BERGAMASCO; NORDER, 1996, MEDEIROS et al., 2002, MARTINS, 2003). Resultam,

ao mesmo tempo, das lutas e dos conflitos desencadeados pelos agricultores e trabalhadores rurais, por meio de suas organizações e movimentos, e das políticas e iniciativas governamentais que buscam acomodar as demandas desses movimentos sociais e normatizar regras de acesso à terra (MEDEIROS, 2002).

Leite et al. (2004) explicam que o termo assentamento rural engloba uma importante diversidade de situações com origens e características que variam de acordo com o contexto histórico em que se inserem essas unidades de produção. Da mesma forma, também são diversificados os beneficiários diretos dos assentamentos de reforma agrária.

3.5.2 Comunidades Quilombolas

A nomeação oficial do seguimento social como quilombo, é dada a partir dos artigos 68, 215 e 216 da Constituição Federal de 1988, que procura assegurar os direitos de remanescente aos afrodescendentes e define como responsabilidade do Estado a emissão dos direitos fundiários dessas comunidades, instituído no Ato das Disposições Constitucionais Transitórias (ADCT), no artigo 68: “Aos Remanescentes das Comunidades dos Quilombos que estejam ocupando suas terras é reconhecida a propriedade definitiva, devendo o Estado, emitir-lhes os respectivos títulos”. Garantindo também os direitos culturais, definindo como responsabilidade do Estado a proteção das “manifestações das culturas populares, indígenas e afrodescendentes”.

O artigo 215 da CF/88 estabelece em seu § 1º que “o Estado protegerá as manifestações das culturas populares, indígenas e afro-brasileiras, e das de outros grupos participantes do processo civilizatório nacional”. Já o artigo 216 da CF/88, dispõe em seu § 5º que “Ficam tombados todos os documentos e os sítios detentores de reminiscências históricas dos antigos quilombos”.

Segundo Almeida (2000), há as chamadas “terras de preto ou terras de santo”, que indicam uma territorialidade derivada da propriedade detida em mãos de ordens religiosas, da doação de terras para santos e do recebimento de terras em troca de serviços religiosos prestados a senhores de escravos por negros sacerdotes de cultos religiosos afro-brasileiros. Para Leite (2000), o quilombo constitui questão relevante desde os primeiros focos de resistência dos africanos ao escravismo colonial, reaparece no Brasil/República com a Frente Negra Brasileira (1930/40) e retorna à cena política no final dos anos 70, durante a redemocratização do país.

A identidade étnica dos remanescentes de quilombos é recriada pela memória das lutas de seus antepassados, marca de uma conjuntura histórica e forma primeira do seu processo de construção social e de diferenciação face aos outros, que estruturou de forma complexa, as resistências à dominação no presente século. (CASTRO e ACEVEDO, 1998).

Os artigos 3º e 4º da Instrução Normativa nº 49 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) conceituam que:

Art. 3º. Consideram-se remanescentes das comunidades dos quilombos os grupos étnico-raciais, segundo critérios de auto definição, com trajetória histórica própria, dotados de relações territoriais específicas, com presunção de ancestralidade negra relacionada com a resistência à opressão histórica sofrida.

Art. 4º. Consideram-se terras ocupadas por remanescentes das comunidades de quilombos toda a terra utilizada para a garantia de sua reprodução física, social, econômica e cultural.

O artigo 5º da Instrução Normativa nº49 estabelece as competências:

Art. 5º. Compete ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA a identificação, o reconhecimento, a delimitação, a demarcação, a desintrusão, a titulação e o registro imobiliário das terras ocupadas pelos remanescentes das comunidades dos quilombos, sem prejuízo da competência comum e concorrente dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

3.5.3 Hidrografia

A hidrografia é estabelecida pelo Código Florestal (art. 2º), no qual atribui Área de Preservação Permanente as bordas dos rios e ao redor de nascentes naturais. De acordo com o art. 2º do Código Florestal, tem-se:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será: (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; (Incluído pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

3.5.4 Áreas de Proteção Ambiental (APA)

De acordo com a resolução nº 010 de 14 de dezembro de 1998 do Conama, o Art 1º ressalta que APA são unidades de conservação, destinadas a proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhoria da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais.

3.5.5 Rodovias e Ferrovias

As Faixas de Domínio são consideradas as áreas de terras determinadas legalmente por decreto de utilidade pública para uso rodoviário sendo ou não desapropriadas, cujos limites foram estabelecidos em conformidade com a necessidade prevista no projeto de engenharia rodoviária (CARDOSO, 2013).

As Áreas Non Aedificandi, diferentemente das Faixas de Domínio, são as faixas de terra com largura de 15 (quinze) metros, contados a partir da linha que define a faixa de domínio da rodovia. Estas áreas foram estabelecidas pela Lei Federal para Parcelamento do Solo n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979, ratificada pela Lei Estadual n.º 6.063, de 24 de maio de 1982.

A faixa de domínio de ferrovias, de acordo com o art. 4º, III, da Lei n.º 6.766/1979, deve preservar ao menos 15 (quinze) metros não edificáveis de cada lado da via.

3.5.6 O Setor Elétrico Brasileiro (SEB)

De acordo com Luz (2011), o Brasil possui um sistema elétrico que pode ser considerado único no âmbito mundial devido ao seu tamanho e características, que possui um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidroelétricas e múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional (SIN) é formado por empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte. Apenas 3,4% da capacidade de produção de eletricidade do país não integram o SIN e consistem em pequenos sistemas isolados, localizados, principalmente, na região amazônica (Amazonas, Roraima e Amapá) (ONS, 2018).

Como a maioria dos setores elétricos no mundo, o (SEB) constituía-se como monopólio estatal até a década de 1990. As empresas eram verticalizadas, detendo as atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, com um mercado completamente regulado, incluindo tarifas para todos os segmentos (CCEE, 2010). Só no início da década de 1980, em meio a um período de forte recessão e inflação internas, o modelo estatal de financiamento setorial começou a apresentar sinais de esgotamento (Pires & Piccinini, 1998).

Segundo Castro (2004), entre 1990 e 2002, uma parte significativa das empresas de distribuição (cerca de 84% de toda a energia distribuída) e uma parcela das empresas geradoras (em torno de 32% da potência instalada no país) foram vendidos à iniciativa

privada. A fim de permitir a competição entre os agentes de geração, foi possibilitado seu livre acesso ao sistema de transmissão e distribuição, assim como aos consumidores livres, e feita a homologação das regras de funcionamento do Mercado Atacadista Energia Elétrica (MAE), instituído pela Lei nº 9.648/1998 e pelo Decreto nº 2.655/1998 (Gomes et al., 2002).

Luz (2011) ressalta que através da promulgação da Lei nº 9.074/1995 inseriu-se a iniciativa privada no setor de geração de energia elétrica e estabeleceram-se os primeiros passos rumo à competição na sua comercialização e em 1996 foi implantado o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME). O Projeto teve como principal característica a criação, de acordo com as Leis nº 9.427/1996 e 9.648/1998, os Decretos nº 2.335/1997 e 2.655/1998 e a Resolução ANEEL nº 351/1998, de um órgão regulador (a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL), de um operador para o sistema elétrico nacional (ONS) e de um ambiente para a realização das transações de compra e venda de energia elétrica (o MAE), hoje denominado Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE (CCEE, 2010).

De acordo com Luz (2011), com o racionamento vivido nos anos de 2001 e 2002, houve a necessidade de uma proposta para um novo desenho institucional para o setor em 2003. O novo modelo institucional do setor exigiu, também, a criação de novos órgãos institucionais e a redefinição de funções. A estrutura atual está orientada para as funções de planejamento setorial, segurança de suprimento, regulação e fiscalização, contando com as instituições a seguir (Figura 5) (MME, 2003).

Figura 5 - Diagrama das instituições do Setor Elétrico Brasileiro (SEB).



Fonte: CCEE (2010).

4 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento dos procedimentos metodológicos foi baseado na análise geoespacial das áreas de estudo, com o intuito de verificar os possíveis impedimentos para a implantação de UFV e EOL. A priori, se fez uso do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, no qual possui dados do projeto Topodata, que foram elaborados a partir dos dados do SRTM, disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS).

Para a análise prévia de radiação local, os dados base foram da família de satélites meteorológicos, o METEOSAT, a partir do seu produto Surface Radiation Data Set-Heliosat (SARAH-2), disponibilizado pela CM SAF. Na análise prévia da velocidade média anual do vento, fez-se uso do Atlas Eólico Brasileiro, disponibilizado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), com simulações para o ano de 2013. Para a identificação de UFV e EOL vizinhas, foi consultado o banco de dados da ANEEL, na qual possui um Portal de Geoprocessamento (SIGEL) e tem disponível as informações pertinentes ao Sistema Elétrico Brasileiro, incluindo as Centrais Eólicas, Usinas Fotovoltaicas e Linha de Transmissão.

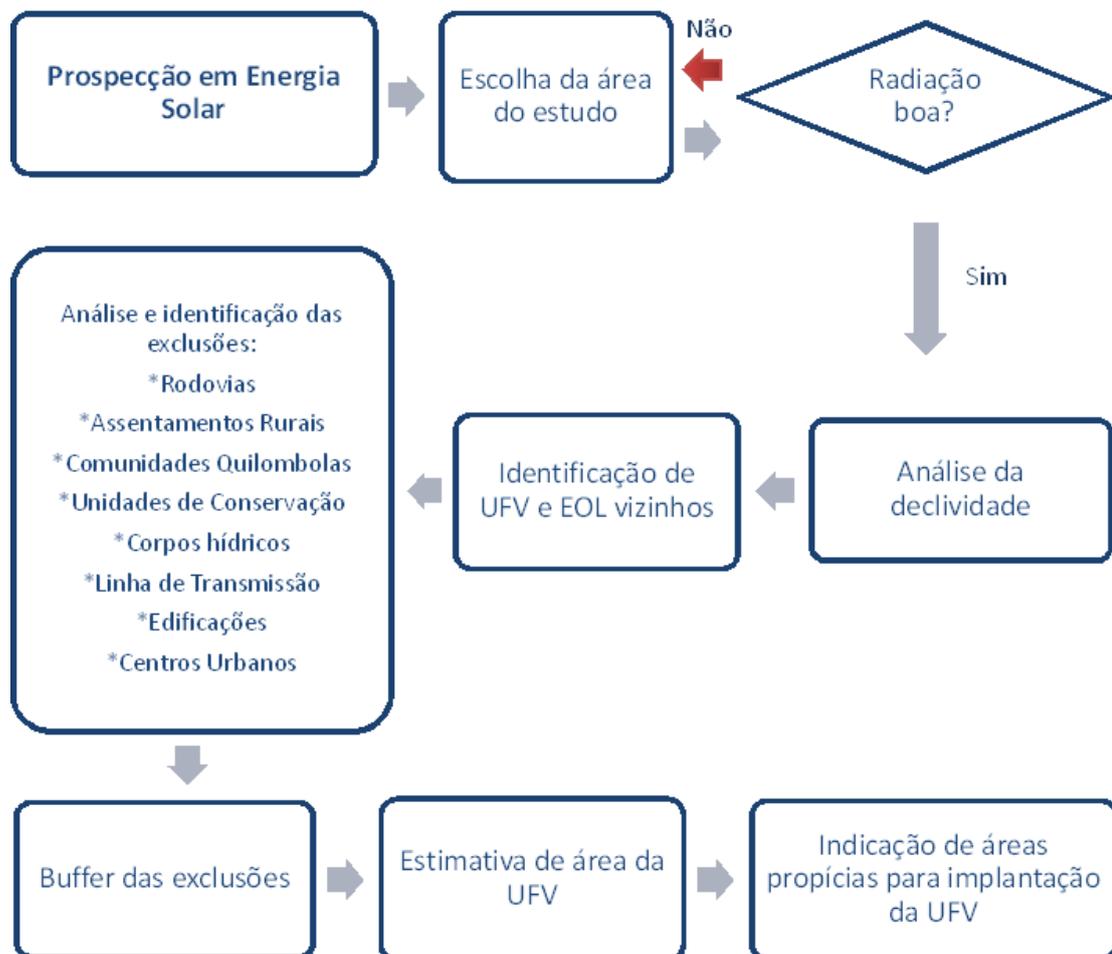
Foi realizada uma análise dos impedimentos legais e ambientais, dispondo do banco de dados do INCRA para a obtenção dos Assentamentos Rurais e Comunidades Quilombolas. As Unidades de Conservação foram adquiridas no Banco de dados do CPRM. A hidrografia a priori, se fez uso dos dados da Agência Nacional das Águas (ANA). Para a identificação da malha ferroviária e rodoviária, fez-se uma consulta ao Departamento de Estradas e Rodagens dos estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará (DER-PE, DER-PB e DER-CE), adquirindo os mapas rodoviários dos respectivos estados. Para o estudo do uso do solo ou rugosidade, foram adquiridas as imagens disponíveis do GlobeLand30, no qual é um projeto chinês que fez uso de imagens do satélite Landsat.

Os demais impedimentos foram analisados através das imagens de satélite do Google Earth, com o auxílio de imagens temporais e fotoidentificação, foi possível extrair as edificações e centros urbanos, áreas alagáveis, rios, corpos d'água, rodovias, ferrovias e conseqüentemente, a posteriori, as áreas disponíveis para implantação da UFV e da EOL. Os softwares utilizados na manipulação da análise e tratamento dos dados foram o QGIS e o Google Earth.

4.1 Energia Solar

Para a prospecção solar, foram escolhidas duas áreas de estudo um pouco distintas, de forma que abrangesse um quantitativo maior de impedimentos a implantação da UFV. Os processos metodológicos vão desde a escolha e delimitação do local da área de estudo até a indicação das áreas propícias a implantação da UFV. As etapas são apresentadas sistematicamente no Fluxograma 1 (Figura 6).

Figura 6 - Fluxograma da Metodologia.

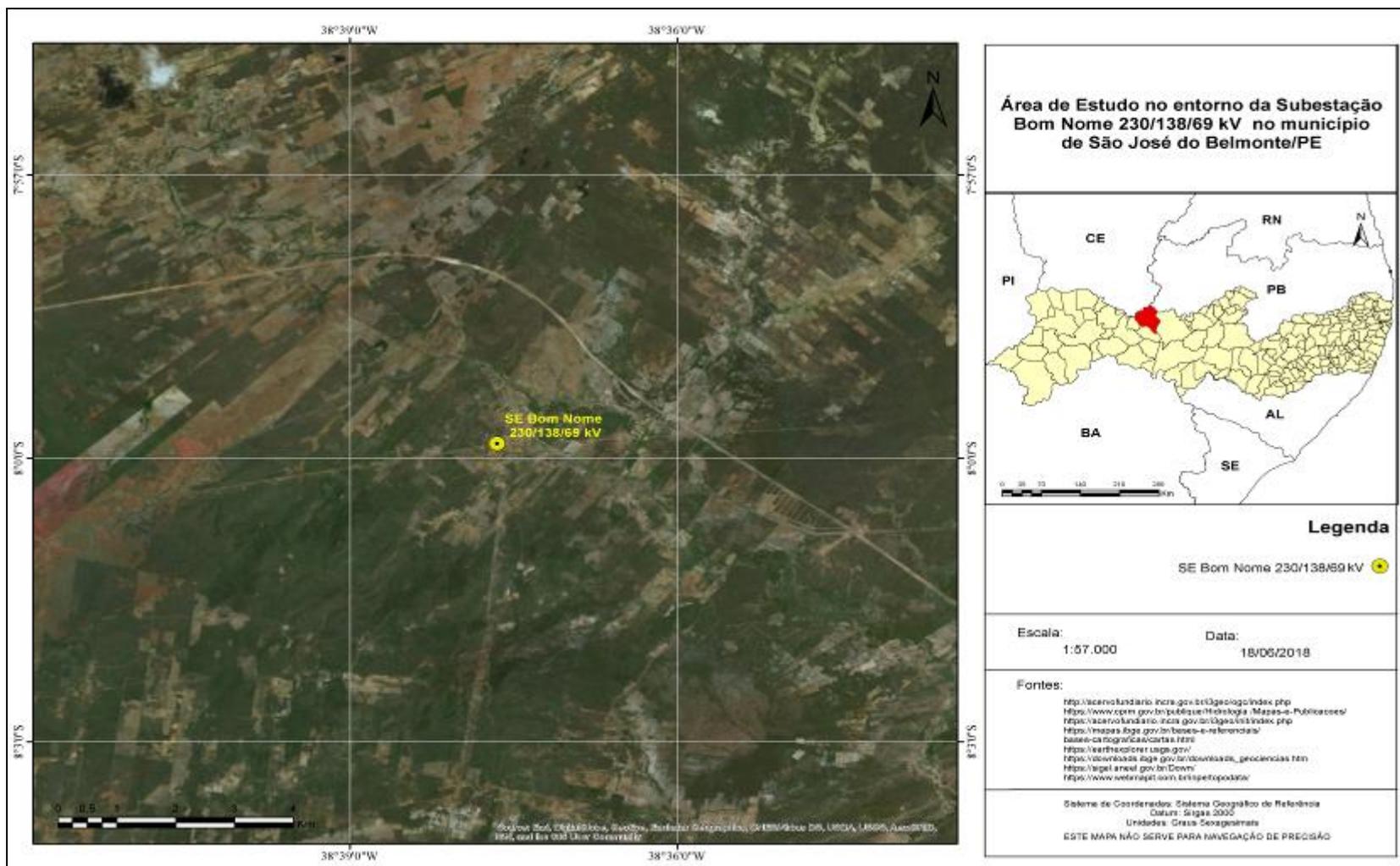


Fonte: Autor

4.1.1 Área de estudo

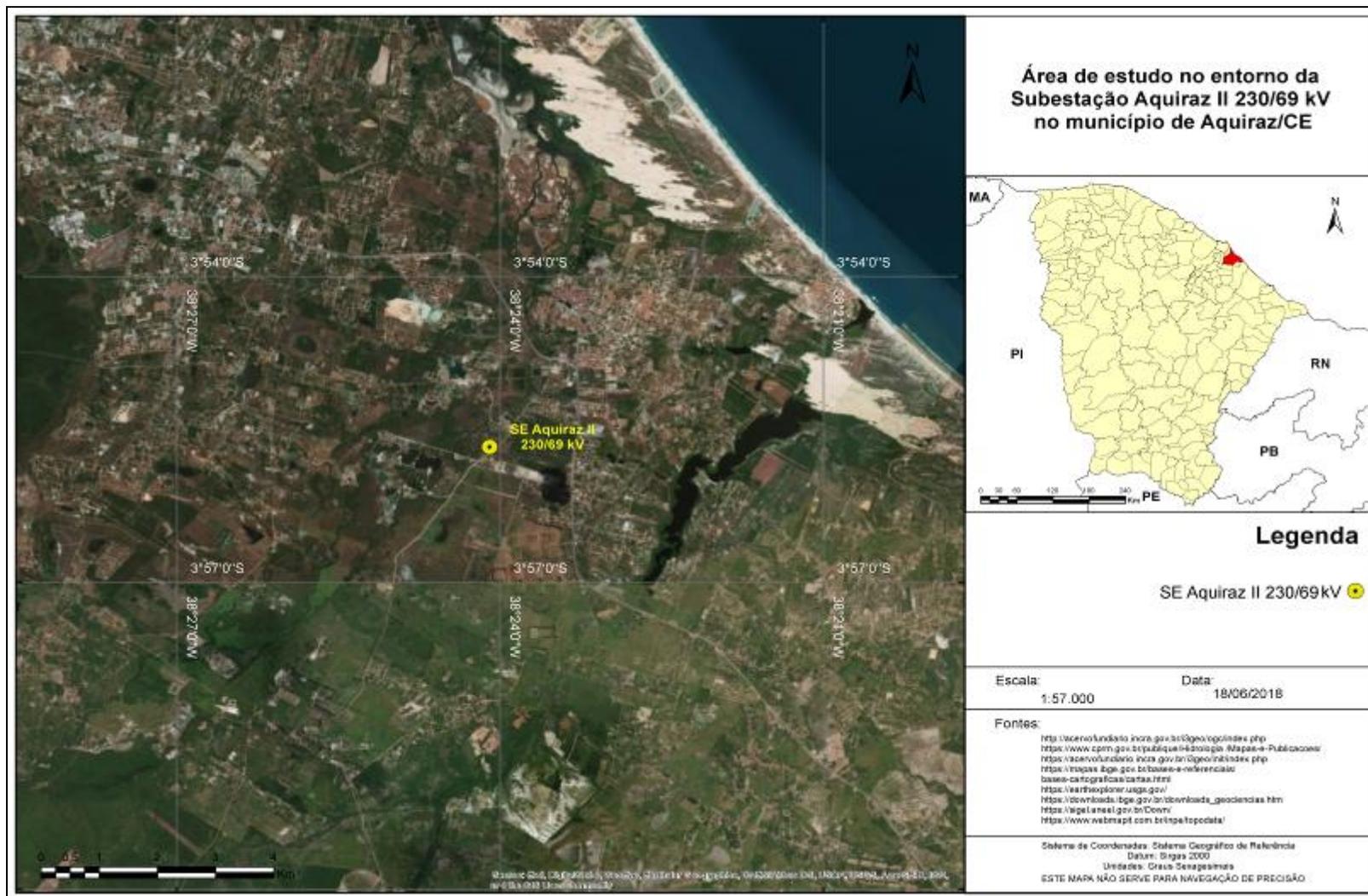
Para a realização da prospecção de energia solar, foram-se escolhidas duas áreas para o estudo, uma nos municípios de José do Belmonte e Serra Talhada, no estado de Pernambuco (Figura 7) e a outra nos municípios de Aquiraz e Eusébio, no estado do Ceará (Figura 8). Ambas as áreas foram selecionadas a partir de uma subestação do município, nas quais foram delimitados um raio de 8km para o estudo da área. Em São José do Belmonte foi a Subestação Bom Nome (230kV), da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) e em Aquiraz foi a Subestação Aquiraz II (230kV), da Transmissora Delmiro Golveia S.A. (TGD).

Figura 7 - Área de estudo da prospecção Bom Nome.



Fonte: Autor

Figura 8 -Área de estudo da prospecção Aquiraz.



Fonte: Autor

4.1.2 Radiação

A radiação do local é um dos fatores primordiais para implantação da UFV. Foi utilizado como base a climatologia do satélite meteorológico METEOSAT, seu produto Surface Radiation Data Set -Heliosat (SARAH-2), disponibilizado pela CM SAF para as áreas de Bom Jesus da Lapa e Aquiraz.

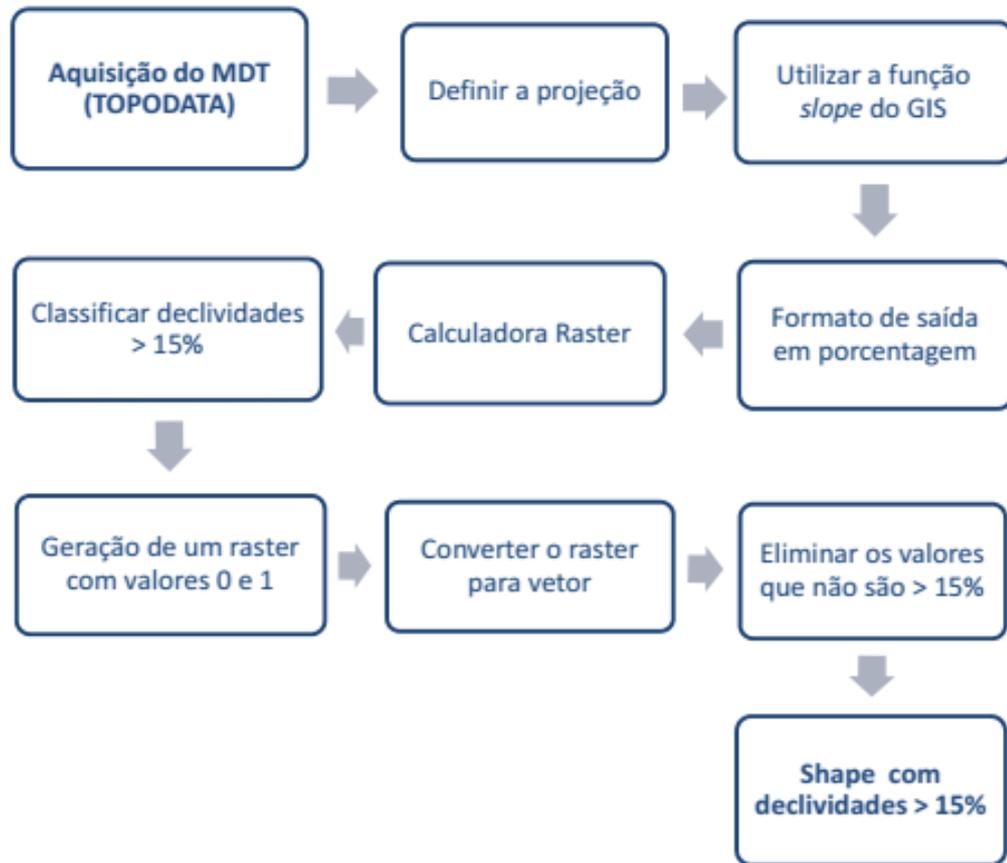
4.1.3 Análise da declividade

A topografia do local é um dos fatores determinantes para a escolha do terreno, sendo necessário ter o conhecimento das declividades presentes na região de estudo. Fazendo-se uso de trackers (seguidores solares), os mesmos suportam declividades de até 15%. A partir do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA), por meio do projeto TOPODATA, foram-se adquiridos os MDT das áreas de São José do Belmonte e Aquiraz. Para a região de São José do Belmonte, utilizou-se as cartas de nomenclatura 07S39_ZN e 08S39_ZN e para Aquiraz, utilizou-se as cartas de nomenclatura 03S39_ZN e 04S39_ZN.

Após a aquisição das cartas, faz-se necessária a análise da declividade a partir do MDT que está no formato RASTER. A partir da função *slope* do *software* QGIS, tem-se como saída do arquivo raster, com informações de declividade, podendo apresentada ser em graus ou em porcentagem. Para o trabalho em questão, adotou-se a declividade em porcentagem.

Após este procedimento, obtiveram-se todas as declividades presentes no MDT. Como o tracker admite até uma declividade de 15%, fez-se necessário utilizar a calculadora raster para extrair os valores acima de 15%, visto que tais valores serão considerados como exclusões da prospecção solar. Tendo-se apenas os valores superiores a 15% no formato raster, houve a necessidade de realizar uma transformação para o formato vetorial. Com os dados de declividade acima de 15% no formato vetorial, tem-se a primeira exclusão da prospecção, foi finalizado a etapa de análise de declividade. O fluxograma (Figura 9) aborda sistematicamente como foi realizado o procedimento.

Figura 9 - Fluxograma para a análise da declividade.



Fonte: Autor

4.1.4 Identificação de Central Geradora Solar Fotovoltaica Vizinha

O reconhecimento de UFV vizinha é de suma importância e se enquadra nas exclusões do projeto. A identificação das UFV se dá por meio do banco de dados da ANEEL, que é o órgão responsável pela geração de energia do Brasil. A ANEEL possui um portal de geoprocessamento que contém informações geográficas a respeito do sistema elétrico brasileiro, que é o SIGEL. A partir do SIGEL, foram-se adquiridos os arquivos em formato vetorial (*shape*) das UFV de todo o Brasil.

Com os dados das UFV do Brasil adquiridos, extraíram-se apenas as que estavam presentes na área de estudo. O arquivo vetorial encontrou-se no formato de pontos e continha as informações pertinentes a UFV (Figura 10). Mesmo sendo um arquivo pontual, estimou-se um polígono proporcional a potência da UFV.

Figura 10 - UFV e suas respectivas informações.



Bom Nome V	
Nome	Bom Nome V
UF	PE
Ato Legal	DSP 1895/2015
Proprietário	Central Geradora Fotovoltaica Bom Nome Ltda.
OBS	
Latitude (GMS)	8°0'31"S
Longitude (GMS)	38°35'1"W
Início Operação	
CEO	UFVRSPE033821-4
SHAPE	Point
Processo ANEEL	48500.001688/2015-25
Tipo do Combustível	Radiação Solar
CNPJ	
Município	Serra Talhada
Potência (kW)	28725
Data da atualização	3/7/2018 1:02:21 PM
Potência Fiscalizada (kW)	
Código do Município	2613909
ID Empreendimento	33821
Estágio	DRO
Classificação do Combustível	Solar
Destino Energia	PIE

Fonte: SIGEL, 2018.

4.1.5 Identificação de Parques Eólicos Vizinhos

Apesar de ser uma prospecção solar, é importante ressaltar a identificação de parques eólicos vizinhos, devendo-se levar em conta a sombra que os aerogeradores podem fazer sobre os painéis solares. A identificação da Central Geradora Eólica (EOL), semelhantemente as UFV, se dá por meio do SIGEL. No SIGEL encontram-se disponíveis os aerogeradores e os parques eólicos válidos de todo o Brasil.

Com os dados das EOL do Brasil adquiridos, extraíram-se apenas as que estavam presentes na área de estudo. Os arquivos vetoriais encontraram-se no formato de pontos e continha as informações pertinentes aos aerogeradores (Figura 11) e aos parques eólicos (Figura 12).

Figura 11 - Aerogerador e suas respectivas informações.



WEC - 13	
Beberibe	
Nome	Beberibe
Potência	0.8
Altura Total	99
Diâmetro do Rotor	48
Denominação do Aerogerador	WEC - 13
Proprietário	Eólica Beberibe S.A.
Atualização	10/21/2015 1:45:40 PM
Operação Comercial	SIM
Altura da torre	75
E	601989.9758
N	9536747.8534
Datum	SAD 69
Fuso	UTM 24S (MER -39)

Fonte: SIGEL, 2018.

Figura 12 - Parque eólico e respectivas informações.



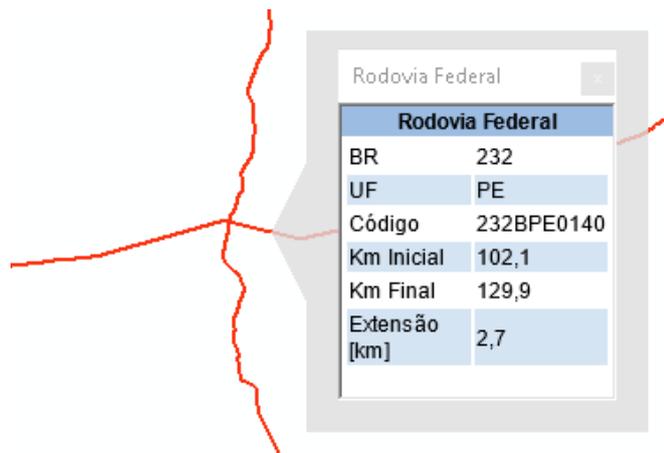
Beberibe	
Beberibe	
Nome	Beberibe
Código do Município	2302206
Município	Beberibe
UF	CE
Processo ANEEL	48500.000982/2001-61 e 48500.007731/2007-56
Ato Legal	REA 31/08/2011, DSP 2806/2009, DSP 3521/2008, REA 1284/2008, DSP 2520/2007
Potência Outorgada (KW)	25600
Potência Fiscalizada (KW)	25600
Proprietário	Eólica Beberibe S.A.
Longitude (GMS)	38°4'35,6"W
Latitude (GMS)	4°11'37,1"S
Data da DRO	8/14/2007
Data de Vigência da DRO	
Estágio	Operação
CEG	EOLCVCE028174-3
Modalidade de Exploração	PIE
Atualização	9/25/2017 7:52:57 PM
Fuso	UTM 24S (MER -39)
Datum	SAD 69
ID Empreendimento	28174

Fonte: SIGEL, 2018.

4.1.6 Identificação das Rodovias

É necessária a identificação das rodovias presentes no projeto, visto que não se pode construir uma UFV sobre a rodovia. Para a prospecção, foram identificadas as Rodovias Federais e Estaduais. Para as Rodovias Federais, fez-se uso do *shape* disponível no Banco de Dados do DNIT, para o ano de 2015, de todas as Rodovias Federais do Brasil. O *shape* além das informações geográficas dispôs de informações referentes à rodovia (Figura 13).

Figura 13 - Rodovia Federal e respectivas informações.



Fonte: DNIT, 2015.

4.1.7 Assentamentos Rurais e Comunidades Quilombolas

A verificação da presença de Assentamentos Rurais e Comunidades Quilombolas deram-se a partir da consulta ao banco de dados do INCRA, disponibilizado na plataforma i3geo. Os dados disponíveis estão separados por estado, sendo adquiridos os dados referentes à Pernambuco e Ceará, e, por conseguinte, extraindo apenas os dados contidos na área da prospecção.

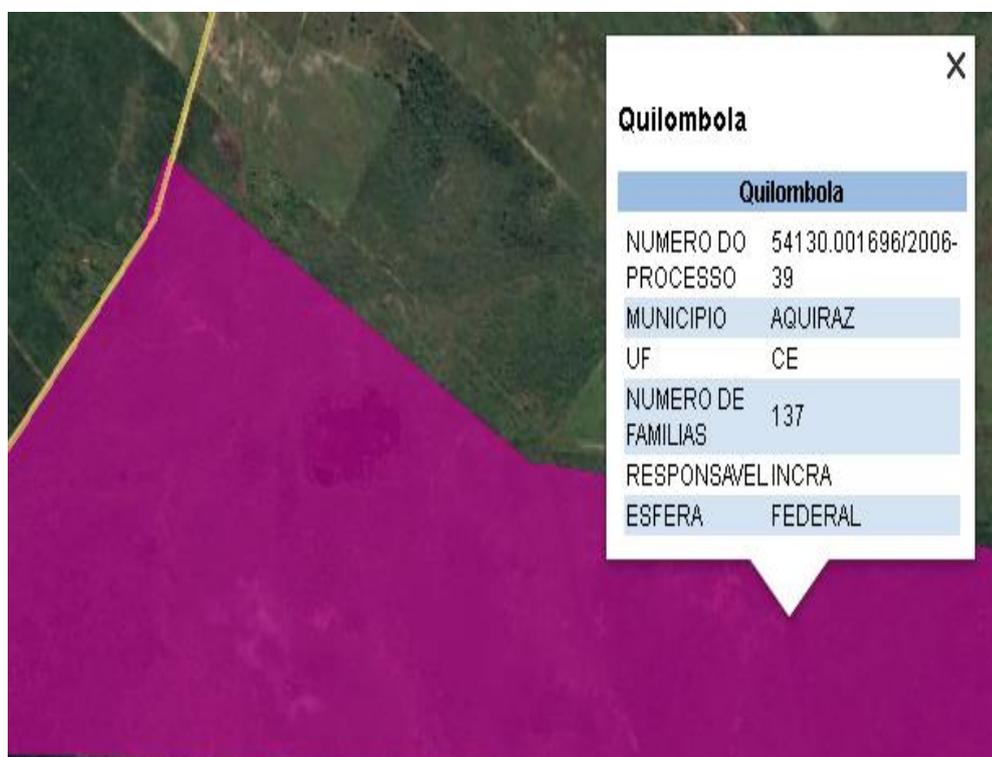
Os Assentamentos Rurais e as Comunidades Quilombolas foram identificados e considerados como exclusões neste trabalho. Os *shapes* adquiridos são georreferenciados e contêm as informações sobre as propriedades (Figura 14 e 15).

Figura 14 - Assentamento Rural e suas informações.



Fonte: INCRA, 2018.

Figura 15 - Comunidades Quilombolas e suas informações.



Fonte: INCRA, 2018.

4.1.8 Unidades de Conservação

Verificou-se também se havia a presença de Unidade de Conservação (UC) na área da prospecção. As UC's são áreas protegidas por lei e foram consideradas como exclusões neste projeto. As UC's foram adquiridas no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no qual é disponibilizado por estados. Extraíram-se apenas as UC's que se enquadravam na área de estudo. Os dados em formato *shapes* eram georreferenciados e continham as informações pertinentes a UC (Figura 16).

