

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

JHONY PAULO DA CUNHA

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EÓLICOS: ASPECTOS
TÉCNICOS E REGULATÓRIOS**

FLORIANÓPOLIS, 2022.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

JHONY PAULO DA CUNHA

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EÓLICOS: ASPECTOS
TÉCNICOS E REGULATÓRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Eletricista.

Orientador:
Prof. Rubiara Cavalcante Fernandes, Dr.
Eng.

FLORIANÓPOLIS, 2022.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Cunha, Jhony Paulo da
DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EÓLICOS: ASPECTOS TÉCNICOS
E REGULATÓRIOS / Jhony Paulo da Cunha; orientação de Rubiapiara
Cavalcante Fernandes. - Florianópolis, SC,
2022.
129 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Elétrica. Departamento Acadêmico
de Eletrotécnica.
Inclui Referências.

1. Projeto Eólico. 2. Aerogerador. 3. Geração de
Energia. 4. Desenvolvimento de Projeto. I. Fernandes,
Rubiapiara Cavalcante. II. Instituto Federal de Santa Catarina.
III. DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EÓLICOS:
ASPECTOS TÉCNICOS E REGULATÓRIOS .

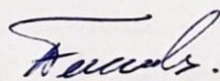
DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EÓLICOS: ASPECTOS TÉCNICOS E REGULATÓRIOS

JHONY PAULO DA CUNHA

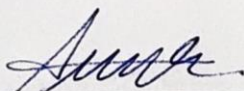
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Graduação de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 08 de dezembro, 2022.

Banca Examinadora:



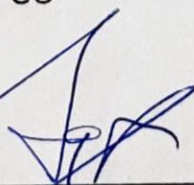
Prof. Rubiara Cavalcante Fernandes, Dr. Eng.
IFSC



Prof. Ricardo Luiz Alves, Dr. Eng.
IFSC



Prof. Carlos Ernani da Veiga, M. Eng.
IFSC



Eng. Sérgio Augusto Costa
VILCO Energias Renováveis

A minha família pelo
apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a minha esposa Hanabel por todo apoio e incentivo, e aos meus filhos Beatriz e Gustavo por entenderem a importância dessa graduação. Eles realmente foram meu porto seguro ao longo dessa difícil caminhada. Foi por vocês!

Aos meus pais, por sempre priorizarem minha educação de forma incondicional. A eles digo que continuarei sempre irrigando a semente do conhecimento plantada por eles ainda na minha infância.

A Vilco Energias Renováveis e a todos os colegas que ao longo dos últimos 11 anos proporcionaram grande crescimento pessoal e profissional. Ao Sérgio Augusto Costa, por autorizar e disponibilizar as informações para o desenvolvimento desse trabalho e por acreditar e confiar em mim.

Agradeço ao Instituto Federal de Santa Catarina, responsável pela minha formação profissional, na qual me tornei técnico em eletrônica, técnico em eletrotécnica, tecnólogo em mecatrônica industrial e hoje, em engenheiro eletricista.

Ao meu orientador Rubpiara C. Fernandes, por aceitar me orientar neste trabalho de conclusão de curso, apesar da sua intensa rotina acadêmica. Agradeço o apoio e ensinamentos.

Ao professor Bruno S. Dupczak, que soube como poucos entender a dificuldade de estudar, trabalhar e ser um pai de família. Muito obrigado!

Aos demais professores por todo conhecimento repassado e disponibilidade, em especial ao Carlos Ernani da Veiga, Daniel Tenfen, Edison A. C. Aranha Neto e Everthon Taghori Sica, esses professores foram além da sala de aula.

Por fim, aos amigos e familiares que de alguma forma estiveram comigo ao longo desses 8 anos.

“Pra quem tem pensamento forte, o impossível é só questão de opinião.”
(Chorão)

RESUMO

A diversificação da Matriz Energética Brasileira está baseada na inserção gradual de energias renováveis, dentre as quais destaca-se a Geração Eólica, que avança em ritmo acelerado, consequência de seu desenvolvimento tecnológico de eficiência, incentivos e rentabilidade de investimentos. Esse processo de diversificação da matriz iniciou-se com o estímulo recebido pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Com o passar dos anos e a consolidação dessa fonte de energia, criou-se um ambiente competitivo entre os projetos ao ponto que, nos últimos leilões de energia, muitos projetos foram inabilitados por falta de margem de escoamento, ausência de licença ambiental compatível com a fase de desenvolvimento do projeto e por falta de comprovação de direito de uso da propriedade do local de instalação. Áreas com bom recurso eólico para desenvolvimento do projeto têm se tornado cada vez mais escassas assim como a margem de escoamento para conexão elétrica ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Na busca de aprimorar o Desenvolvimento de Projetos Eólicos com base nos Aspectos Técnicos e Regulatórios, propõe-se um estudo de caso, baseado no Complexo de Geração Eólica em desenvolvimento na Serra Catarinense. Nesse Estudo serão definidas as etapas de desenvolvimento (pré-viabilidade, viabilidade e projeto básico) e cronogramas. Assim, procura-se um trabalho contínuo, com comunicação eficiente entre as atividades multidisciplinares, estabelecimento de metas, desenvolvimento estratégico, com vistas à diminuição dos riscos associados ao projeto. Subsidiando, desse modo, a tomada de decisão do empreendedor, fornecendo um projeto competitivo e que atenda aos requisitos técnicos, econômicos, regulatórios e ambientais.

Palavras-chave: Projeto eólico. Aerogerador. Geração de energia. Desenvolvimento de projeto.

ABSTRACT

The diversification of the Brazilian Energy Matrix is based on the gradual insertion of renewable energies, among which stands out wind generation, which advances at an accelerated pace, as a consequence of its technological development of efficiency, incentives and profitability of investments. This process of diversification of the matrix began with the stimulus received by the Incentive Program for Alternative Sources of Electric Energy (PROINFA). Over the years and the consolidation of this energy source, a competitive environment was created among the projects to the point that in the last energy auctions many projects were inabilitated by lack of flow margin, absence of an environmental license compatible with the development phase of the project and lack of proof of right to use the property of the installation site. Areas with good wind resources for project development have become increasingly scarce as well as the flow margin for electrical connection to the National Interconnected System (SIN). In the search to improve the Development of Wind Projects based on technical and regulatory aspects, a case study is proposed, based on the Wind Generation Complex under development in the Serra Catarinense. In this Study will be defined the stages of development (pre-feasibility, feasibility and basic design) and schedules. Thus, continuous work is sought, with efficient communication between multidisciplinary activities, goal setting, strategic development, with a view to reducing the risks associated with the project. Thus, supporting the decision-making of the entrepreneur, providing a competitive project that meets technical, economic, regulatory and environmental requirements.

Keywords: Wind project. Wind turbine. Power generation. Project development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de Moinho de Vento Utilizado na Pérsia.....	19
Figura 2 – Primeira Turbina Eólica Instalada no Brasil em Fernando de Noronha....	20
Figura 3 –Desenvolvimento Histórico de Instalações Totais (GW).....	21
Figura 4 –Crescimento Esperado para o Mercado Mundial de Energia Eólica	22
Figura 5 –Capacidade Instalada e Número de Parque Eólicos por Estado.....	23
Figura 6 –Evolução da Capacidade Instalada no Brasil	23
Figura 7 – Potencial Eólico Estimado	24
Figura 8 –Plano Decenal da Expansão de Energia Eólica	25
Figura 9 – Estrutura Institucional.....	26
Figura 10 – Processo do Leilão	29
Figura 11 – Tipos de Leilão	30
Figura 12 – Novas (UCs) no ACL.....	31
Figura 13 – Resultado de Leilões.....	32
Figura 14 – Torre Anemométrica.....	35
Figura 15 – Fluxograma Macro de Implantação de Parques Eólicos	36
Figura 16 – Mapa do Potencial Eólico Brasileiro Sazonal	38
Figura 17 – Evolução do Tamanho dos Aerogeradores desde 1980 e Perspectivas	39
Figura 18 – Mapa de Recurso Energético da Área	40
Figura 19 – Distanciamento entre aerogeradores	41
Figura 20 – Projetos vizinhos e região de interferência.....	42
Figura 21 – Rede Básica.....	43
Figura 22 – Mapa do Sistema Elétrico Brasileiro.....	44
Figura 23 – SE Bom Jardim da Serra.....	45
Figura 24 – Margem de Escoamento da SE Siderópolis 2 – Horizonte 2025.....	46
Figura 25 – Unidades de Conservação Próximas ao Projeto	49
Figura 26 – Mata Atlântica em Bom Jardim da Serra.....	51
Figura 27 – Concessões de Mineração no Entorno da Área do Projeto e Hidrografia	51
Figura 28 – Análise Preliminar dos Acesso Externos.....	54
Figura 29 – Análise Preliminar dos Acesso Internos	55
Figura 30 – Fotos da Inspeção de Campo	57
Figura 31 – Localização das Torres Anemométricas	59

Figura 32 – Distorção Causada pela Torre de Seção Triangular	60
Figura 33 – Fotos da Instalação das Torres Anemométricas	62
Figura 34 – Fotos dos Anemômetros Instalados na Torre	63
Figura 35 – Fotos das <i>Wind Vane</i> , Termohigrômetro e Barômetro Instalados na Torre	64
Figura 36 – Fotos do Sistema de Supervisão e Controle	64
Figura 37 – Análise dos Dados no windPRO - Congelamento	67
Figura 38 – Análise dos Dados no windPRO – Rajadas de Vento	69
Figura 39 – Manutenção Corretiva realizada na Estrutura da Torre.....	69
Figura 40 – Variação Anual da Velocidade Média do Vento – Base de dados EMD-WRF	71
Figura 41 – Mapa de Recurso Eólico	72
Figura 42 – Mapa de Restrições Ambientais.....	73
Figura 43 – Alternativas de <i>Layouts</i>	75
Figura 44 – <i>Layout</i> WEG AGW147/4,2 MW	76
Figura 45 – Arranjo Geral: <i>Topografia da Área</i>	79
Figura 46 – Arranjo Geral: <i>Acessos Internos</i>	80
Figura 47 – <i>Base dos Aerogeradores IMPSA</i>	82
Figura 48 – Arranjo Geral: <i>Canteiros de Obras e Bota Fora</i>	83
Figura 49 – <i>Detalhe do Canteiro de Obras Principal</i>	84
Figura 50 – <i>SE Coletora Cânion do Funil 34,5/138 kV</i>	85
Figura 51 – <i>LT Interesse Restrito</i>	86
Figura 52 – Arranjo Geral: <i>Rede de Média Tensão, Subestações e Linhas de Transmissão</i>	87
Figura 53 – Diagrama Unifilar Simplificado	89
Figura 54 – Arranjo Geral: <i>Restrições Ambientais</i>	90
Figura 55 – <i>Localização das Edificações e Planta de Sombreamento</i>	91
Figura 56 – <i>Ângulos de Visão dos Aerogeradores</i>	92
Figura 57 – <i>Arranjo Geral</i>	93
Figura 58 – <i>Arranjo Geral</i> no Google Earth	94
Figura 59 – Fluxograma para Obtenção de Outorga.....	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Configuração Mínima Indicada.....	61
Quadro 2 – Conformidade das Medições.....	67
Quadro 3 – Parâmetros Básicos para Classes de Turbinas Eólicas	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade Remanescente SE Jorge Lacerda A	47
Tabela 2 – Cronograma do Desenvolvimento do Projeto	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AET	Autorização Especial de Trânsito
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
APP	Área de Proteção Permanente
ASV	Autorização de Supressão Vegetal
BEN	Balanço Energético Nacional
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCIR	Certificado de Cadastro do Imóvel Rural
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i> (Dinâmica dos Fluidos Computacional)
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CREA	Conselho Regional de Arquitetura e Agronomia
DITR	Declaração de Imposto Sobre a Propriedade Territorial Rural
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DRO	Despacho de Requerimento de Outorga
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ET	Especificação Técnica
FGTS	Fundo de Garantia de Tempo de Serviço
FOM	Floresta Ombrófila Mista
GASP	<i>Global of Atlas of Siting Parameters</i> (Atlas Global de Parâmetro do Site)
GWEC	<i>Global Wind Energy Council</i> (Conselho Global de Energia Eólica)
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agência Internacional de Energia)

IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> (Comissão Eletrotécnica Internacional)
IMA	Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LAF	Leilão de Fontes Alternativas
LEN	Leilão de Energia Nova
LER	Leilão de Energia Reserva
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
LT	Linha de Transmissão
MEASNET	<i>Network of European Measuring Institute</i> (Rede do Instituto Europeu de Medição)
MME	Ministério de Minas e Energia
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)
NT	Nota Técnica
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PAE	Produção Anual de Energia
PARNA	Parque Nacional
PIE	Produtor Independente de Energia Elétrica
PIR	Planejamento Integrado de Recursos Energéticos
PPA	<i>Power Purchase Agreement</i> (Contrato de Compra e Venda de Energia Elétrica)
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
REBIO	Reserva Biológica
REN	Resolução Normativa
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMT	Rede de Média Tensão
SCG	Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração
SE	Subestação
SEB	Setor Elétrico Brasileiro

SIGA	Sistema de Informações de Geração da ANEEL
SIGMINE	Sistema de Informações Geográficas da Mineração
SIN	Sistema Interligado Nacional
SPE	Sociedade de Propósito Específico
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (Missão Topográfica Radar Shuttle)
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	15
1.2	Definição do Problema	16
1.3	Objetivo Geral.....	17
1.4	Objetivos Específicos	17
1.5	Estrutura do Trabalho.....	17
2	ENERGIA EÓLICA	19
2.1	Histórico.....	19
2.2	Energia Eólica no Mundo	21
2.3	Energia Eólica no Brasil	22
2.4	Potencial Eólico no Brasil	24
3	ASPECTOS TÉCNICOS E REGULATÓRIOS.....	26
3.1	Ambiente de Contratação Regulada - ACR.....	28
3.2	Ambiente de Contratação Livre - ACL.....	31
3.3	Licenciamento Ambiental.....	32
3.4	Acesso ao Sistema de Transmissão	33
3.5	Medições Anemométricas	34
4	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	36
4.1	Pré-Viabilidade	37
4.1.1	Recurso Energético.....	37
4.1.2	Projetos Concorrentes	40
4.1.3	Conexão Elétrica.....	42
4.1.4	Ambiental	47
4.1.5	Fundiário	52
4.1.6	Estradas e Acessos	53
4.1.7	Análise de Pré-Viabilidade	55
4.2	Viabilidade	56
4.2.1	Visita a Campo.....	56
4.2.2	Arrendamento das Propriedades	57
4.2.3	Campanha de Medição	58
4.2.3.1	<i>Instalação das Torres de Medição</i>	<i>58</i>
4.2.3.2	<i>Medições Anemométricas.....</i>	<i>65</i>
4.2.3.3	<i>Análise e Correções dos Dados.....</i>	<i>66</i>
4.2.3.4	<i>Manutenções.....</i>	<i>68</i>
4.2.3.5	<i>Recurso Energético.....</i>	<i>70</i>
4.2.4	Análise Ambiental	72
4.2.5	<i>Micrositing</i>	<i>73</i>
4.2.6	Análise de Viabilidade	77
4.3	Projeto Básico	78
4.3.1	Topografia	78
4.3.2	Acesso Internos	79
4.3.3	Fundação dos Aerogeradores.....	81
4.3.4	Canteiro de Obras.....	82
4.3.5	Subestação Coletora e LT de Interesse Restrito.....	84
4.3.6	Rede de Média Tensão	86
4.3.7	Diagrama Unifilar	88

4.3.8	Ambiental	89
4.3.9	Arranjo Geral.....	92
5	OUTORGA.....	95
5.1	Pedido de Registro de Requerimento de Outorga de Autorização.....	95
5.1.1	Regularidade Fiscal	96
5.1.2	Qualificação Jurídica	96
5.1.3	Qualificação Técnica.....	97
5.2	Consulta de Acesso	98
5.3	Pedido de Outorga de Autorização	98
6	CRONOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	101
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
7.1	Recomendações para Trabalhos Futuros.....	103
	REFERÊNCIAS	104
	ANEXOS	111
	ANEXO A – Modelo Organograma do Grupo Econômico.....	112
	ANEXO B – Modelo Ficha Técnica EOL	114
	ANEXO C – Modelo Diagrama Unifilar Simplificado	116
	ANEXO D – Modelo Declaração de Interferência.....	117
	ANEXO E – Modelo Sumário de Certificação.....	118
	ANEXO F – Modelo Requerimento para Consulta de Acesso	119
	ANEXO G – Modelo Ficha de Dados para Consulta de Acesso	120
	ANEXO H – Modelo Cronograma Físico.....	122
	ANEXO I – Modelo Sumário Executivo.....	123

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma matriz elétrica predominantemente renovável. O Balanço Energético Nacional (BEN) de 2021, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com base nos dados de 2020, indica que a participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira é de 84,8%. Este percentual é muito superior ao apresentado no restante do mundo com 23% (dados de 2018). (EPE, 2021a)

A expansão da matriz elétrica brasileira continua com foco em fontes de baixo impacto ambiental, a energia eólica e solar fotovoltaica são uma realidade que se consolidam a cada ano. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) divulgou que a meta de expansão da matriz elétrica para 2021 foi superada três meses antes do previsto com grande participação de fontes renováveis das quais 47,69% de fonte eólica e 10,90% de solar fotovoltaica. Ao todo, mais de 63% da potência instalada adicionada no ano de 2021 foi somente de fontes eólica e solar fotovoltaica. (ANEEL, 2021a)

Referente à energia eólica, a sua inserção na matriz energética foi impulsionada com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) em 2002, por meio da Lei nº 10.438/2002. Sua primeira fase teve como objetivo aumentar a capacidade instalada em 3.300 MW a partir de empreendimentos concebidos com base em fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa. A segunda etapa do programa estabelecia como meta a participação de 10% dessas três fontes no consumo anual de energia elétrica em vinte anos. (BRASIL, 2002)

A meta citada acima foi atingida, pois somente a energia eólica representa 11,09% da matriz elétrica brasileira, segundo (SIGA) Sistema de Informações de Geração da ANEEL (ANEEL, 2021b). Os números atuais mostram o resultado dos investimentos realizados ao longo de quase vinte anos em fontes renováveis, o que permitiu o desenvolvimento nacional de uma cadeia produtiva completa de empreendedores, fornecedores e tecnologia, gerando empregos e negócios.

O amadurecimento do mercado foi genuíno, e este período serviu de berçário não somente para a indústria e seus parques fabris, mas também para as universidades e seus projetos de pesquisa e extensão, para as empresas de

engenharia com a tropicalização dos projetos e para o governo com regulação do mercado.

Ao longo dos anos, foram nítidos os aperfeiçoamentos nos leilões de energia. Desde 2009, quando a eólica estreou nos leilões de energia, ocorreram diversas alterações nos mecanismos e diretrizes, como exemplo, podemos citar os requisitos das campanhas de medições anemométricas. A portaria do Ministério de Minas e Energia (MME) nº 211 de 28 de maio de 2009, estabelecia que o período de medição da velocidade e direção do vento não deveria ser inferior a 12 meses consecutivos. Também determinava que a área de cobertura da torre de medição consistia em um raio de 8 km ao redor da mesma, aceitando-se, no caso de terrenos suaves um raio de até 16 km. (MME, 2009)

Os novos leilões seguem o estabelecido na Portaria MME nº 102/2016, em que o período da campanha de medição foi estendido para 3 anos e o raio de cobertura das torres foi reduzido para 6 km em terrenos complexos e 10 km em terreno simples. Essas alterações foram necessárias para adequar os projetos às características distintas do clima e relevo em diferentes regiões do Brasil. Terrenos complexos são aqueles que apresentam relevo acidentado, com variações abruptas na altitude como vales e morros. Os terrenos simples são áreas predominantemente planas com relevo mais homogêneo. Já os 3 anos de medição visam observar, além da sazonalidade anual, os regimes do vento em períodos maiores, buscando identificar períodos de baixo ou elevado recurso energético.

Os dados medidos pela torre de medição anemométrica deverão representar as características do relevo e clima de uma região, ou seja, é importante que os aerogeradores estejam em condições similares ao local de instalação da torre de medição. A velocidade do vento medida no ponto da torre anemométrica, será extrapolada até o ponto de cada aerogerador, na tentativa de prever a velocidade e direção do vento naquele ponto. Por este motivo, a área de abrangência das medições anemométricas teve o seu raio reduzido, de forma a diminuir as incertezas associadas à extrapolação horizontal do recurso eólico entre o ponto da torre até o aerogerador.

Durante o desenvolvimento do projeto, o estudo de posicionamento e modelo dos aerogeradores (*micrositing*) com base nos dados de velocidade e direção do vento, e no relevo do terreno, tem como objetivo, definir a quantidade,

características técnicas e o posicionamento dos aerogeradores dentro do raio de cobertura da(s) torre(s) anemométrica(s). Esta é uma atividade estratégica que define os aspectos técnicos e econômicos do projeto.

1.1 Justificativa

A expansão da energia eólica na matriz elétrica brasileira é predominante frente a outras fontes de energia. Segundo a Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração (SCG) da ANEEL, 40,35% dos empreendimentos em construção são usinas eólicas. A fonte ainda possui 16,34% dos empreendimentos outorgados, porém com construção não iniciada. (ANEEL, 2021b)

Entender a regulação do setor, principalmente referente às centrais geradoras, é fundamental para a correta interpretação dos números apresentados. Afinal, os 26 GW de projetos fotovoltaicos com construção não iniciada não representam de fato um aumento futuro de oferta de energia, uma vez que, muitos desses projetos provavelmente não sairão do papel e isso tem preocupado a ANEEL. Em entrevista, Sandoval Feitosa, diretor da ANEEL, relatou a preocupação da agência.

A nossa preocupação é no sentido de os agentes obterem sua outorga, ocupam o lugar, normalmente no sol, porque se trata massivamente de parques solares fotovoltaicos, e ocupa-se espaço de outros que queriam efetivamente implantar. (PUPO, 2021).

Fica claro que do ponto de vista de desenvolvimento de projeto, há uma concorrência entre empreendimentos de geração de energia, mesmo que de fontes distintas, fazendo com que alguns projetos não se concretizem. Informações sobre a Habilitação Técnica e sobre Projetos Vencedores do Leilão de Energia Nova A-5 de 2021, dão a noção exata do risco que o empreendedor corre, onde apenas 32,11% dos projetos cadastrados foram habilitados a participarem do certame. (EPE, 2021c)

O desenvolvimento de um projeto sem avaliar sua viabilidade técnica acarretará prejuízos inestimáveis ao empreendedor, por este motivo, a estratégia inicial deve ser o desenvolvimento conciso com base nos aspectos técnicos e regulatórios a fim de identificar todos os riscos e restrições do projeto. Em EPE (2021c) são apresentados os pontos que geraram mais inabilitações dos projetos: 55% por

falta de margem de escoamento, 15% por falta de licença ambiental e 13% por não comprovação de direito de uso do terreno.

1.2 Definição do Problema

O objetivo de todo empreendedor é vender seu produto, no caso do agente gerador, busca-se firmar contratos viáveis de venda de energia, seja no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), por meio de leilões de energia, ou, no Ambiente de Contratação Livre (ACL) a partir de contratos bilaterais. A rentabilidade do projeto certamente estará atrelada ao contrato de compra e venda de energia elétrica (*Power Purchase Agreement* - PPA), porém o caminho até esta etapa é longo durante o desenvolvimento do projeto.

Empreendedores assumem o risco quando começam a prospectar e a desenvolver novos negócios, e o desenvolvimento de um projeto de geração eólica não é diferente. A identificação de uma região propícia para a implantação de uma usina eólica vai além do recurso eólico elevado. Questões fundiárias, topografia do terreno, conexão elétrica e meio ambiente afetam diretamente na viabilidade de um projeto. Conhecer todas essas variáveis e identificar o seu impacto no projeto são fundamentais para que o projeto possa virar realidade e ser implantado.

A implantação e exploração de centrais geradoras de fontes renováveis se dá através de uma outorga de autorização estabelecida pela Resolução Normativa nº 876, de 10 de março de 2020. Todas as orientações com as qualificações técnicas e jurídicas e demais documentos que devem ser encaminhados para a ANEEL estão especificados nesta resolução. (ANEEL, 2020)

De forma a subsidiar a tomada de decisão do empreendedor, busca-se neste trabalho aplicar as diretrizes regulatórias ao processo de obtenção de outorga atrelada ao desenvolvimento técnico do Projeto Eólico Cânion do Funil, localizado no município de Bom Jardim da Serra/SC, de modo que os riscos fiquem atribuídos a cada etapa do projeto com base em um cronograma estabelecido a partir de serviços e estudos necessários.

1.3 Objetivo Geral

Contribuir com o desenvolvimento de projetos eólicos, por meio de um estudo de caso (Complexo de Geração Eólica Cânion do Funil – 58,8 MW), com base nos aspectos técnicos e regulatórios, de forma a obter a autorização (outorga) para implantar e explorar centrais geradoras eólicas sob o regime de Produção Independente de Energia Elétrica (PIE).

1.4 Objetivos Específicos

O desenvolvimento do projeto consiste nas seguintes etapas e trabalhos, aqui definidos como objetivos específicos:

- a) prospectar possíveis áreas de desenvolvimento do projeto, levantando aspectos de pré-viabilidade do potencial eólico, meio ambiente, fundiário e de conexão elétrica;
- b) mitigar as incertezas associadas à campanha de medição anemométrica e climatológica, definindo as especificações técnicas e recomendações para a instalação e montagem das torres anemométricas a partir das normas nacionais e internacionais;
- c) desenvolver o projeto com base no recurso eólico, sensibilidade ambiental da área, margem de capacidade para escoamento de energia elétrica e estudos de *micrositing* com definição da quantidade e posição dos aerogeradores;
- d) identificar as interações multidisciplinares internas e externas necessárias para cada atividade.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho apresenta sete capítulos. A presente sessão introdutória apresenta a justificativa do tema frente os problemas apresentados e os objetivos a serem alcançados.

O segundo capítulo faz uma breve apresentação da energia eólica e sua evolução e números no Brasil e no mundo.

No terceiro capítulo é realizada a fundamentação do tema com base nos aspectos técnicos e regulatórios, no qual o sistema elétrico brasileiro é apresentado.

No quarto capítulo são apresentadas as etapas de desenvolvimento do projeto, abordando as análises de pré-viabilidade, os estudos de viabilidade e desenvolvimento do projeto básico da usina eólica, de modo a obter todas as informações técnicas para a obtenção da outorga de exploração da central geradora.

O processo de obtenção de outorga junto à ANEEL e todas as tratativas com os demais órgãos são abordados no capítulo cinco. No capítulo seis é apresentado o cronograma referente ao desenvolvimento do projeto.

No capítulo sete são apresentadas as considerações finais e as recomendações para trabalhos futuros. E por fim são apresentadas as referências bibliográficas.

2 ENERGIA EÓLICA

Para Ângelo Vian *et al* (2021) a energia eólica consiste no aproveitamento da energia cinética dos ventos, independente da sua aplicação. Moreira (2021, p. 173) define a energia cinética como:

[...] resultante do deslocamento das massas de ar com velocidades variáveis no tempo e no espaço, provocadas por efeitos climáticos derivados do aquecimento da Terra por radiação solar incidente, rotação e translação da Terra, bem como pelos efeitos de superfície (rugosidade do terreno, obstáculos, gradiente térmico, entre outros).

A transformação da energia cinética em energia mecânica e desta em eletricidade por meio dos aerogeradores, permitiu o aproveitamento de uma fonte renovável provocando uma menor agressão ao meio ambiente.

2.1 Histórico

A energia eólica não é recente. Olhando para o passado podemos observar sua utilização no cotidiano das pessoas. Há registros que os moinhos de ventos, conforme apresentado na Figura 1, eram utilizados para moagem de grãos e bombeamento d'água, em 200 a.C. na Pérsia. (FADIGAS, 2011)

Figura 1 – Modelo de Moinho de Vento Utilizado na Pérsia



Fonte: Moreira (2021).

O desenvolvimento de turbinas eólicas para a produção de energia teve início na Dinamarca no fim do século XIX. Por volta de 1908, as áreas rurais da Dinamarca já estavam sendo supridas com energia elétrica proveniente das turbinas de Poul La Cour. (FADIGAS, 2011; MOREIRA, 2021)

No Brasil, o início do aproveitamento da energia eólica para geração de energia se deu em 1992 em Fernando de Noronha com a instalação do aerogerador de 75 kW de potência com 23 metros de altura e rotor com diâmetro de 17 metros, apresentado na Figura 2. Na época, a turbina atendia por 10% da demanda de energia do arquipélago. (FADIGAS, 2011; PINTO, 2012)

Figura 2 – Primeira Turbina Eólica Instalada no Brasil em Fernando de Noronha



Fonte: Fadigas (2011).