Figura 16 - UC e respectivas informações.

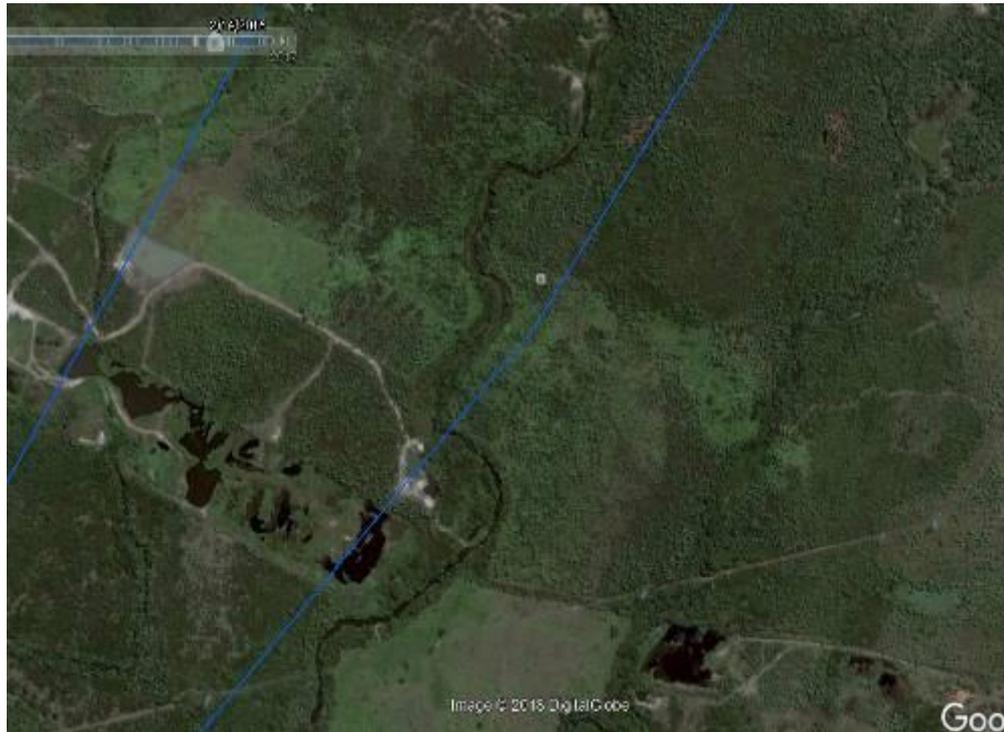


Fonte: CPRM, 2018.

4.1.9 Análise Hidrológica

Foi necessária a realização da análise hidrológica, sendo identificados os rios, os corpos d'água e as áreas alagáveis. As três feições foram consideradas como exclusões na prospecção. Em uma primeira instância, fez-se uma análise macro a partir do arquivo vetorial *shapefile* disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA). A análise foi macro, visto que a resolução do arquivo é baixa, não sendo possível identificar todos os rios presentes na área, porém, já serve como base para dar início a identificação dos mesmos (Figura 17).

Figura 17 - Rios identificados na escala da ANA.



Fonte: ANA, 2013.

A partir da base da ANA, ajustou-se manualmente o arquivo vetorial dos rios (Figura 18), como também acrescentou os rios que não apareceram por causa da baixa resolução.

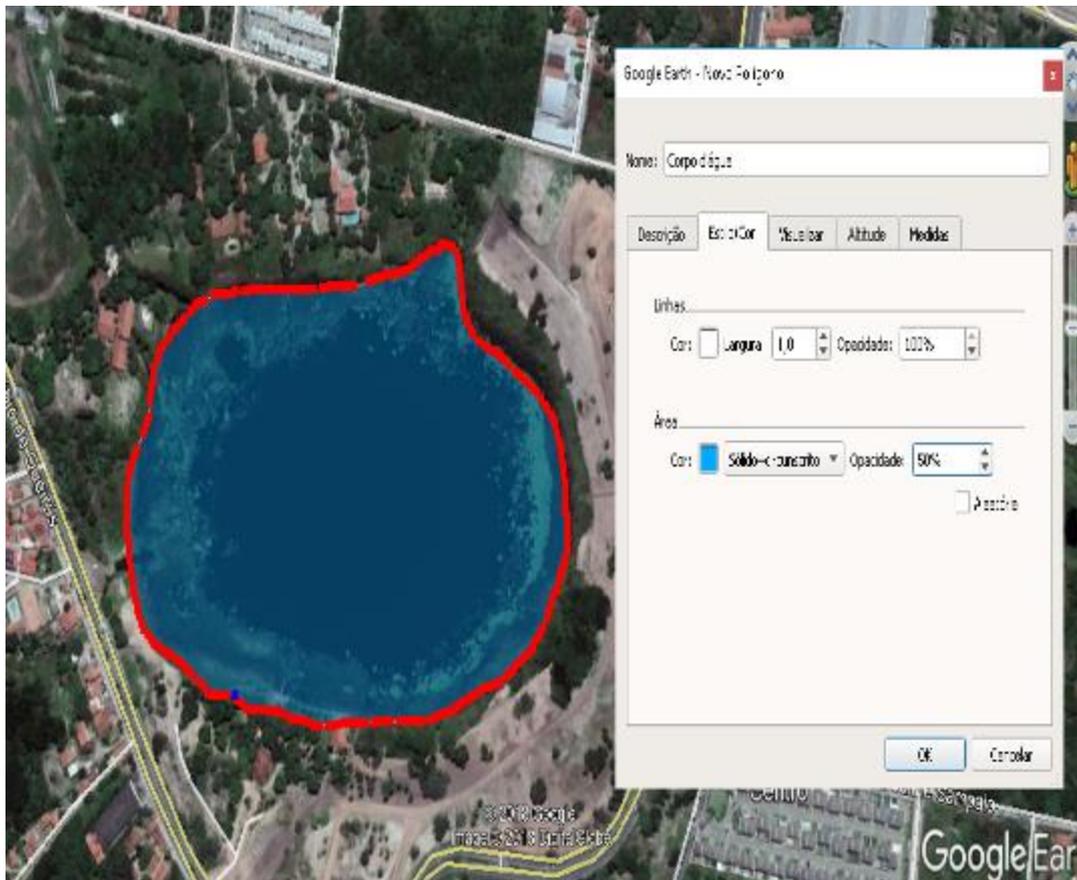
Figura 18 - Rios identificados e ajustados manualmente.



Fonte: Autor (Adaptado da ANA, 2013).

Os corpos d'água e as áreas alagáveis, foram analisadas e vetorizadas manualmente a partir das imagens do Google Earth, fazendo-se uso da fotoidentificação e análise temporal da região (Figuras 19 e 20).

Figura 19 - Corpo d'água identificado e manualmente vetorizado.



Fonte: Autor

Figura 20 - Área alagável identificada pela série de imagens históricas e vetorizada manualmente.

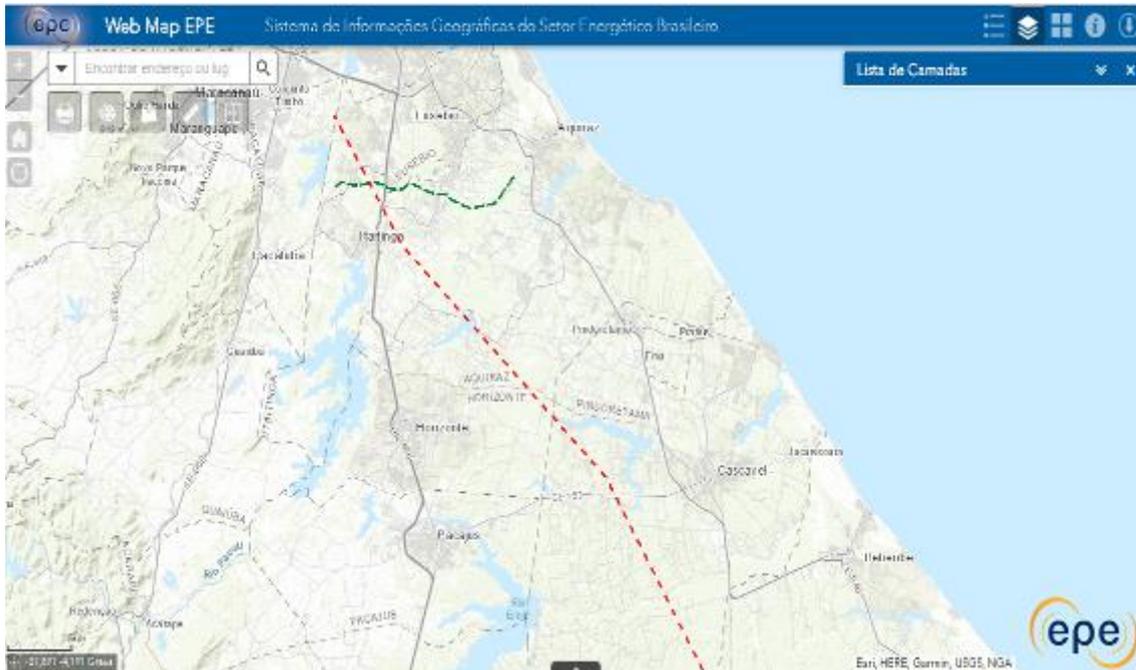


Fonte: Autor

4.1.10 Linha de Transmissão

As LT também foram levadas em consideração, visto que se deve respeitar a faixa de domínio, como também evitar a sombra causada por elas. As LT foram adquiridas através do Sistema de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro, em formato vetorial na forma de linha, em shapefile, sob a plataforma Web Map da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (Figura 21). Estão disponibilizadas todas as LT do Sistema Interligado Nacional (SIN) que são coordenadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Figura 21 - Interface do Web Map da EPE.

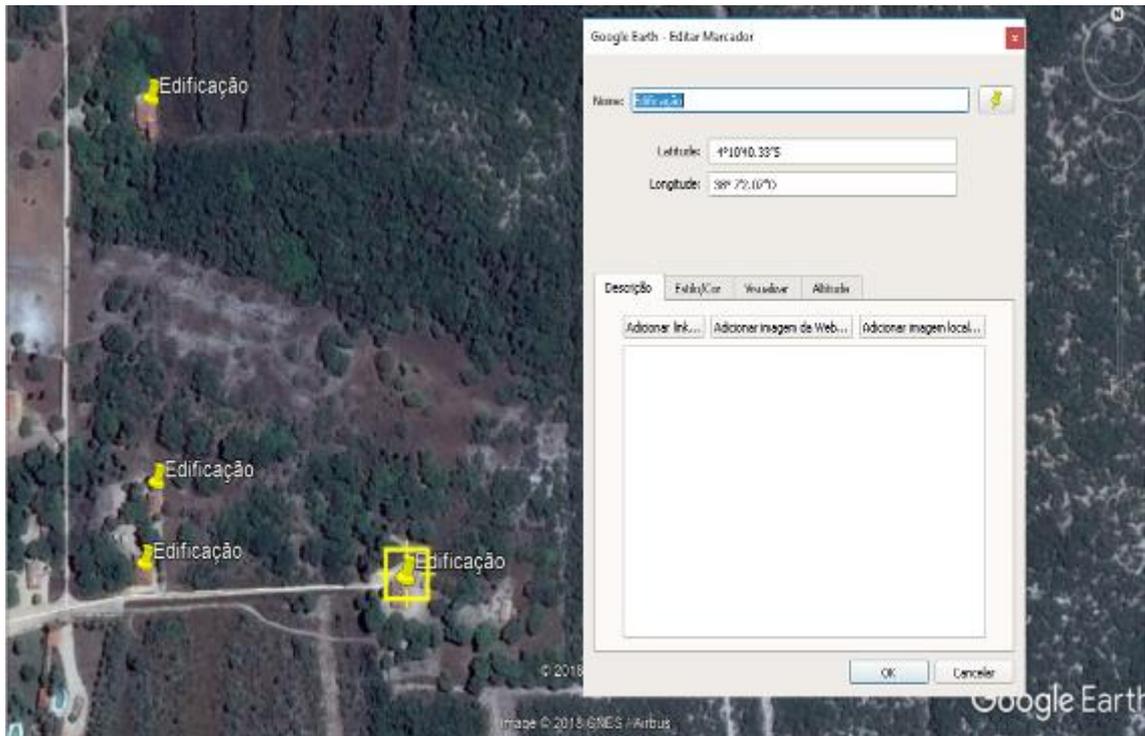


Fonte: Autor

4.1.11 Edificações e Centros Urbanos

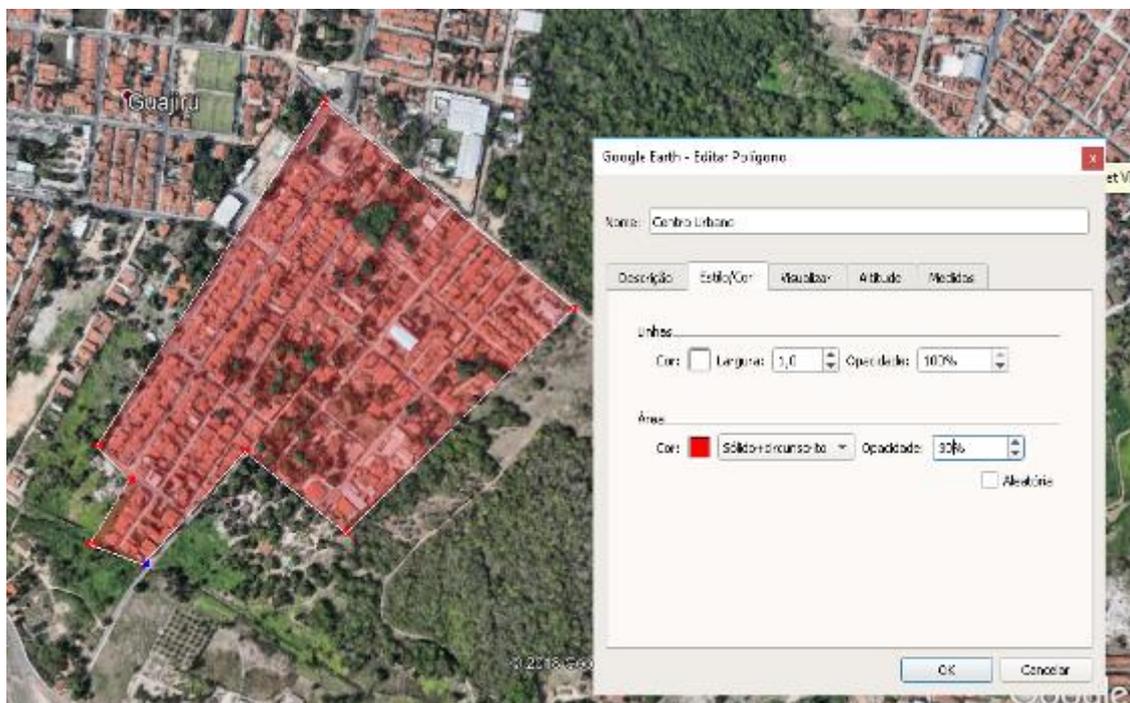
Foram analisadas as edificações e centros urbanos na região, sendo exclusões para a prospecção. Não é viável áreas com muitas edificações para a implantação de uma UFV. A análise deu-se pela vetorização manual das feições. As casas mais espaçadas foram uma feição pontual (Figura 22) e os centros urbanos foram feições na forma de polígonos (Figura 23).

Figura 22 - Feições pontuais (edificações) identificadas e vetorizadas manualmente.



Fonte: Autor

Figura 23 - Centros urbanos identificados e vetorizados manualmente.

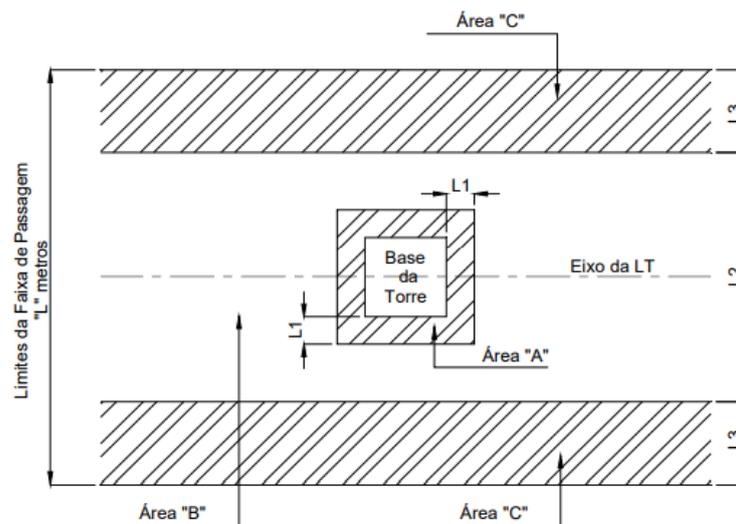


Fonte: Autor

4.1.12 Aplicação de *Buffer* das exclusões

Após a identificação e vetorização das exclusões da região, se fez necessário à aplicação de um buffer nas feições, sejam elas regidas por lei ou por escolha propícia do projetista. De acordo com o Código Florestal, deve-se ter Área de Proteção Ambiental (APP) para os cursos d'água e ao redor de corpos d'água. As rodovias são regidas pela Lei Federal para Parcelamento do Solo n.º 6.766 e ratificada pela Lei Estadual n.º 6.063, sendo necessário estabelecer as Áreas Non Aedificandi. Os núcleos urbanos e as edificações tiveram buffer, de forma que não interferissem na implantação da UFV. As LT normalmente possuem uma faixa de domínio de 20m, porém nesta prospecção, baseou-se na especificação técnica para limitação do uso de faixa de linhas de subtransmissão e transmissão da CELG PAR, para LT de 69, 138 e 230kV (Figura 24). A Tabela 3 exibe as feições e os respectivos buffers aplicados.

Figura 24 - Especificações para faixa de passagem da LT.



Valores de L1, L2 e L3			
Largura	69 kV	138 kV	230 kV
L1	2 m	2 m	2 m
L2	12 m	16 m	35 m
L3	6 m	6 m	6 m

Fonte: CELGPAR, 2010.

Tabela 3 - Feições com seus respectivos buffers a serem aplicados.

Feição	Observação	Buffer [m]
Rios	< 10m de largura	30
	$10 \leq \text{largura (m)} < 50$	50
	$50 \leq \text{largura (m)} < 200$	100
	$200 \leq \text{largura (m)} < 600$	200
	> 600	500
Corpos d'água	Naturais	30
Áreas Alagáveis	-	30
Rodovias	Área Non Aedificandi	15
Edificações	-	50
Centros Urbanos	-	100
LT	69kV	9
	138kV	11
	230kV	20,5

Fonte: Código florestal, DNIT, 2015.

4.1.13 Estimativa da área de implantação da UFV

Para a estimativa da área de implantação da UFV, numa primeira instância é preciso conhecer o módulo que será utilizado, o seguidor e o pitch (distância de centro a centro entre uma fileira de painéis e outra). Neste trabalho, foi considerado o módulo de silício policristalino da fabricante Canadian Solar, de modelo CS6U-330P MAXPOWER2 1.500 V, o seguidor NEXTracker NX Horizon e o pitch de 6m. A estimativa foi feita para implantação de um parque de 500MW e outra para um de 210MW. Foram levadas em consideração também as vias de acesso e a área destinada a Reserva Legal.

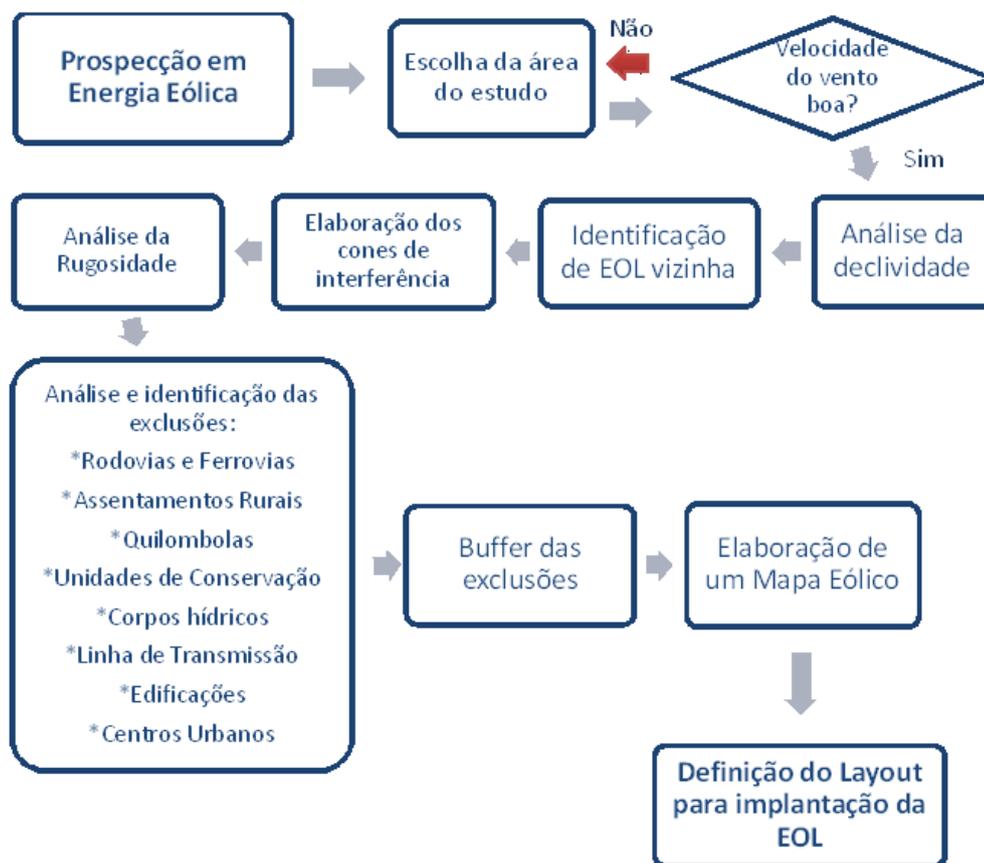
4.1.14 Indicação da área para implantação da UFV

Após a realização de toda análise geoespacial, obteve-se a área de estudo contendo todas as exclusões identificadas e, conseqüentemente, as áreas que ficaram propícias à implantação da UFV.

4.2 Energia Eólica

Para a prospecção eólica, foi escolhida uma área de estudo de forma que abrangesse uma variedade de impedimentos a implantação da EOL. Nesta prospecção os limites dos terrenos foram definidos, visto que é um tipo de caso que acontece. Os processos metodológicos vão desde a escolha e delimitação do local da área de estudo até a definição do layout da EOL. As etapas são apresentadas sistematicamente no Fluxograma (Figura 25).

Figura 25 - Fluxograma da metodologia.

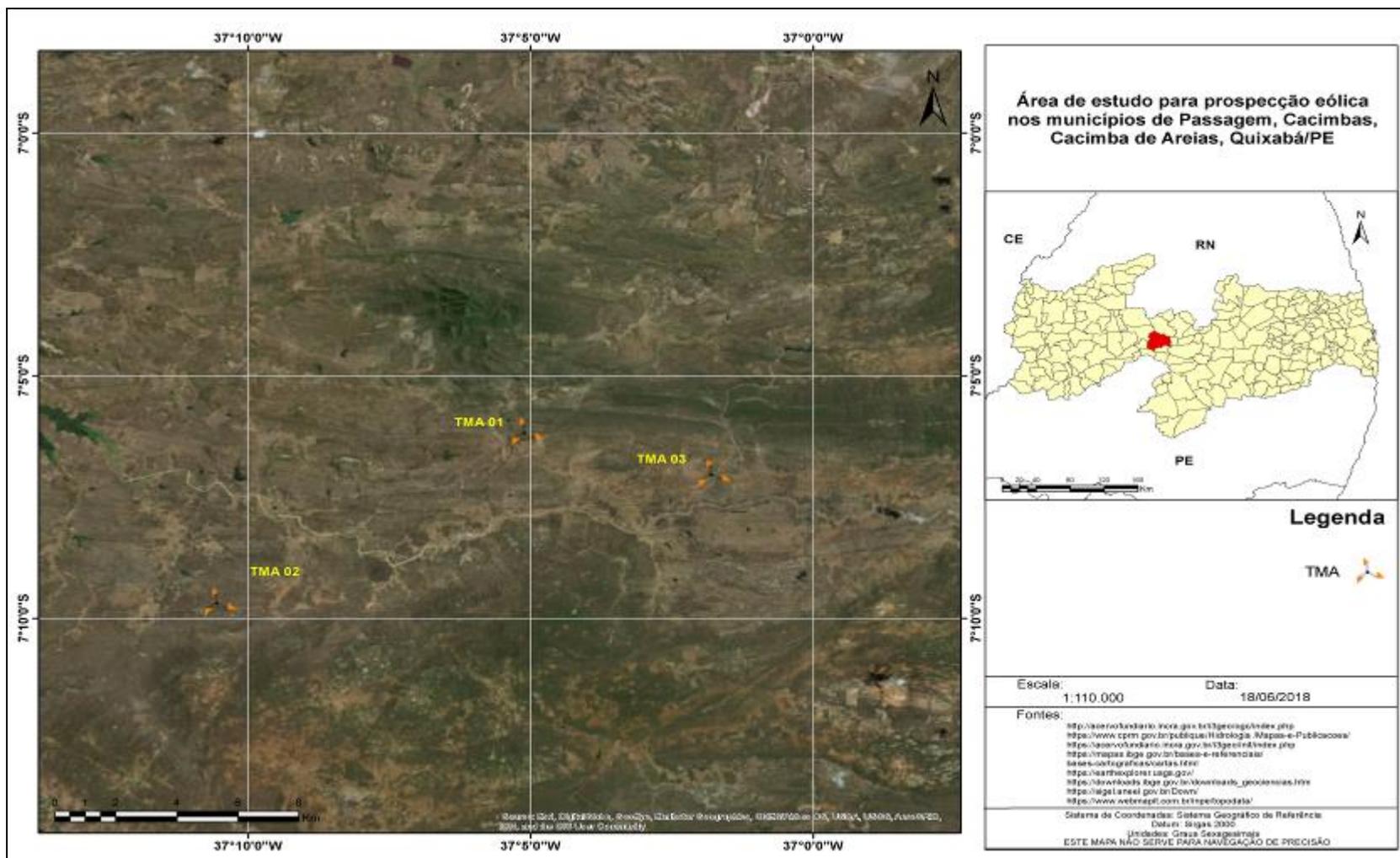


Fonte: Autor

4.2.1 Área de Estudo

Para a realização da prospecção de energia eólica, escolheu-se uma área para o estudo, nos municípios de Cacimbas, Taperoá, Cacimba de Areia, Passagem, Areia de Baraúnas, Quixabá e São Mamede no estado da Paraíba (Figura 26). A área foi selecionada a partir de três Torres de Medição Anemométrica, nas quais foram delimitados um raio de 10km em cada TMA para o estudo da área. As torres serão chamadas de TMA-01, TMA-02 e TMA-03.

Figura 26 - Área de estudo da prospecção eólica.

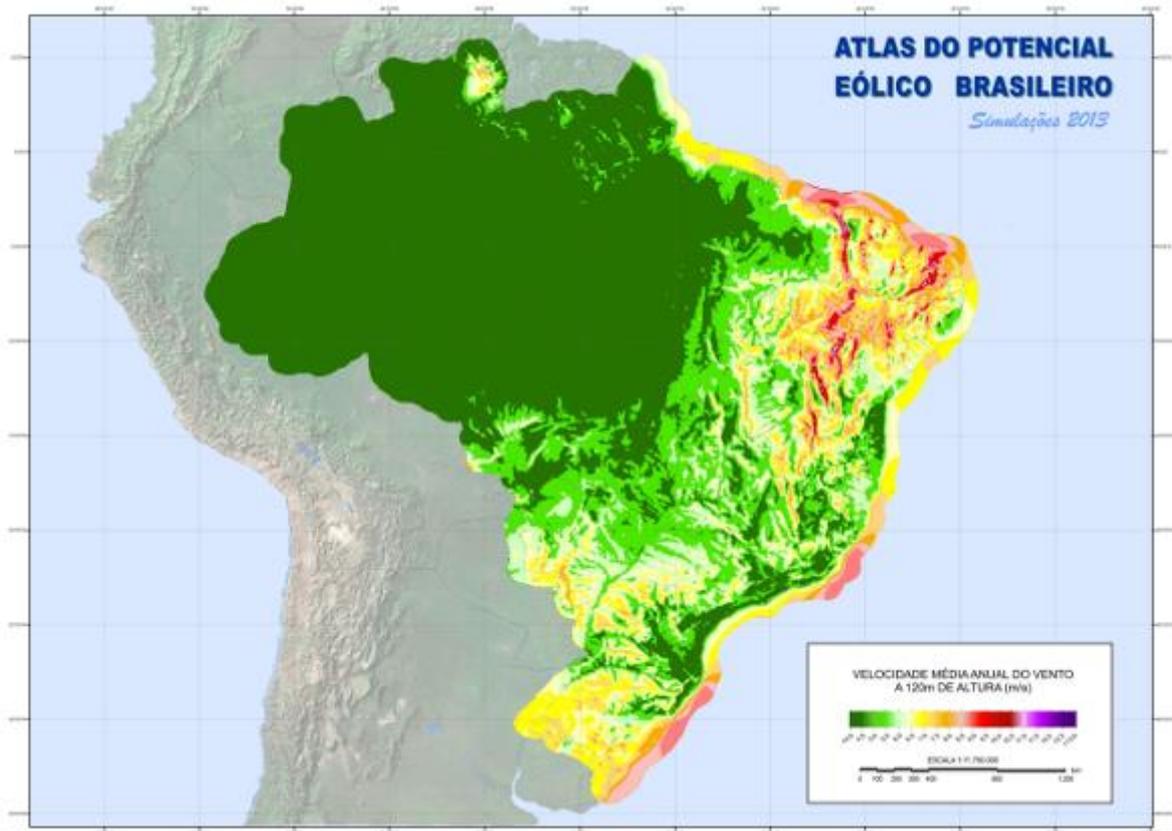


Fonte: Autor

4.2.2 Mapa Eólico preliminar

Antes de iniciar a prospecção, se fez uma análise preliminar da velocidade do vento no Brasil. Tomou-se como base a Atlas Eólico (Figura 27), elaborado e disponível pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) para poder ter essa análise preliminar de como se comportam os ventos.

Figura 27 - Atlas do potencial eólico brasileiro em uma altura de 120m.



Fonte: CEPEL, 2013.

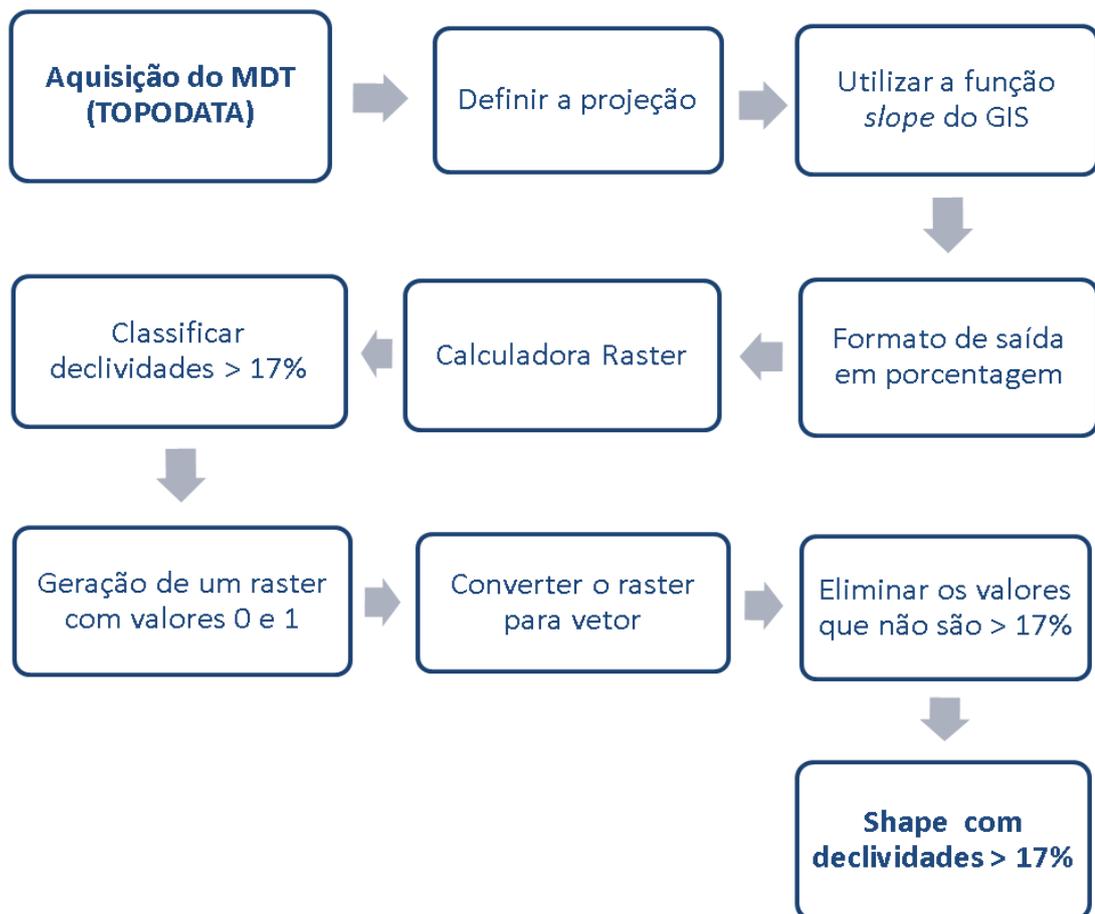
4.2.3 Análise da declividade

A topografia do local continua sendo um dos fatores determinantes para a escolha do terreno, sendo necessário ter o conhecimento das declividades presentes na região de estudo. Fazendo-se uso de aerogeradores, é mais viável que a declividade não ultrapasse os 17%. A partir do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, por meio do projeto TOPODATA, foram-se adquiridos os MDT das áreas de Cacimbas, Taperoá, Cacimba de Areia, Passagem, Areia de Baraúnas, Quixabá e São Mamede. Utilizaram-se as cartas de nomenclatura 06S375_ZN e 07S375_ZN.

Após a aquisição das cartas, faz-se necessária a análise da declividade a partir do MDT que está no formato RASTER. A partir da função *slope* do *software* GIS, tem-se como saída do arquivo raster, informações de declividade, esta podendo ser em graus ou em porcentagem. Para o trabalho em questão, adotou-se a declividade em porcentagem.

Após este procedimento, obtiveram-se todas as declividades presentes no MDT. Como é mais viável que o aerogerador não ultrapasse declividades acima de 17%, fez-se necessário utilizar a calculadora raster para extrair os valores acima de 17%, visto que tais valores serão considerados como exclusões da prospecção eólica. Tendo-se apenas os valores superiores a 17% no formato raster, houve a necessidade de realizar uma transformação para o formato vetorial. Com os dados de declividade acima de 17% no formato vetorial, tem-se a primeira exclusão da prospecção e findou-se a etapa de análise de declividade. O fluxograma (Figura 28) aborda sistematicamente como foi realizado o procedimento.

Figura 28 - Fluxograma para a análise de declividade em projetos eólico



4.2.4 Identificação de Parques Eólicos Vizinhos

Para a prospecção eólica, é de suma importância ressaltar a identificação de parques eólicos vizinhos, devendo-se levar em conta a interferência que um parque eólico pode fazer no outro. A identificação da Central Geradora Eólica (EOL) se dá por meio do SIGEL. No SIGEL encontram-se disponíveis os aerogeradores e os parques eólicos válidos de todo o Brasil.