Já a primeira usina eólica do país foi instalada em 1994 no estado de Minas Gerais, o Parque Eólico Morro de Camelinho, com potência instalada de 1 MW. A

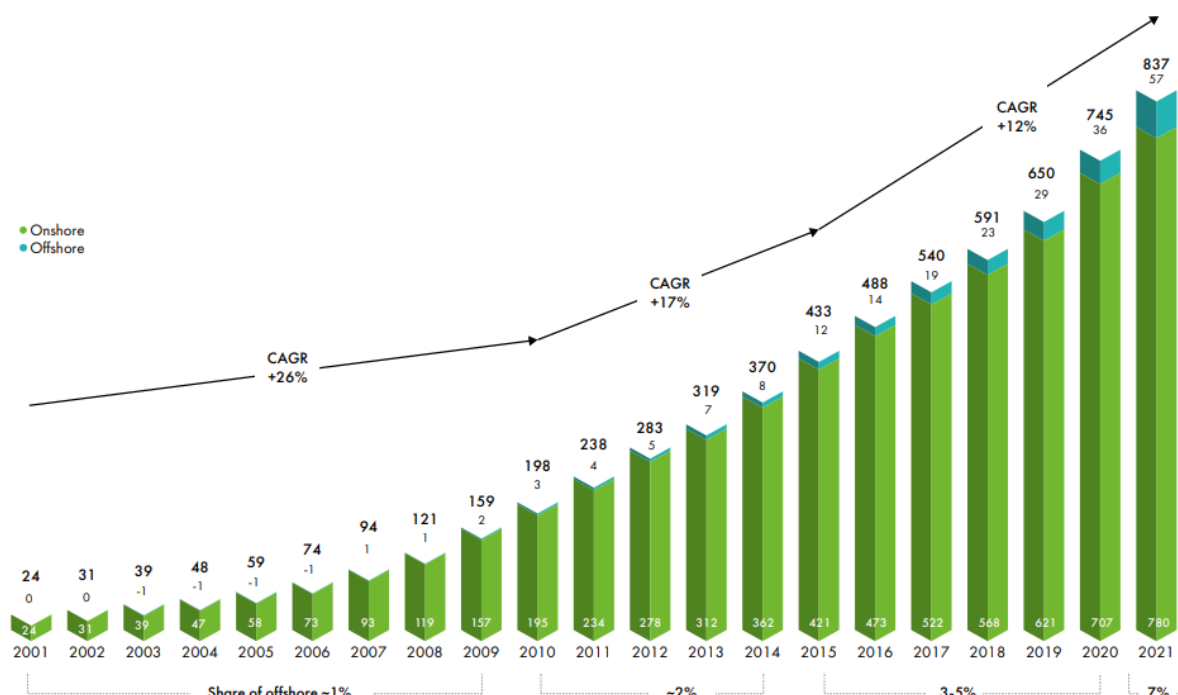
usina é composta por 4 aerogeradores de 250 kW, com 29 metros de diâmetro de rotor em 30 metros de altura. (FADIGAS, 2011)

Atualmente, o estado da arte são aerogeradores de eixo horizontal de três pás, com diâmetro de rotor acima de 125 metros e altura de 120 metros. Isso porque, a velocidade do vento aumenta em função do perfil de velocidade (em função da altura), e o aumento da área de varredura das pás é diretamente proporcional ao acréscimo de energia produzida pela turbina. Aerogeradores de três pás são os mais utilizados por alinharem desempenho satisfatório com características técnicas e construtivas aceitáveis. (IEA, 2013)

2.2 Energia Eólica no Mundo

A energia eólica tem participado exponencialmente da matriz elétrica mundial. Na Figura 3 é possível observar seu crescimento ao longo dos últimos 20 anos, através do *Global Wind Report 2022* emitido pela *Global Wind Energy Council* (GWEC). O documento também apresenta a inserção de projetos *Offshore* nos últimos anos, em que o aproveitamento do recurso eólico sobre os oceanos chegou a 7% em 2021..

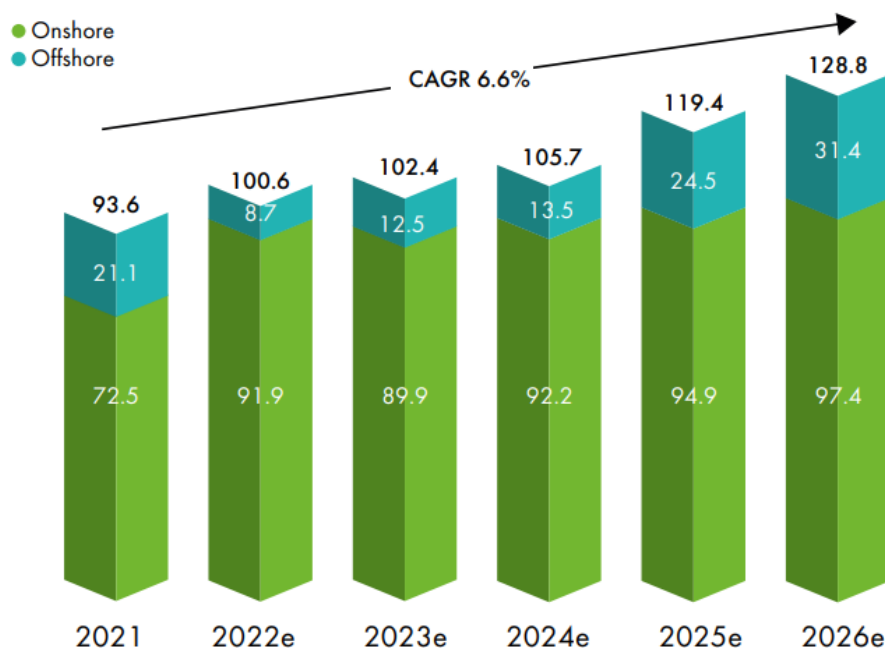
Figura 3 –Desenvolvimento Histórico de Instalações Totais (GW)



Fonte: GWEC (2022).

O mesmo relatório faz as projeções que o mercado global deve crescer 6,6 % ao ano nos próximos 5 anos, conforme apresentado na Figura 4. Pode-se observar o predomínio dos projetos no continente (*onshore*) e o avanço das usinas sobre o oceano (*offshore*).

Figura 4 –Crescimento Esperado para o Mercado Mundial de Energia Eólica

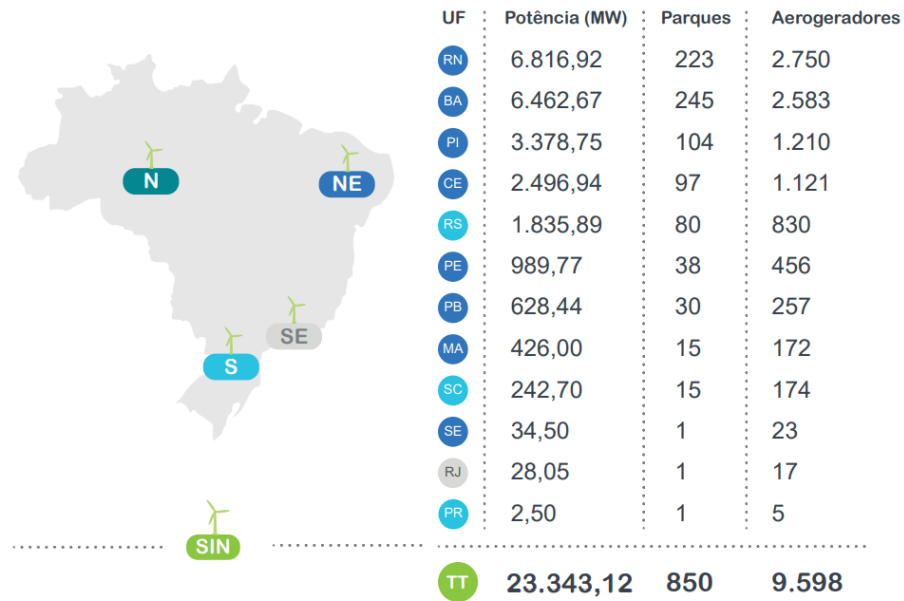


Fonte: GWEC (2022).

2.3 Energia Eólica no Brasil

No Brasil, o nordeste é a região com maior recurso eólico e com as maiores quantidades de projetos instalados. No Sul do país o Estado do Rio Grande do Sul se destaca no cenário nacional. A Figura 5 apresenta a capacidade instalada e o número de parque eólicos por estado. Por meio de políticas de incentivos e o crescente investimento à fonte eólica, fez com que o Brasil saltasse do 15º lugar em 2012 para o 6º lugar no *ranking* mundial em 2020. (ABEEólica, 2022)

Figura 5 –Capacidade Instalada e Número de Parque Eólicos por Estado

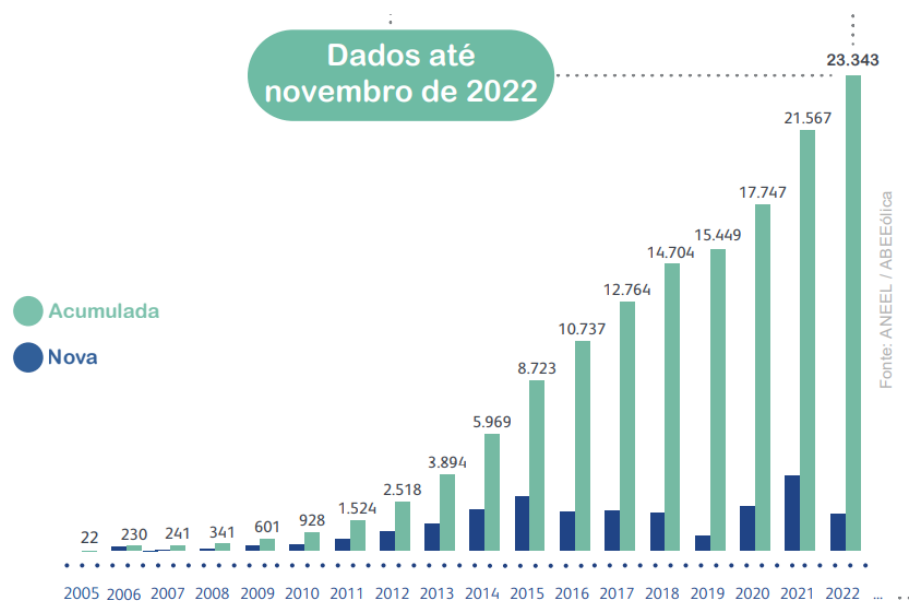


Há outros 1,66GW em operação de testes, que devem entrar em operação nas próximas semanas

Fonte: (ABEEólica, 2022).

Conforme relatado anteriormente, o PROINFA foi um importante incentivo para o desenvolvimento das usinas eólicas. A Figura 6 mostra a evolução da capacidade instalada no Brasil, onde podemos observar o crescimento exponencial da fonte eólica.

Figura 6 –Evolução da Capacidade Instalada no Brasil

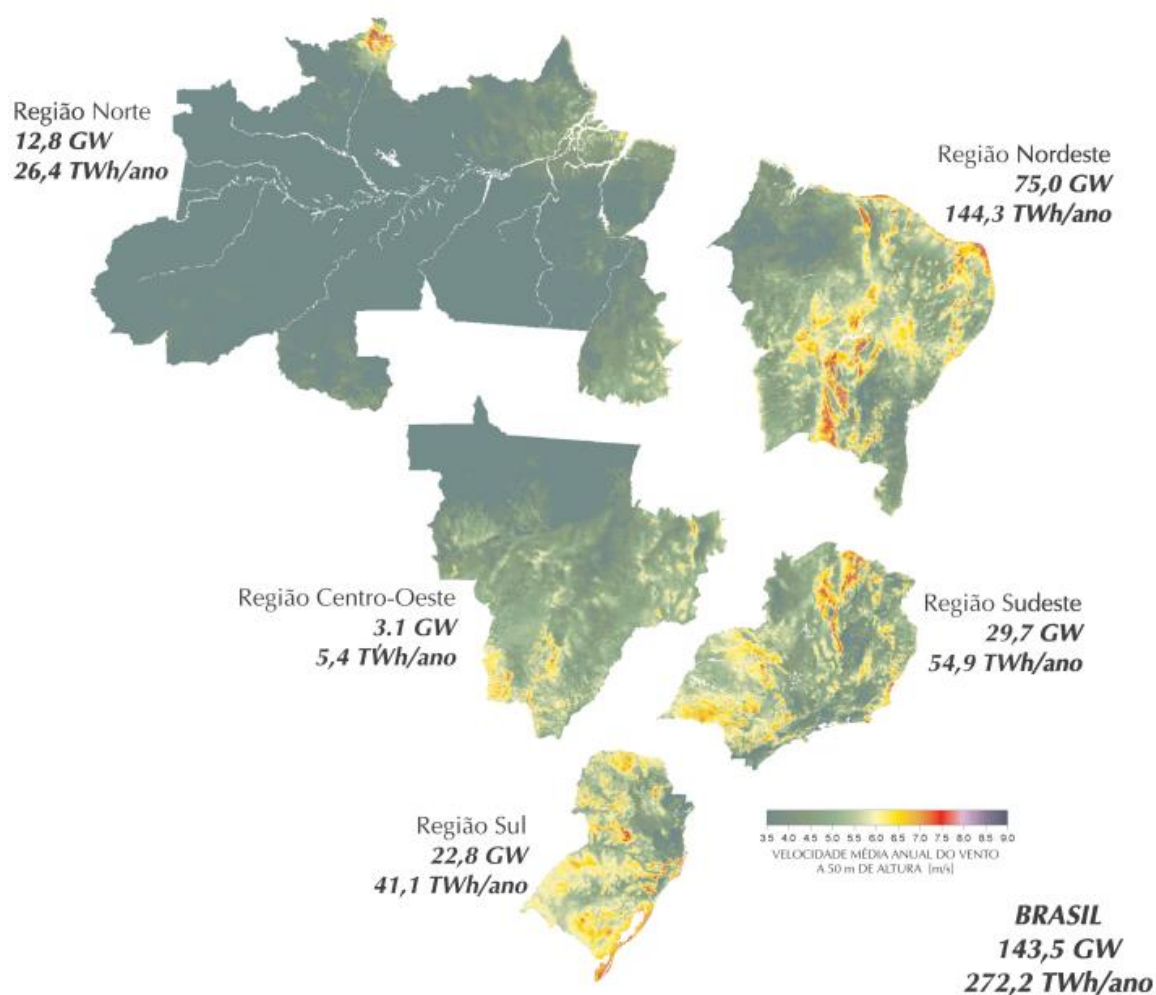


Fonte: (ABEEólica, 2022).

2.4 Potencial Eólico no Brasil

Em 2001 foi lançado o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, elaborado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), no qual já era possível observar o grande potencial de aproveitamento da fonte eólica. O documento indicava um potencial estimado de 143,47 GW e uma geração de 272,22 TWh/ano para ventos de velocidade médias anual de 7,0 m/s. A Figura 7 apresenta a capacidade instalada e oferta de energia por região. (CEPEL, 2001)

Figura 7 – Potencial Eólico Estimado



Fonte: (CEPEL, 2001).

O plano Decenal de Expansão de Energia 2031 indica um crescimento de 11 GW em potência instalada nos próximos 10 anos da fonte eólica, representando

12% da capacidade instalada com 31 GW. Na Figura 8 é possível observar, ainda, que a oferta interna de eletricidade pela fonte eólica será de 115 TWh/ano em 2031. (EPE, 2022b)

Figura 8 –Plano Decenal da Expansão de Energia Eólica



Fonte: (EPE, 2022b).

Desta forma, a energia eólica se manterá competitiva e em crescimento nos próximos conforme apresentado pela EPE.

3 ASPECTOS TÉCNICOS E REGULATÓRIOS

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) é um dos principais setores de infraestrutura do Brasil. Desta forma, conhecer as instituições do setor e o seu papel, é fundamental para a implantação de parque eólicos. A estrutura do setor elétrico brasileiro é apresentada na Figura 9.

Figura 9 – Estrutura Institucional



Fonte: CCEE (2022d).

- a) Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) – órgão interministerial, **define política e diretrizes energéticas** do país com objetivo de assegurar o suprimento energético;
- b) Ministério de Minas e Energia (MME) – órgão do governo federal responsável pela **formulação e implementação de políticas energéticas** de acordo com as diretrizes do CNPE, sendo ainda responsável por estabelecer o planejamento do setor energético nacional e monitorar a segurança do SEB;

- c) Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – empresa vinculada ao MME, **responsável pelos estudos e projeções da matriz energética** de curto, médio e longo prazo dando suporte para a realização de leilões;
- d) Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) – coordenado pelo MME, sua função é **acompanhar e avaliar a continuidade e segurança do suprimento elétrico** em todo o território nacional; (“Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE)”)
- e) Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) – **regula e fiscaliza a geração, transmissão, distribuição e comercialização de eletricidade**. Responsável pelos leilões de energia elétrica, por estabelecer as tarifas e assegurar a viabilidade econômica e financeira dos agentes e da indústria;
- f) Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) – pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob a regulação e fiscalização da ANEEL, **administra as transações do mercado de energia elétrica** e realiza os leilões de energia oficiais;
- g) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) – sociedade civil de direito privado, sem fins lucrativos, **responsável pela operação otimizada do Sistema Interligado Nacional (SIN)**.