Com os dados das EOL do Brasil adquiridos, extraíram-se apenas as que estavam presentes na área de estudo. Semelhantemente a seção anterior de prospecção solar, os arquivos vetoriais encontraram-se no formato de pontos e continha as informações pertinentes aos aerogeradores e aos parques eólicos.

4.2.5 Delimitação dos cones de interferência

De acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 391, de 15/12/2009, é considerada região de interferência, a região que dista de 20 vezes a altura máxima da pá, considerando-se todas as direções do vento com permanência superior a 10%. Diante desta premissa, faz-se necessário conhecer as características técnicas dos aerogeradores vizinhos e definir qual aerogerador será usado no próprio parque eólico, como também ter conhecimento da direção predominante do vento para a região.

Tomou-se como base a TMA-01, por conter mais dados de medição. A distribuição de frequências da direção do vento, no período de medição, mostrada na Tabela 4. A rosa dos ventos foi dividida em 16 setores, sendo 22,5 graus por setor.

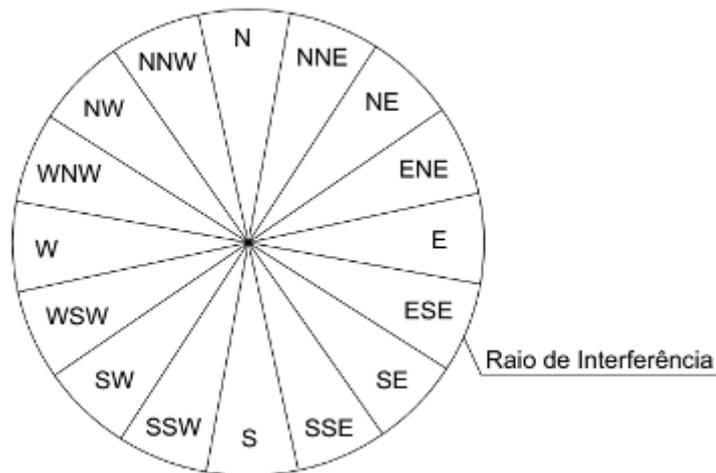
Tabela 4 - Direções do vento e respectivas frequências.

Frequência (%)	Altura do Sensor de Direção (m)	
	78,0m	98,5m
	0,6	0,6
	0,9	0,9
	1,3	1,2
	2,4	2,1
	37,1	34,6
	44,6	48,1
	9,1	8,6
	1,3	1,2
	0,4	0,4
	0,2	0,2
	0,2	0,2
	0,4	0,4
	0,4	0,5
	0,4	0,4
	0,4	0,3
	0,4	0,4
	100,0	Total

Fonte: Autor

Com base nos dados de distribuição frequência, tomaram-se as direções com mais de 10% de frequência para fazer a análise dos cones de interferência, que foram as direções E e ESE. Com as informações das características dos aerogeradores e da direção predominante do vento, criaram-se os cones de interferência (Figura 29)

Figura 29 - Cone de interferência contendo os 16 setores do vento.



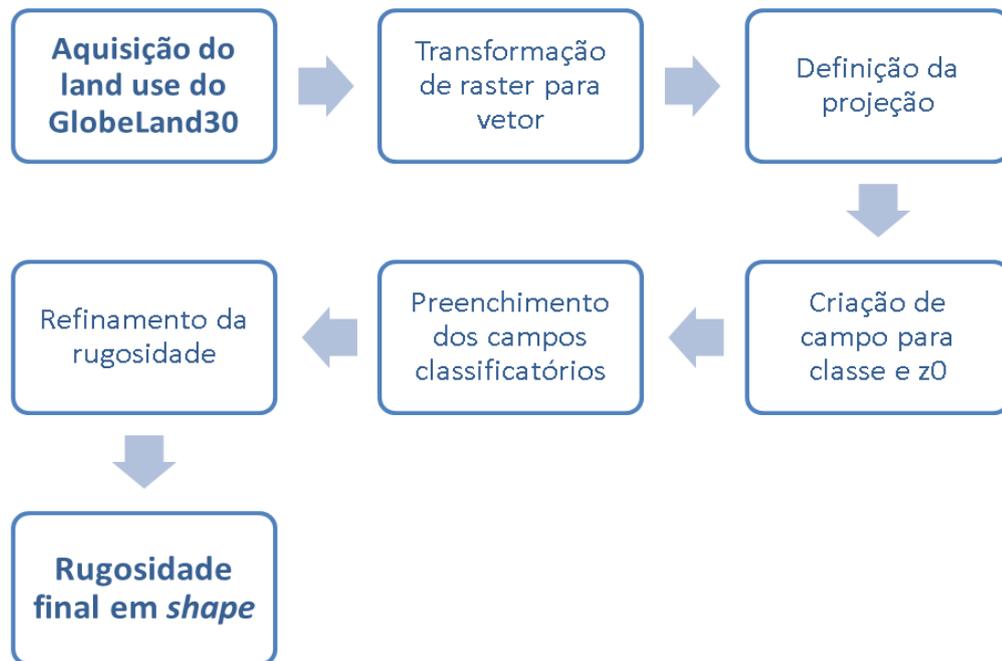
Fonte: Autor

4.2.6 Análise da Rugosidade

A rugosidade na prospecção eólica é uma das variáveis no cálculo da produção de energia do parque eólico, estando associada à influência da região na passagem dos ventos. A partir da aquisição das imagens em formato raster do GlobeLand30, pôde-se dar início a análise da rugosidade. O arquivo em formato raster possui valores de classes predominantes de 10 a 100, e faz-se necessário a transformação do arquivo raster para vetorial.

Tendo-se o arquivo vetorial, definiu-o no Sistema de Referência SIRGAS2000 e na projeção UTM, na zona 24 S. Fez-se a classificação das feições, baseado nos valores que continham no raster. Criou-se um campo para classe e um campo para z_0 (valor atribuído à rugosidade da feição), sabendo-se que quanto maior o z_0 , maior será a influência da rugosidade dessa classe sobre o vento. Após a classificação, fez-se um refinamento da rugosidade com o auxílio do Google Earth e série de imagens históricas, de forma a ter uma melhor representatividade da rugosidade da região. O Fluxograma (Figura 30) aborda de forma mais sistemática desta etapa.

Figura 30 - Fluxograma metodológico para a análise da rugosidade.



Fonte: Autor

4.2.7 Identificação das Rodovias

É necessária a identificação das rodovias presentes no projeto, visto que não se pode construir uma EOL sobre a rodovia. Para a prospecção eólica, foram identificadas as Rodovias Federais e Estaduais. De forma de semelhante à prospecção de solar, para as Rodovias Federais, fez-se uso do *shape* disponível no Banco de Dados do DNIT, para o ano de 2015, de todas as Rodovias Federais do Brasil. Enquanto que as Rodovias Estaduais foram vetorizadas manualmente por meio do Google Earth. As informações referentes às rodovias tiveram como base os mapas rodoviários dos seus respectivos estados, como também da base de dados do próprio Google Earth.

4.2.8 Assentamentos Rurais

A verificação da presença de Assentamentos Rurais deu-se a partir da consulta ao banco de dados do INCRA, disponibilizado na plataforma i3geo. Os dados disponíveis estão separados por estado, sendo adquiridos os dados referentes à Paraíba, e, por conseguinte, extraindo apenas os dados contidos na área da prospecção.

Os Assentamentos Rurais foram identificados e considerados como exclusões neste trabalho. Os *shapes* adquiridos são georreferenciados e contêm as informações sobre as propriedades.

4.2.9 Análise Hidrológica

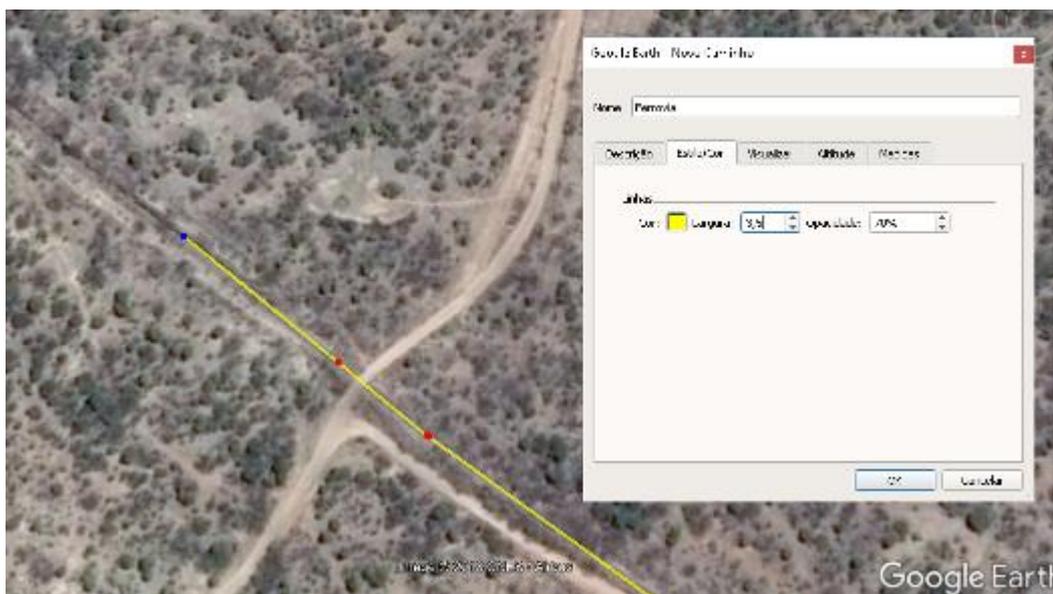
Foi necessária a realização da análise hidrológica, sendo identificados os rios e os corpos d'água. As duas feições foram consideradas como exclusões na prospecção eólica. Em uma primeira instância, fez-se uma análise macro a partir do arquivo vetorial *shapefile* disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA). A análise foi macro, visto que a resolução espacial do arquivo é baixa, não sendo possível identificar todos os rios presentes na área, porém, já serve como base para dar início a identificação dos mesmos.

A partir da base da ANA, ajustou-se manualmente o arquivo vetorial dos rios como também acrescentou os rios que não apareceram por causa da baixa resolução. Os corpos d'água foram analisados e vetorizados manualmente a partir das imagens do Google Earth, fazendo-se uso da fotoidentificação e análise temporal da região.

4.2.10 Análise das ferrovias

A região dispusera de linhas férreas, que foi considerada uma exclusão para a prospecção eólica. A identificação deu-se inicialmente a partir do mapa rodoviário do estado da Paraíba, disponível no DER-PB, juntamente com a análise das imagens do Google Earth e séries históricas. Vetorizou-se manualmente a linha férrea com o auxílio do Google Earth (Figura 31).

Figura 31 - Vetorização manual da linha férrea.



Fonte: Autor

4.2.11 Edificações e Centros Urbanos

Foram analisadas as edificações e centros urbanos na região, sendo exclusões para a prospecção eólica. Não é viável áreas com muitas edificações para a implantação de uma EOL. A análise deu-se pela vetorização manual das feições. As casas mais espaçadas foram uma feição pontual e os centros urbanos foram feições na forma de polígonos. No caso da prospecção eólica, a análise foi feita com mais detalhamento, visto que a distância das edificações para os aerogeradores é bem maior do que a distância das edificações para os painéis solares.

4.2.12 Aplicação de *Buffer* nas exclusões

Após a identificação e vetorização das exclusões da região, se fez necessário à aplicação de um buffer nas feições, sejam elas regidas por lei ou por escolha propícia do projetista. De acordo com o Código Florestal, deve-se ter Área de Proteção Ambiental (APP) para os cursos d'água e ao redor de corpos d'água. As rodovias e as ferrovias são regidas pela Lei Federal para Parcelamento do Solo n. ° 6.766 e ratificada pela Lei Estadual n. °6.063, sendo necessário estabelecer as Áreas Non Aedificandi. Os núcleos urbanos e as edificações tiveram buffer, de forma que não interferissem na implantação da EOL, bem como evitasse o risco de em caso de tombamento, o aerogerador atingir uma edificação, como também uma distância para não ter influência de ruídos para a população da região. A Tabela 5 exhibe as feições e os respectivos buffers aplicados.

Tabela 5 - Feições e seus respectivos buffers a serem aplicados.

Feição	Observação	Buffer [m]
Rios	< 10m de largura	30
	$10 \leq \text{largura (m)} < 50$	50
	$50 \leq \text{largura (m)} < 200$	100
	$200 \leq \text{largura (m)} < 600$	200
	> 600	500
Corpos d'água	Naturais	30
Ferrovias	Área Non Aedificandi	15
Rodovias	Área Non Aedificandi	15
Edificações	-	200
Centros Urbanos	-	300

Fonte: Código Florestal, DNIT.

4.2.13 Mapa Eólico

Gerou-se um mapa eólico para a região de estudo, de forma a se ter dados mais confiáveis de velocidades do vento. Para a geração do mapa eólico, se fez necessário ter como dados de entrada a rugosidade, topografia e os dados de ventos tratados das TMA. O processamento foi realizado no *software* WindPRO, que a partir dos dados de entrada, obteve-se como saída uma malha de pontos com espaçamento de 30 metros. Por conseguinte, os pontos foram submetidos ao interpolador *radial basis functions*, utilizando 4 setores com 45° de offset. Após a interpolação, obteve-se o mapa eólico, no qual foi classificado em 8 classes, com um *range* de 0,5 para cada classe.

4.2.14 Layout do Projeto

O Layout do projeto consiste no posicionamento dos aerogeradores no terreno. Tendo-se em mãos todas as exclusões e seus respectivos buffers, os possíveis terrenos disponíveis para a instalação e o mapa eólico da área de estudo, pôde-se então elaborar o layout do parque para a região. O posicionamento dos aerogeradores respeitou os limites das propriedades, as exclusões, o efeito da esteira entre os aerogeradores e também as regiões dos cones de interferência dos aerogeradores vizinhos.

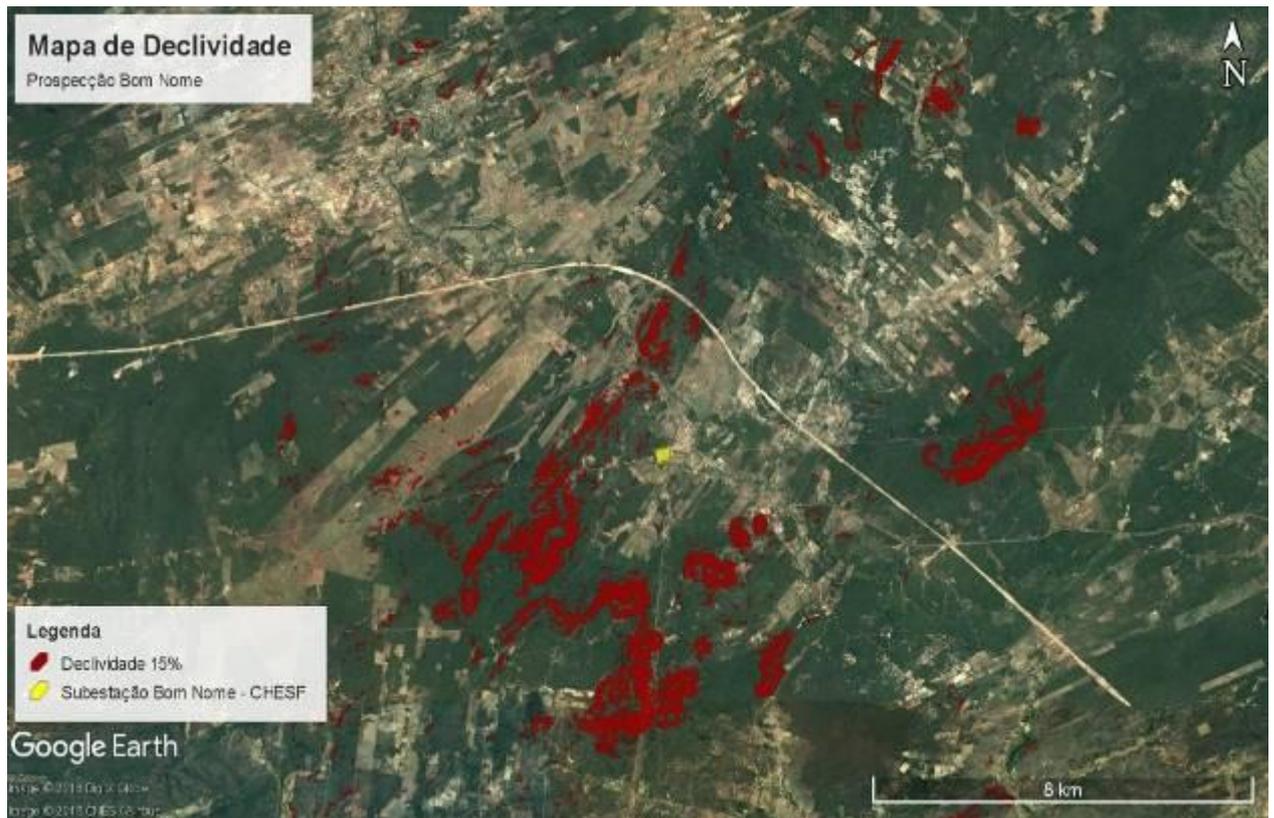
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Energia Solar

5.1.1 Análise da Declividade

A análise realizada trouxe como resultados as áreas cujas declividades eram superiores a 15%. Foram gerados os mapas de declividade para a prospecção em Bom Nome (Figura 32) e outro para a prospecção em Aquiraz (Figura 33).

Figura 32 - Mapa de declividade na prospecção Bom Nome.



Fonte: Autor

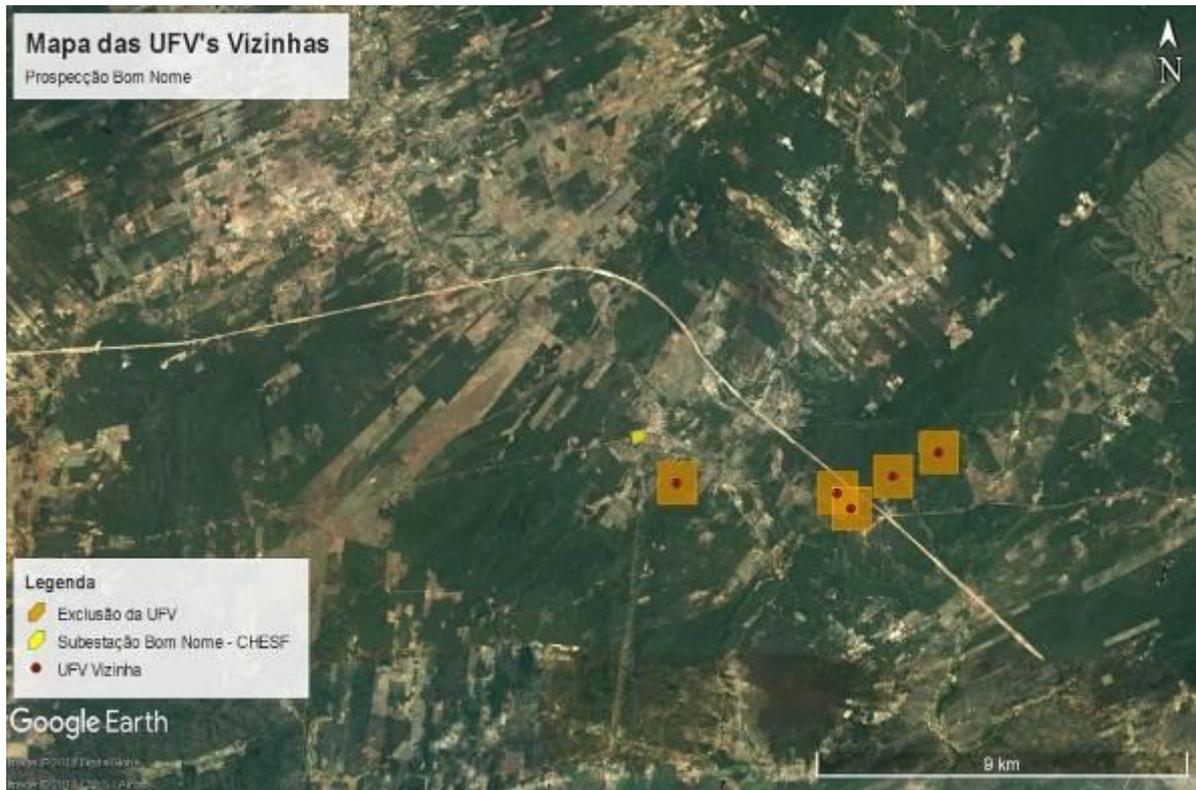
Figura 33 - Mapa de declividade na prospecção Aquiraz.



Fonte: Autor

5.1.2 Identificação de Usinas Fotovoltaicas Vizinhas

A partir da consulta ao geoportal da ANEEL, foi possível identificar as UFV presentes na região de estudo. Os dados adquiridos foram pontuais que continham informações a respeito da UFV, incluindo sua potência (Tabela 6), que a partir dela, foram estimadas as prováveis áreas de instalação. Foram identificadas UFV vizinhas apenas na prospecção de Bom Nome (Figura 34).

Figura 34 - Identificação das UFV vizinhas na prospecção Bom Nome.

Fonte: SIGEL, 2018.

Tabela 6 - UFV vizinhas identificadas e suas respectivas potências e municípios de localização.

UFV	Potência (kW)	Município
Bom Nome I	30.000	Serra Talhada
Bom Nome II	30.000	Serra Talhada
Bom Nome III	30.000	Serra Talhada
Bom Nome IV	30.000	Serra Talhada
Terra III	30.000	São José do Belmonte

Fonte: SIGEL, 2018.

5.1.3 Identificação de Parques Eólicos Vizinhos

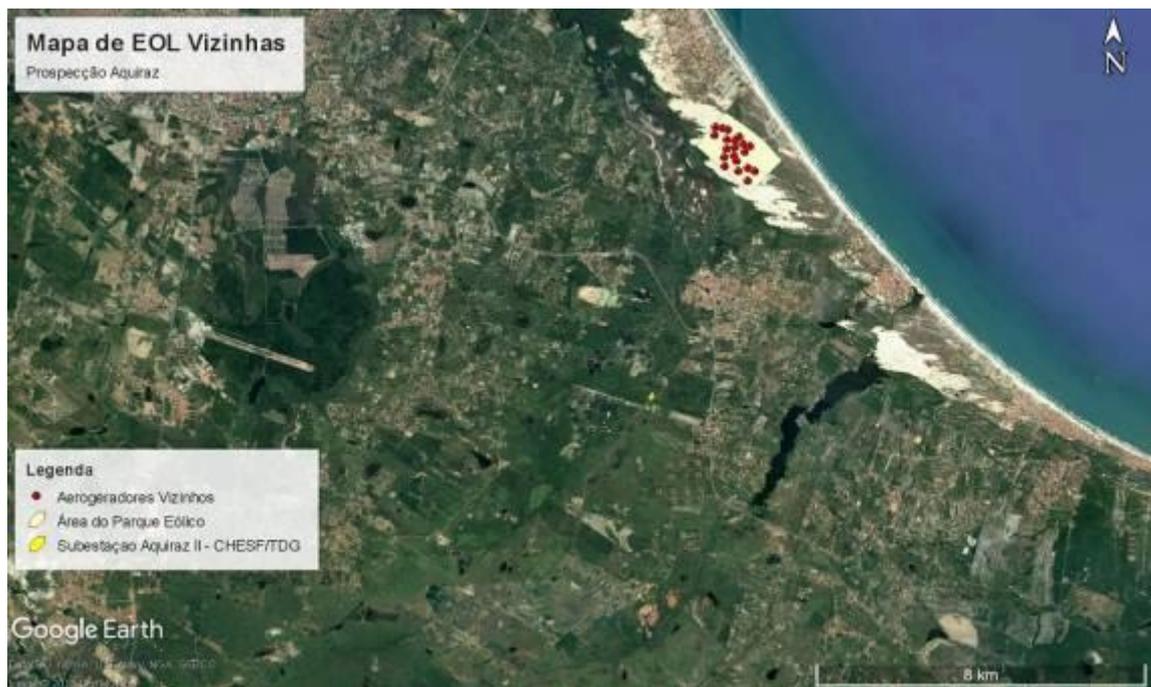
A partir da consulta ao geoportal da ANEEL, foi possível identificar as EOL presentes na região de estudo. Os dados adquiridos foram pontuais que continham informações a respeito da EOL (Tabela 7), incluindo sua potência e quantidades de aerogeradores. Delimitou-se uma área de forma a englobar todo o parque eólico. Foram identificadas EOL vizinhas apenas na prospecção em Aquiraz (Figura 35).

Tabela 7 - Informações dos aerogeradores identificados na região.

Parque Eólico	Aerogerador	Coordenadas		Altura do Rotor [m]	Diâmetro do Rotor [m]
		E [m]	N [m]		
Prainha	PR_01	568005	9572356	46	40
Prainha	PR_02	568957	9571289	46	40
Prainha	PR_03	567981	9572162	46	40
Prainha	PR_04	568169	9572328	46	40
Prainha	PR_05	568302	9572291	46	40
Prainha	PR_06	568280	9572051	46	40
Prainha	PR_07	568273	9571828	46	40
Prainha	PR_08	568473	9572036	46	40
Prainha	PR_09	568578	9572123	46	40
Prainha	PR_10	568216	9571626	46	40
Prainha	PR_11	568473	9571868	46	40
Prainha	PR_12	568712	9571757	46	40
Prainha	PR_13	568678	9571948	46	40
Prainha	PR_14	568228	9571409	46	40
Prainha	PR_15	568516	9571533	46	40
Prainha	PR_16	568446	9571669	46	40
Prainha	PR_17	568842	9571897	46	40
Prainha	PR_18	568557	9571290	46	40
Prainha	PR_19	568788	9571366	46	40
Prainha	PR_20	568784	9571055	46	40

Fonte: SIGEL, 2018.

Figura 35 - Identificação das EOL presentes na região.



Fonte: SIGEL, 2018.

5.1.4 Identificação das Rodovias

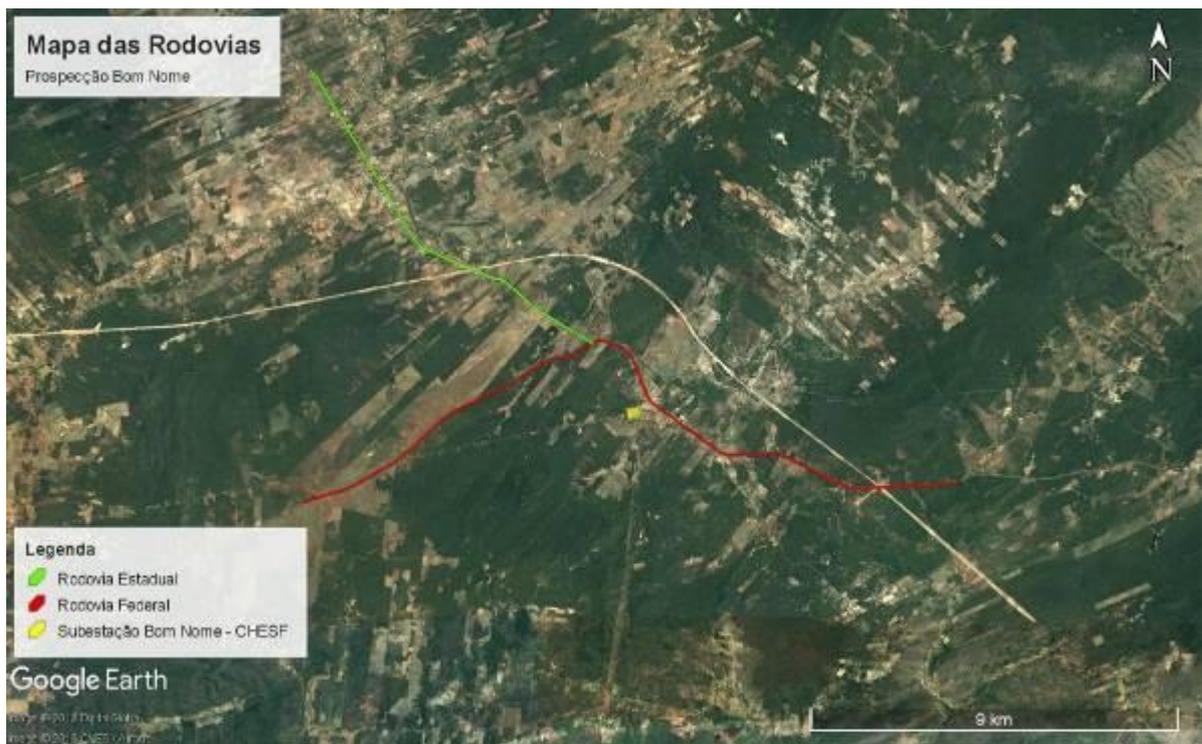
As rodovias foram identificadas e classificadas por tipo: Rodovia Federal ou Rodovia Estadual, juntamente com seus respectivos nomes (Tabela 8). Foram identificadas Rodovias Federais e Estaduais tanto na prospecção em Bom Nome (Figura 36), como também em Aquiraz (Figura 37).

Tabela 8 - Rodovias identificadas na prospecção e seus respectivos tipos.

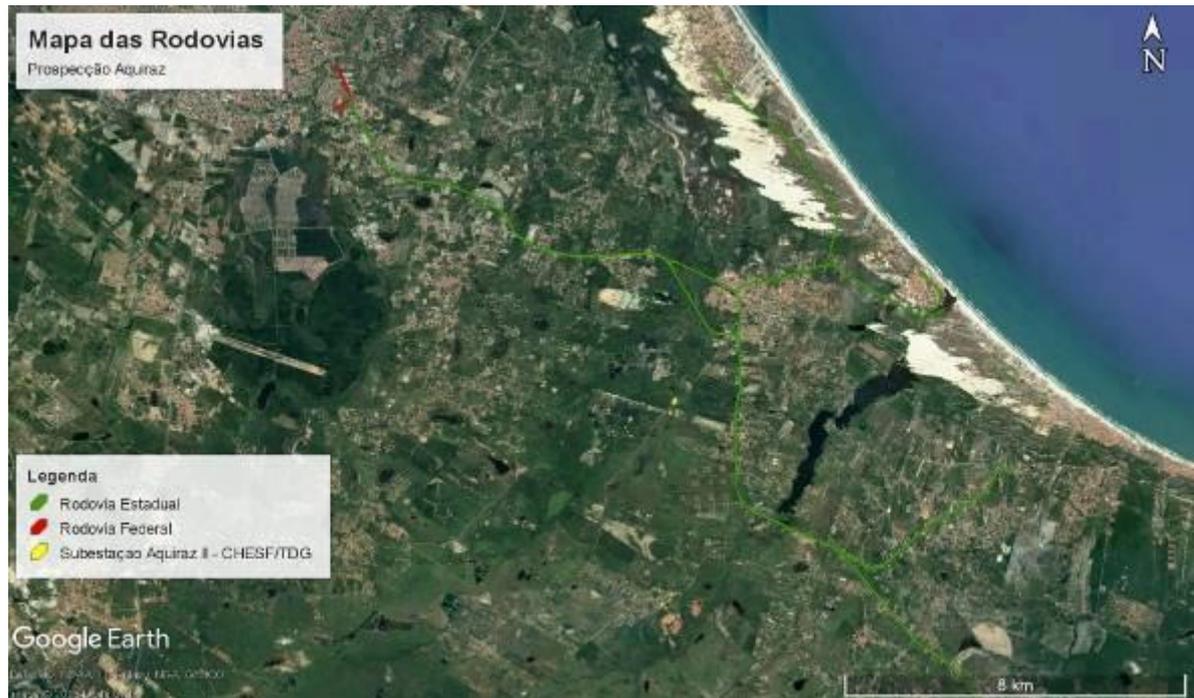
Nome	Tipo	Prospecção
BR-232	Rodovia Federal	Bom Nome
PE-430	Rodovia Estadual	Bom Nome
BR-020	Rodovia Federal	Aquiraz
CE-040	Rodovia Estadual	Aquiraz
CE-452	Rodovia Estadual	Aquiraz
CE-025	Rodovia Estadual	Aquiraz

Fonte: DER-PE, DER-CE, 2015.

Figura 36 - Rodovias identificadas na prospecção Bom Nome.



Fonte: DER-PE, Google Earth, 2015.

Figura 37 - Rodovias identificadas na prospecção Aquiraz.

Fonte: DER-CE, Google Earth, 2015.

5.1.5 Assentamentos Rurais e Comunidades Quilombolas

A partir da consulta do banco de dados do INCRA, foi possível identificar os Assentamentos Rurais e Comunidades Quilombolas do Brasil, bem como as informações referentes aos mesmos (Tabela 9 e Tabela 10). Na prospecção em Bom Nome encontraram-se apenas Assentamentos Rurais (Figura 38) e na prospecção em Aquiraz encontraram-se apenas Comunidades Quilombolas (Figura 39).

Tabela 9 - Assentamentos Rurais e suas respectivas informações.

Nome do Assentamento	Município	Nº de famílias	Data de obtenção	Prospecção
PA Catolé	Serra Talhada	22	21/07/2005	Bom Nome
PA Paraíso	Serra Talhada	26	03/01/2004	Bom Nome
PA Boa Vista	Serra Talhada	07	06/11/2008	Bom Nome
PA Bela Vista	Serra Talhada	16	15/02/2006	Bom Nome

Fonte: INCRA, 2018.

Tabela 10 - Comunidade Quilombola e respectivas informações.

Comunidade Quilombola	Município	Nº de famílias	Responsável / Esfera	Prospecção
PA Catolé	Aquiraz	137	INCRA / Federal	Bom Nome

Fonte: INCRA, 2018.

Figura 38 - Assentamentos Rurais identificados na prospecção Bom Nome.



Fonte: INCRA, 2018.

Figura 39 - Comunidade Quilombola identificada na prospecção Aquiraz.



Fonte: INCRA, 2018.

5.1.6 Unidades de Conservação

A partir da consulta do banco de dados do CPRM, foi possível identificar as Unidades de Conservação do Brasil, bem como as informações referentes às mesmas (Tabelas 11). Só foram identificadas Unidades de Conservação apenas na Prospecção em Aquiraz (Figura 40).

Tabela 11 - UC identificada e respectivas informações.

Nome da UC	Categoria	Esfera	Órgão competente	Prospecção
Corredor Ecológico do Rio Pacoti	Área de Proteção Ambiental	Estadual	Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará	Aquiraz

Fonte: CPRM, 2018.

Figura 40 - Unidade de Conservação identificada na prospecção Aquiraz.

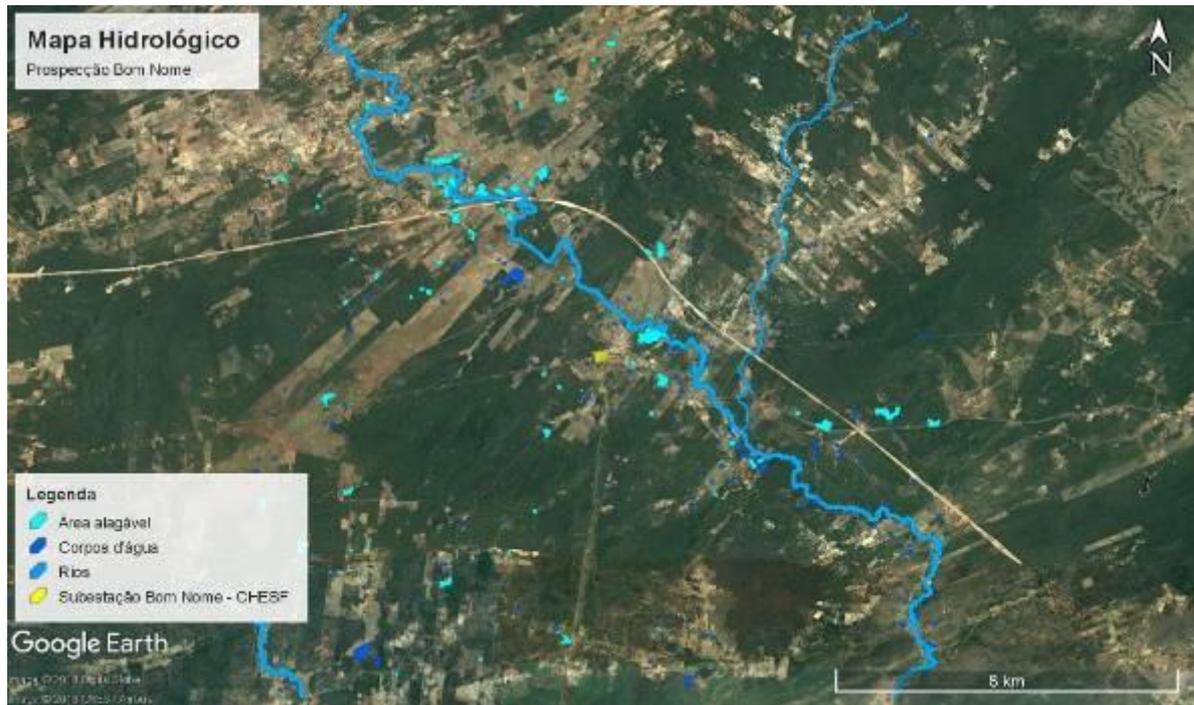


Fonte: CPRM, 2018.

5.1.7 Análise Hidrológica

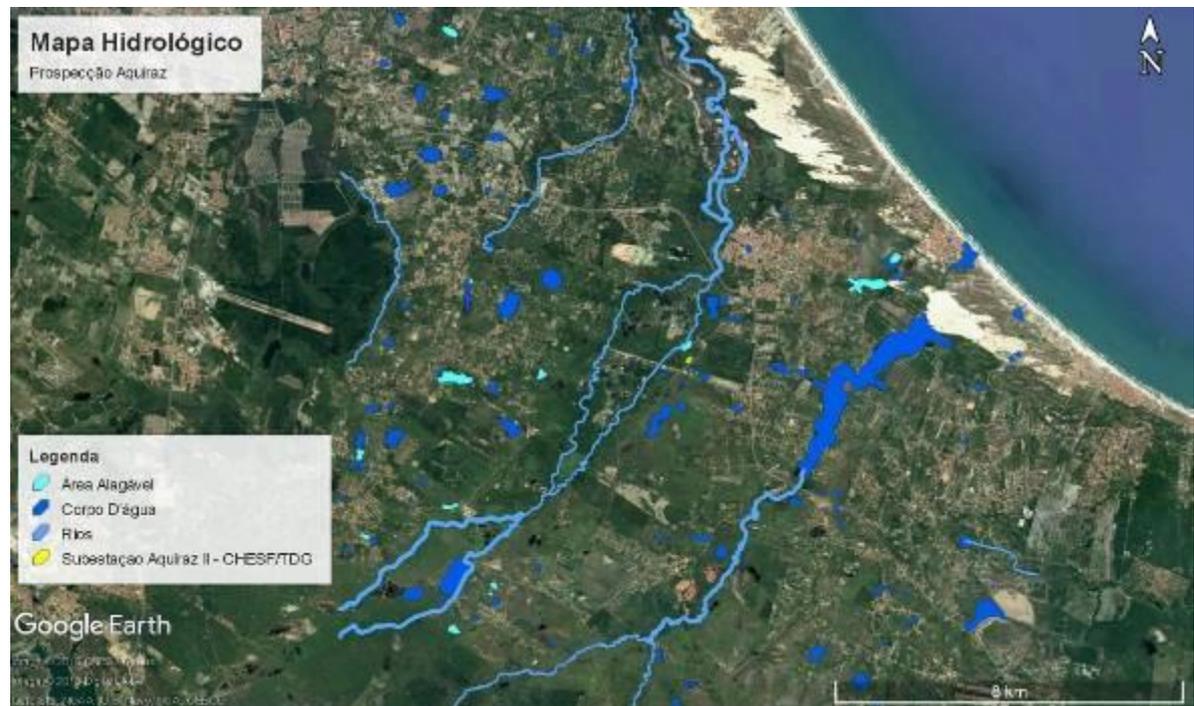
A partir da consulta do banco de dados da ANA e vetorização manual por meio do Google Earth e imagens históricas, foi possível identificar e gerar um mapa com os rios, corpos d'água e as áreas alagáveis na prospecção em Bom Nome (Figura 41) e na prospecção em Aquiraz (Figura 42).

Figura 41 - Hidrografias presentes na prospecção Bom Nome.



Fonte: ANA, 2013.

Figura 42 - Hidrografias presentes na prospecção Aquiraz.

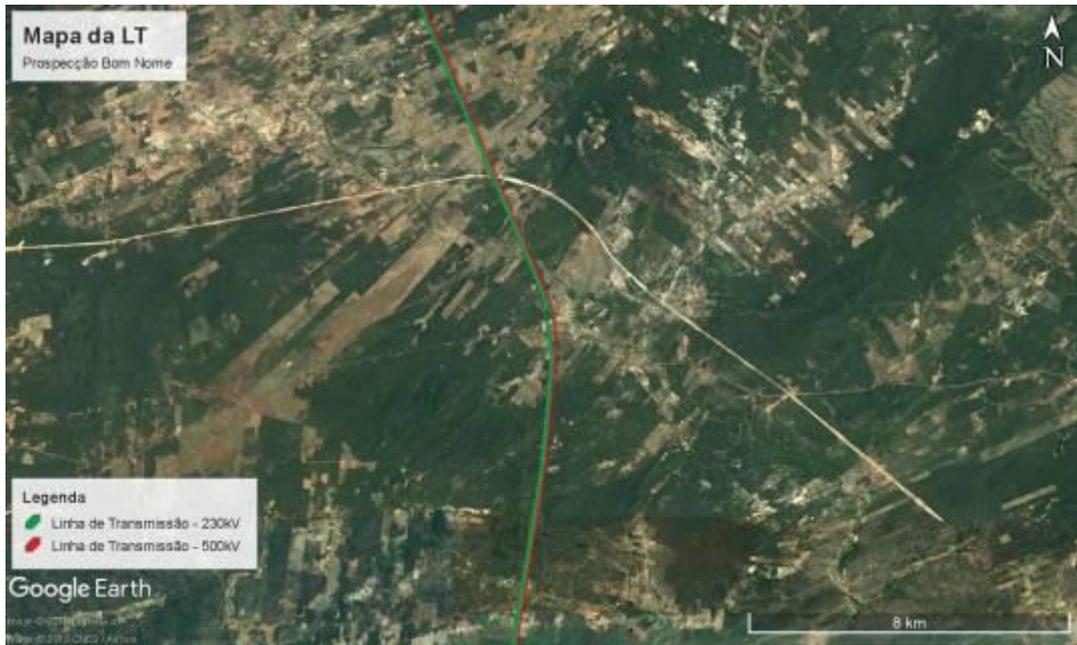


Fonte: ANA, 2013.

5.1.8 Linha de Transmissão – LT

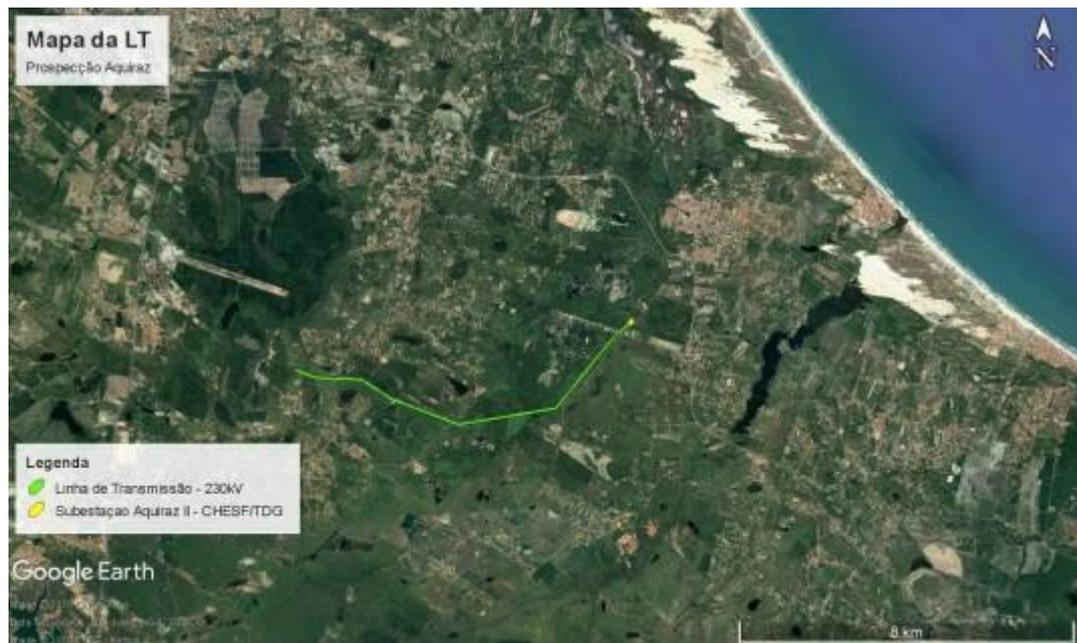
A partir da consulta do banco de dados da ANEEL, foi possível identificar e gerar um mapa com as Linhas de Transmissão na prospecção em Bom Nome (Figura 43) e na prospecção em Aquiraz (Figura 44).

Figura 43 - Linhas de Transmissão identificadas na prospecção Bom Nome.



Fonte: SIGEL, 2018.

Figura 44 - Linha de Transmissão identificada na prospecção Aquiraz



Fonte: SIGEL, 2018.

5.1.9 Edificações e Centros Urbanos

A partir da vetorização de forma manual pelo Google Earth, foi possível identificar e gerar um mapa com as edificações encontradas e os centros urbanos na prospecção em Bom Nome (Figura 45) e na prospecção em Aquiraz (Figura 46).

Figura 45 - Edificações e centros urbanos vetorizados manualmente em Bom Nome.



Fonte: Autor

Figura 46 - Edificações e centros urbanos vetorizados manualmente em Aquiraz.

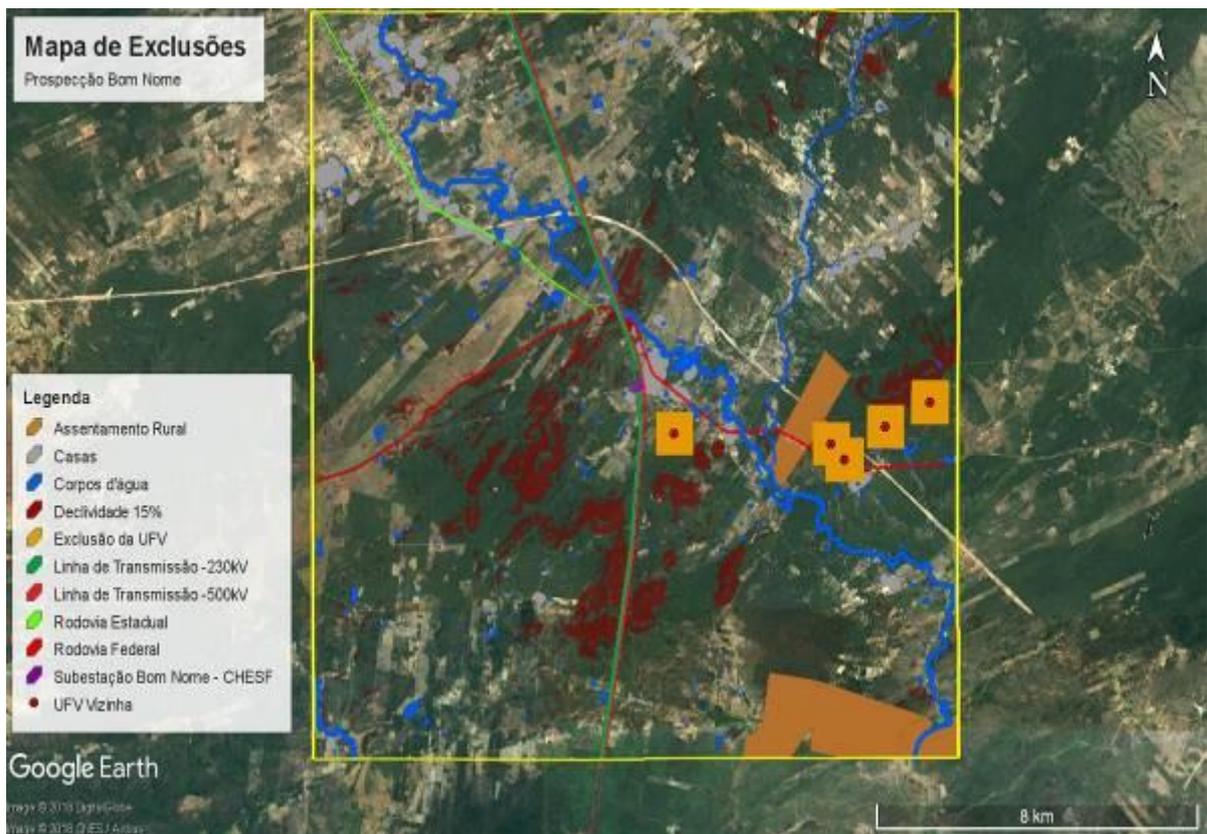


Fonte: Autor

5.1.10 Aplicação de *Buffer* nas exclusões

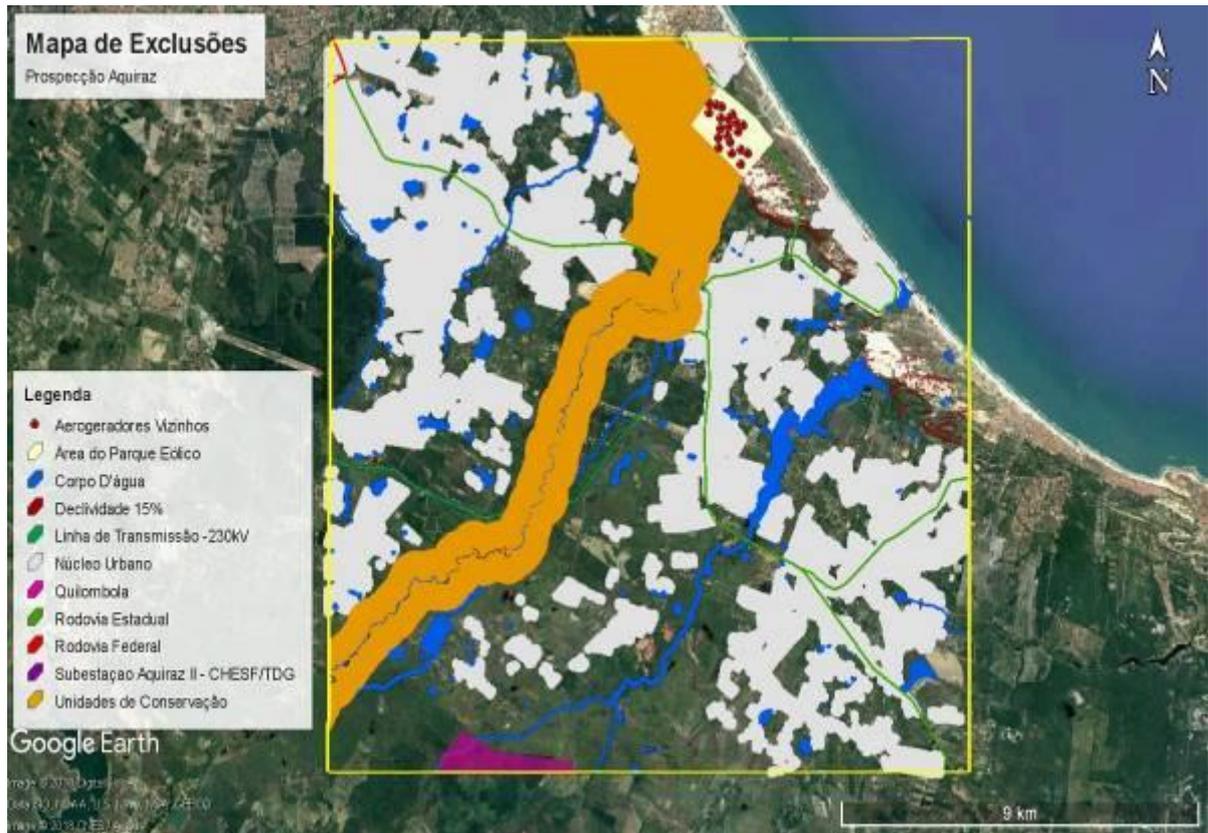
Com levantamento de todas as exclusões pertinentes as áreas de estudo, foram gerados os buffers para as respectivas exclusões conforme a Tabela 12. Após esta etapa, pôde-se ter uma melhor visualização dos locais remanescentes de exclusões e propícios a implantação de uma UFV (Figuras 47 e 48).

Figura 47 -Exclusões identificadas com aplicação de seus respectivos buffers na prospecção Bom Nome.



Fonte: Autor

Figura 48 - Exclusões identificadas com aplicação de seus respectivos buffers na prospecção Aquiraz.



Fonte: Autor.

5.1.11 Estimativa da área de implantação da UFV

A estimativa da área de implantação da UFV se deu a partir das informações preliminares (Tabela 12).

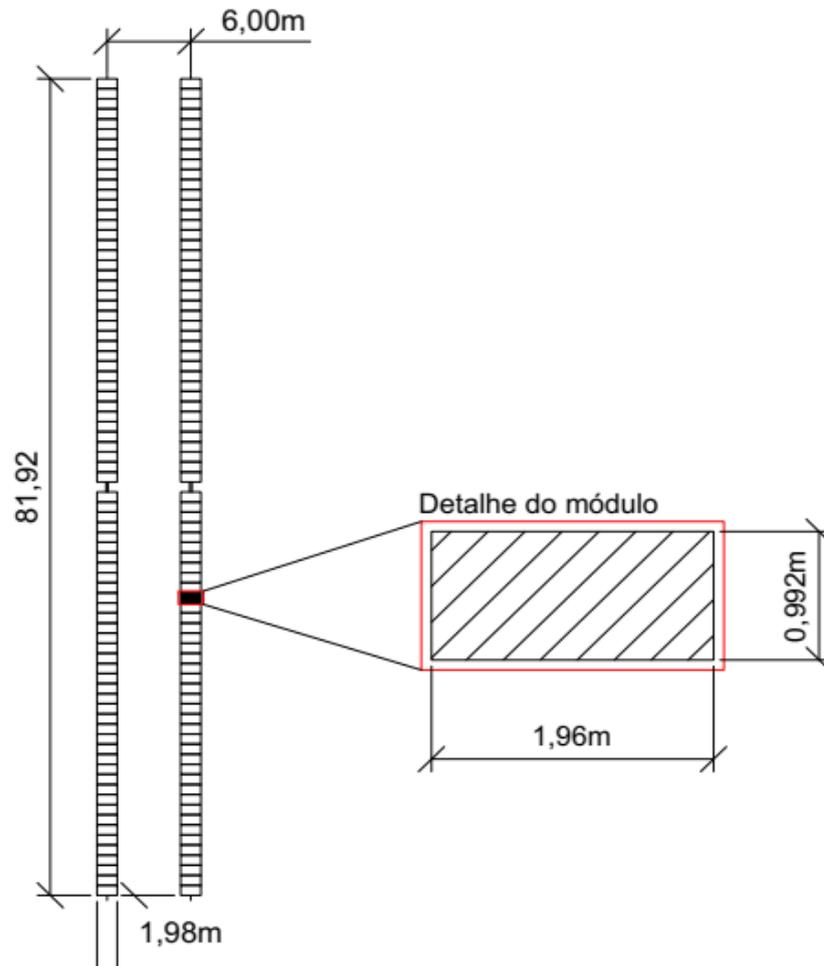
Tabela 12 - Especificações dos módulos e seguidores utilizados.

Item	Modelo	Dimensões		Quantidade	Potência de instalação [MW]
		X [m]	Y [m]		
Módulo fotovoltaico	CS6U-330P MAXPOWER2 1.500 V	1,960	0,992	1.980.000	500
Seguidor	NEXTracker NX Horizon	1,980	80,960	24.750	500
Pitch	-	6,000		-	-

Fonte: Autor.

A partir destas informações, foram estimados blocos de 2MW, nos quais eram constituídos de 7920 módulos e 99 trackers. Os módulos foram posicionados nos trackers em modo paisagem e o layout do bloco foram de 33 colunas por 3 linhas. As dimensões e a representação estão esquematizadas na Figura 49.

Figura 49 - Esquema com medidas do seguidor e do módulo utilizados.



Fonte: Autor.

A partir das dimensões citadas, foi possível obter as áreas estimadas para a implantação da UFV (Tabela 13).

Tabela 13 - Estimativa e considerações a respeito das áreas necessárias para implantação de uma UFV de 210 e 500MW.

Item	Área [ha]	Área com vias [ha]	Reserva Legal (20%) [ha]	Área total estimada [ha]
Bloco 2MW	4,7232	4,90	0,98	5,88
Bloco de 500 MW	1180,8000	1225,00	245,00	1.470,00
Bloco de 210 MW	495,9360	514,50	102,90	617,40

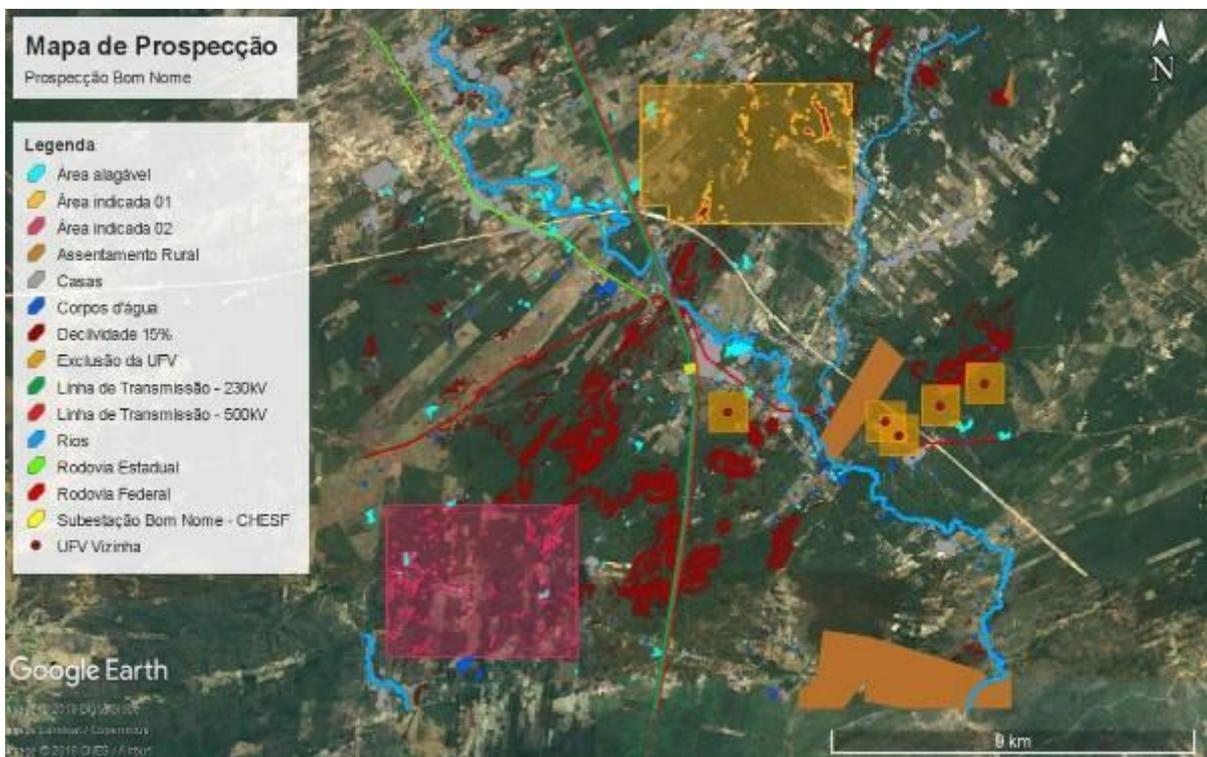
Fonte: Autor

5.1.12 Indicação da área para implantação da UFV

Após realizar o levantamento das exclusões das regiões de estudo, foram indicadas as áreas propícias para a implantação da UFV. A dimensão das áreas indicadas tomou-se como base a estimativa feita no item anterior, a princípio com o intuito de implantar uma UFV com

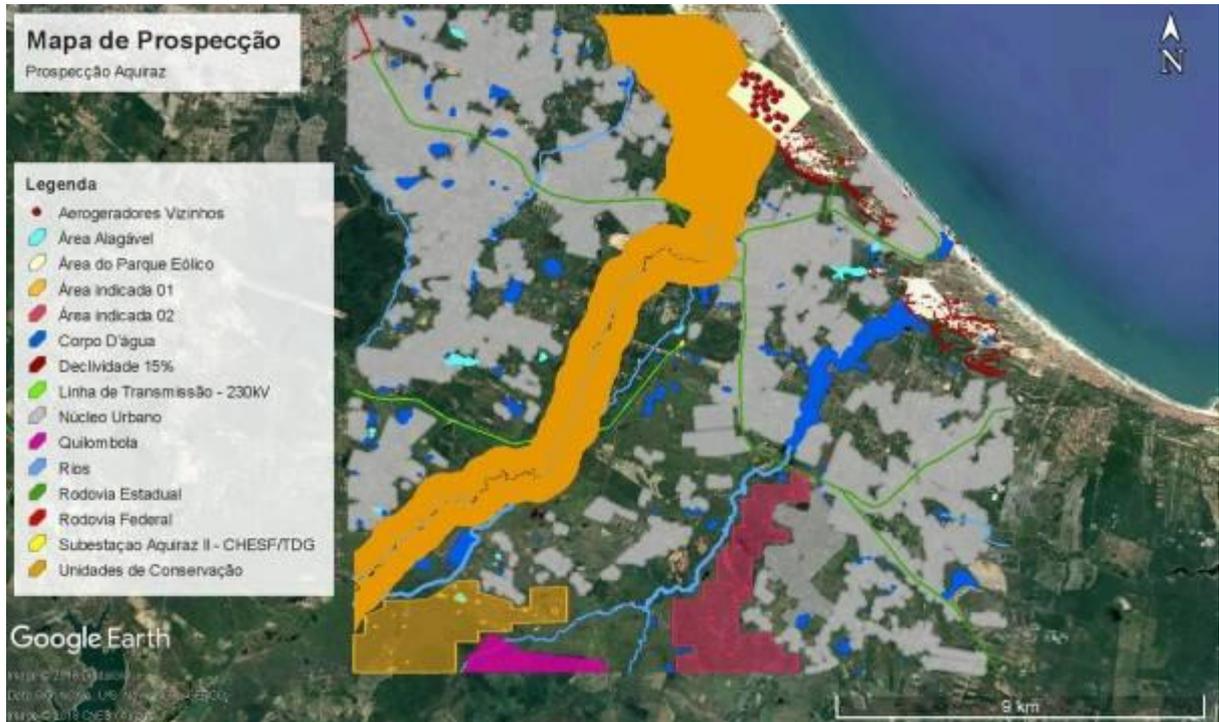
uma potência de 500MW e caso não dispusesse de área para 500MW, foi indicada uma área para a implantação de uma UFV com potência de 210MW. Na prospecção em Bom Nome, indicaram-se duas áreas para uma UFV de 500MW (Figura 50) e na prospecção em Aquiraz, indicaram-se duas áreas para uma UFV de 210MW (MW). Os critérios utilizados para as indicações numa primeira instância foram à distância para a Subestação, visto que reduzirá os custos em cabeamento. Em uma segunda instância, foi necessário procurar áreas mais isentas de exclusões. As áreas indicadas possuem pequenas exclusões como declividade em partes da área, presença de alguns corpos d'água, porém a área remanescente (já extraídas as exclusões) atendeu a área estimada para a implantação da UFV.

Figura 50 - Áreas indicadas para implantação de uma UFV com potência de 500MW na prospecção Bom Nome.



Fonte: Autor.

Figura 51 - Áreas indicadas para implantação de uma UFV com potência de 210MW na prospecção Aquiraz



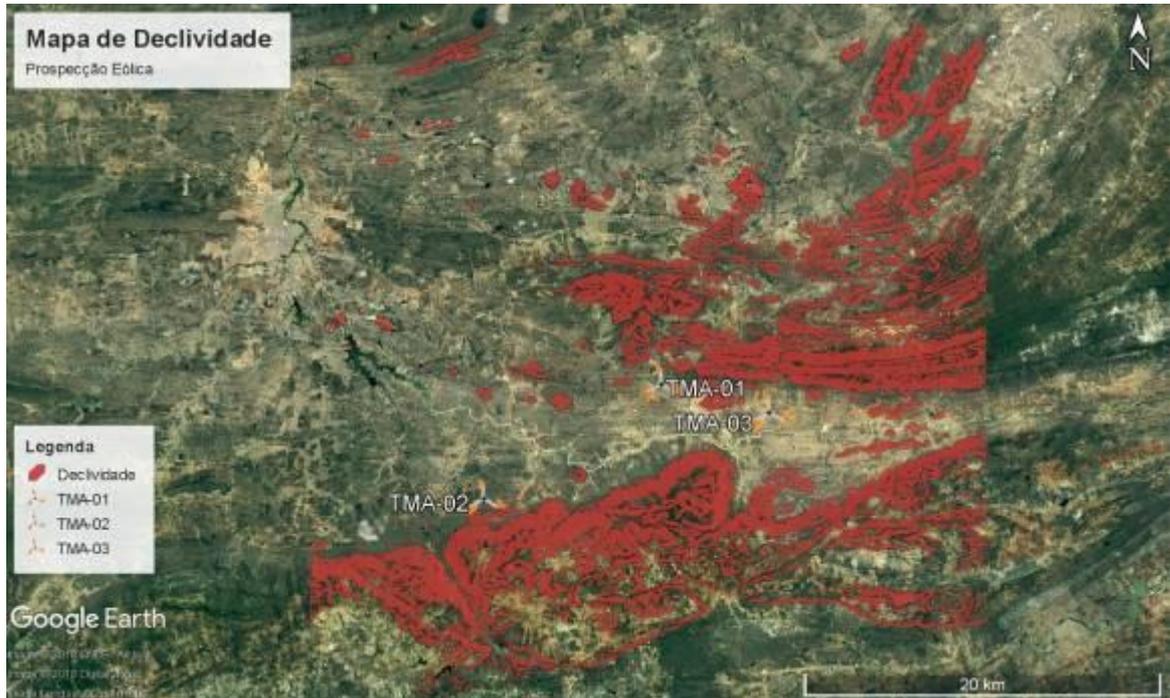
Fonte: Autor.

5.2 Energia Eólica

5.2.1 Análise da declividade

A análise realizada trouxe como resultados as áreas cujas declividades eram superiores a 17%. Foi gerado o mapa de declividade para a prospecção eólica (Figura 52).

Figura 52 - Mapa de declividade na prospecção eólica.



Fonte: Autor.

5.2.2 Identificação de Parques Eólicos Vizinhos

A partir da consulta ao geportal da ANEEL, foi possível identificar as EOL presentes na região de estudo. Os dados adquiridos foram pontuais que continham informações a respeito da EOL (Tabela 11), incluindo sua potência e quantidades de aerogeradores. Gerou-se um mapa com a identificação dos respectivos aerogeradores vizinhos (Figura 53).

Tabela 14 - Coordenadas e respectivas informações dos aerogeradores vizinhos presentes na prospecção eólica.

Parque Eólico	Aerogerador	Coordenadas		Altura do Rotor [m]	Diâmetro do Rotor [m]
		E [m]	N [m]		
CHA1.1	CHA1.1	733666	9227242	80	114
CHA1.2	CHA1.2	735690	9229804	80	114
CHA1.3	CHA1.3	736355	9229282	80	114
CHA1.4	CHA1.4	736140	9229071	80	114
CHA1.5	CHA1.5	735904	9228890	80	114

Parque Eólico	Aerogerador	Coordenadas		Altura do Rotor [m]	Diâmetro do Rotor [m]
		E [m]	N [m]		
CHA1.6	CHA1.6	735655	9228702	80	114
CHA1.7	CHA1.7	735022	9229712	80	114
CHA1.8	CHA1.8	734793	9229497	80	114
CHA1.9	CHA1.9	734523	9229241	80	114
CHA1.10	CHA1.10	734290	9229052	80	114
CHA1.11	CHA1.11	734089	9228807	80	114
CHA1.12	CHA1.12	733834	9228250	80	114
CHA1.13	CHA1.13	733806	9227967	80	114
CHA1.14	CHA1.14	733635	9227735	80	114
CHA1.15	CHA1.15	733410	9226949	80	114
ARP1.1	ARP1.1	727704	9220671	80	114
ARP1.2	ARP1.2	727623	9220362	80	114
ARP1.3	ARP1.3	727342	9220198	80	114
ARP1.4	ARP1.4	727055	9220026	80	114
ARP1.5	ARP1.5	726734	9219872	80	114
ARP1.6	ARP1.6	725380	9219077	80	114
ARP1.7	ARP1.7	725075	9218914	80	114
ARP1.8	ARP1.8	724720	9218781	80	114
ARP2.1	ARP2.1	727471	9221521	80	114
ARP2.10	ARP2.10	724278	9219922	80	114
ARP2.11	ARP2.11	724074	9219690	80	114
ARP2.12	ARP2.12	723793	9219512	80	114
ARP2.13	ARP2.13	723143	9219609	80	114
ARP2.2	ARP2.2	727061	9221229	80	114
ARP2.3	ARP2.3	726917	9220752	80	114
ARP2.4	ARP2.4	726314	9220934	80	114
ARP2.5	ARP2.5	726088	9220731	80	114
ARP2.6	ARP2.6	726144	9220356	80	114
ARP2.7	ARP2.7	725816	9220204	80	114
ARP2.8	ARP2.8	725510	9220042	80	114
ARP2.9	ARP2.9	724491	9220151	80	114
ARP3.1	ARP3.1	725086	9222537	80	114
ARP3.10	ARP3.10	722968	9220645	80	114
ARP3.2	ARP3.2	724855	9222329	80	114
ARP3.3	ARP3.3	724757	9222037	80	114
ARP3.4	ARP3.4	724595	9221781	80	114
ARP3.5	ARP3.5	724333	9221577	80	114
ARP3.6	ARP3.6	724024	9221400	80	114
ARP3.7	ARP3.7	723654	9221295	80	114
ARP3.8	ARP3.8	723619	9220970	80	114
ARP3.9	ARP3.9	723289	9220799	80	114
CHA2.1	CHA2.1	733151	9226641	80	114
CHA2.10	CHA2.10	733558	9225737	80	114

Parque Eólico	Aerogerador	Coordenadas		Altura do Rotor [m]	Diâmetro do Rotor [m]
		E [m]	N [m]		
CHA2.11	CHA2.11	733666	9226014	80	114
CHA2.12	CHA2.12	734110	9224559	80	114
CHA2.13	CHA2.13	734252	9224820	80	114
CHA2.14	CHA2.14	734372	9225139	80	114
CHA2.15	CHA2.15	734469	9225430	80	114
CHA2.2	CHA2.2	732939	9226402	80	114
CHA2.3	CHA2.3	732713	9226155	80	114
CHA2.4	CHA2.4	732520	9225925	80	114
CHA2.5	CHA2.5	732266	9225665	80	114
CHA2.6	CHA2.6	732691	9224455	80	114
CHA2.7	CHA2.7	732931	9224661	80	114
CHA2.8	CHA2.8	733226	9224894	80	114
CHA2.9	CHA2.9	733431	9225475	80	114
CHA3.1	CHA3.1	733760	9224290	80	114
CHA3.10	CHA3.10	735206	9222925	80	114
CHA3.11	CHA3.11	735467	9221781	80	114
CHA3.12	CHA3.12	735770	9222094	80	114
CHA3.13	CHA3.13	736036	9222306	80	114
CHA3.14	CHA3.14	736204	9222588	80	114
CHA3.15	CHA3.15	736290	9222865	80	114
CHA3.2	CHA3.2	733274	9223851	80	114
CHA3.3	CHA3.3	733098	9223607	80	114
CHA3.4	CHA3.4	734637	9223699	80	114
CHA3.5	CHA3.5	734585	9223410	80	114
CHA3.6	CHA3.6	733984	9222994	80	114
CHA3.7	CHA3.7	733610	9222766	80	114
CHA3.8	CHA3.8	732752	9222119	80	114
CHA3.9	CHA3.9	735474	9223115	80	114
CHA4.1	CHA4.1	731529	9225139	80	114
CHA4.10	CHA4.10	729416	9221803	80	114
CHA4.11	CHA4.11	729214	9221393	80	114
CHA4.12	CHA4.12	728949	9221080	80	114
CHA4.13	CHA4.13	728512	9220882	80	114
CHA4.2	CHA4.2	731316	9224682	80	114
CHA4.3	CHA4.3	732187	9224297	80	114
CHA4.4	CHA4.4	732013	9224048	80	114
CHA4.5	CHA4.5	731838	9223776	80	114
CHA4.6	CHA4.6	730842	9222930	80	114
CHA4.7	CHA4.7	730718	9222619	80	114
CHA4.8	CHA4.8	730522	9222323	80	114
CHA4.9	CHA4.9	730033	9221929	80	114
CHA5.1	CHA5.1	730622	9225420	80	114
CHA5.10	CHA5.10	728890	9223464	80	114

Parque Eólico	Aerogerador	Coordenadas		Altura do Rotor [m]	Diâmetro do Rotor [m]
		E [m]	N [m]		
CHA5.11	CHA5.11	728631	9223240	80	114
CHA5.12	CHA5.12	728488	9222983	80	114
CHA5.13	CHA5.13	728241	9222409	80	114
CHA5.14	CHA5.14	728104	9222118	80	114
CHA5.2	CHA5.2	730462	9225166	80	114
CHA5.3	CHA5.3	730356	9224893	80	114
CHA5.4	CHA5.4	729758	9224740	80	114
CHA5.5	CHA5.5	729864	9224281	80	114
CHA5.6	CHA5.6	729711	9223966	80	114
CHA5.7	CHA5.7	730010	9223470	80	114
CHA5.8	CHA5.8	729672	9223201	80	114
CHA5.9	CHA5.9	729079	9223852	80	114
CHA6.1	CHA6.1	733877	9226247	80	114
CHA6.10	CHA6.10	735323	9226369	80	114
CHA6.11	CHA6.11	735417	9226686	80	114
CHA6.12	CHA6.12	735937	9226725	80	114
CHA6.13	CHA6.13	735905	9227132	80	114
CHA6.2	CHA6.2	734106	9226509	80	114
CHA6.3	CHA6.3	734302	9226790	80	114
CHA6.4	CHA6.4	734476	9227084	80	114
CHA6.5	CHA6.5	735013	9227956	80	114
CHA6.6	CHA6.6	735158	9228254	80	114
CHA6.7	CHA6.7	735179	9228616	80	114
CHA6.8	CHA6.8	734639	9225689	80	114
CHA6.9	CHA6.9	734857	9225937	80	114

Fonte: SIGEL, 2018.