Com a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a entrada da iniciativa privada por meio da concessão ou autorização do poder concedente para produzir e comercializar energia elétrica como Produtor Independente de Energia (PIE), permitiu oportunidades de negócios a diversas empresas. (BRASIL, 1995)

Para entrar no mercado de geração de energia elétrica, todo o empreendedor deverá trilhar um longo caminho de desenvolvimento do projeto, e atender todos os requisitos e normas para a implantação de uma Usina Eólica. Os conhecimentos técnicos, regulatórios e ambientais são alguns dos requisitos mínimos que serão abordados.

Faz parte da estratégia de cada projeto definir os contratos de comercialização de energia que serão realizados, pois o tipo de contrato impacta

diretamente o desenvolvimento do projeto. Projetos destinados ao Ambiente de Contratação Regulada (ACR) serão comercializados por meio de leilões de energia e a habilitação se dará pelo atendimento de regras específicas, divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), para cada leilão.

As usinas destinadas ao Ambiente de Contratação Livre (ACL), em que os contratos são livremente negociados. Há ainda a possibilidade de o mesmo empreendimento fornecer energia para o ACR e ACL com contratos distintos. Contudo, é importante ressaltar que as etapas de desenvolvimento do projeto diferem para cada ambiente de contratação, devendo o empreendedor atender todas as solicitações nos prazos exigidos em cada um dos ambientes de comercialização.

3.1 Ambiente de Contratação Regulada - ACR

Também conhecido como Mercado Regulado, o consumidor atendido por esse modelo é chamado de consumidor cativo. Os consumidores cativos são as residências, os comércios e as indústrias, que adquirem obrigatoriamente energia da concessionária de distribuição de energia à qual estão conectados, estando sob as tarifas reguladas pela ANEEL.

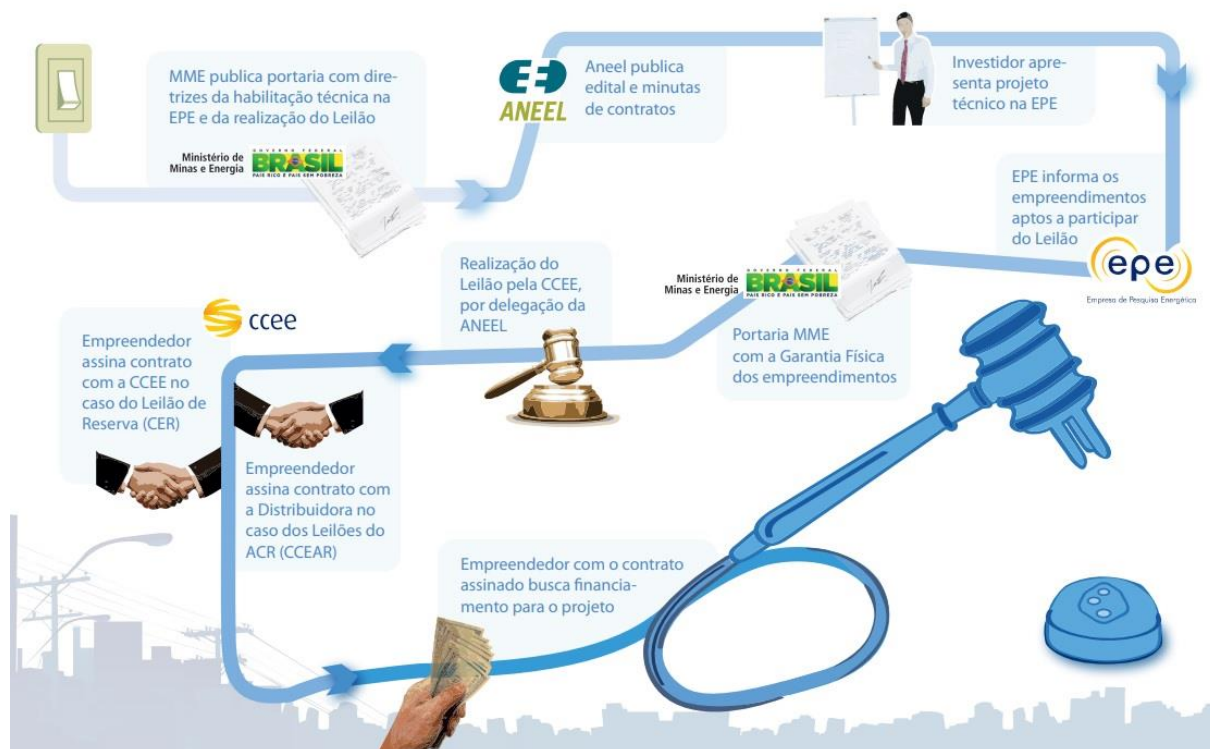
Os Leilões de Energia Elétrica realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), por delegação da ANEEL, têm papel importante no Ambiente de Contratação Regulada. “As negociações adotam o critério de menor tarifa para definir os vencedores, visando a modicidade tarifária. Para garantir a diversidade da matriz e a modernização da matriz, o setor elétrico realiza diversos tipos de leilões.” (CCEE, 2022b).

As negociações são realizadas entre os vendedores (geradores – produtor independente de energia) e compradores (distribuidoras de energia) que ao final do leilão celebram um contrato, que deverá ser registrado na CCEE. O resumo sobre o processo do leilão pode ser observado na

Figura 10.

Figura 10 – Processo do Leilão

Como são realizados os leilões



Fonte: CCEE (2022b).

Em CCEE (2022b) são apresentados 8 tipos de leilões. Dentre os listados saem os vencedores dos projetos eólicos inscritos em: Leilão de Energia Nova (LEN), Leilão de Fontes Alternativas (LAF) e Leilão de Energia de Reserva (LER). É importante ressaltar que cada leilão pode apresentar uma sistemática diferente, assim como horizonte de entrada em operação distintos, conforme Figura 11. No caso de parques eólicos, os vencedores recebem contratos de comercialização de energia de longo prazo - 15 anos.

Com o contrato firmado e a garantia de venda de energia o empreendedor dá seguimento com a etapa de desenvolvimento do projeto, com elaboração de estudos mais aprofundados e projetos executivos. Tais documentos são importantes para a obtenção de financiamentos dando respaldo técnico ao empreendimento.

Figura 11 – Tipos de Leilão



Fonte: CCEE (2022b).

De acordo com a EPE (2021b) as “Instruções para Solicitação de Cadastramento e Habilitação Técnica com vistas à Participação nos Leilões de Energia Elétrica” apresentam a forma e conteúdo da documentação necessária para o cadastramento em leilões de energia elétrica. Com este documento o empreendedor saberá todos os aspectos técnicos e regulatórios necessários para que seu projeto seja habilitado a vender energia no ambiente regulado.

Os empreendedores utilizam esse documento como base para realizar a estratégia de desenvolvimento do projeto e estabelecer cronogramas para cada etapa de desenvolvimento. Ou seja, os projetos que visam comercializar através de leilões de energia, realizarão cronogramas de forma a atender as exigências estabelecidas em cada edital. Um fato importante para exemplificar a diferença no cronograma de desenvolvimento entre projetos para o ACR e ACL é a questão fundiária, onde para a participação no leilão é necessário comprovar a posse e regularização das propriedades, enquanto projetos do ACL conseguem obter outorga e até mesmo firmar contratos de venda de energia apenas declarando a conformidade fundiária. (EPE, 2021b, p. 12; ANEEL, 2020)

Para discorrer o assunto referente à habilitação técnica em leilões de energia, este trabalho irá considerar como estratégia a participação de uma usina eólica no Leilão de Energia Nova A-4 2022 (LEN A-4/2022), com base nas instruções de cadastramentos apresentadas em EPE (2021b).

3.2 Ambiente de Contratação Livre - ACL

Após a regulamentação da comercialização de energia elétrica ocorrida em 2004, em que o Decreto nº 5.163/2004 define:

Ambiente de Contratação Livre - ACL o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica, objeto de contratos bilaterais livremente negociados, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos. (BRASIL, 2004).

Esse mercado demorou a se desenvolver no Brasil, até os consumidores entenderem os riscos e começarem a buscar contratos que proporcionassem uma redução maior do custo de energia. O resultado positivo desta modalidade criou uma demanda crescente pela compra direta de energia elétrica realizada pelos consumidores livres e especiais. Conforme publicado pela CCEE (2022c), em 2021, o mercado livre de energia atingiu o recorde de migração de unidades consumidoras (UCs). Na Figura 12 é possível observar a evolução de adesão por categoria.

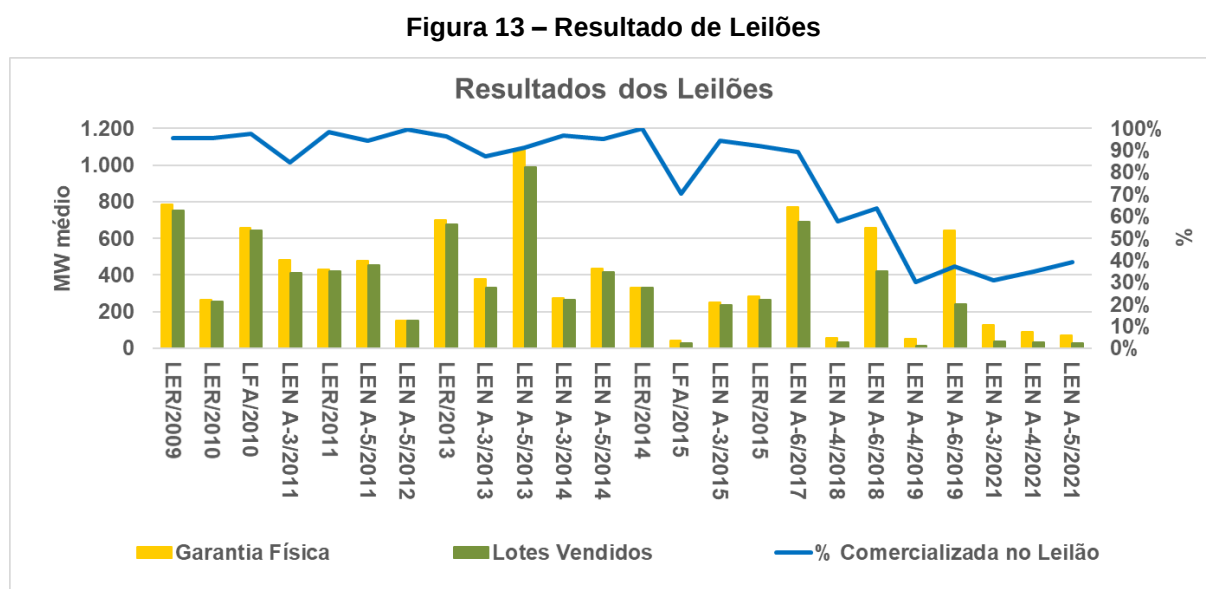
Figura 12 – Novas (UCs) no ACL



Fonte: CCEE (2022c).

Com isso, muitos projetos de geração de energia começaram a ser desenvolvidos buscando atender essa demanda de energia no ACL. Desta forma, olhando para a demanda crescente do mercado e por sua conta e risco, os PIEs começaram a ofertar uma parcela de energia cada vez menor nos leilões ACR,

separando uma reserva energética para contratos bilaterais no ACL. A Figura 13 apresenta a queda no percentual de energia comercializada nos últimos leilões de energia. (ANEEL, 2022a)



Fonte: Adaptado de ANEEL (2022a).

Assim, os empreendedores que buscam obter a outorga do projeto, sem a necessidade de um leilão de energia para venda no ACR, precisam atender os requisitos e procedimentos estabelecidos na Resolução Normativa nº 876, de 10 de março de 2020.

3.3 Licenciamento Ambiental

Os processos de habilitação em leilões de energia e obtenção de outorga não eximem o empreendedor das obrigações ambientais. Para o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece normas e padrões federais, que deverão ser executados pelos Estados e Municípios, através de suas secretarias, ou pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) quando de sua competência.

A Resolução CONAMA nº 237/1997 define que o poder público expedirá três licenças ambientais: (CONAMA, 1997)

- a) licença prévia (LP) - concedida na fase de planejamento do empreendimento;
- b) licença de instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento;
- c) licença de operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento.

Em Santa Catarina, o Instituto do Meio Ambiente (IMA) é o órgão responsável pelos licenciamentos ambientais, através da Instrução Normativa nº 53/2015 que tem por objetivo: “Definir a documentação necessária ao licenciamento e estabelecer critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais para implantação de atividades produção de energia eólica de pequeno, médio e grande porte [...]”. (IMA, 2015, p. 1)

3.4 Acesso ao Sistema de Transmissão

Após a Lei nº 9.074/1995 estabelecer as normas para outorga das concessões e permissões de serviços públicos, o decreto nº 2.003 de 10 de setembro de 1996, regulamentou a produção de energia por produtor e garantiu o livre acesso ao sistema de transmissão e distribuição:

Art. 13. Para garantir a utilização e a comercialização da energia produzida, o produtor independente e o autoprodutor terão assegurado o livre acesso aos sistemas de transmissão e de distribuição de concessionários e permissionários de serviço público de energia elétrica, mediante o ressarcimento do custo de transporte envolvido. (MME,1996).

Ficando o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) responsável por operar, controlar e supervisionar todo o sistema de geração e transmissão. Desta forma, é o ONS que avalia e aprova a conexão das usinas às instalações de transmissão. Este processo é descrito no documento Acesso ao Sistema de Rede em 10 Passos para formalizar a solicitação de acesso ao sistema de transmissão, ONS (2020).

Informações quanto ao tipo de acesso, prazos, cronogramas e estudos elétricos necessários são informados para cada etapa de desenvolvimentos do projeto.