Figura 53 - Identificação das EOL vizinhas presentes na prospecção eólica.



Fonte: SIGEL, 2018.

5.2.3 Delimitação dos cones de interferência

A delimitação dos cones de interferência foi de acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 391, de 15/12/2009, que define o raio de interferência sendo 20 vezes a altura máxima da pá (altura do rotor + dimensão da pá). Os raios variaram de acordo com as características dos aerogeradores (Tabela anterior). Todos os aerogeradores vizinhos possuíam as mesmas dimensões, logo todos os raios possuem o mesmo tamanho (Tabela 15).

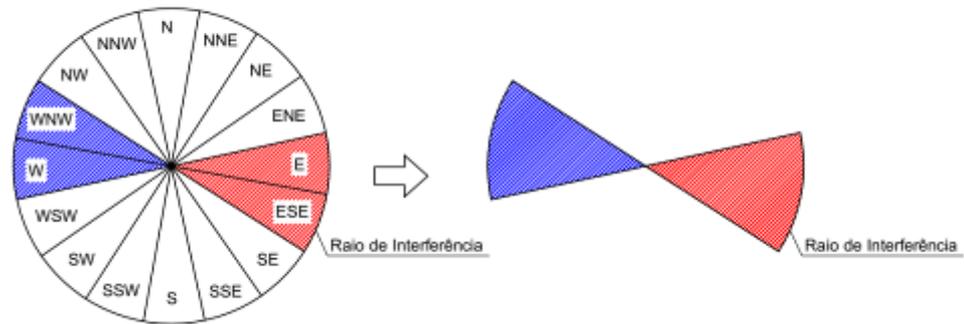
Tabela 15 - Especificações do aerogerador e respectivo raio do cone de interferência.

Item	Altura do Rotor [1]	Dimensão da pá [2]	Raio do Cone (20 * ([1] + [2]))
Aerogerador Vizinho	80m	57m	2740m

Fonte: SIGEL, 2018.

Depois do cálculo, tomaram-se as direções do vento com permanência superior a 10% e excluíram-se as demais (Figura 54). Após os cálculos realizados e elaboração dos cones de interferência, gerou-se um mapa contendo os aerogeradores com seus respectivos cones de interferência, tanto para frente quanto para trás (Figura 55).

Figura 54 - Raio de interferência e direção predominante do vento. O raio tanto na direção predominante quanto na direção posterior.



Fonte: Autor.

Figura 55 - Cones de interferência e respectivas áreas de influência pelos cones.



Fonte: Autor.

5.2.4 Análise da Rugosidade

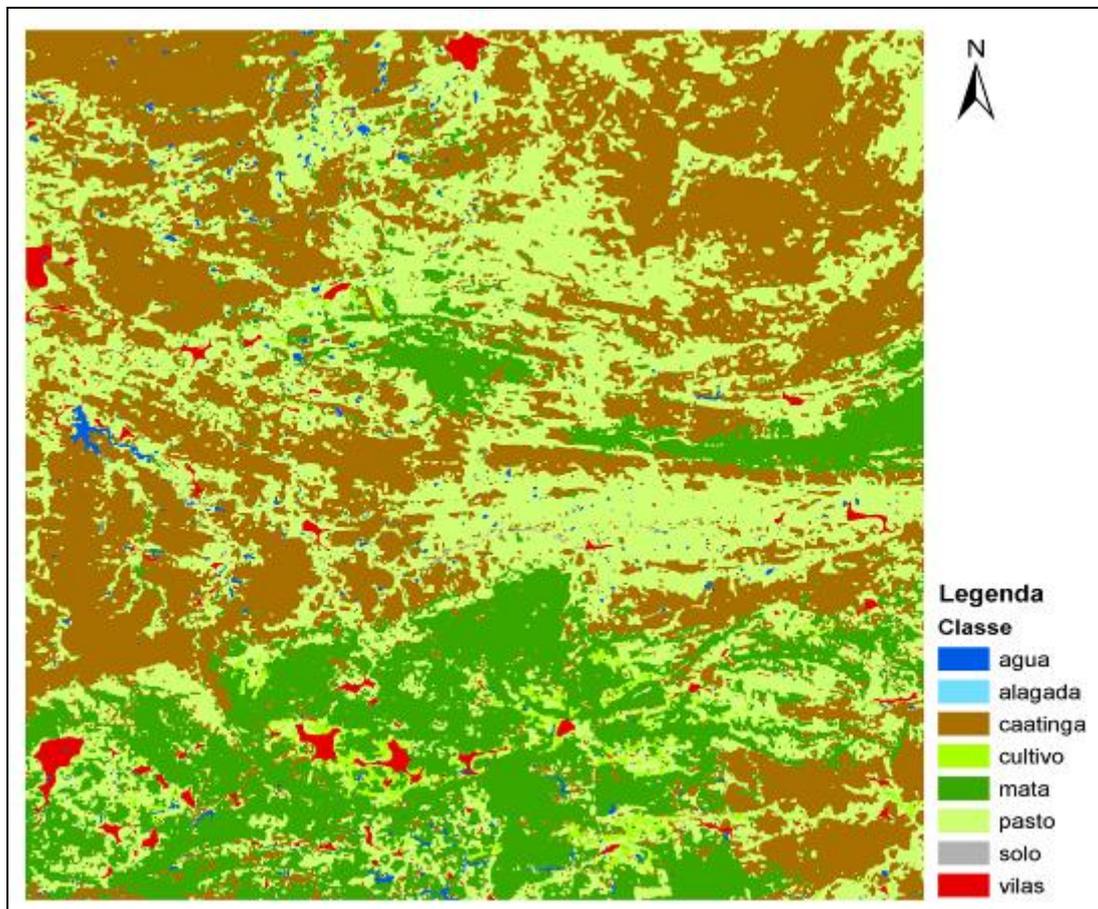
A partir da aquisição da carta em formato raster de uso do solo do GlobalLand30, fez-se a análise e refinamento da rugosidade da área de estudo. A rugosidade possui 8 classes, tendo-se uma média de z_0 igual a 0,22, sendo a Caatinga a classe predominante. Para cada classe foi atribuído um valor z_0 (Tabela 16) e foi gerado um mapa da rugosidade (Figura 56)

Fonte: Autor.

Tabela 16 - Rugosidade e valores de z_0 .

Classe	z_0
Água	0,0001
Alagada	0,1
Caatinga	0,15
Cultivo	0,1
Mata	0,2
Pasto	0,02
Solo	0,005
Vilas	0,4

Fonte: Autor

Figura 56 - Mapa de rugosidade e suas respectivas classes.

Fonte: Autor.

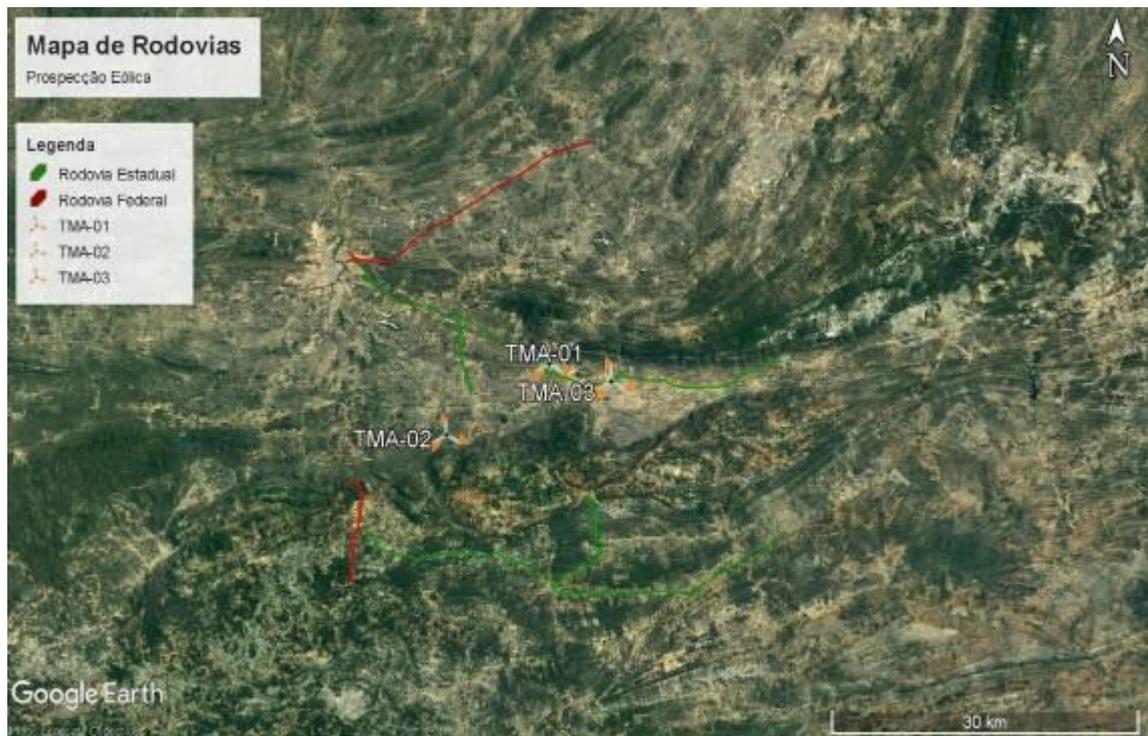
5.2.5 Identificação das Rodovias

As rodovias foram identificadas e classificadas por tipo: Rodovia Federal ou Rodovia Estadual, juntamente com seus respectivos nomes (Tabela 17). Foram identificadas Rodovias Federais e Estaduais na prospecção eólica (Figura 57).

Tabela 17 - Rodovias identificadas e seus respectivos tipos.

Nome	Tipo	Prospecção
BR-230	Rodovia Federal	Eólica
BR-110	Rodovia Federal	Eólica
PB-228	Rodovia Estadual	Eólica
PB-252	Rodovia Estadual	Eólica
PB-238	Rodovia Estadual	Eólica
PB-246	Rodovia Estadual	Eólica

Fonte: DER-PB, 2015

Figura 57 - Rodovias identificadas na prospecção eólica.

Fonte: DER-PB, 2015.

5.2.6 Assentamentos Rurais

A partir da consulta do banco de dados do INCRA, foi possível identificar os Assentamentos Rurais do Brasil, bem como as informações referentes aos mesmos (Tabelas 18). Na prospecção eólica encontraram-se dois Assentamentos Rurais (Figura 58).

Tabela 18 - Assentamentos Rurais identificados na prospecção eólica.

Nome do Assentamento	Município	Nº de famílias	Data de obtenção	Prospecção
PA Nossa Senhora Aparecida II	São Mamede	24	03/03/2010	Eólica
PA Poços de Baixo	Teixeira	15	05/10/2000	Eólica

Fonte: INCRA, 2018

Figura 58 - Assentamentos Rurais identificados na prospecção eólica.

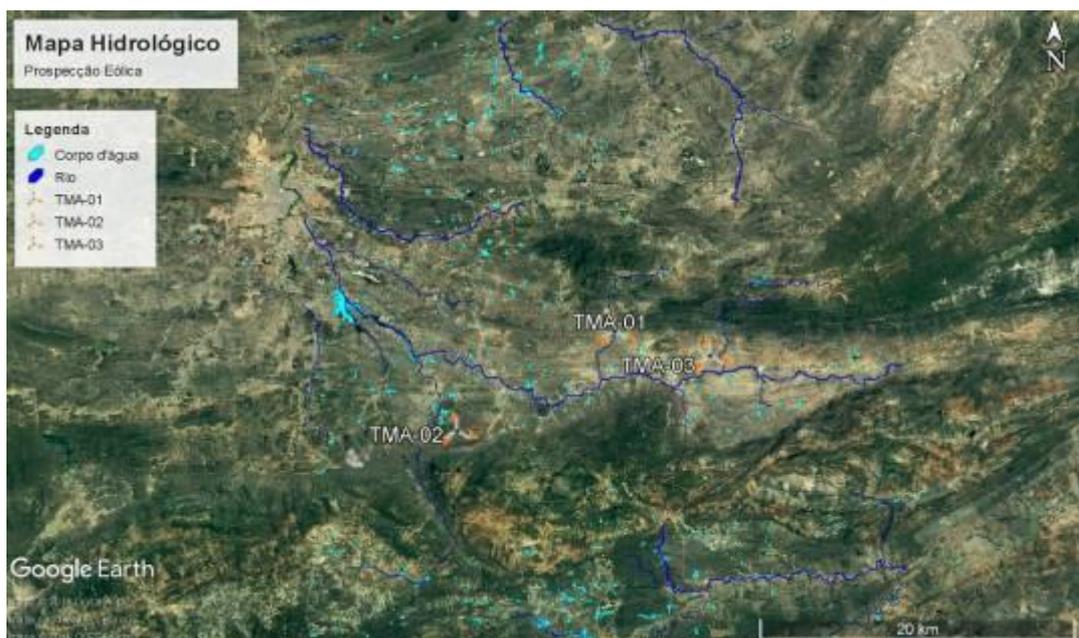


Fonte: INCRA, 2018.

5.2.7 Análise Hidrológica

A partir da consulta do banco de dados da ANA e vetorização manual por meio do Google Earth e imagens históricas, foi possível identificar e gerar um mapa com os rios e os corpos d'água na prospecção eólica (Figura 59).

Figura 59 - Hidrografias presentes na prospecção eólica.



Fonte: ANA, Google Earth.

5.2.8 Análise das ferrovias

A partir do mapa rodoviário da Paraíba disponível pelo DER-PB, juntamente com as imagens do Google Earth, foi possível a identificação e posterior mapeamento da ferrovia presente na região (Figura 60).

Figura 60 - Ferrovias identificadas na prospecção eólica.

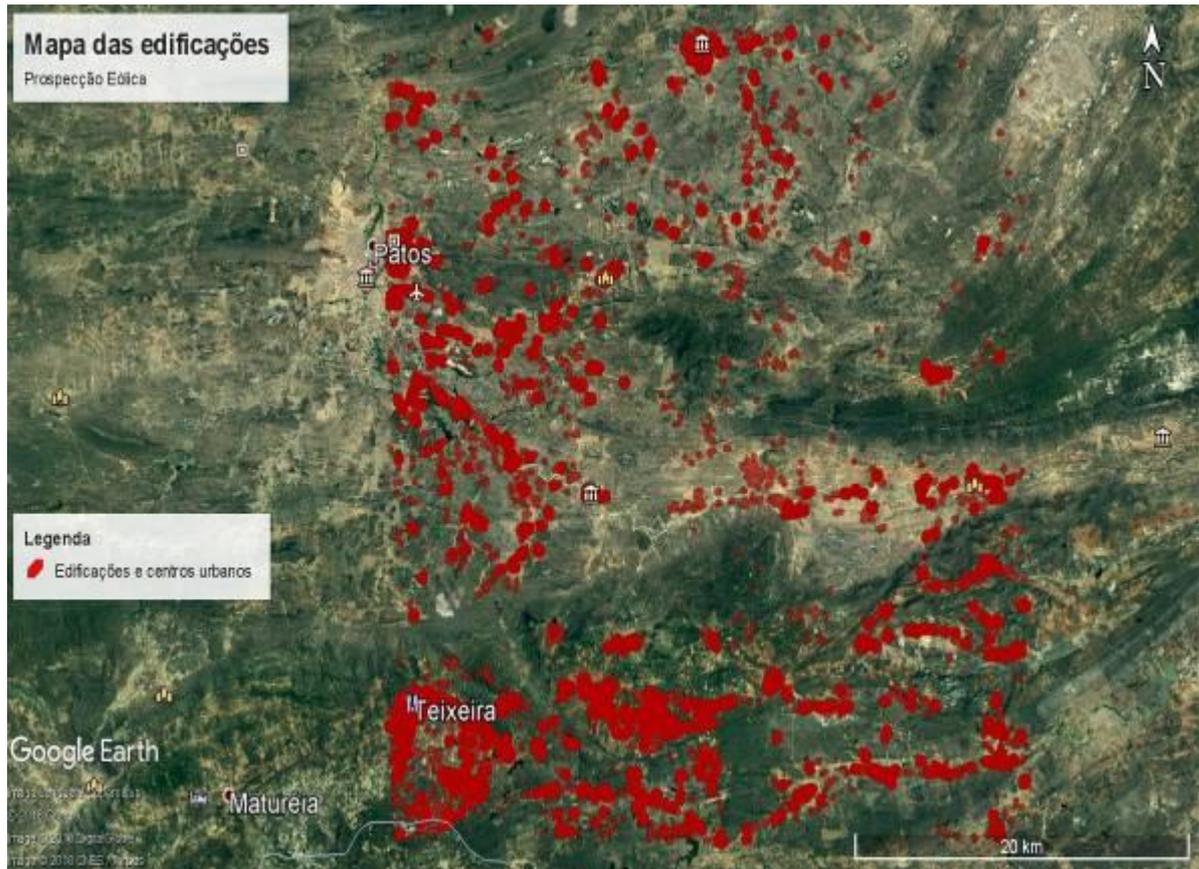


Fonte: DER-PB, 2015.

5.2.9 Edificações e Centros Urbanos

A partir da vetorização de forma manual pelo Google Earth, foi possível identificar e gerar um mapa com as edificações encontradas e os centros urbanos na prospecção eólica (Figura 61).

Figura 61 - Edificações e centros urbanos identificados na prospecção eólica.

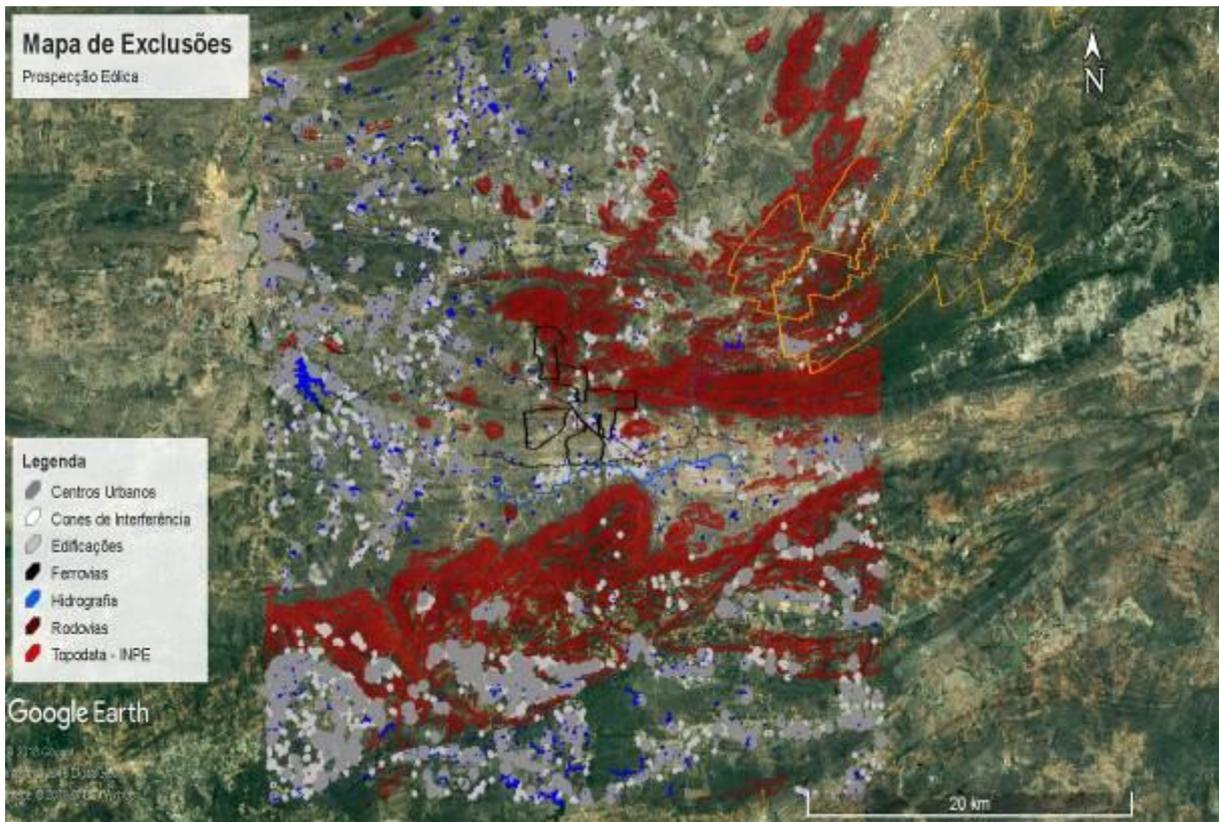


Fonte: Autor.

5.2.10 Aplicação de *Buffer* nas exclusões

Com levantamento de todas as exclusões pertinentes as áreas de estudo, foram gerados os buffers para as respectivas exclusões conforme a Tabela 5. Após esta etapa, pôde-se ter uma melhor visualização dos locais remanescentes dentro e fora dos terrenos delimitados, deixando para analisar as áreas propícias a implantação dos aerogeradores da EOL (Figura 62).

Figura 62 - Identificação de todas as exclusões e seus respectivos buffers aplicados.

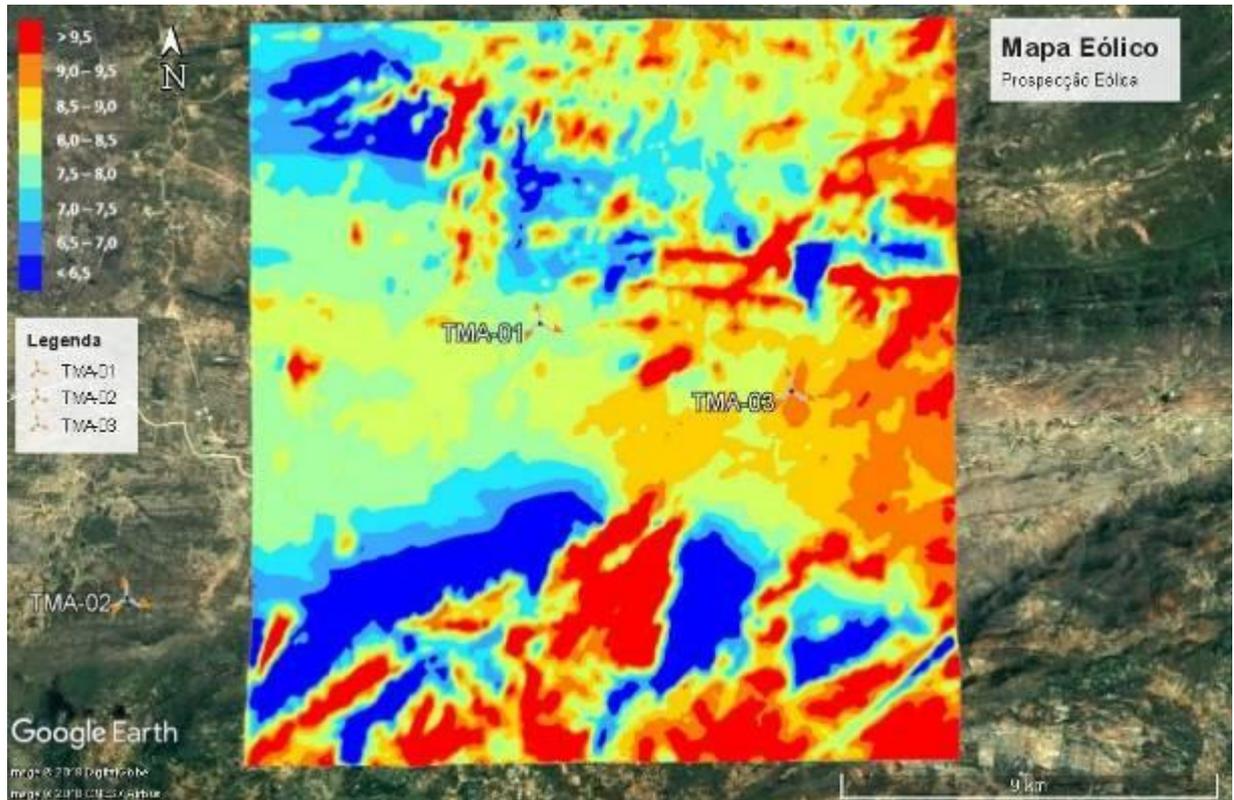


Fonte: Autor.

5.2.11 Mapa Eólico

A partir dos dados de vento das TMA, topografia e rugosidade do terreno, pôde-se gerar o mapa eólico (Figura 63), possuindo uma resolução espacial de 30m, com um range de 0,5 entre suas classes.

Figura 63 - Mapa eólico da prospecção eólica.

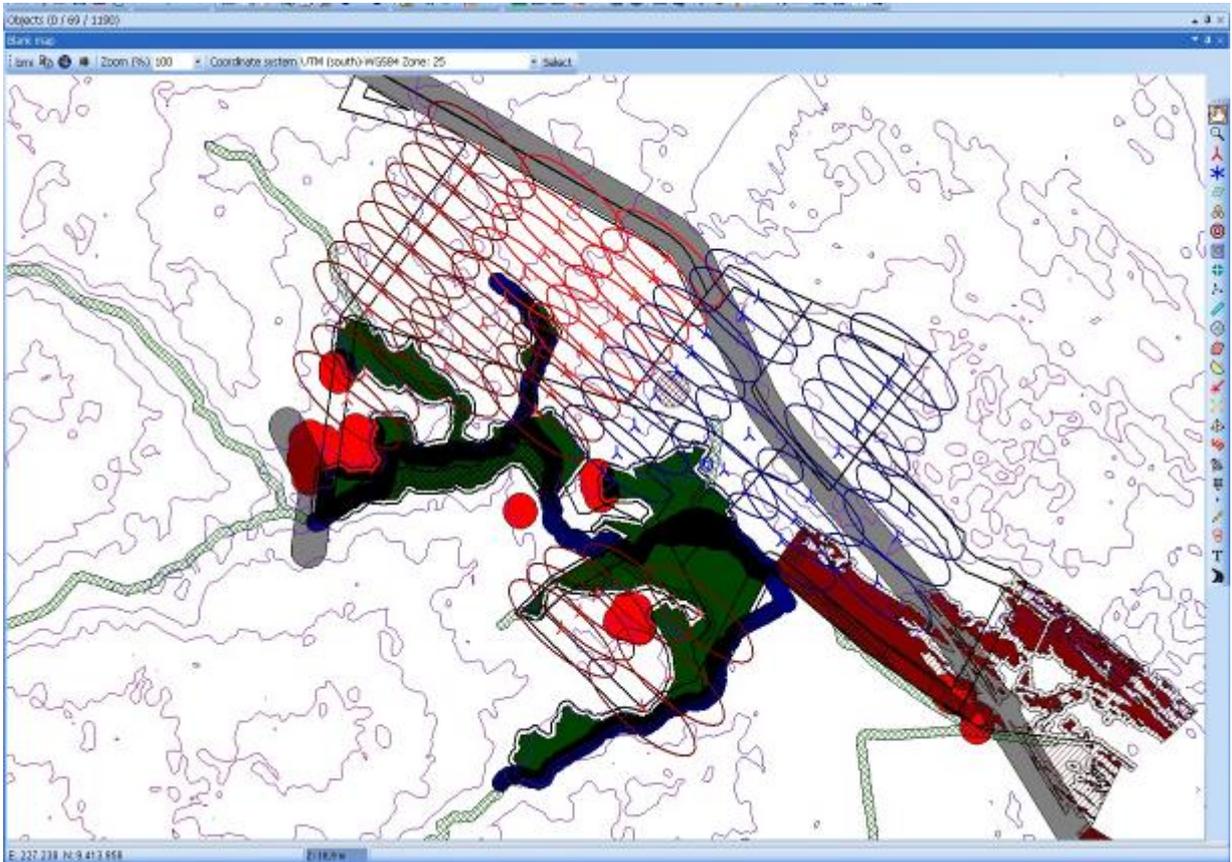


Fonte: WindPRO, 2018.

5.2.12 Layout do Projeto

O layout do projeto foi realizado no WindPRO (Figura 64) após o levantamento de todas as exclusões e geração do mapa eólico da região.

Figura 64 - Interface gráfica do software WindPRO.

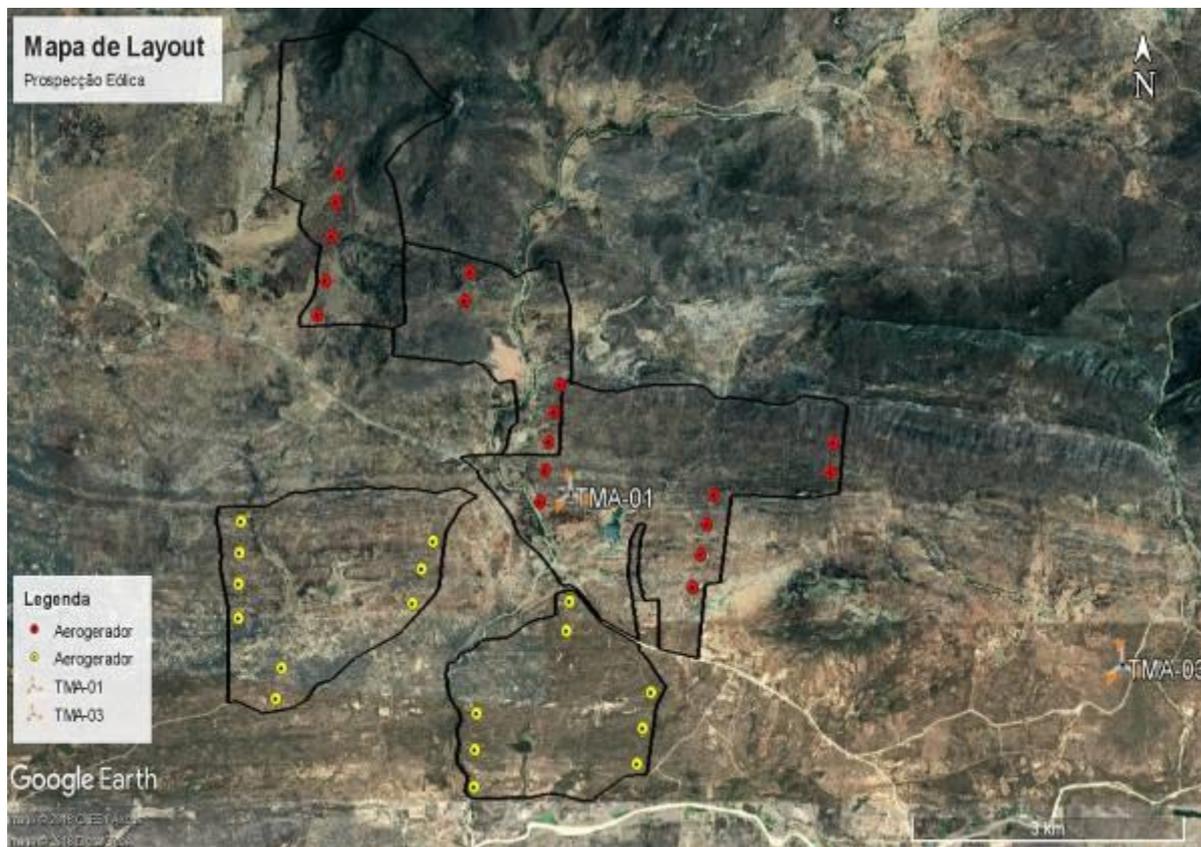


Fonte: WindPRO, 2018.

Os melhores locais para o posicionamento dos aerogeradores eram os locais com mais vento e menos exclusões. Os aerogeradores foram todos posicionados dentro do terreno e futuramente poderiam ser estudadas alternativas de layouts pela região, visto que o mapa eólico e as exclusões levantadas se estendem dos terrenos.

Foram respeitadas as distâncias entre os aerogeradores (elipses de referência da Figura 64), como também as interferências entre eles causadas pelo efeito esteira. Foi elaborado um layout, levando em consideração todas as análises pontuadas previamente (Figura 65).

Figura 65 - Layout proposto dentro dos terrenos anteriormente delimitados.



Fonte: Autor.

6 CONCLUSÕES

As energias renováveis têm se difundindo no decorrer dos anos e a humanidade sempre vem procurando novas formas de obtenção, nesse cenário, incluídas a energia solar e a energia eólica. O nordeste brasileiro por sua vez tem grande destaque em níveis de radiação e altas velocidades do vento, o que impulsiona estudos, pesquisas e interesses em implantações de Usinas Fotovoltaicas e Parques Eólicos.

A Cartografia e as geociências vêm apresentando um papel crucial em prospecções, uma vez que se faz necessário o conhecimento prévio das condições geoespaciais e climáticas do espaço. Em prospecções solares, se tem toda uma metodologia aplicada, partindo-se da escolha de regiões com bons índices de radiação, terrenos planos a suavemente ondulados isentos de exclusões ambientais e legais e que possuam áreas suficientes para a implantação de uma UFV anteriormente planejada. Houve uma metodologia também para prospecções eólicas, que parte em uma primeira instância a pesquisa de regiões com bons índices de ventos, terrenos não necessariamente planos em sua totalidade, livres de exclusões ambientais, ambientais e interferência de aerogeradores vizinhos.

Com a metodologia utilizada, foi possível indicar áreas para implantação de UFV de grande porte, apresentando viabilidade projetiva, visto que as áreas foram isentas de impedimentos construtivos e estão situadas próximas a subestações, o que reduz o custo em cabeamento. No caso da prospecção eólica, foi possível realizar o posicionamento adequado no espaço de terreno delimitado, isentado de todos os impedimentos construtivos e sem interferir na produção de parques vizinhos nem ser interferido pelos mesmos.

A prospecção solar como englobava uma menor área, foi proposto duas áreas no intuito de poder abranger diferentes casos que se podem encontrar na região de estudo. Bom Nome era uma zona rural o que normalmente tem uma maior facilidade de encontrar terrenos maiores com uma menor quantidade de edificações, enquanto que Aquiraz é uma zona mais urbana, que contém bastantes edificações, porém que não impede que seja realizado um estudo. Vale ressaltar que não irá encontrar sempre todas as exclusões, há regiões com mais, outras com menos, algumas praticamente são ausente de exclusões ou tem bastante.

A prospecção eólica por englobar uma área maior, foi proposta apenas uma área de estudo, de forma que pudesse abranger os mais variados impedimentos que viesse a inviabilizar o projeto. Para diferenciar também da solar, delimitaram-se terrenos nos quais

eram possíveis a implantação. Foi analisado além dos terrenos, uma vez que o dono do parque eólico quisesse expandi-lo futuramente, o mesmo já teria noção de onde seria ideal.

Por fim, a Engenharia Cartográfica mostrou-se uma poderosa ferramenta para os projetos solares e eólicos, além de ser bastante versátil, visto que possui interdisciplinaridade com a Meteorologia, Geografia, Biologia, Engenharia Elétrica, Civil, de Energia, Geologia e as geociências, tendo sua parcela de contribuição para a economia mundial, estudos e pesquisas desenvolvimento social e urbano e a busca de alternativas para produção de energia de fontes não poluentes.

REFERÊNCIAS

ABBASI, T.; PREMALATHA, M.; ABBASI, S.A. The return to renewables will it help in global warming control? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, n.1, p. 891-894, 2010.

ALMEIDA, A. W. B. Os quilombos e as novas etnias. In Fundação Cultural Palmares. **Quilombos no Brasil**, Revista Palmares 5, 2000.

AMARAL, A. F. P. **Análise das viabilidades técnica e econômica da energia solar fotovoltaica**. 2018. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2018.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008. 236p

ANEEL. Resolução Normativa nº 391. Promulgada em 15 de dezembro de 2009. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2009391.pdf>>

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. (2012). **Resolução normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> >. Acesso em: 01.06.18.

ANEEL – Agência Nacional De Energia Elétrica. (2015). **Resolução normativa nº 687**, de 24 de novembro de 2015. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> >. Acesso em: 01.06.18.

ANTONIOLLI, A. F.; MOSCARDINI, E. F.; GESSNER, E.; PALADINI, E. P. Análise de Serviço de Energia Solar Fotovoltaica Compartilhada no Brasil. **Revista Empreender e Inovar**, v. 1, n. 1, p. 104-116, 2018.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura. 2ª edição. Brasília: Embrapa. 1998.

AZEVEDO, J. P. M.; NASCIMENTO, R. S.; SCHRAM, I. B. Energia eólica e os impactos ambientais: um estudo de revisão. **Revista UNINGÁ**, v. 51, n. 1, p. 101-106, 2017.

BAKKER, R. H.; PEDERSEN, E.; VAN DEN BERG, G.P.; STEWART, R. E.; LOK, W.; BOUMA, J. Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. **Science of the Total Environment**, v.425, n. 1, p. 42-51, 2012.

BELLARMINE, T. G.; URQUHART, J. Wind energy for the 1990s and beyond. **Energy Conversion and Management**, v. 37, n.12, p. 1741-1752, 1996.

BERGAMASCO, S. M.; NORDER, L. A. C. **O que são assentamentos rurais**. São Paulo: Brasiliense, 1996. 87 p. (Coleção Primeiros Passos, 301).

BRASIL. Lei nº 6.766. Promulgada em 19 de dezembro de 1979. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/16766.htm>

BRASIL. Constituição Federal de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

BRASIL. Resolução CONAMA nº 10. Promulgada em 14 de dezembro de 1988. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=74>>

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 abr. 2002. Seção 1, p. 2.

BRASIL. Instrução Normativa nº 49. Promulgada em 29 de setembro de 2008. Disponível em < http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/institucional/legislacao--/atos-internos/instrucoes/in49_290908.pdf>

BRASIL. Lei nº 12.651. Promulgada em 25 de maio de 2012. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Monographs on Resources Survey nº 2. Oxford Science Publications. Oxford: Clarendon Press, 1986. 194p.

CASTRO, R. **Análise de decisões sob incertezas para investimentos e comercialização de energia elétrica no Brasil**. Campinas, 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.

CASTRO E., ACEVEDO, M. R. **Negros do Trombeta guardiões de matas e rios**. Ed. Cejup, Belém, 1998.

CCEE – CAMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Visão Geral das Operações na CCEE: versão 2010. Disponível em: <http://www.ccee.org.br/StaticFile/Visao_Geral_das_Operacoes_CCEE_2010.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2018.

CÂMARA, Gilberto. DAVIS, Clodoveu. MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Organizadores. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001. on-line, 2ª. edição, revista e ampliada. Acesso: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>

CARDOSO, L. C. **Faixa de Domínio e Área Non Aedificandi**. Disponível em: < <http://estradas.com.br/entenda-melhor-os-conceitos-de-faixa-de-dominio-e-area-non-aedificandi/>> . Data de postagem: 29.07.13.

CARRASCO- DÍAZ, M.; RIVAS, D.; OROZCO- CONTRERAS, M.; SÁNCHEZ- MONTANTE, O. An assessment of wind power potential along the coast of Tamaulipas, Northeastern México. **Renewable Energy**, v. 78, n. único, p. 295–305, 2015. doi: 10.1016/j.renene.2015.01.007.

CARRETO, J. C. D. G. P. **Simulação do desempenho energético de sistemas solares térmicos para a produção de água quente sanitária com circulação forçada**. 2016. 130 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2016.

CELESTINO, V. S.; JULIÃO, R. P. Aplicação geográfica na identificação de áreas com potencial para gerar energia por fontes renováveis. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 3, p. 473-494, 2017.

CELG PAR. **Especificação técnica para limitação do uso de faixa de linhas de subtransmissão e transmissão da CELG PAR – 69kV, 138kV e 230kV**. Setembro, 2010.

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Cidade Universitária, Rio de Janeiro, 2013.

DIAS, C. T. C.; SILVA, W. K. M.; FREITAS, G. P.; NASCIMENTO, J. F. Energia Solar no Brasil **INTERSCIENTIA**, v. 5, n. 1, p. 153-165, 2017.

DUTRA, R. M. **Viabilidade Técnico-Econômica da Energia Eólica Face ao Novo Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro**. 2001. 259f. Tese (Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

DÍAZ, A. P.; PAJARO, G. J.; SALAS, K. U. Computational model of Savonius turbine. **Revista Chilena de Ingeniería**, v. 23, n. 3, p. 406-412, 2015

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Nota Técnica. Rio de Janeiro: EPE, 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>. Acesso em: 01.06.18

FADIGAS, E. A. **Energia eólica**. Barueri – SP: Manole, 1 ed., 285p., 2011

FERNANDES, T. M. F. **Metodologias de aquisição de dados para o cálculo da radiação solar – aproveitamento da energia fotovoltaica no parque industrial de Lustosa**. 2015. 82f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território) –Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, 2015

FURTADO, R., FURTADO, E. **A intervenção participativa dos atores (INPA) – uma metodologia de capacitação para o desenvolvimento local sustentável**. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), 2000. 180p

GEORGE, P. **Les méthodes de la Géographie**. Paris: PUF, Coll, 1970. Que sais-je?

GRÄTZEL, M. Photoelectrochemical cells. **Nature**, v. 414, n. 1, p. 338–344, 2001.

GOMES, A. et al. **BNDES 50 anos - Histórias Setoriais: O Setor Elétrico**. 1. ed., Rio de Janeiro: BNDES, 2002. p. 180-220.

GWEC - Global Wind Energy Council (2015). **Global Wind Report Annual Market Update**. Disponível em: < http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-2015-Report_April-2016_22_04.pdf> Acesso em: 19 de maio de 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Glossário Cartográfico**. IBGE, 1998. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/glossario/glossario_cartografico.shtm>. Acesso: 30.05.18.

JUÁREZ, A. A.; ARAÚJO, A. M.; ROHATGI, J. S.; OLIVEIRA FILHO, O. D. Q. Development of the wind power in Brazil: Political, social and technical issues. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 39, n. única, p. 828-834, 2014.

JUNQUEIRA, R. C.; UTURBEY, W. Valoração econômica de impactos ambientais da energia solar fotovoltaica: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 8, n. 1, p. 50-58, 2017.

KEMERICH, P. D. C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F.; SILVEIRA, R. B.; FRANÇA, J. R.; LEVANDOSKI, N. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.

KOMP, R. J. **Practical photovoltaics**: eletricity from solar cells, 3a. ed., aatec publications: Ann Arbor, 2001.

LEITE, S.; HEREDIA, B.; MEDEIROS, L.; PALMEIRA, M.; CINTRÃO, R. **Impactos dos assentamentos**: um estudo sobre o meio rural brasileiro. Brasília, DF: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural; São Paulo: Editora UNESP, 2004. 392 p. (Estudos NEAD, 6).

LEONZIO, G. Design and feasibility analysis of a Power-to-Gas plant in Germany. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, n. 1, p. 609-623, 2017.

LIMA, M. R. **O uso da energia eólica como fonte alternativa para solucionar problemas de energia e bombeamento de água subterrânea em locais isolados**. 2009. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Fontes Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009.

LUZ, C. P. M. S. **O mercado a termo de energia elétrica no Brasil: evidências sobre sua dinâmica a partir de um estudo exploratório**. Dissertação de mestrado. PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2011.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Revista virtual de química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.

MAGUIRE, D., M. GOODCHILD and D. RHIND (ed.). *Geographical Information Systems*. London, Longman, 1991.

MARTINS, E. S. F. **Avaliação da exatidão cartográfica de dados SRTM e atualização da carta planialtimétrica Salinópolis – NE do Pará**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

MARTINS, J. S. O sujeito da reforma agrária: estudo comparativo de cinco assentamentos. In: MARTINS, J. S. (Coord.). **Travessias**: estudo sobre a vivência da reforma agrária nos assentamentos. PortoAlegre: Editora da UFRGS, 2003. 294 p.

MEDEIROS, L. S. **Movimentos sociais, disputas políticas e reforma agrária de mercado no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRRJ – CPDA; UNRISD, 2002. 127 p.

MEDEIROS, L. S., SOUZA, I. C., ALENTEJANO, P. R. Os efeitos políticos locais dos assentamentos rurais: reflexões a partir do Estado do Rio de Janeiro. In: MOREIRA, R. J., CARVALHO, L. C. C. **Mundo rural e cultura**. Rio de Janeiro: Mauad, 2002. 316 p. p. 179-204.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Relatório anual de rotas e áreas de concentração de aves migratórias no Brasil**. Cabedelo, PB: CEMAVE / ICMBio, 2016.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Modelo Institucional do Setor Elétrico. Disponível em: <http://ucel.eln.gov.br/gse_doc/Modelo_Energia.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2018.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Boletim mensal de monitoramento do setor elétrico** – dezembro de 2016. Brasília: MME, 2017.

MOURA, A. M. **O papel da Cartografia nas Análises urbanas, tendências no urbanismo pós-moderno.**, Caderno de Arquitetura Urbana, n. 2, p. 4173, 1993.

NUNES, M. V. A. **Avaliação do comportamento de aerogeradores de velocidade fixa e variável integrados em redes elétricas fracas**. 2003. 224 f. Tese (Doutorado em Energia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. O que é o SIN. Disponível em: <<http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 2014. CEPAL - CRESEB.

PINTO, M. **Fundamentos de Energia Eólica**. Rio de Janeiro: LTC, 1 ed., 392 p., 2013.

PIRES, J., PICCININI, M. **Mecanismos de regulação tarifária do setor elétrico: a experiência internacional e o caso brasileiro**. Rio de Janeiro: BNDES, 1998. Texto para discussão nº 64.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ACHIM, R.; BAMLER, R. The shuttle radar topographic mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Jornal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 57, p. 241-262, 2003.

RODRIGUES, M. V. S.; Aquino, M. D.; Thomaz, A. C. F. Análise da eficiência na produção de energia eólica nos principais estados brasileiros produtores, por meio da aplicação de análise por envoltória de dados. **Revista Tecnologia**, v. 36, n. 1 e 2, p. 18-33, 2015.

SALINO, P. J. **Energia Eólica no Brasil: Uma Comparação do PROINFA e dos Novos Leilões**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, P. R. A.; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L. C. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 1, p. 101-107, 2006.

SANTOS, W. A. A.; ARAÚJO, P. C. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento geoambiental: subsídio à implantação de empreendimentos de geração de energia eólica. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, n. 2, p. 48-60, 2016.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil**: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: < www.senado.leg.br/estudos >. Acesso em: 01.06.18.

SMESTAD, G. P. **Optoelectronics of solar cells**, 1a. ed., SPIE: Bellingham, 2002.

TRAPP, G. S.; RODRIGUES, L. H. Avaliação do custo sistêmico total da geração de energia eólica em face da substituição das fontes hidrelétrica e termoeétrica considerando as externalidades socioeconômicas e ambientais. **Gestão & Produção**, v. 23, n. 3, p.556-569, 2016.

VALENTE, M. A. S. **Caracterização Automática de um Painel Fotovoltaico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

WANG, S.; WANG, S.; SMITH, P. Ecological impacts of wind farms on birds: Questions, hypotheses and research needs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.44, n. 1, p.599-607, 2015.

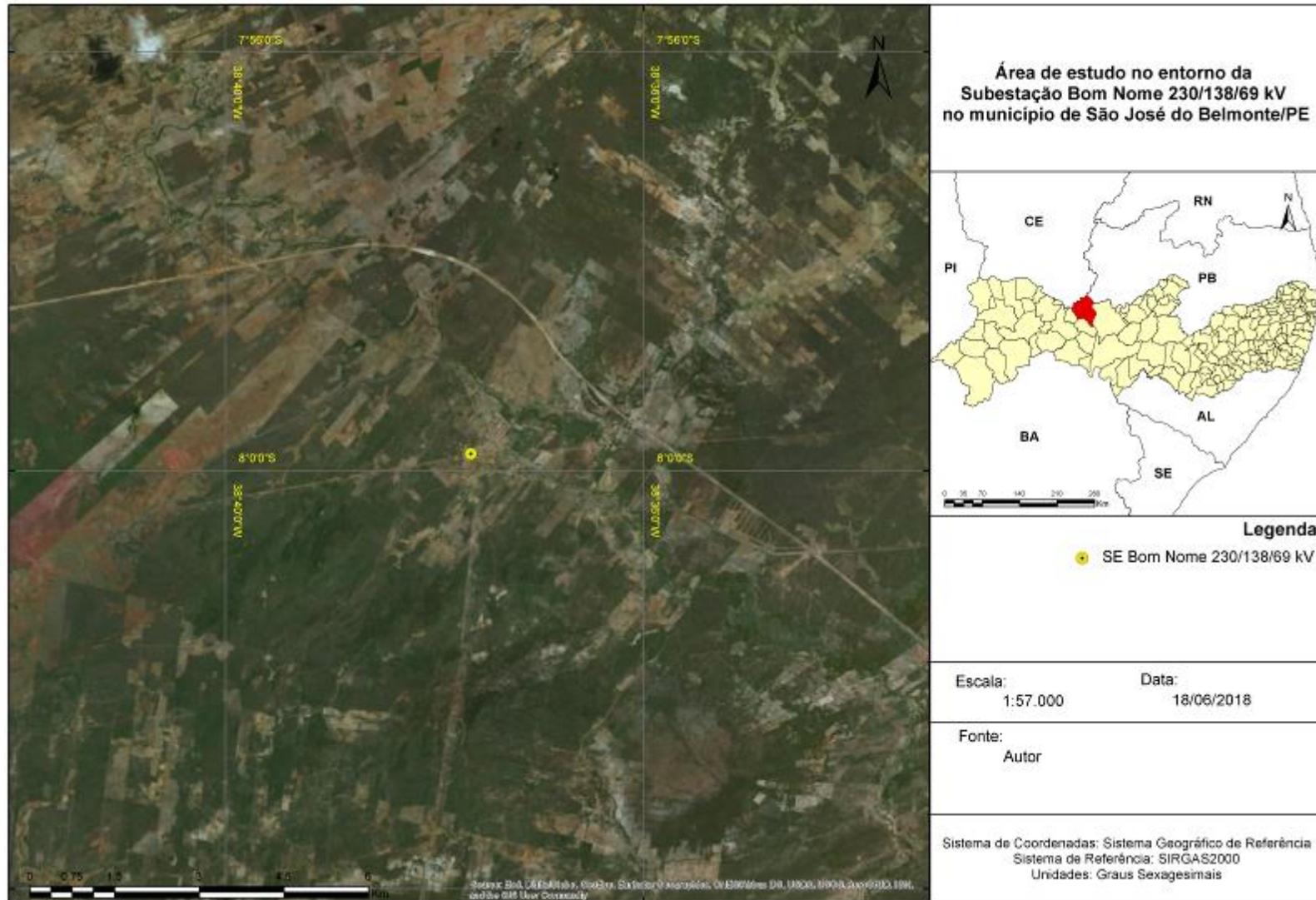
WOSNY, G. C. **Proposta de base cartográfica para linhas de transmissão de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

ZANARDI, R. P. **Geração de Modelo Digital de Terreno a partir de par estereoscópico do sensor CCD do satélite CBERS-2 e controle de qualidade das informações altimétricas**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

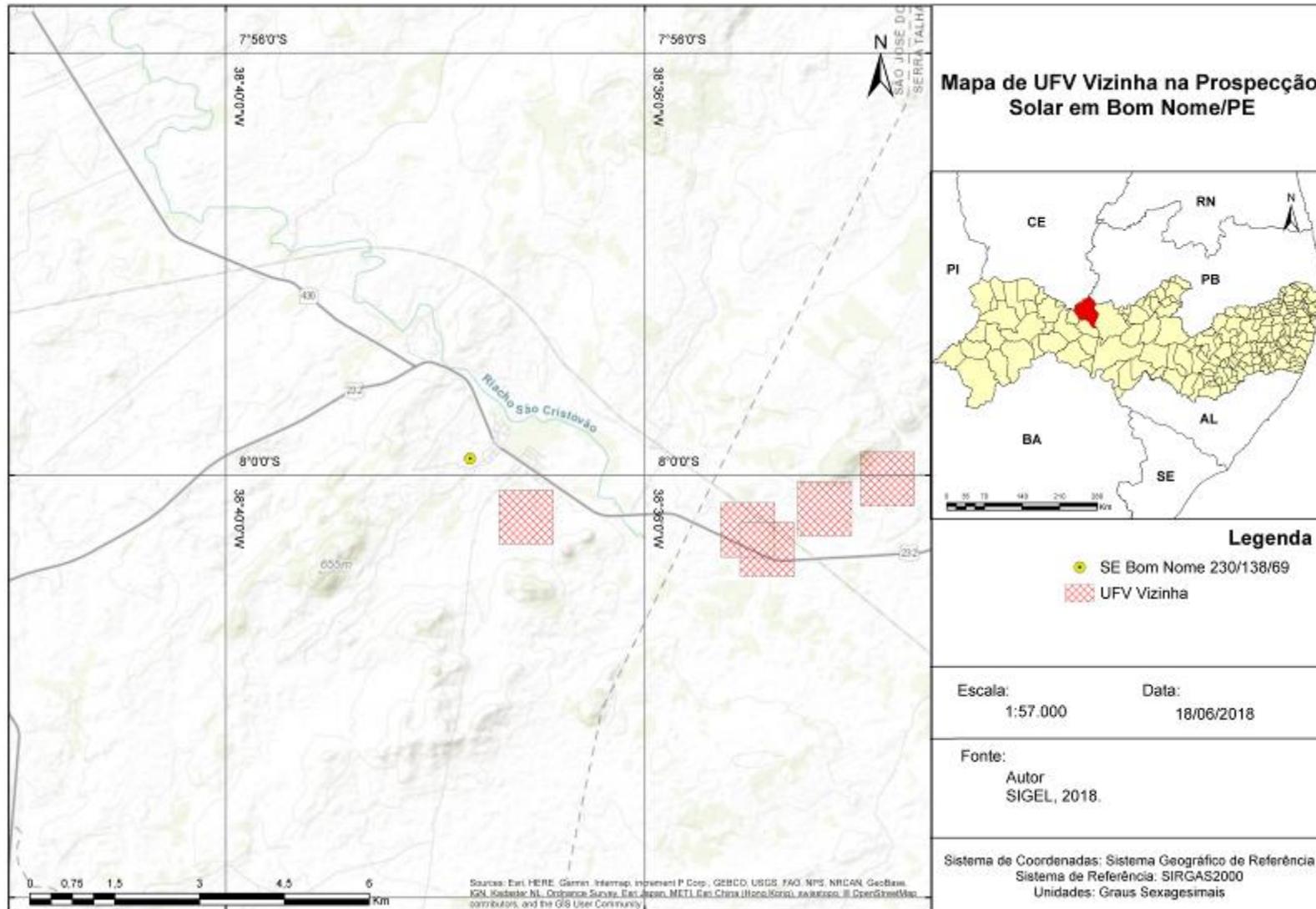
ZEBRAL, D. E. S.; ARÊAS, G. S. A.; SILVA, J. A.; Energia Eólica: o uso de energias renováveis nas plataformas de petróleo. **Bolsista de Valor**, v. 2, n. 1, p. 55-62, 2012.

APÊNDICES

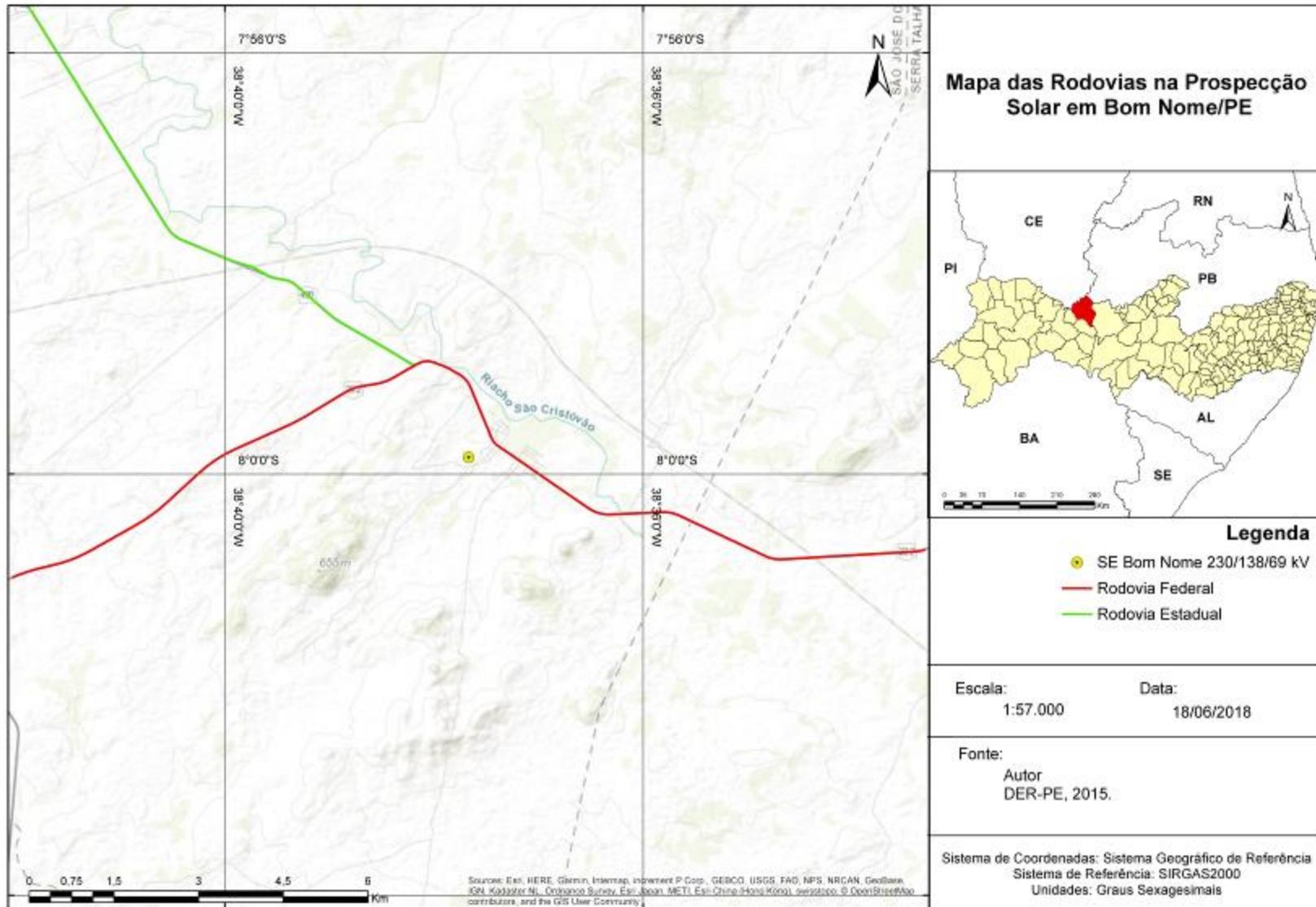
APÊNDICE A - MAPA DA ÁREA DE ESTUDO DA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.



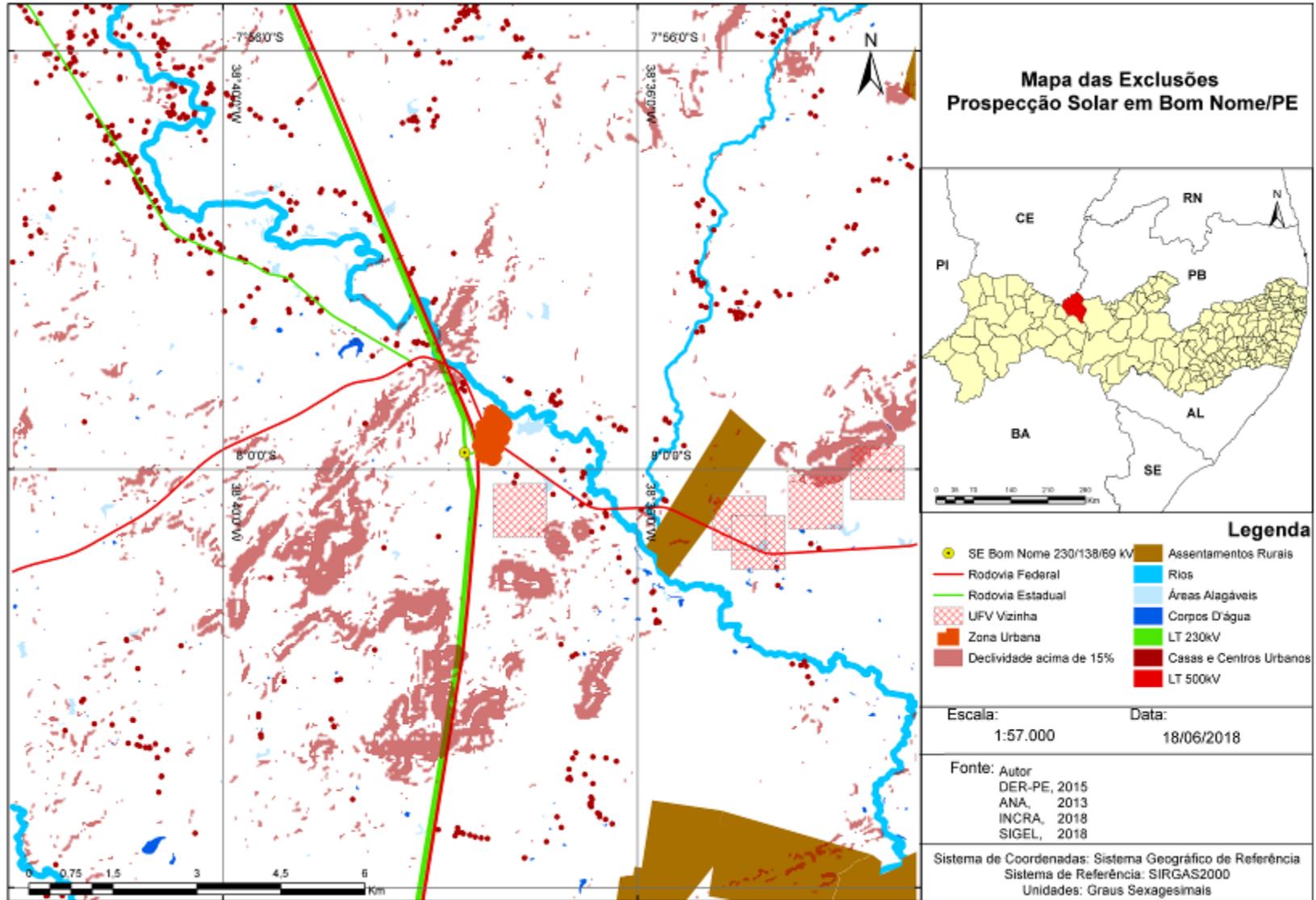
APÊNDICE C - MAPA DE UFV VIZINHA NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.



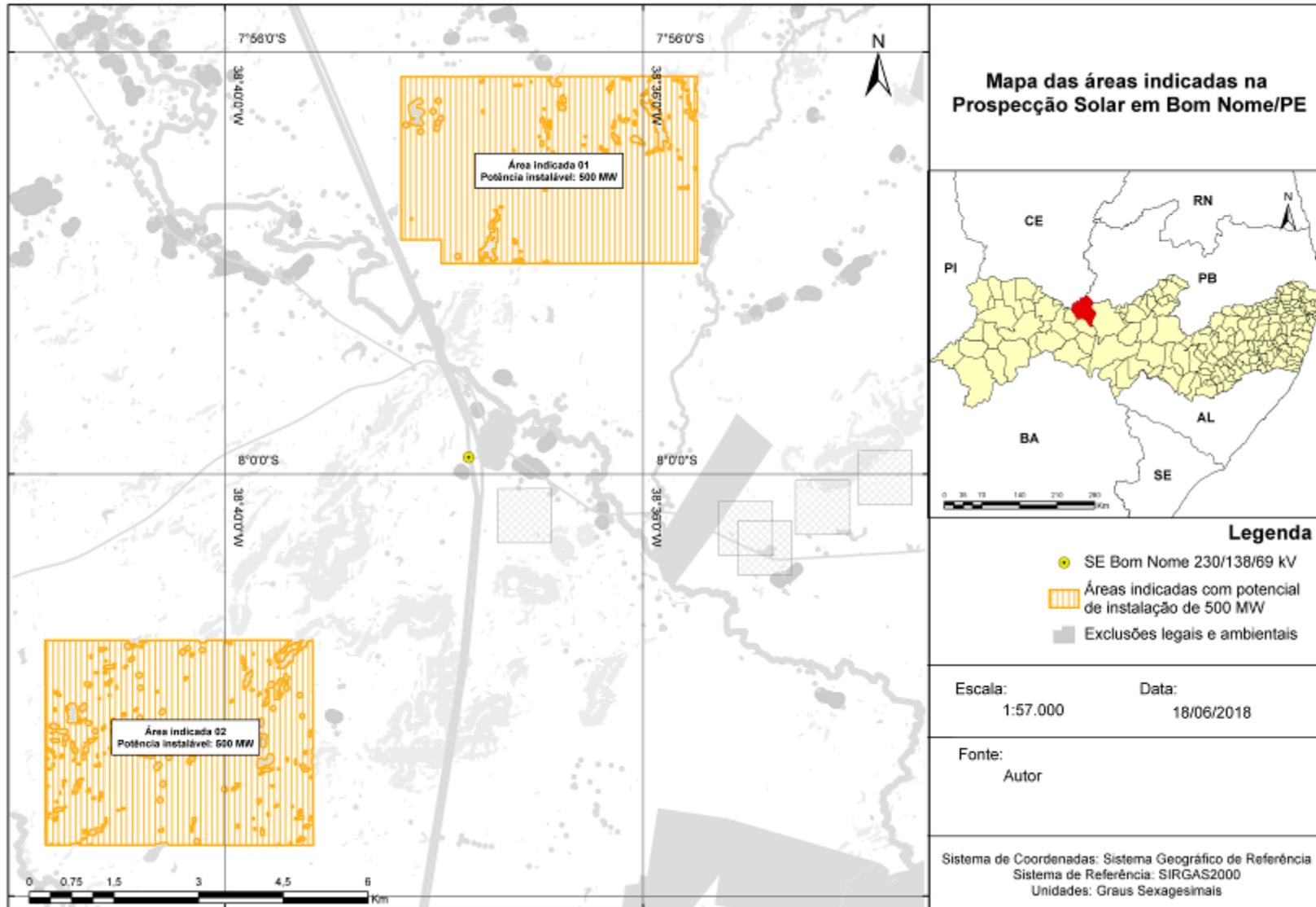
APÊNDICE D - MAPA DAS RODOVIAS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.



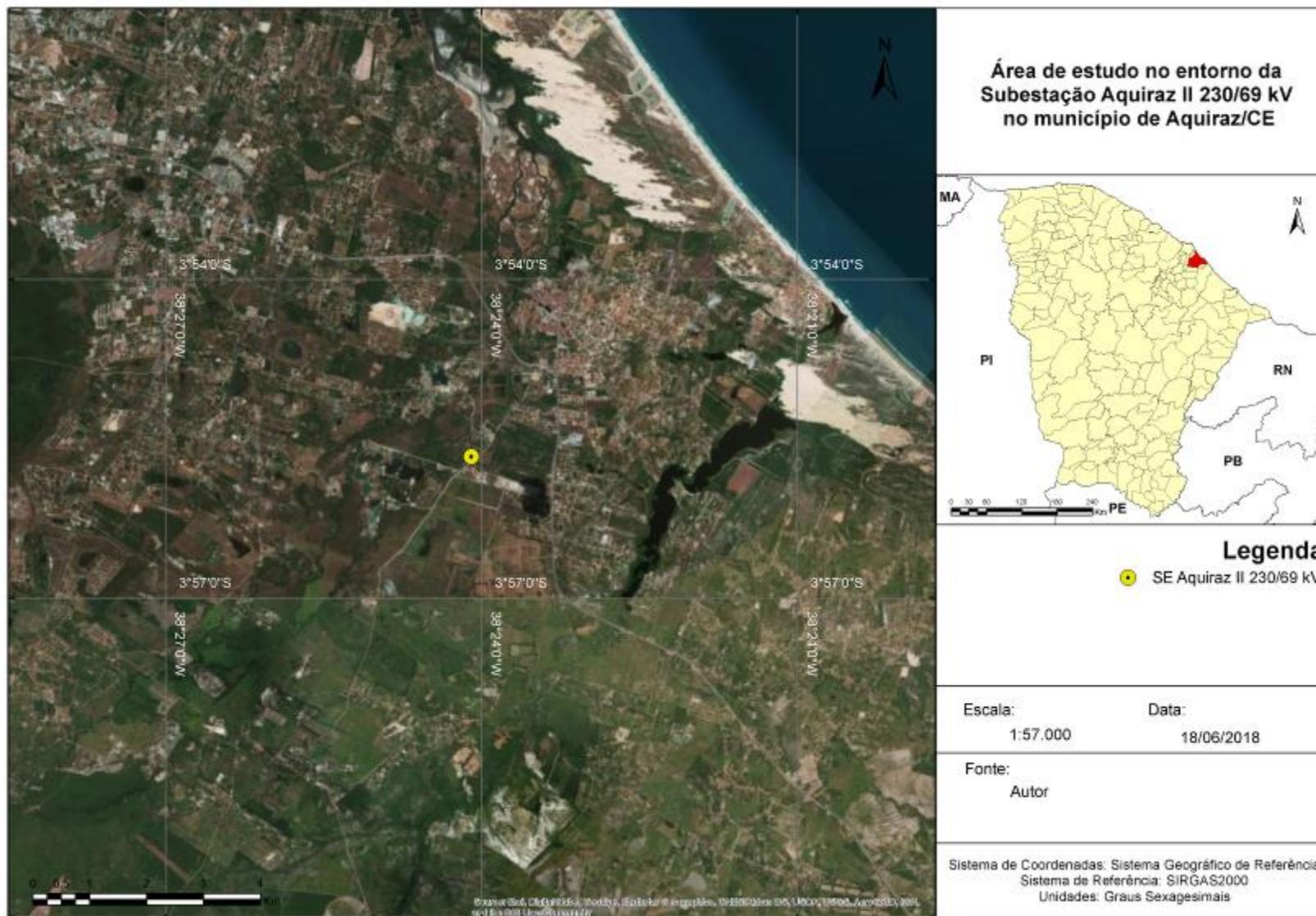
APÊNDICE I - MAPA DAS EXCLUSÕES NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.