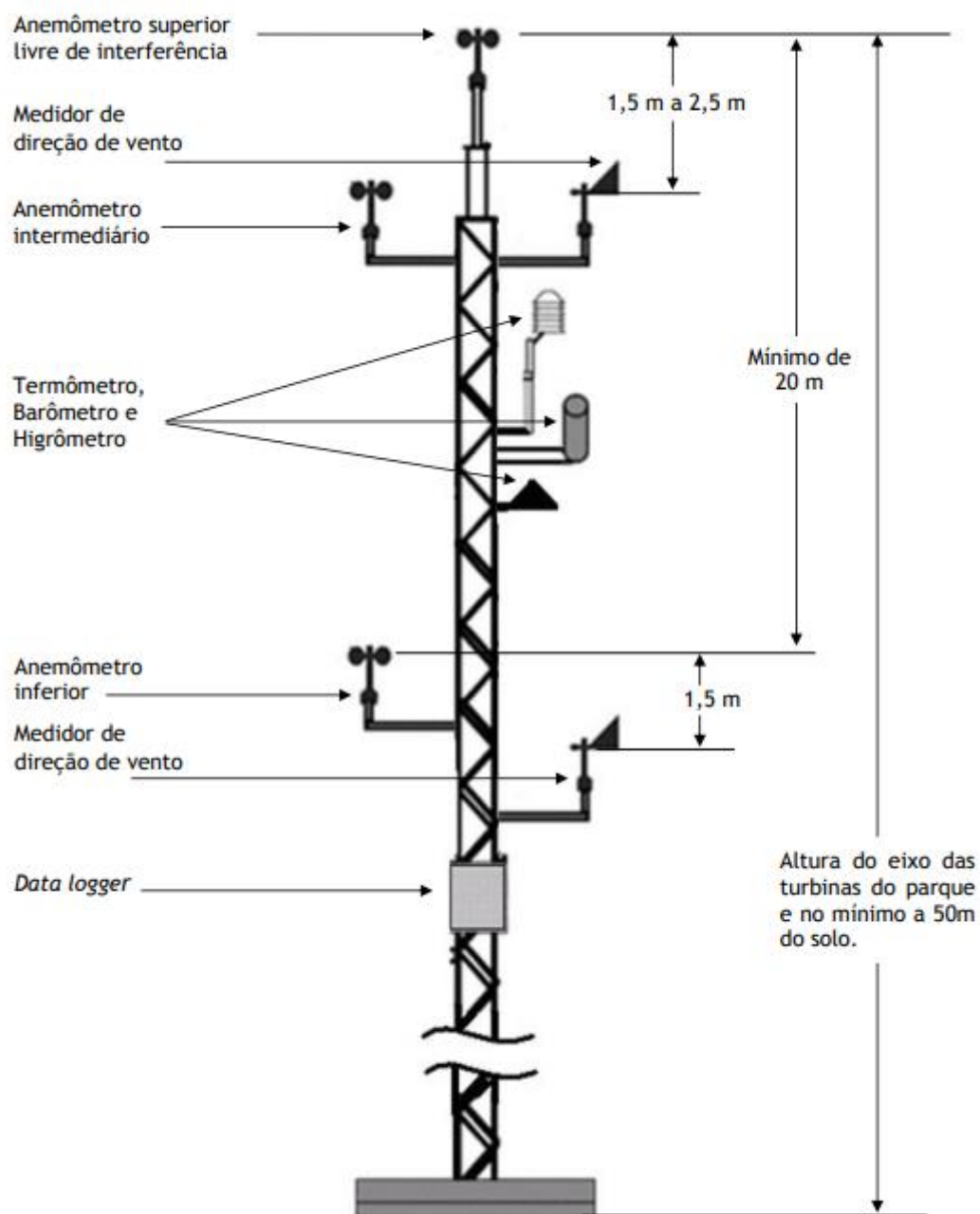
3.5 Medições Anemométricas

A campanha de medições anemométricas e climatológicas, que irá determinar a viabilidade ou não do projeto, com relação ao recurso eólico, é uma etapa do processo que dura no mínimo 3 anos, e inicia o desenvolvimento do projeto. Logo após a fase de prospecção, é iniciada a medição do recurso, cujo objetivo é gerar um mapa de recurso eólico dentro do raio de cobertura da torre.

O raio de cobertura da torre anemométrica varia conforme a classificação do terreno. Em terrenos complexos, o raio de cobertura da torre anemométrica é de 6 km já para terrenos simples/planos o raio de cobertura é de 10 km. (EPE, 2021b)

Em 2014, a EPE lançou uma nota técnica com Instruções para Medições Anemométricas e Climatológicas em Parque Eólicos. Este documento tem sido utilizado como referência para os projetos em fase de prospecção. A Figura 14 mostra os requisitos relacionados à distribuição dos instrumentos na torre de medições anemométrica.

Figura 14 – Torre Anemométrica



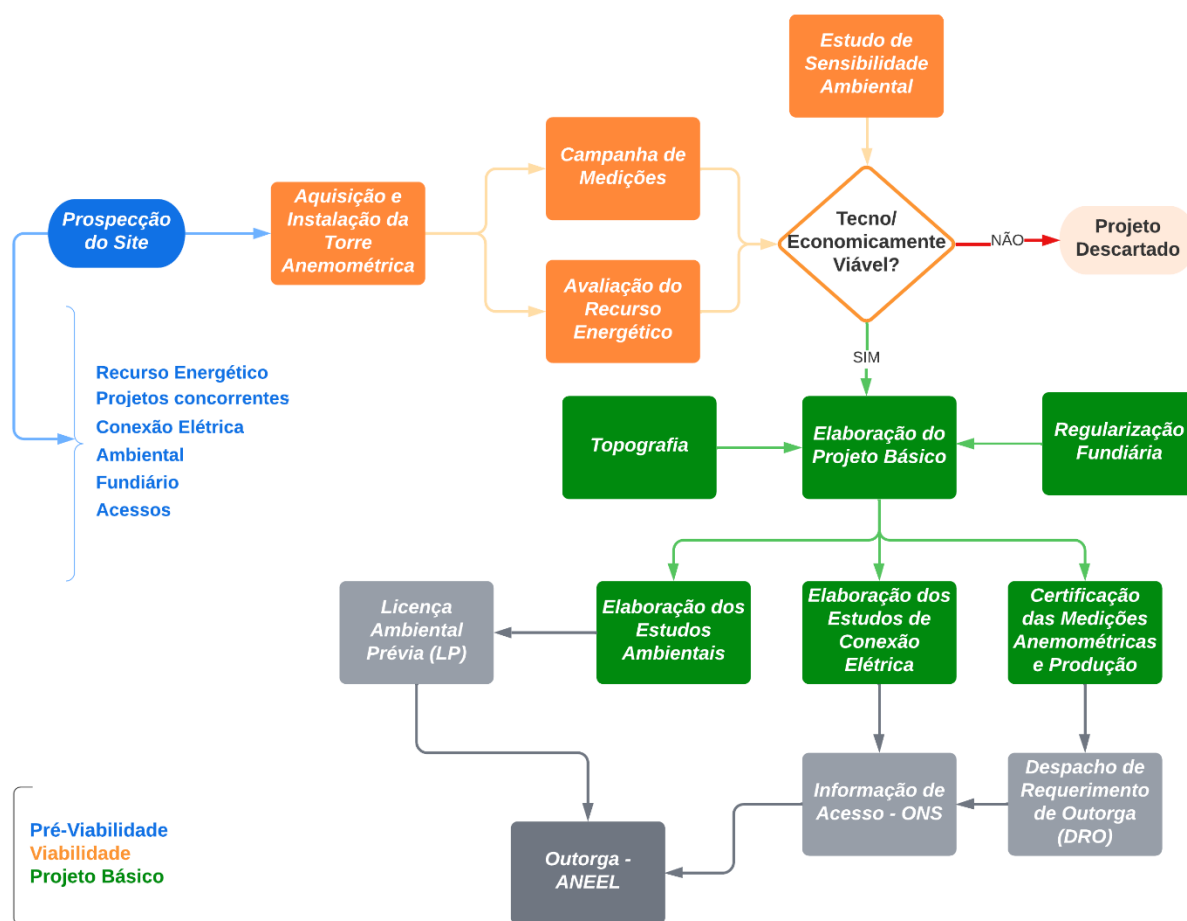
Fonte: EPE (2014).

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo serão abordadas as etapas de desenvolvimento do projeto de um complexo eólico, desde a fase inicial de pré-viabilidade (prospecção da área) até a obtenção da outorga com o projeto básico consolidado. Os dados utilizados serão do Complexo de Geração Eólica Cânion do Funil que está em desenvolvimento na Serra Catarinense. Contudo, os dados originais serão alterados, e os dados de geração e fator de capacidade serão abordados de forma qualitativa. Isso se faz necessário pois as informações são confidenciais e estratégicas ao empreendimento.

Na Figura 15 é apresentado o fluxograma de implantação do projeto e as tomadas de decisões.

Figura 15 – Fluxograma Macro de Implantação de Parques Eólicos



Fonte: Elaboração própria (2022).

Ao longo do trabalho serão abordados separadamente cada uma das etapas listadas abaixo:

- a) pré-viabilidade (prospecção);
- b) viabilidade (desenvolvimento);
- c) projeto básico (consolidação).

Cada etapa de desenvolvimento irá subsidiar a tomada de decisão do empreendedor, de modo que os riscos fiquem atribuídos a cada fase do projeto com base em um cronograma estabelecido a partir de serviços e estudos necessários.

4.1 Pré-Viabilidade

Essa é a etapa inicial de desenvolvimento em que, por meio da Prospecção, buscam-se informações da área ou região pretendida para a implantação do projeto, com o intuito de checar sua viabilidade inicial. Nessa fase, são analisados os aspectos técnicos, ambientais, regulatórios e fundiários, baseando-se principalmente na avaliação de 6 tópicos:

- a) recurso energético;
- b) projetos concorrentes;
- c) conexão elétrica;
- d) ambiental;
- e) fundiário;
- f) acessos.

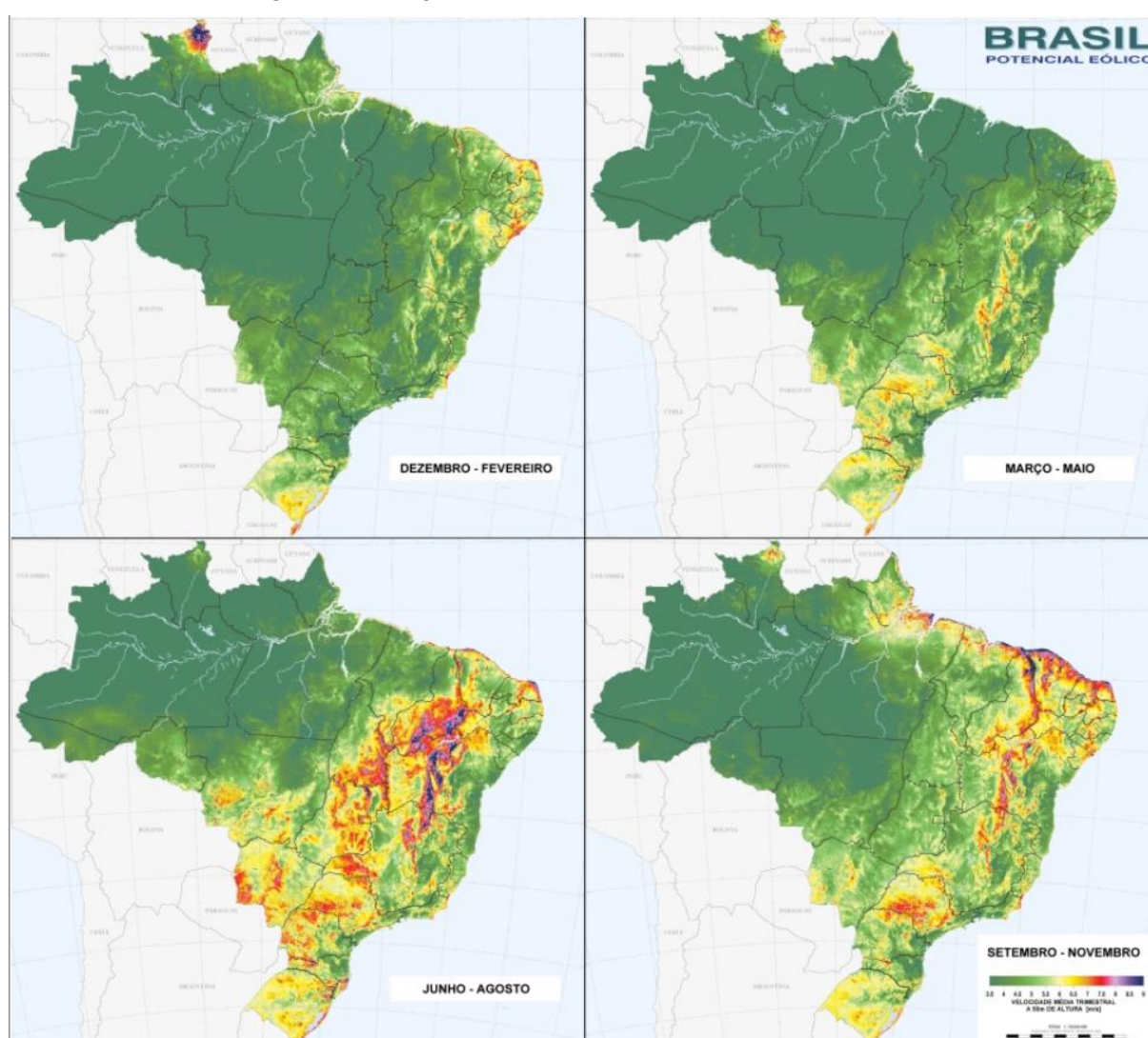
4.1.1 Recurso Energético

O vento é a fonte de energia primária para projetos eólicos, sendo assim, avaliar sua magnitude, direção e frequências é primordial. Por isso, inicialmente busca-se verificar o recurso energético da região por meio de uma base de dados sintéticos disponíveis. Em 2001 foi lançado o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro com

o objetivo de “fornecer informações para capacitar tomadores de decisão na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos eólico-elétricos.” (CEPEL, 2001, p.5).

Os mapas apresentavam os regimes médios de vento para a altura de 50 metros com uma resolução horizontal de 1 km x 1 km. Era possível ainda analisar dados do relevo, rugosidade além da sazonalidade do regime de vento, conforme Figura 16.

Figura 16 – Mapa do Potencial Eólico Brasileiro Sazonal

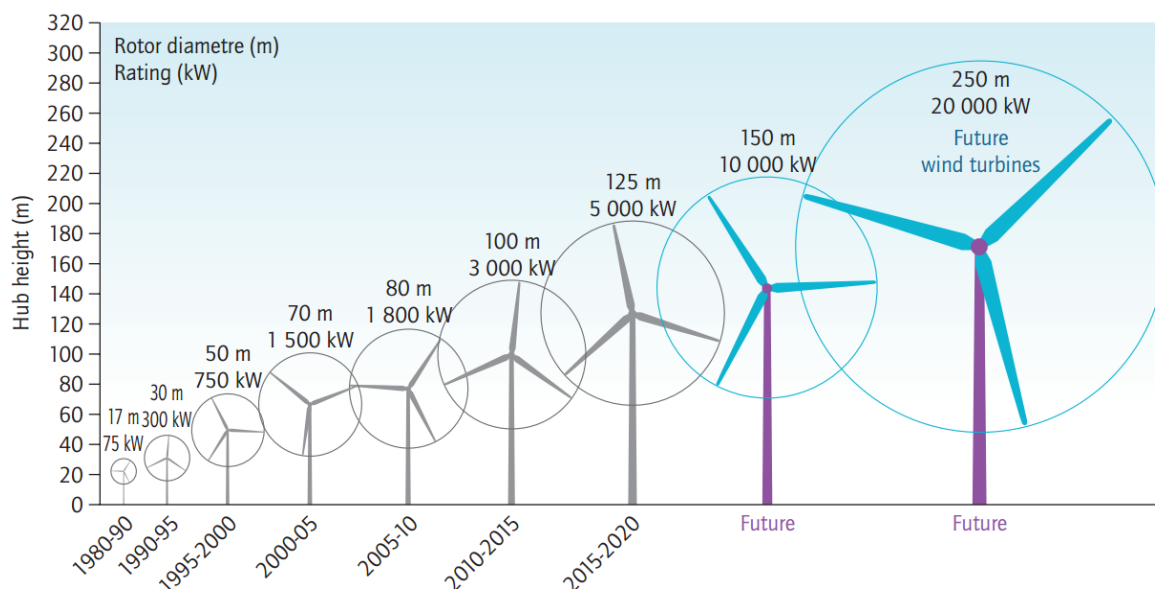


Fonte: CEPEL (2001).

Em 2017, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), lançaram o Novo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro para várias alturas: 30, 50, 80, 10, 120, 150 e 200 metros, se adequando ao

avanço tecnológico dos aerogeradores, representado na Figura 17, que passaram a ser ofertados com alturas superiores a 100 m de altura e diâmetros de rotor acima de 125 m.