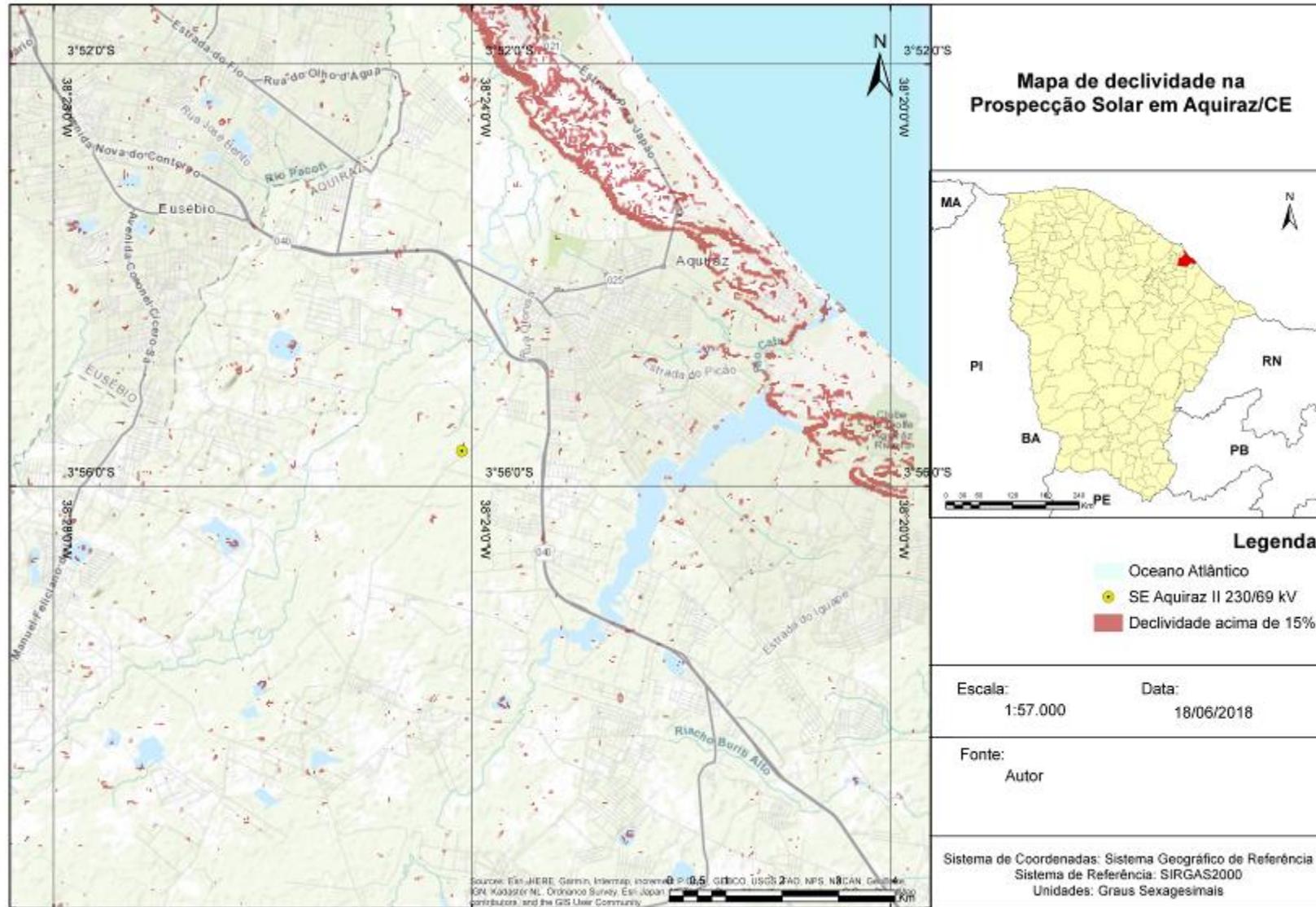
APÊNDICE J - MAPA DAS ÁREAS INDICADAS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM BOM NOME.



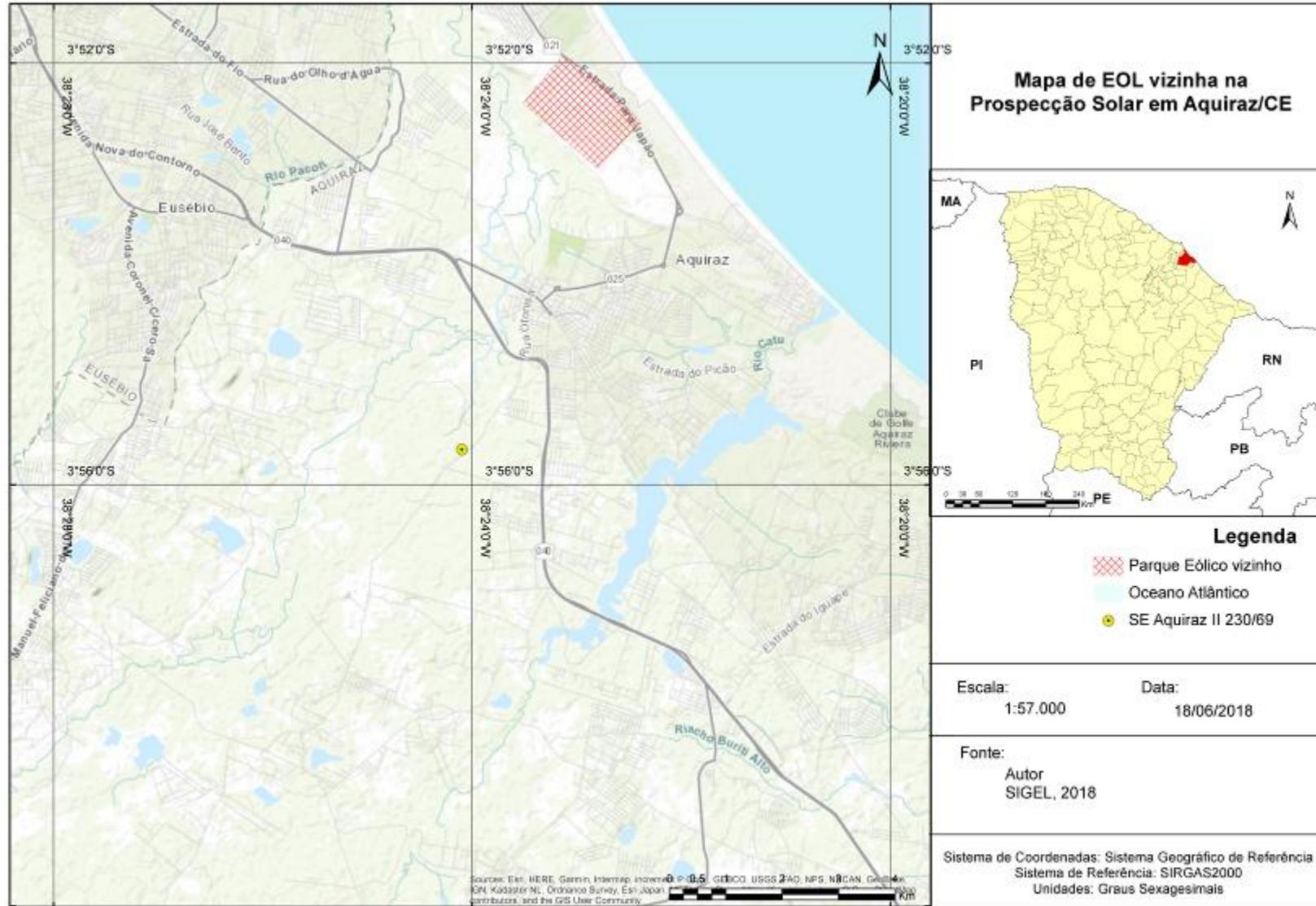
APÊNDICE K - ÁREA DE ESTUDO DA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQIRAZ.



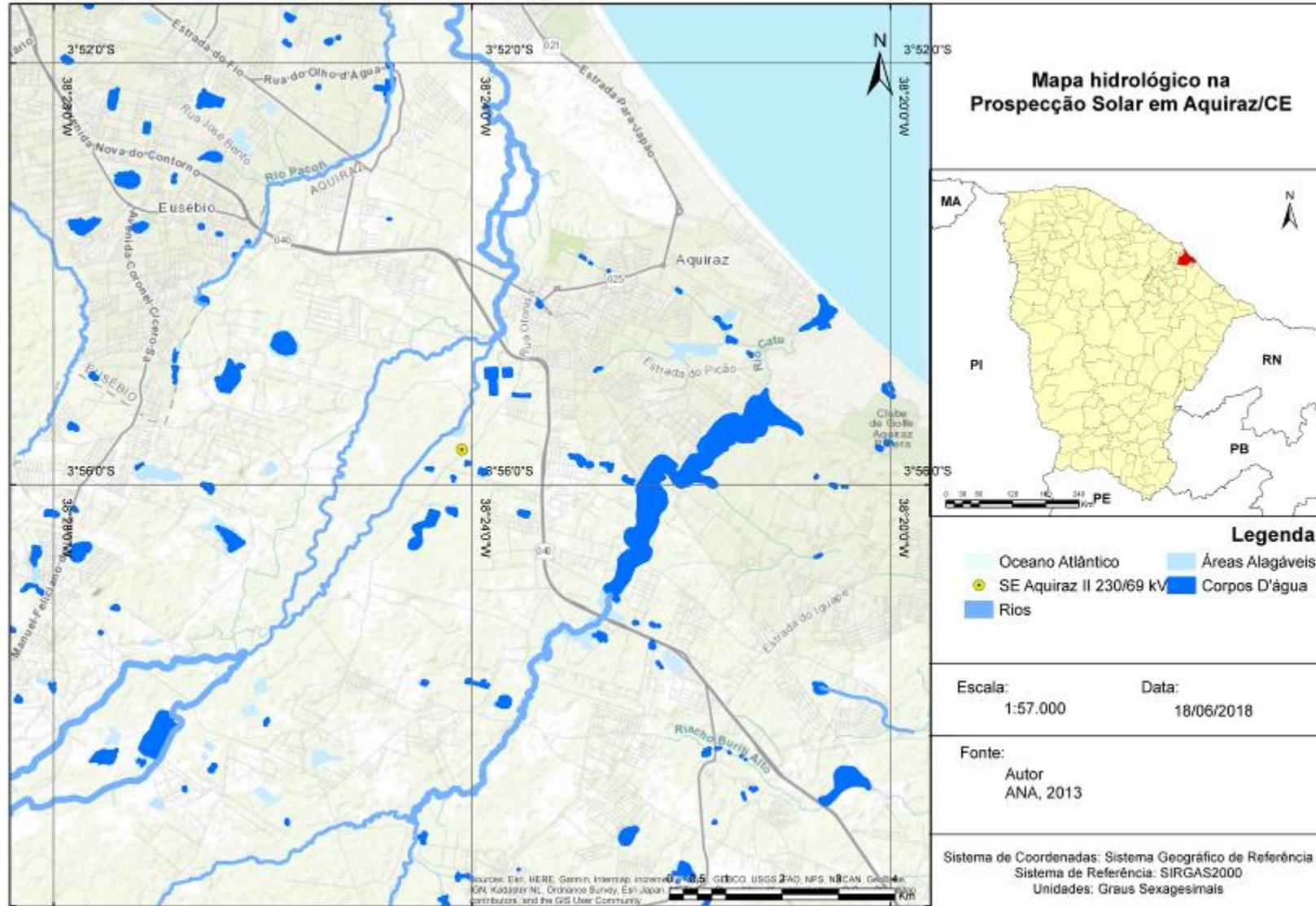
APÊNDICE L - MAPA DE DECLIVIDADE NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.



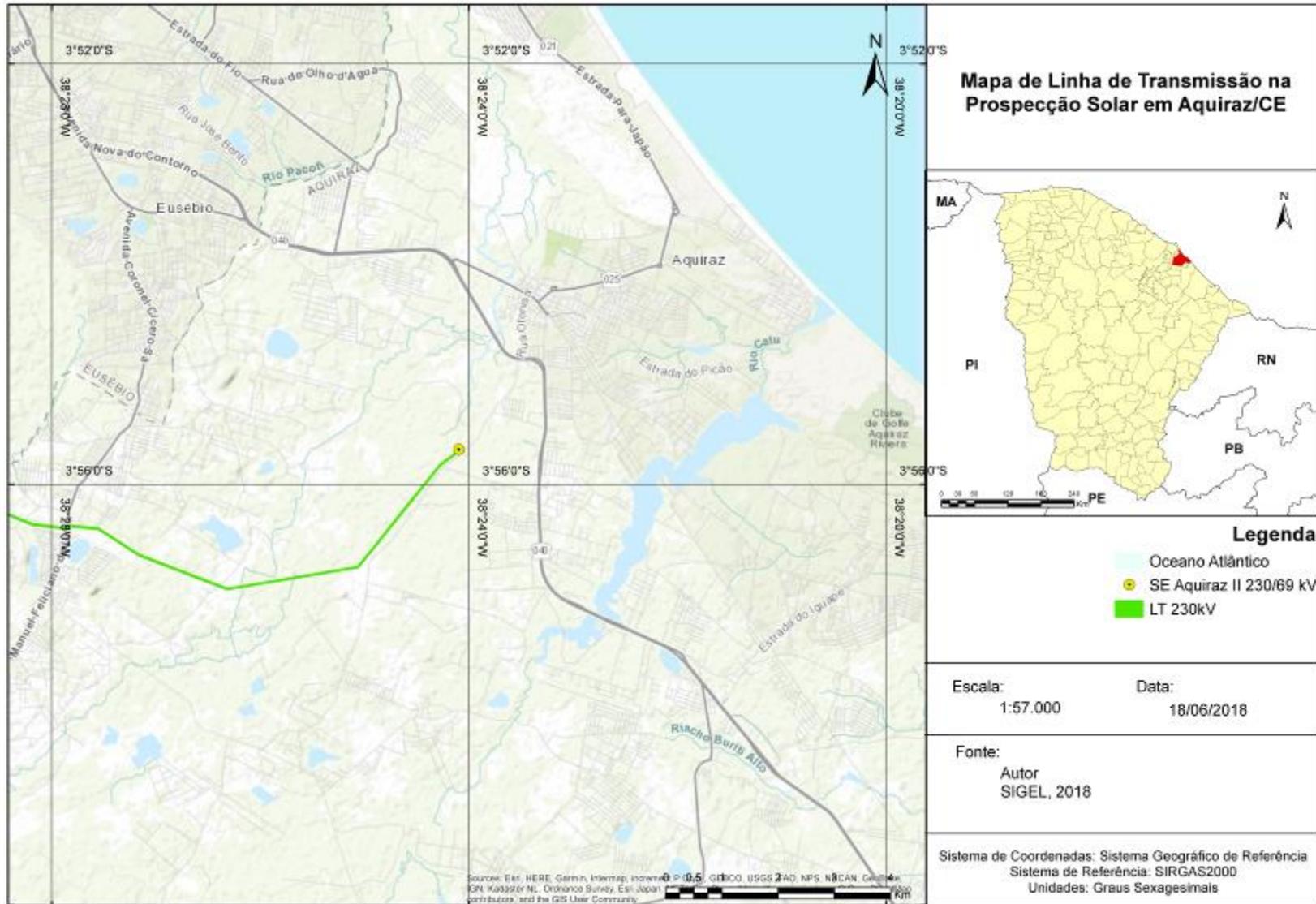
APÊNDICE M - MAPA DE EOL VIZINHA NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.



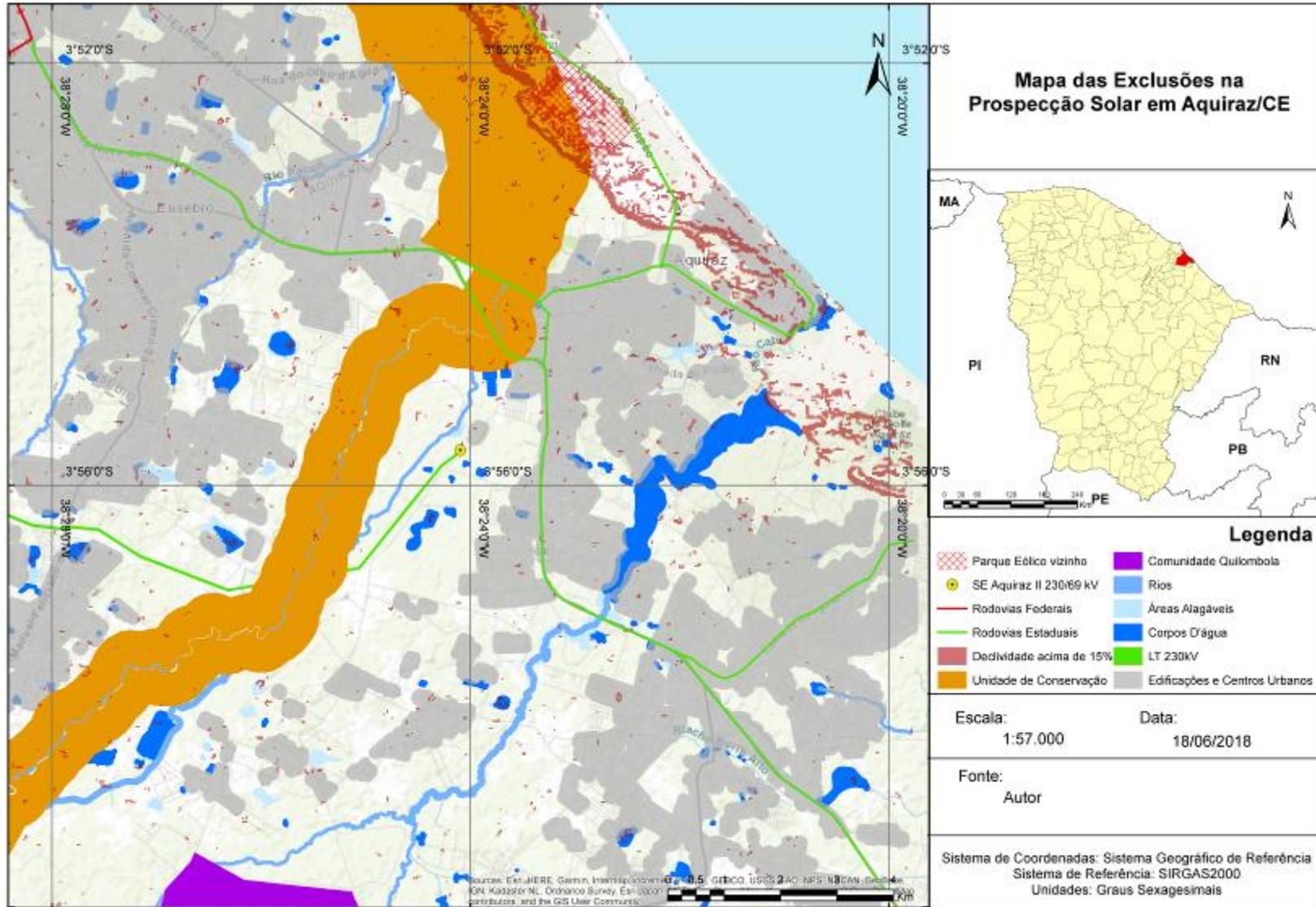
APÊNDICE Q - MAPA HIDROLÓGICO NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.



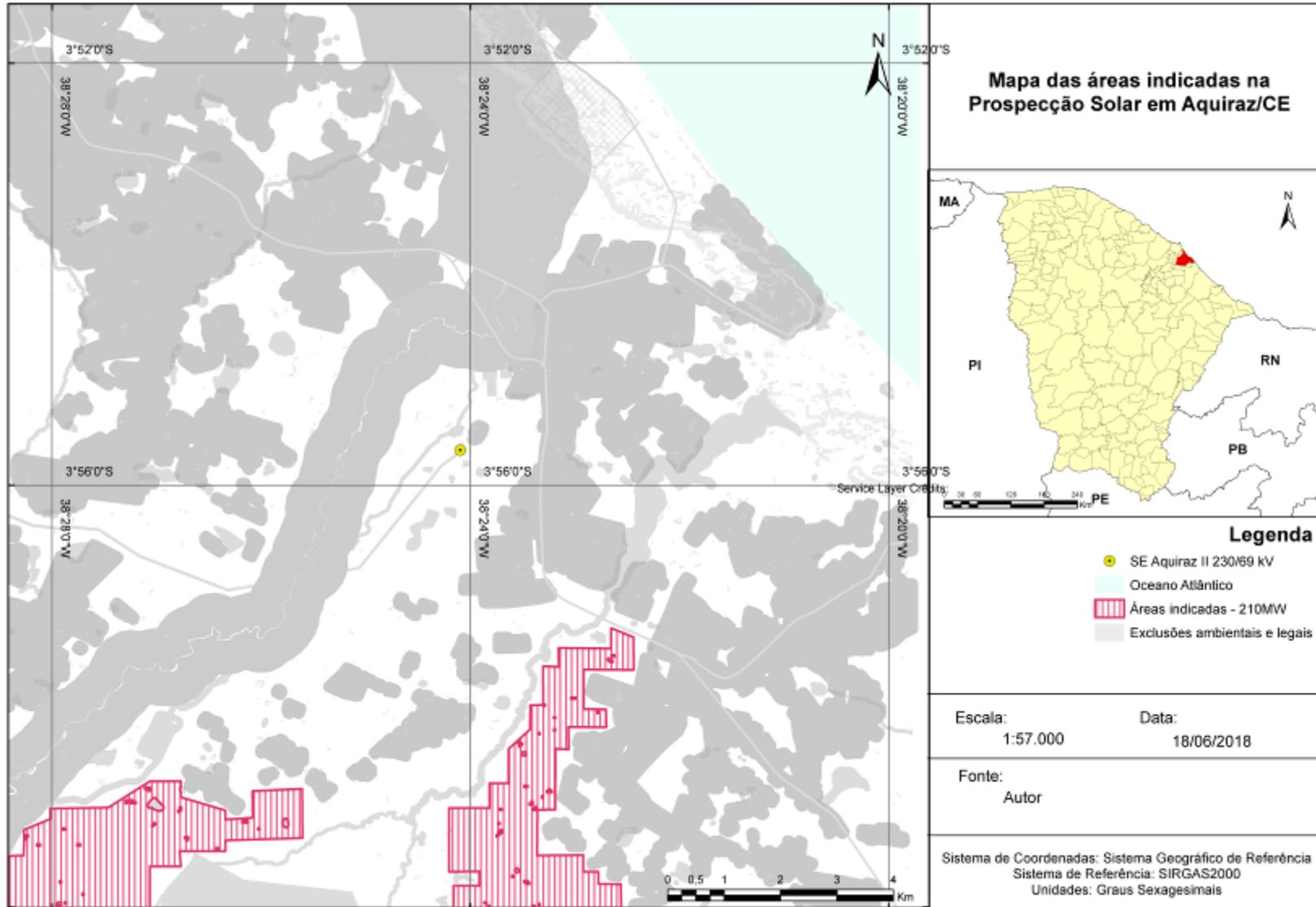
APÊNDICE R - MAPA DE LINHA DE TRANSMISSÃO NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.



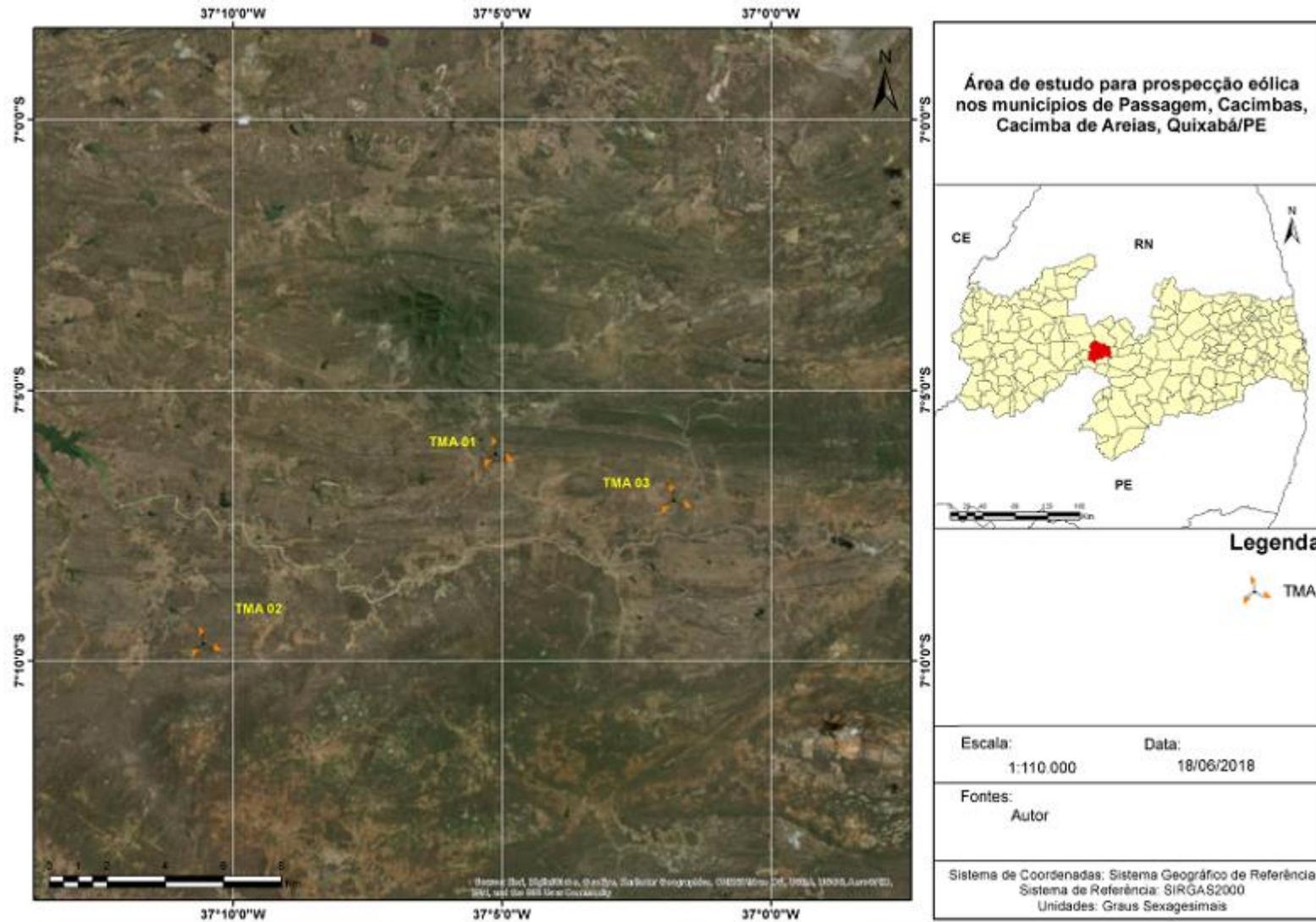
APÊNDICE T - MAPA DAS EXCLUSÕES NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.



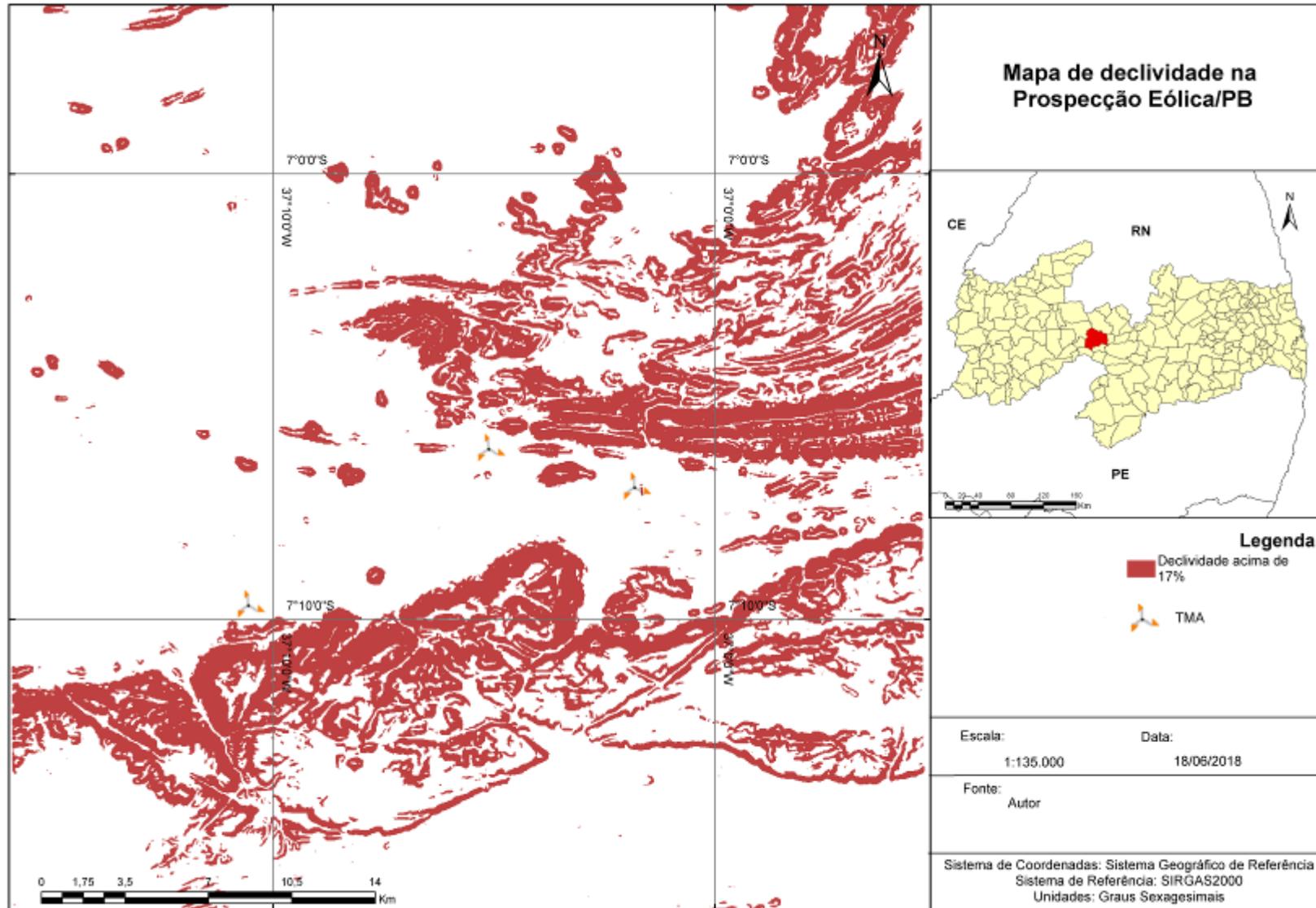
APÊNDICE U - MAPA DAS ÁREAS INDICADAS NA PROSPECÇÃO SOLAR EM AQUIRAZ.



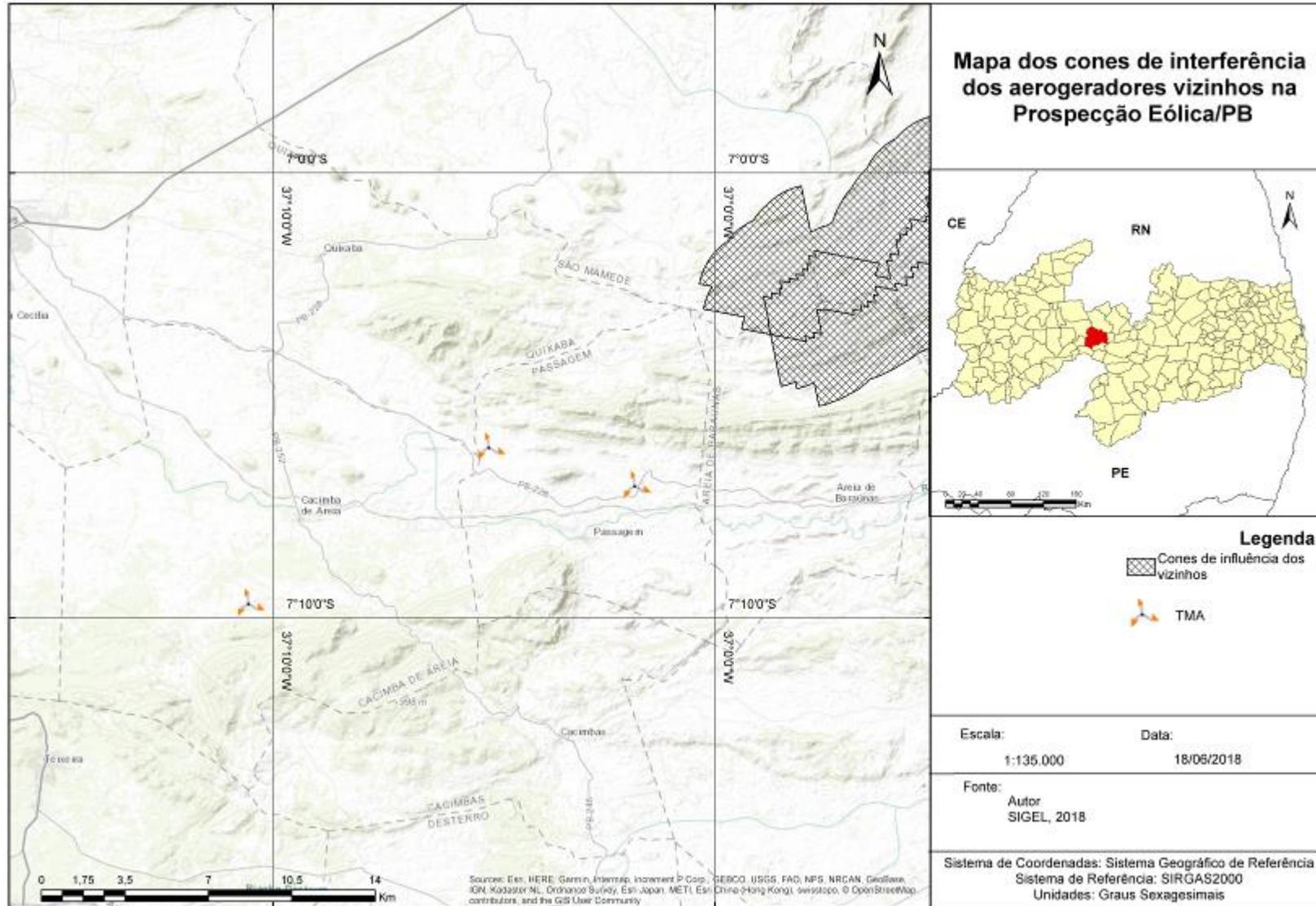
APÊNDICE V - MAPA DA ÁREA DE ESTUDO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.