Figura 17 – Evolução do Tamanho dos Aerogeradores desde 1980 e Perspectivas



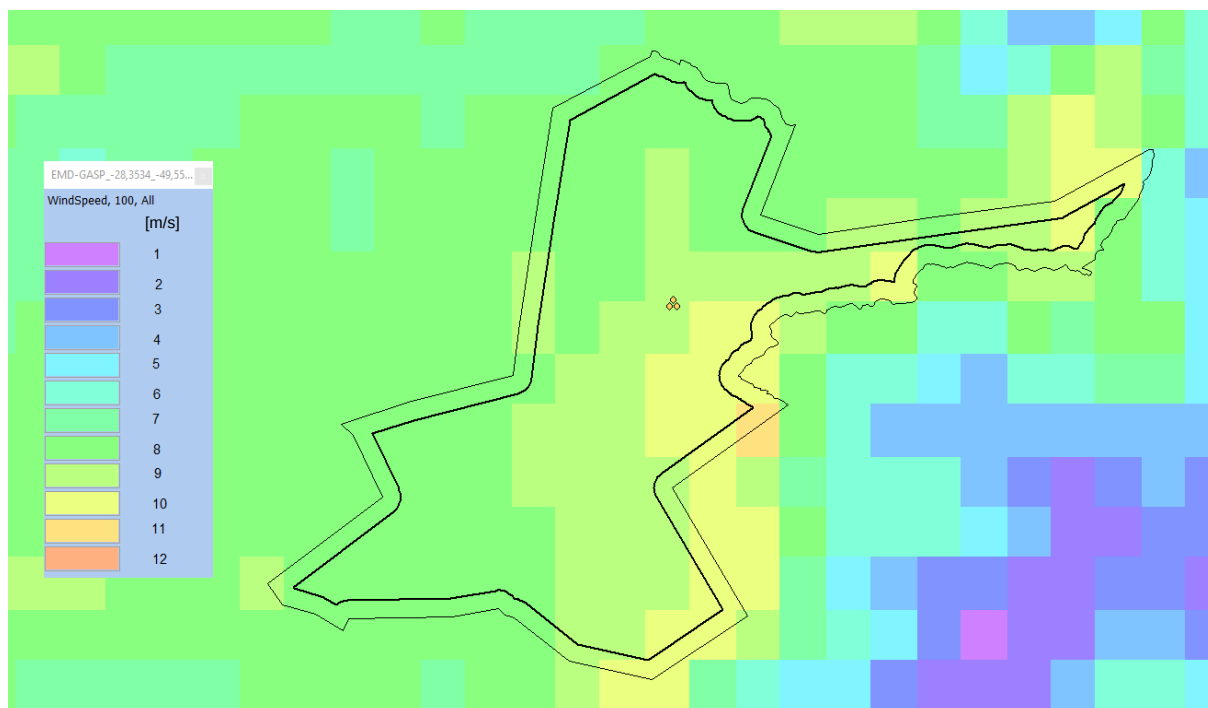
Fonte: IEA (2013).

Porém, os mapas disponibilizados pelos atlas eólicos são apresentados em uma escala que não permite uma avaliação específica da área em análise, e sim da região em que o projeto está inserido. De forma a obter resultados mais precisos para a área prospectada, levando em consideração as condições geográficas (relevo e rugosidade) utilizou-se o *Global of Atlas of Siting Parameters* (GASP) disponível no *software* windPRO. Assim, além do mapa de recurso energético da área a partir de dados de referência de 10 anos, foram obtidos também os principais parâmetros de avaliação do sítio eólico (*site*) apresentados abaixo: (EMD, 2022a).

- a) parâmetros de aplicabilidade do aerogerador;
- b) parâmetros extremos;
- c) indicação de classe de projeto da turbina.

O mapa da Figura 18 representa o comportamento da velocidade média (m/s) do vento a 100 metros de altura, obtido através do GASP, para a área em análise.

Figura 18 – Mapa de Recurso Energético da Área



Fonte: Elaboração própria (2022).

Cabe ressaltar que o mapa de recurso energético obtido através de dados sintéticos de longo termo (dados de referência) representa o comportamento da velocidade do vento, porém os valores absolutos só serão ajustados e confirmados após a medição no local, através da Campanha de Medições Anemométricas e Climatológicas conforme especificado pela EPE e MME. (EPE, 2021b; MME, 2016)

4.1.2 Projetos Concorrentes

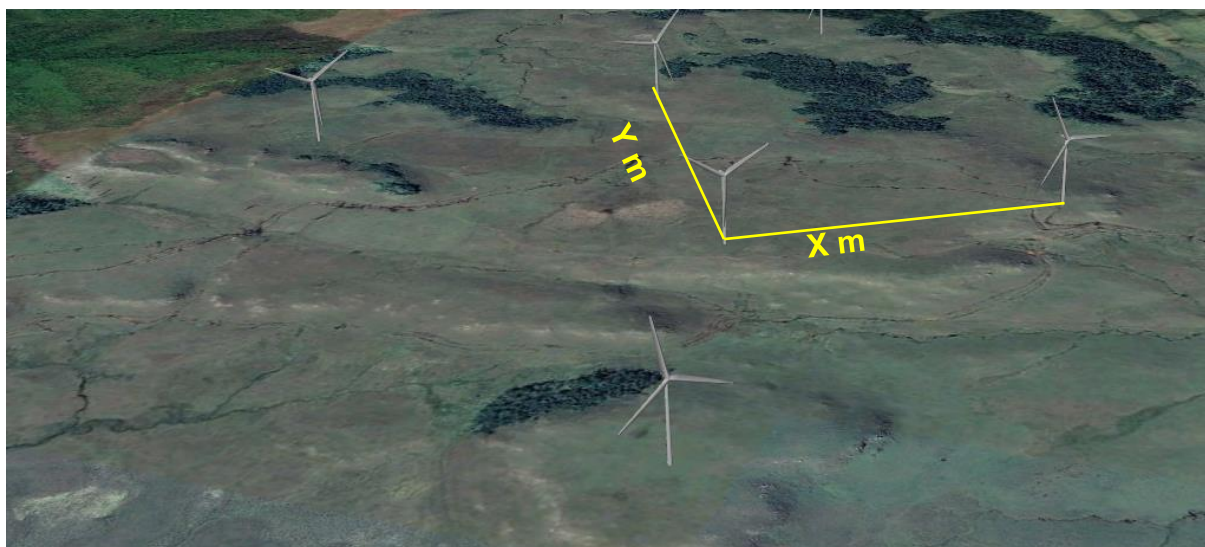
Identificar a existência de outros projetos na região é essencial, pois além das possíveis restrições na conexão elétrica, a interferência aerodinâmica entre os projetos pode acarretar perdas de eficiência. Isso porque ao passar pela turbina, o vento perde velocidade, afetando os aerogeradores que estão atrás (a jusante do vento). Esta perda é chamada de efeito esteira, definido por Pinto (2019, p. 60) como:

“Efeito esteira são as perdas aerodinâmicas provocadas por outras turbinas e pelas condições topográficas.”, e, são responsáveis por reduzir a geração de energia elétrica do parque eólico e devem-se principalmente:

- Ao espaçamento entre as turbinas eólicas
- Às características de operação de cada turbina
- Ao número de turbinas e ao tamanho do parque eólico
- À intensidade de turbulência do local
- À distribuição de frequência da direção do vento (a rosa dos ventos). (PINTO, 2013, p. 177).

Então, saber se há mais projetos em desenvolvimento na região e o seu estágio de desenvolvimento para identificar possíveis interferências é fundamental. Por este motivo, é importante avaliar o espaçamento entre os aerogeradores durante o projeto básico através do estudo de *micrositing* com definição da quantidade, posição e espaçamento entre os aerogeradores, conforme mostrado na Figura 19, e os efeitos da esteira de vento na geração individual de cada máquina de modo a minimizar essas perdas. Usualmente as perdas por efeito esteira representam de 10% a 20%. (PINTO, 2013, p. 177)

Figura 19 – Distanciamento entre aerogeradores



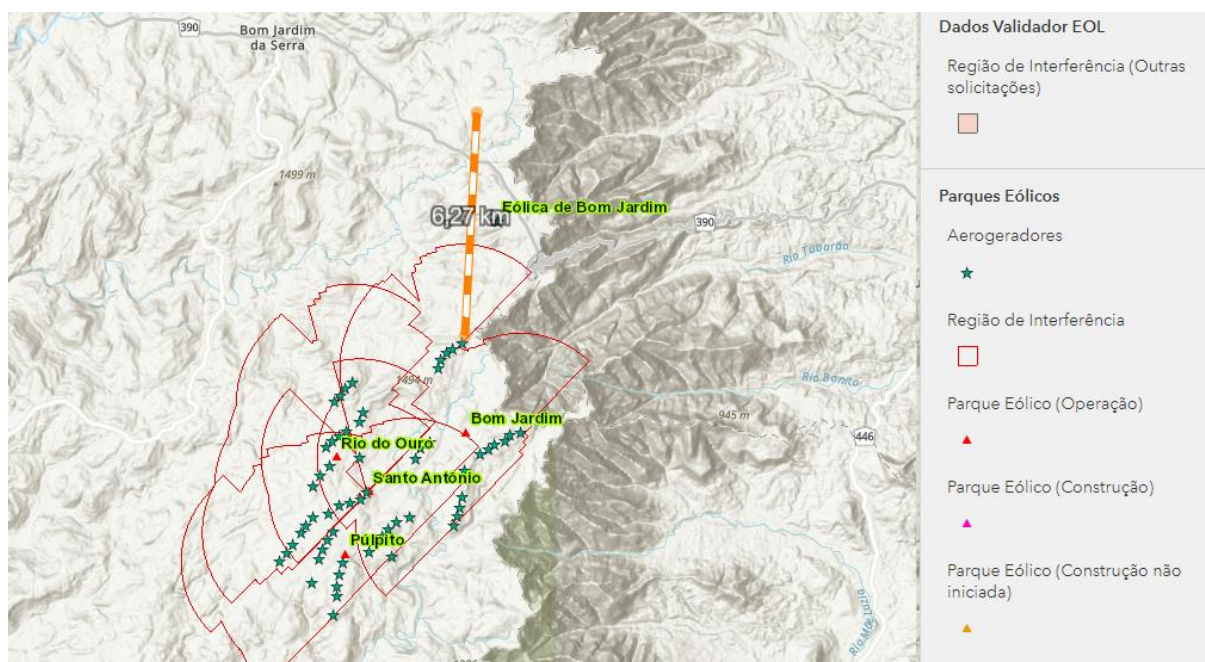
Fonte: Elaboração Própria (2022).

Visando a não interferência de um projeto sobre outro por efeito esteira, a ANEEL define no ANEXO I da REN 876/2020 a necessidade de anuência de projetos dentro da região de interferência:

11. Declaração emitida pelo(s) titular(es) de parque(s) eólico(s) já autorizado(s), ou que possua(m) DRO vigente, ou que já tenha(m) comercializado energia nos leilões previstos na Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, de Ciência de Proposta de Implantação de Novo Parque Eólico, cuja região de interferência [região que dista de 20 (vinte) vezes a altura máxima da pá, considerando-se todas as direções do vento com permanência superior a 10% (dez por cento)] abranja área do parque eólico outorgado, ao(s) declarante(s) [...] (ANEEL, 2020).

Desta forma buscou-se informações de projetos já autorizados, ou com Despacho de Requerimento de Outorga (DRO) ou cadastrados em leilões, a fim de identificar possíveis impactos e/ou restrições ao desenvolvimento do projeto. Foram identificados a 6,3 km ao sul da área os parques eólicos do PROINFA, já em operação: Bom Jardim, Pulpito, Rio do Ouro e Santo Antônio, conforme apresentado na Figura 20, contudo, a área em análise está fora da região de interferência (poligonais em vermelho) dos parques eólicos já em operação.

Figura 20 – Projetos vizinhos e região de interferência



Fonte: ANEEL (2022b).

4.1.3 Conexão Elétrica

Resultados do LEN A-5/2021, mostram que 55% dos empreendimentos foram inabilitados por falta de conexão elétrica. Por este motivo é muito importante

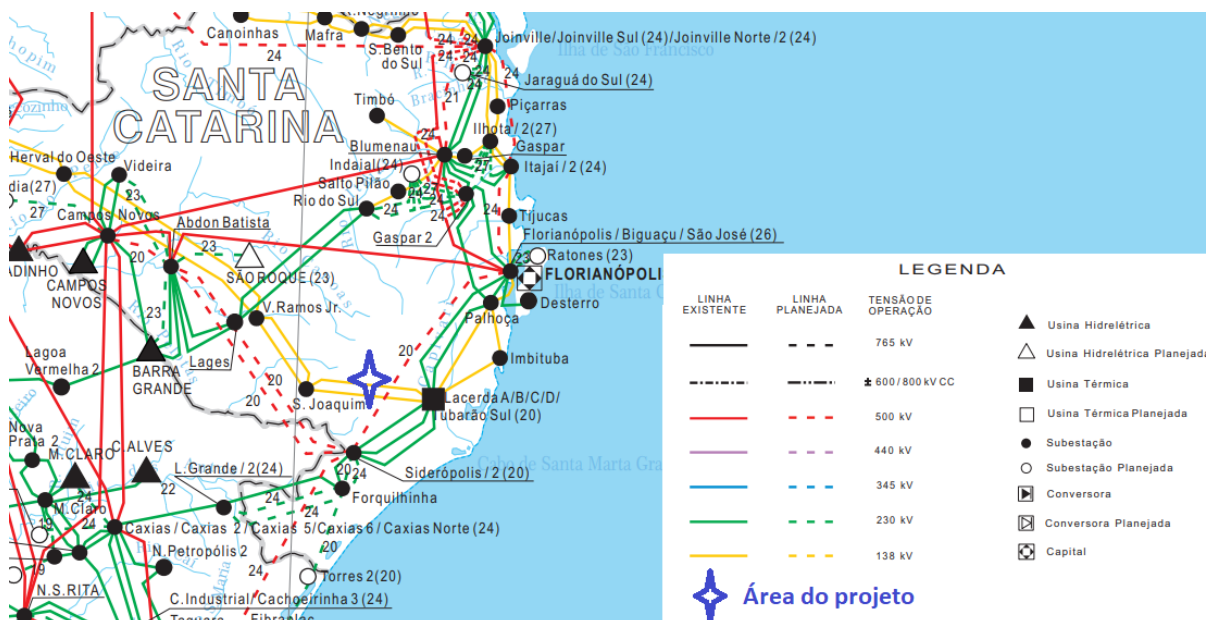
A área do Complexo Eólico Cãnion do Funil está a 27 km da SE Siderópolis 2 (525/230kV) ainda é possível identificar que a LT 525 kV Abdon Batista – Siderópolis 2, C1 e C2, planejada para 2022 passa por dentro da área do projeto. As informações apresentadas na Figura 21 são referentes à rede básica do SIN, onde a Resolução Normativa nº 67 de 08 de junho de 2004 define:

Art. 3º Integram a Rede Básica do Sistema Interligado Nacional - SIN as Instalações de Transmissão, definidas conforme inciso II do artigo anterior, que atendam aos seguintes critérios:

I - linhas de transmissão, barramentos, transformadores de potência e equipamentos de subestação em tensão igual ou superior a 230 kV; e
II - transformadores de potência com tensão primária igual ou superior a 230 kV e tensões secundária e terciária inferiores a 230 kV, bem como as respectivas conexões e demais equipamentos ligados ao terciário, a partir de 1º de julho de 2004. (ANEEL, 2004).

Com base no mapa do sistema elétrico brasileiro, configuração 2027, disponibilizado pela ELETROBRAS e apresentado na Figura 22, é possível identificar a existência de uma linha de transmissão de 138 kV próxima a área do projeto.

Figura 22 – Mapa do Sistema Elétrico Brasileiro



Fonte: Adaptado de ELETROBRAS (2018).

A Figura 23 apresenta imagens do *Google Earth* e *Google Street View* onde é possível identificar que a Subestação (SE) Bom Jardim da Serra 138 kV está dentro da área do projeto, permitindo uma conexão a partir da construção de um trecho aéreo

de 200 m. Essa SE conecta os parques eólicos: Bom Jardim, Pulpito, Rio do Ouro e Santo Antônio ao sistema elétrico através do seccionamento da LT 138 kV identificada no mapa da Figura 22. A SE e LT identificadas são caracterizadas como Demais Instalações de Transmissão (DIT) pertencentes à CELESC. A Resolução Normativa nº 67/2004 define DIT como:

Art. 4º Não integram a Rede Básica e são classificadas como Demais Instalações de Transmissão, as Instalações de Transmissão que atendam aos seguintes critérios:

I - linhas de transmissão, barramentos, transformadores de potência e equipamentos de subestação, em qualquer tensão, quando de uso de centrais geradoras, em caráter exclusivo ou compartilhado, ou de consumidores livres, em caráter exclusivo;

II - instalações e equipamentos associados, em qualquer tensão, quando de uso exclusivo para importação e/ou exportação de energia elétrica e não definidos como instalações de transmissão de energia elétrica destinadas a interligações internacionais; e (Redação dada ao inciso pela Resolução Normativa ANEEL nº 442, de 26.07.2011, DOU 05.08.2011)

III - linhas de transmissão, barramentos, transformadores de potência e equipamentos de subestação, em tensão inferior a 230 kV, localizados ou não em subestações integrantes da Rede Básica. (ANEEL, 2004).

Figura 23 – SE Bom Jardim da Serra



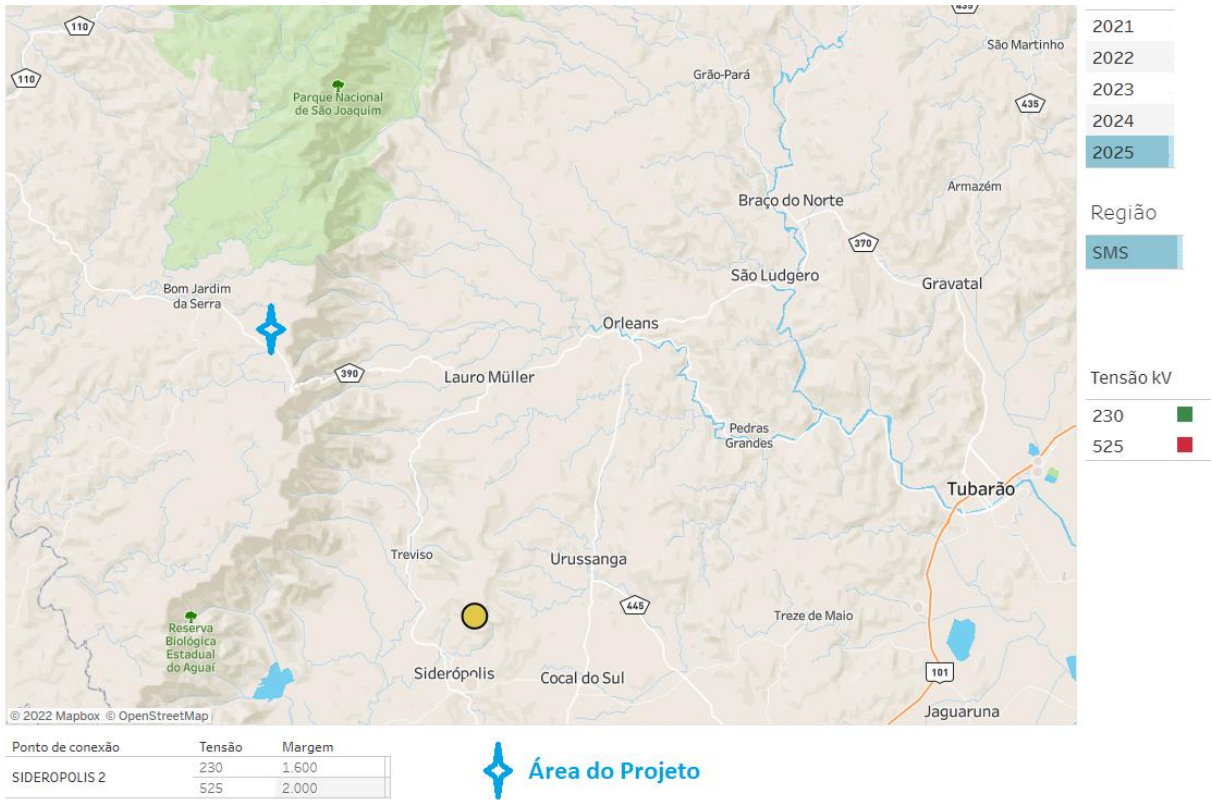
Fonte: Elaboração Própria (2022).

Desta forma, o complexo eólico possui duas alternativas de conexão elétrica, respeitando os requisitos técnicos, a serem estudadas a fim de identificar o menor custo global:

- a) alternativa 1 - conexão à SE Bom Jardim da Serra 138 kV, de propriedade da CELESC, através de uma LT de interesse restrito tensão de 138 kV com apenas 200 m de extensão;
- b) alternativa 2 - conexão à SE Siderópolis 2 525/230 kV, de propriedade da EDP Transmissão Aliança SC S.A., através de uma LT de interesse restrito tensão de 230 kV com extensão superior a 27 km.

Durante as fases de desenvolvimento do projeto deverão ser verificados junto a distribuidora e transmissora a possibilidade de expansão do barramento e margem de escoamento da conexão pretendida. Isso se dará através da consulta de acesso. O Gráfico Indicativo das Margens Disponíveis no Brasil, disponibilizada pela plataforma SINtegre-ONS, exibido na Figura 24, apresenta a margem de escoamento de 1.600 MW em 230 kV para o horizonte de 2025, na SE Siderópolis 2 pertencente à rede básica.

Figura 24 – Margem de Escoamento da SE Siderópolis 2 – Horizonte 2025



Fonte: Adaptado de ONS (2021d, 2022a, 2022b, 2022c).

Outras fontes importantes de informações sobre margem de escoamento, são as Notas Técnicas (NT) sobre capacidade remanescentes do Sistema Interligado Nacional (SIN) para escoamento de geração, emitidas pelo ONS e EPE, para os pontos de conexão solicitados nos leilões de energia nova.

Foram avaliadas as Notas Técnicas (NT) dos leilões: LEN A-5/2021, LEN A-4/2022, LEN A-5/2022 e LEN A-6/2026, nas quais verificou-se o resumo dos quantitativos da capacidade remanescente para a SE Jorge Lacerda A (JLA), barramento virtual da SE Bom Jardim da Serra. A Tabela 1 apresenta a Margem de Escoamento em MW disponível para os diferentes horizontes de suprimento de energia elétrica.

Tabela 1 – Capacidade Remanescente SE Jorge Lacerda A

Leilão	Suprimento	SE	Tensão	Capacidade Remanescente (MW)		
				Barramento	Subárea	Área
LEN A-5/21	01/01/26	JLA	138 kV	≤ 150	≤ 150	≤ 150
LEN A-4/22	01/01/26	JLA	138 kV	≤ 80	≤ 80	≤ 80
LEN A-5/22	01/01/28	JLA	138 kV	≤ 80	≤ 80	≤ 80
LEN A-6/22	01/01/28	JLA	138 kV	≤ 80	≤ 80	≤ 80

Fonte: Adaptado de EPE (2021d, 2022c, 2022d, 2022e).

As NTs ainda indicaram que não foram encontradas violações na região em análise para o valor apresentado, em todos os cenários analisados. O resultado dos leilões deverá ser contabilizado para uma possível redução da margem informada, porém para esta etapa de desenvolvimento, o fato de não haver restrições operativas e a capacidade de escoamento ser maior do que a potência pretendida pelo Complexo Eólico (58,8 MW), indicam viabilidade da Alternativa 1 para conexão elétrica.

4.1.4 Ambiental

A avaliação ambiental consiste em verificar restrições ambientais que possam inviabilizar a implantação do parque eólico, bem como as que restringem o uso da terra para a implantação dos aerogeradores e infraestrutura associada

(acessos internos, rede elétrica interna etc.). Desta forma, serão verificados, a partir de dados secundários, a proximidade ou interferência em:

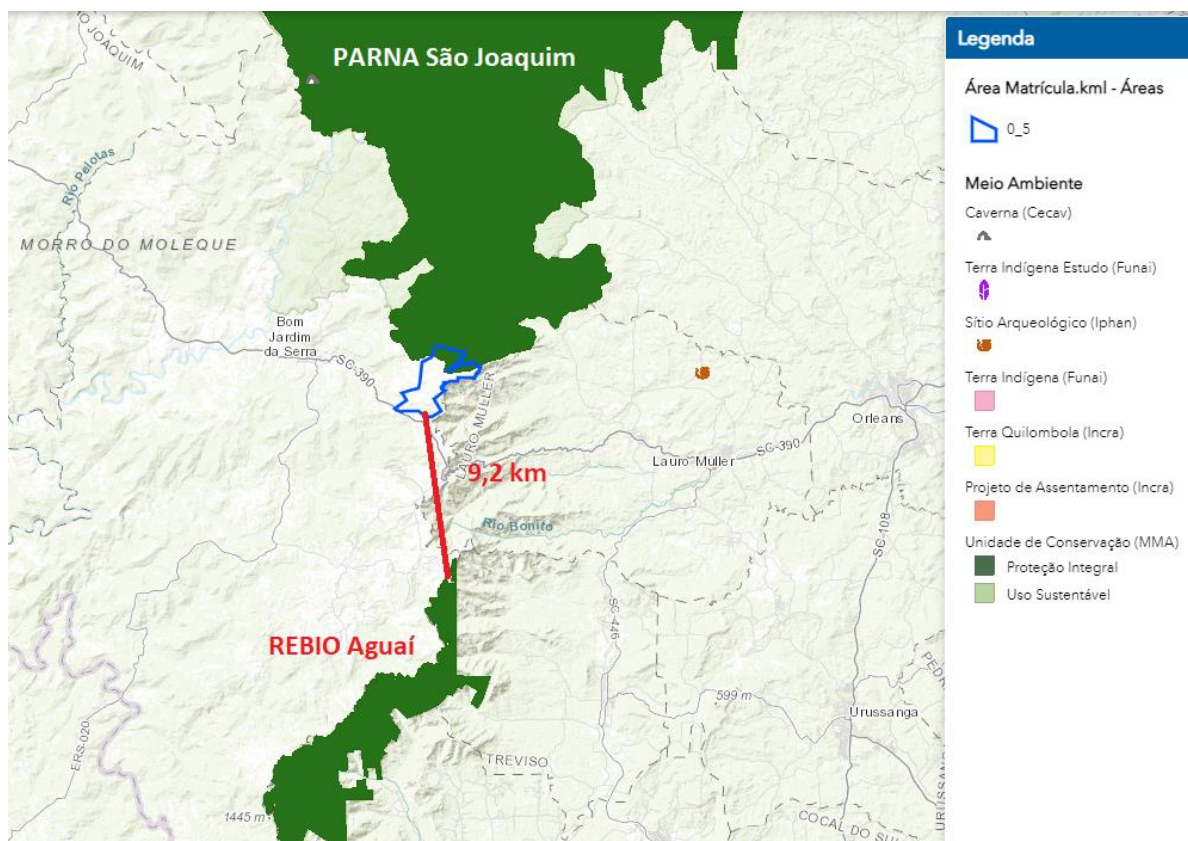
- a) unidades de conservação federal;
- b) unidades de conservação estadual;
- c) unidades de conservação municipal;
- d) áreas de preservação permanente (APP);
- e) presença de biomas protegidos por lei;
- f) bens culturais acautelados pelo IPHAN;
- g) áreas quilombolas;
- h) áreas indígenas;
- i) áreas de mineração.

A partir da plataforma Webmap EPE é possível identificar que parte do imóvel está dentro dos limites do Parque Nacional (PARNA) de São Joaquim, unidade de conservação federal, e, a 9,2 km da Reserva Biológica Estadual (REBIO) do Aguai, unidade de conservação estadual. A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 define em seu Art. 2º inciso I:

I - unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção; (BRASIL, 2000).

A propriedade não está inserida em áreas de assentamentos, indígenas e quilombolas e não possui sítios arqueológicos e cavernas dentro da sua poligonal conforme apresentado na Figura 25.

Figura 25 – Unidades de Conservação Próximas ao Projeto



Fonte: Adaptado de EPE (2022a).

As duas unidades de conservação (UCs) são de proteção integral, ou seja, possuem o objetivo de preservar a natureza conforme definido pela Lei nº 9.985/2000 “proteção integral: manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais;” (BRASIL, 2000).

A Lei nº 9.985/2000 ainda define em seu Art. 2º incisos XVII e XVIII:

XVII - plano de manejo: documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade;

XVIII - zona de amortecimento: o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade; e (BRASIL, 2000).

Embora nenhuma das UCs tenham zonas de amortecimento definidas em seus respectivos planos de manejo, dado à proximidade e o fato de o empreendimento

causar significativo impacto ambiental deverá ser submetido o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) aos órgãos ambientais responsáveis, conforme define a Resolução CONAMA nº 482 de 17 de dezembro de 2010 em seu Art. 1º:

Art. 1º O licenciamento de empreendimentos de significativo impacto ambiental que possam afetar Unidade de Conservação (UC) específica ou sua Zona de Amortecimento (ZA), assim considerados pelo órgão ambiental licenciador, com fundamento em Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), só poderá ser concedido após autorização do órgão responsável pela administração da UC ou, no caso das Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN), pelo órgão responsável pela sua criação. (CONAMA, 2010).

Quanto à vegetação, de acordo com IFFSC (2022) a área do complexo eólico apresenta remanescentes de campos naturais ou campos de altitude, caracterizado pela vegetação predominante herbácea. Esta tipologia vegetacional está associada à Floresta Ombrófila Mista (FOM) que ocorre em altitudes entre 800 e 1.200 m e adaptada às baixas temperaturas.