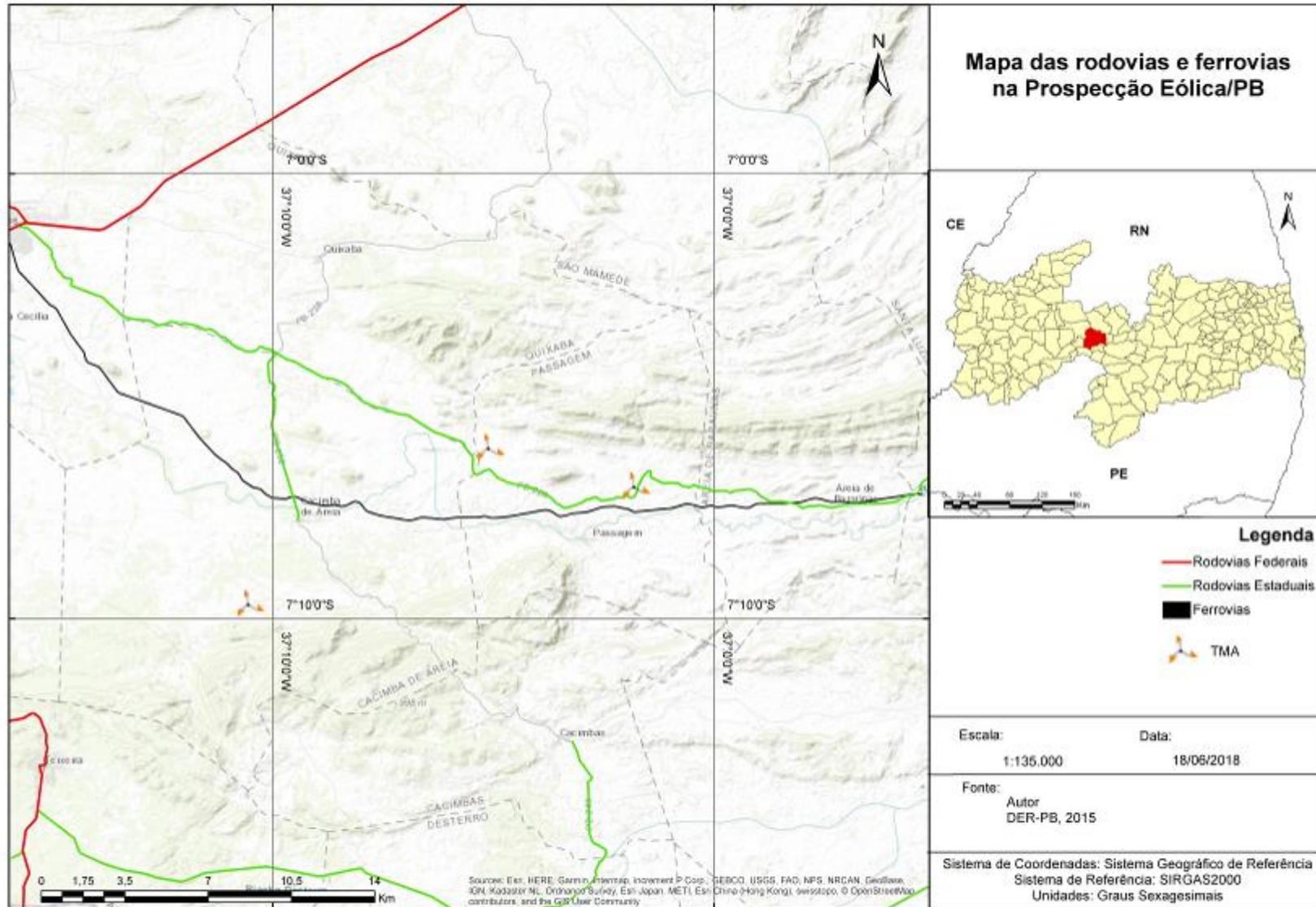
APÊNDICE W - MAPA DA DECLIVIDADE ESTUDO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.



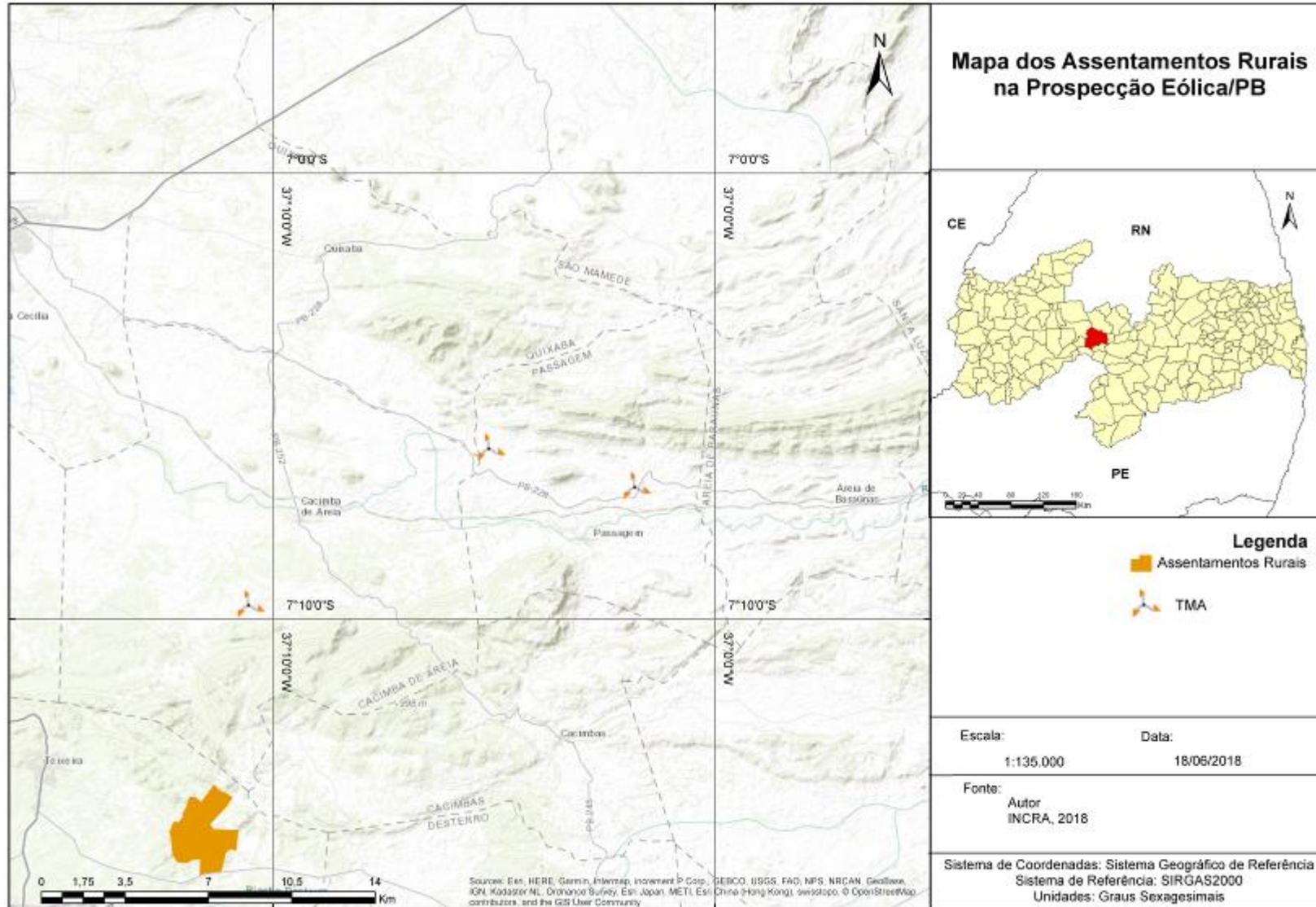
APÊNDICE X - MAPA DOS CONES DE INTERFERÊNCIA ESTUDO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.



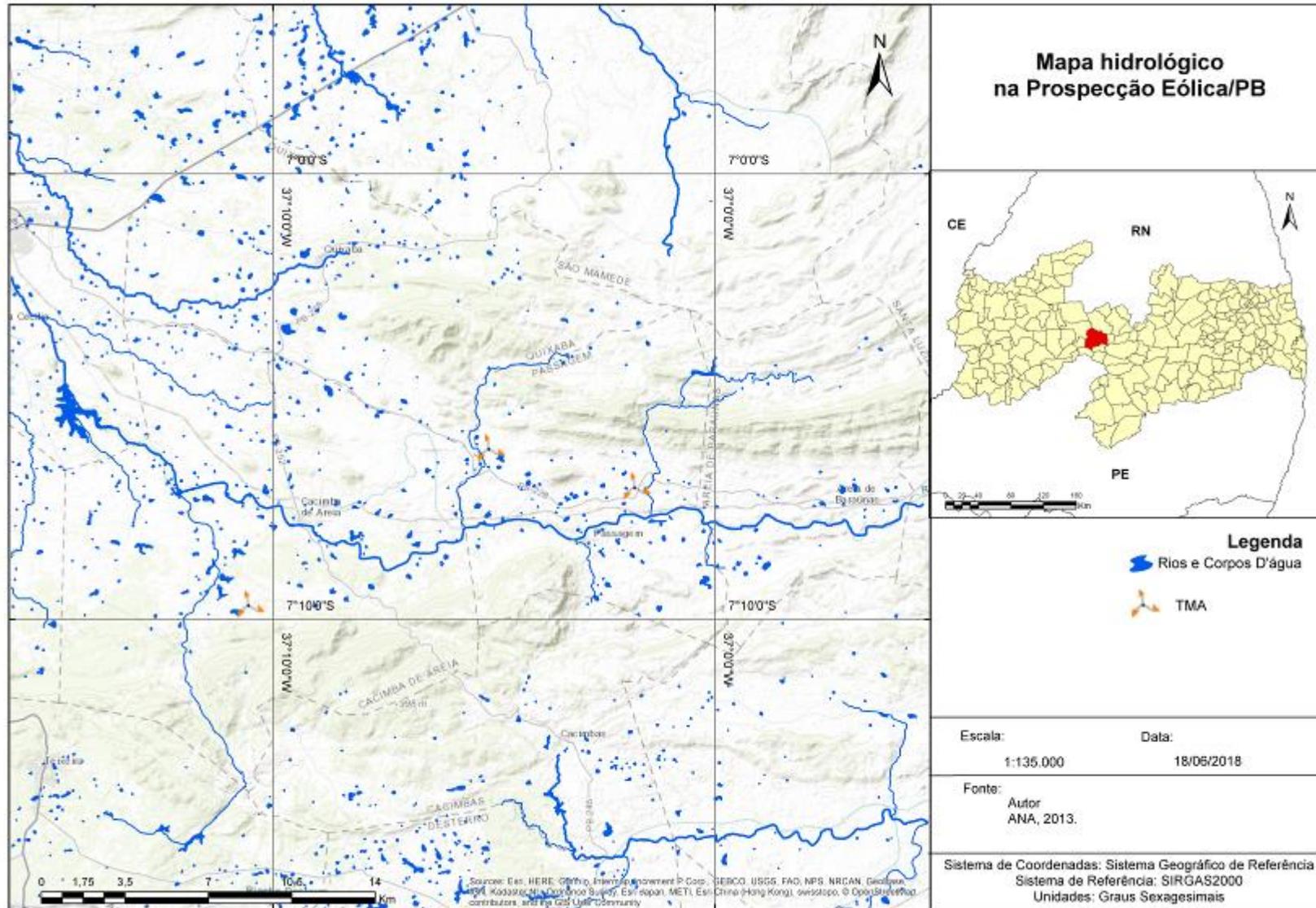
APÊNDICE Y - MAPA DAS RODOVIAS ESTUDO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.



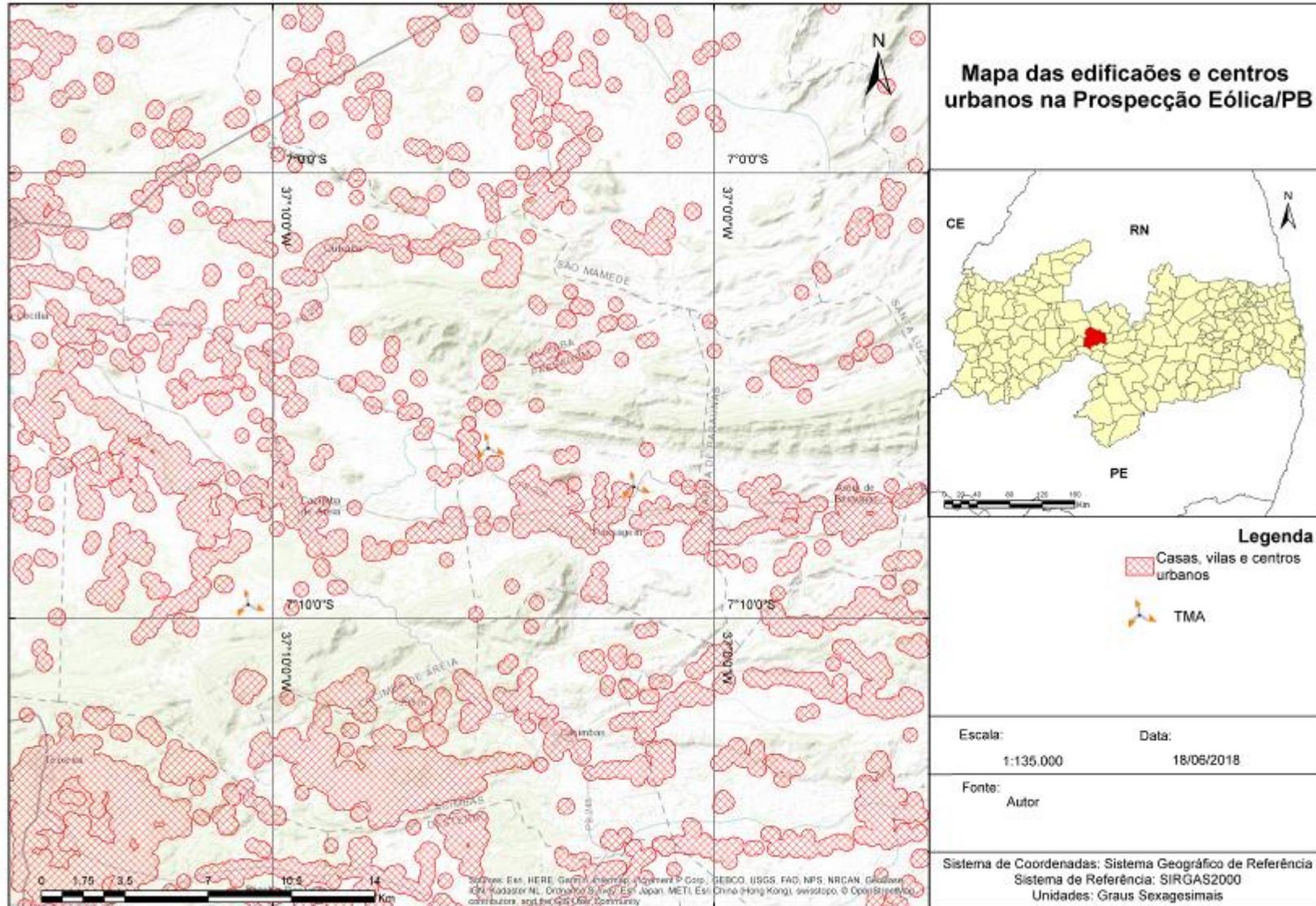
APÊNDICE Z - MAPA DOS ASSENTAMENTOS RURAIS NA PROSPECÇÃO EÓLICA.



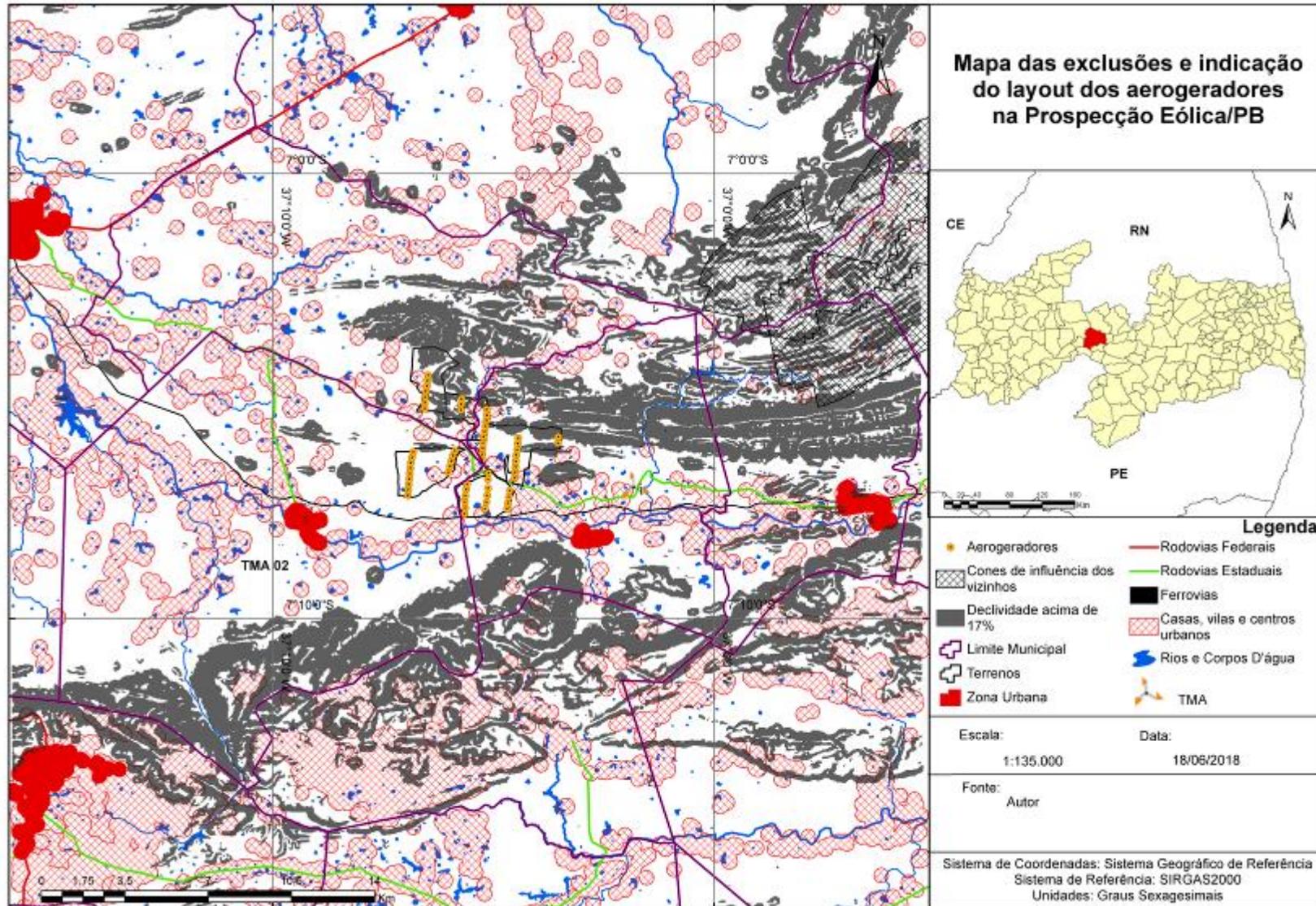
APÊNDICE AA - MAPA HIDROLÓGICO NA PROSPECÇÃO EÓLICA.



APÊNDICE BB - MAPA DAS EDIFICAÇÕES E CENTROS URBANOS NA PROSPECÇÃO EÓLICA.



APÊNDICE CC - MAPA DAS EXCLUSÕES E INDICAÇÃO DO LAYOUT DOS AEROGERADORES NA PROSPECÇÃO EÓLICA.



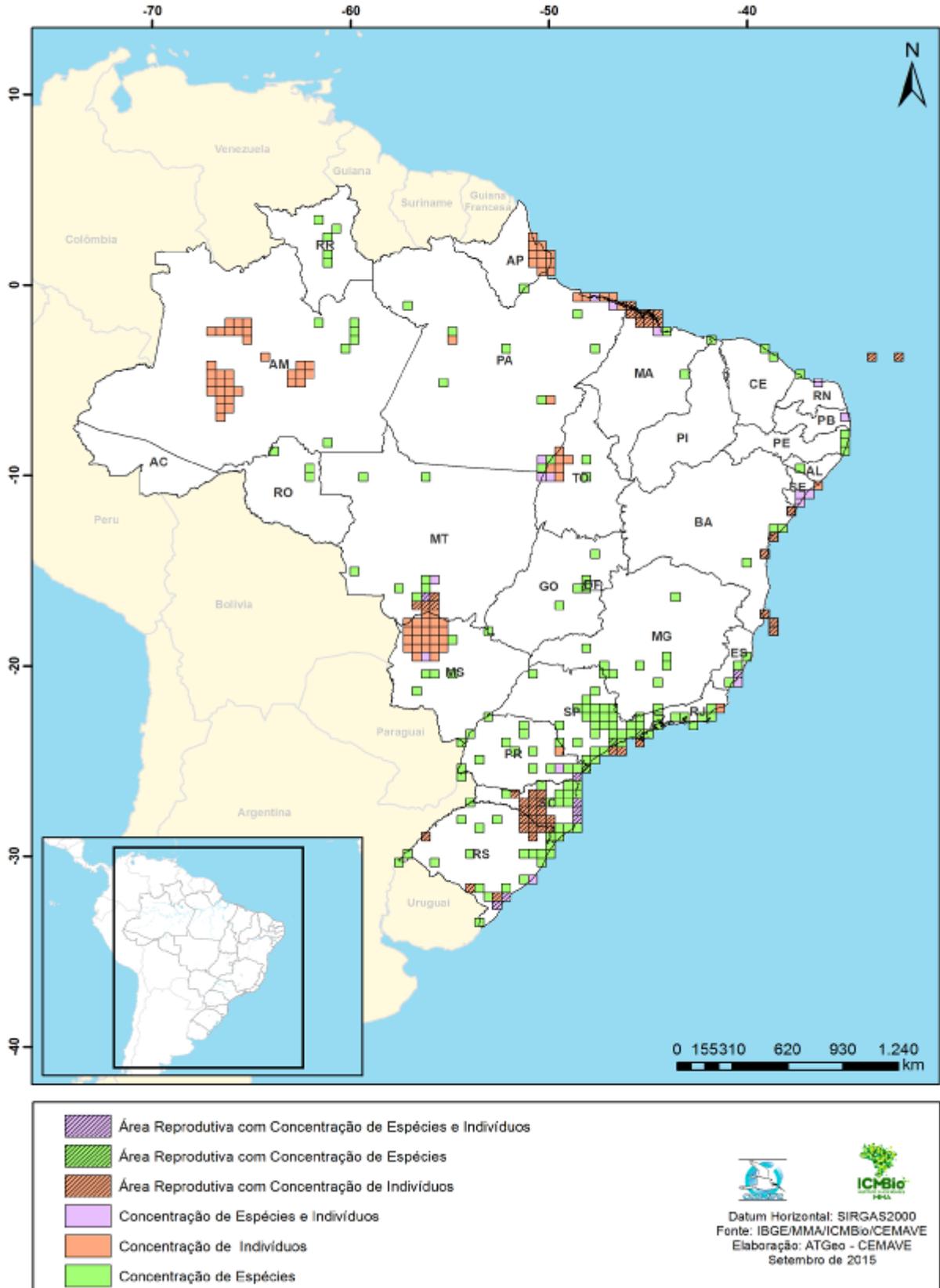
ANEXOS

ANEXO A - MAPA DAS PRINCIPAIS ROTAS DE AVES MIGRATÓRIAS NO BRASIL.



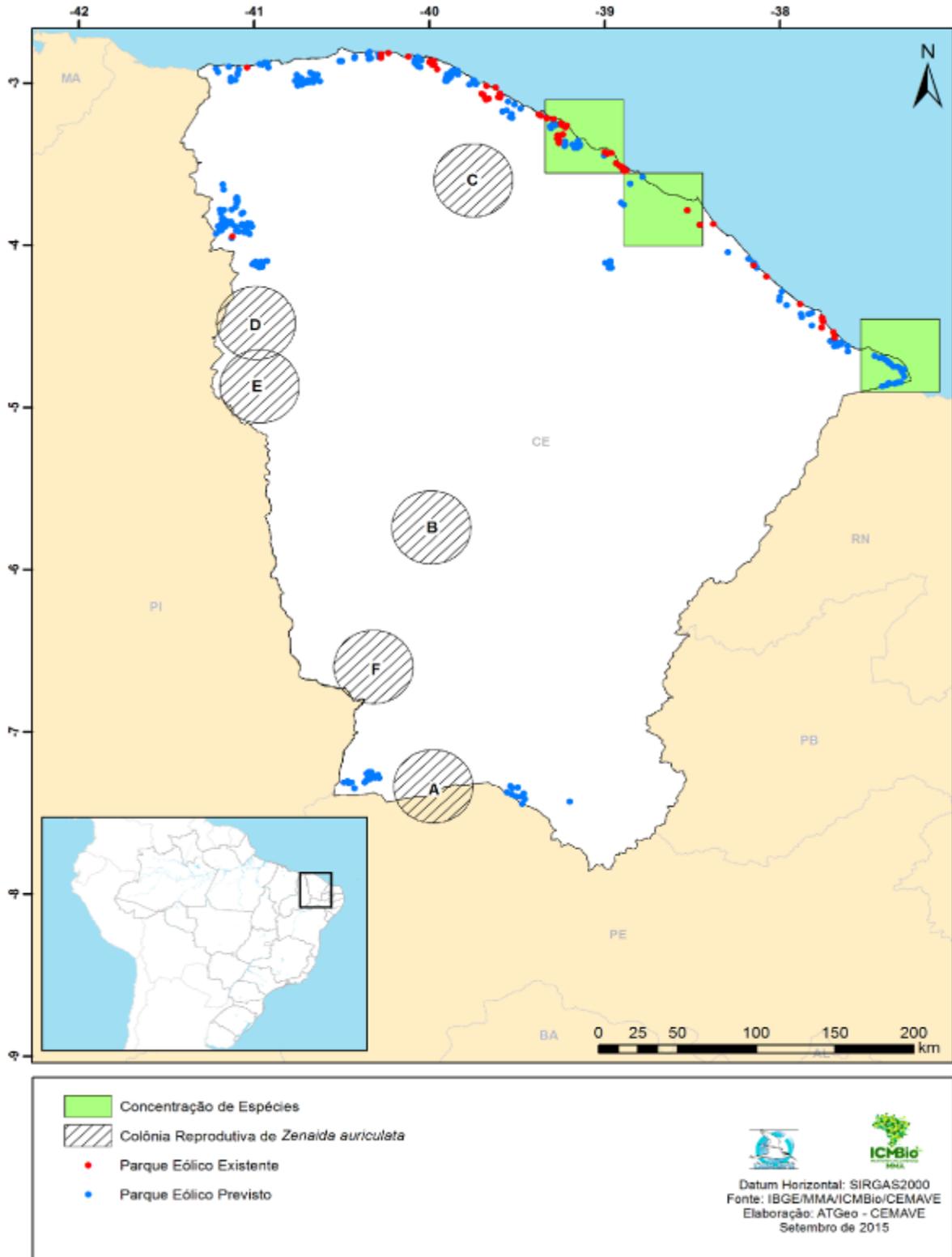
Fonte: MMA, 2016.

ANEXO B - ÁREAS IMPORTANTES PARA AVES MIGRATÓRIAS NO BRASIL.



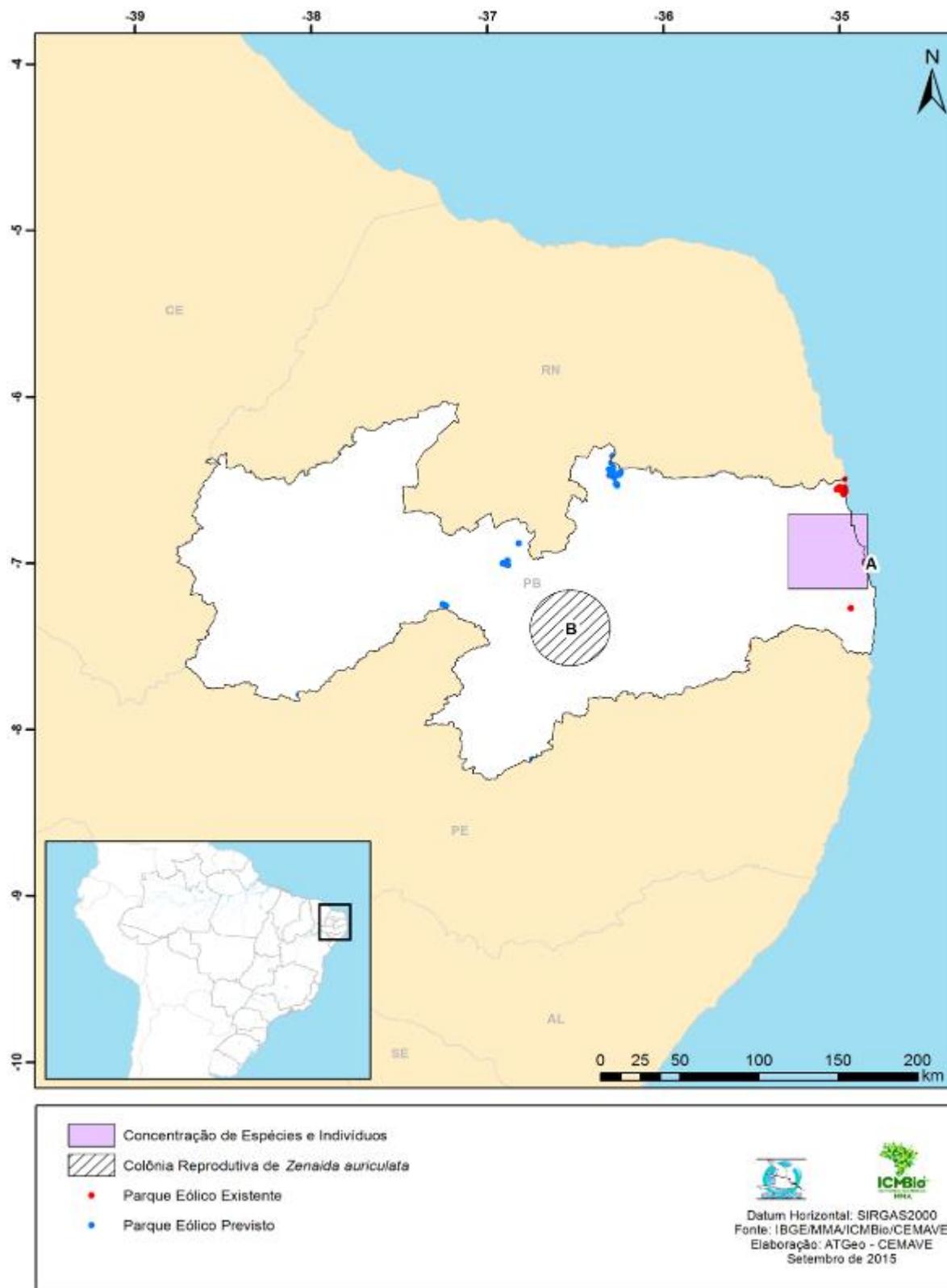
Fonte: MMA, 2016.

ANEXO C - ÁREAS IMPORTANTES PARA AVES MIGRATÓRIAS NO ESTADO DO CEARÁ.



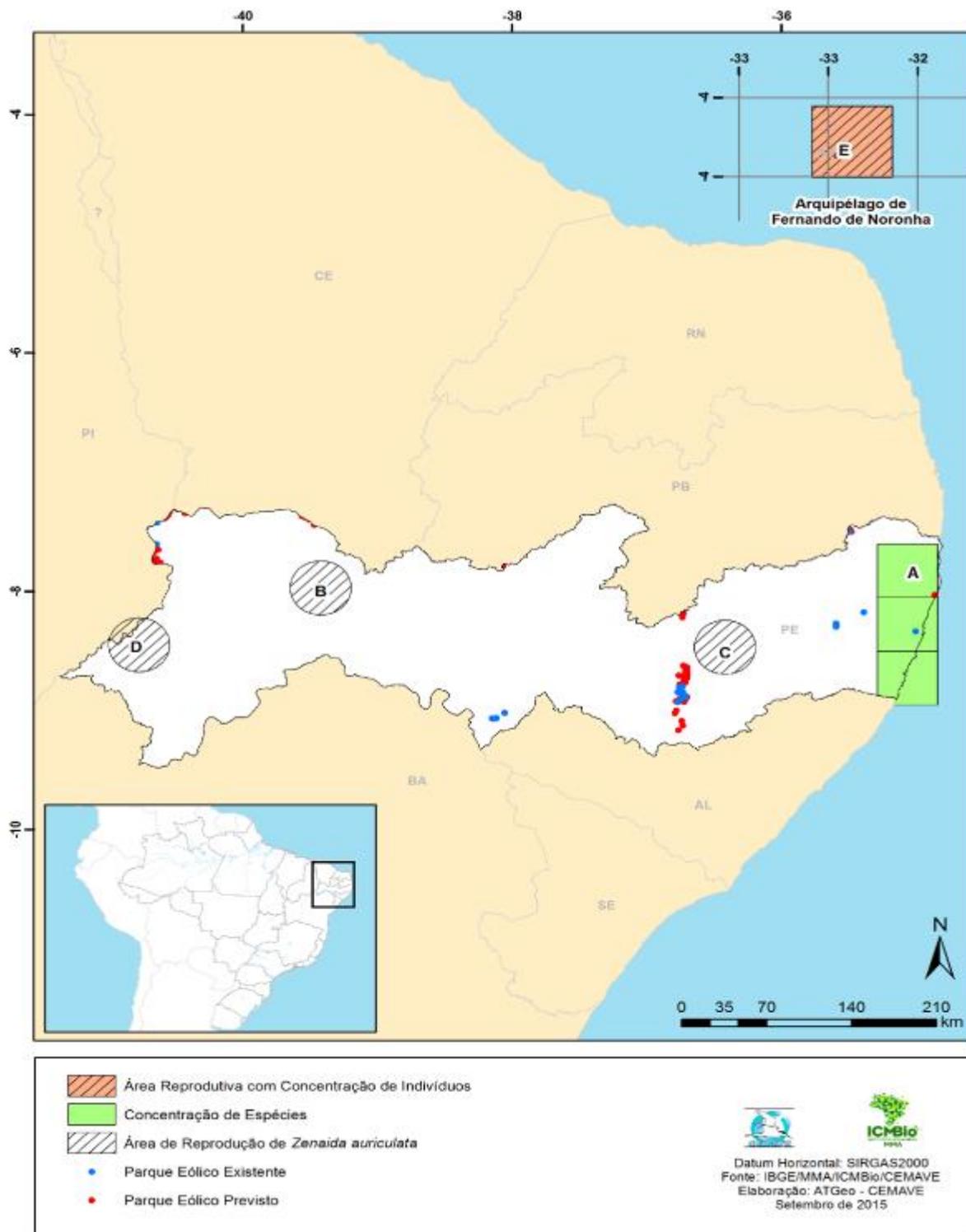
Fonte: MMA, 2016.

ANEXO D - ÁREAS IMPORTANTES PARA AVES MIGRATÓRIAS NO ESTADO DA PARAÍBA.



Fonte: MMA, 2016.

ANEXO E - ÁREAS IMPORTANTES PARA AVES MIGRATÓRIAS NO ESTADO DA PARAÍBA.



Fonte: MMA, 2016.