Por tanto, a região está inserida dentro do bioma da Mata Atlântica, conforme apresentado na Figura 26, assim, sua utilização e proteção ficam regulamentadas pela Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006, principalmente no que diz a respeito da supressão vegetal:

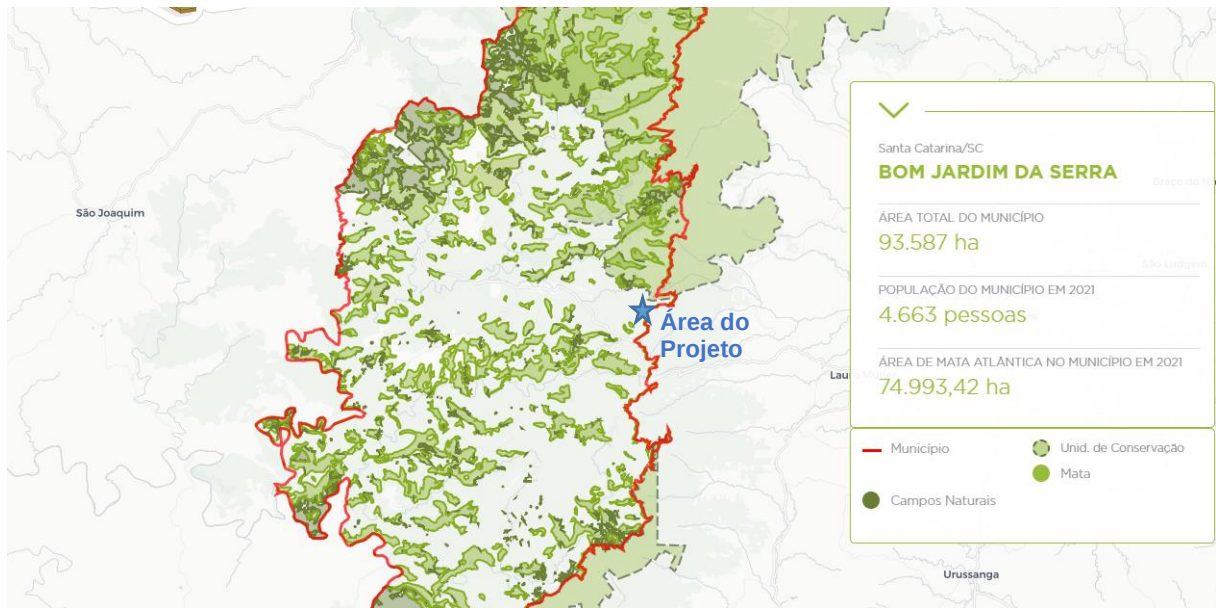
Art. 8º O corte, a supressão e a exploração da vegetação do Bioma Mata Atlântica far-se-ão de maneira diferenciada, conforme se trate de vegetação primária ou secundária, nesta última levando-se em conta o estágio de regeneração.

Art. 12. Os novos empreendimentos que impliquem o corte ou a supressão de vegetação do Bioma Mata Atlântica deverão ser implantados preferencialmente em áreas já substancialmente alteradas ou degradadas.

Art. 14. A supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública, sendo que a vegetação secundária em estágio médio de regeneração poderá ser suprimida nos casos de utilidade pública e interesse social, em todos os casos devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto, ressalvado o disposto no inciso I do art. 30 e nos §§ 1º e 2º do art. 31 desta Lei.

§ 1º A supressão de que trata o caput deste artigo dependerá de autorização do órgão ambiental estadual competente, com anuência prévia, quando couber, do órgão federal ou municipal de meio ambiente, ressalvado o disposto no § 2º deste artigo. (BRASIL, 2006).

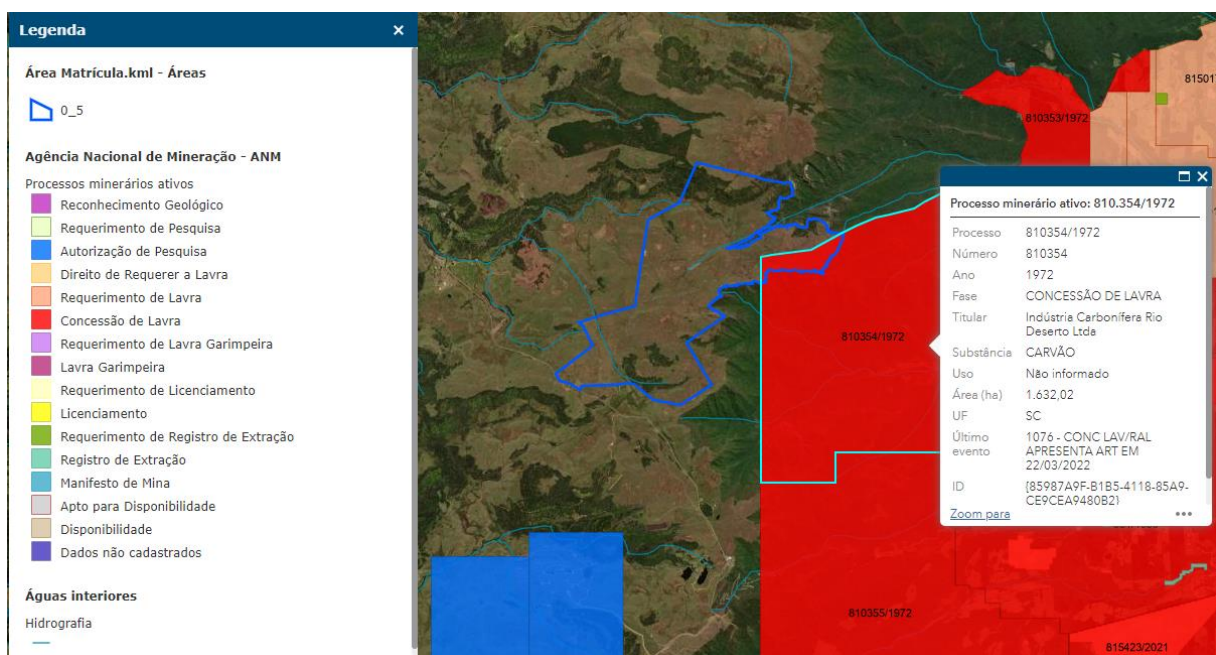
Figura 26 – Mata Atlântica em Bom Jardim da Serra



Fonte: SOS MATA ATLÂNTICA (2022).

Consulta no banco de dados do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) disponibilizado pela Agência Nacional de Mineração (ANM), constatou-se a existência de concessão de lavra no limite da propriedade para pesquisa de carvão, conforme mostra a Figura 27.

Figura 27 – Concessões de Mineração no Entorno da Área do Projeto e Hidrografia



Fonte: ANM (2022).

Com base nas informações levantadas, é possível identificar que haverá restrições de uso de solo, a serem consolidadas durante a fase de desenvolvimento do projeto. Com base nos mapas apresentados e imagens de satélite, é possível identificar inclusive algumas APPs decorrentes dos cursos d'água, vegetação conforme definido pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação; (BRASIL, 2012).

4.1.5 Fundiário

De forma a definir a área a ser explorada, é importante obter a propriedade da terra, ou o direito de uso junto ao proprietário. Na fase de prospecção são identificadas as poligonais das propriedades de interesse, e iniciam-se as negociações junto aos proprietários. Neste momento é firmado o valor do arrendamento da área, que pode ser uma porcentagem da receita líquida da produção dos aerogeradores instalados dentro da propriedade, por tanto, um valor variável mensal, ou pelo tamanho da área utilizada, proporcionando assim um rendimento fixo mensal.

Embora para obtenção da outorga, a ANEEL não exija a comprovação da posse e regularização das propriedades, é comum os empreendedores seguirem a solicitação da EPE quanto aos documentos válidos para comprovar o direito de usar ou dispor da propriedade:

Promessa de compra e venda, o instrumento de concessão de direito real de uso ou o contrato (contrato de locação, arrendamento, comodato etc.), celebrado entre o proprietário do imóvel e o agente interessado, que vincule

o uso ou disposição do local a ser destinado ao empreendimento. (EPE, 2021b, p. 12)

Durante a negociação é realizado uma auditoria (*Duo Diligence*) imobiliária, em que são analisados diversos documentos do imóvel e dos proprietários a fim de identificar eventuais impeditivos jurídicos que possam colocar em risco a continuidade do projeto.

Segundo DOCKET (2022), dentre os principais documentos do imóvel que deverão ser solicitados e avaliados, pode-se citar:

- a) certidão de matrícula;
- b) certidão de ônus;
- c) certidão negativa;
- d) cadastro ambiental rural (CAR);
- e) certificado do imóvel rural (CCIR);
- f) declaração de imposto sobre a propriedade territorial rural (DITR).

Dentre os principais documentos dos proprietários que deverão ser solicitados e avaliados, pode-se citar:

- a) documentos pessoais (RG e CPF);
- b) certidão negativa de protesto de títulos;
- c) certidões de ações na justiça;
- d) certidão negativa de débitos.

4.1.6 Estradas e Acessos

Uma análise importante na busca de viabilizar o desenvolvimento do projeto é verificar a infraestrutura da região, como o acesso às rodovias, portos e aeroportos. Os componentes dos aerogeradores apresentam tamanho e peso que em alguns casos extrapolam os limites das rodovias e pontes. Fazendo-se necessária uma Autorização Especial de Trânsito (AET) emitida pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), em que deverão ser indicados os locais onde

serão necessárias intervenções para o transporte dos diferentes componentes do aerogerador durante a fase de construção e operação do empreendimento. (DNIT, 2022)

Por este motivo o planejamento do transporte deve prever limitações físicas e legais, escolhendo a rota mais rápida e econômica. A Figura 28 apresenta a análise preliminar com o mapa rodoviário de Santa Catarina e alguns pontos críticos entre o Porto de Itajaí/SC e a área do projeto.

Figura 28 – Análise Preliminar dos Acesso Externos

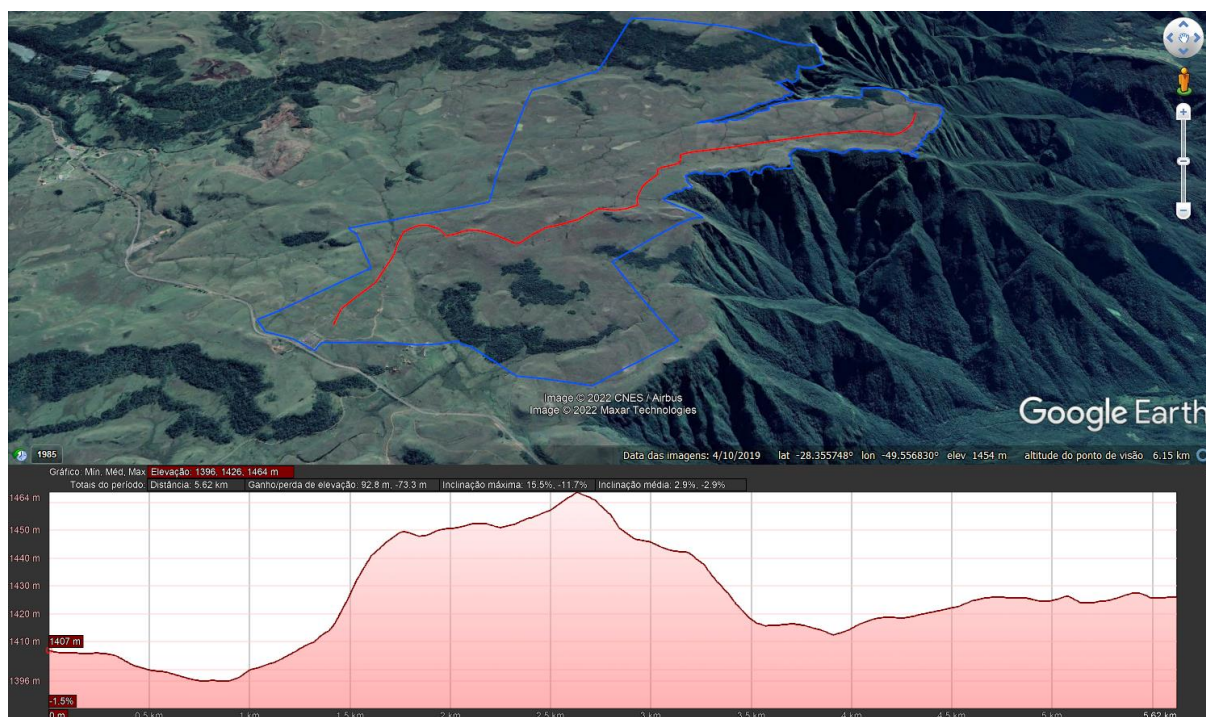


Fonte: Elaboração Própria (2022).

Dado o afastamento que se deve manter entre os aerogeradores, a fim de reduzir o efeito esteira, é comum que parques eólicos tenham dezenas até centenas de quilômetros em acessos internos aos aerogeradores. Desta forma, o acesso se torna uma parte importante das obras a serem executadas na instalação da usina, na Figura 29 é possível observar o perfil de elevação dentro da área do projeto.

As peças que compõem os aerogeradores são pesadas e geralmente de grandes dimensões, além disso, para a montagem dos aerogeradores são utilizados grandes guindastes, e, dependendo do relevo, pode haver restrições na movimentação dessas cargas. Limitações como largura, raio de curvatura e inclinação dos acessos devem ser verificados, tanto na área interna ao projeto quanto no trajeto para levar os equipamentos do porto mais próximo até o local de implantação.

Figura 29 – Análise Preliminar dos Acesso Internos



Fonte: Elaboração Própria (2022).

4.1.7 Análise de Pré-Viabilidade

As análises apresentadas indicam potencial para o aproveitamento do recurso eólico, a área apresenta um relevo acidentado que apesar dos desafios construtivos, poderá proporcionar uma aceleração na velocidade do vento. Tal efeito deverá ser avaliado em fases posteriores, assim como os acessos a serem construídos para o transporte dos aerogeradores.

Os projetos concorrentes estão fora da área de interferência e não representam um risco ao projeto. A alternativa de conexão elétrica na SE Bom Jardim da Serra, instalada dentro da área do projeto, se mostra muito atrativa do ponto de vista técnico-econômico. Contudo, a margem de escoamento deverá ser verificada através da consulta de acesso junto à distribuidora.

Do ponto de vista ambiental indica-se o licenciamento ambiental trifásico: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), através do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e apresentação do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) com realização de audiência pública e Autorização de Supressão

Vegetal (ASV). As análises realizadas durante a pré-viabilidade não demonstraram nenhuma restrição que impeça a implantação do projeto.

Desta forma, é indicada a continuidade do desenvolvimento do projeto a fim de avaliar atestar sua viabilidade.

4.2 Viabilidade

Após a fase de prospecção e definição das áreas a serem utilizadas inicia-se a elaboração do projeto e estudos complementares. Nessa etapa, o objetivo é verificar a viabilidade do projeto com base principalmente em estudos aprofundados do recurso eólico; da topografia, do meio ambiente, entre outros.

A avaliação da viabilidade do projeto necessita da realização de uma campanha de medições anemométricas criteriosa, respeitando a legislação e as normas vigentes. As principais atividades desenvolvidas são descritas a seguir:

- a) visita a campo;
- b) arrendamento das propriedades;
- c) campanha de medição;
- d) análise ambiental aprofundada;
- e) *micrositing*.

Desta forma, este relatório se propõe a apresentar, além das características técnicas dos equipamentos e projeto, uma síntese da campanha de medições anemométricas realizadas durante o período de 3 (três) anos na região do futuro complexo de geração eólica, comprovando a viabilidade técnica de instalação do projeto.

4.2.1 Visita a Campo

A visita a campo busca esclarecer dúvidas remanescentes da fase de prospecção, e coletar informações para as próximas etapas. A inspeção de campo representada na Figura 30 mostra imagens onde é possível observar de forma visual

alguns aspectos: ambientais (árvores, cursos d'água, nascentes), topográfico (morros, e a escarpa da borda da serra), conexão elétrica (subestação e linha de transmissão dentro da área do projeto), acessos e caminhos, fundiário (limite da propriedade) e a localização dos aerogeradores dos projetos já em operação.

Figura 30 – Fotos da Inspeção de Campo



Fonte: VILCO (2011).

A definição do local de instalação da torre anemométrica, proximidade com edificações e áreas residenciais, e o contato com os proprietários são algumas das atividades também realizadas durante a visita de campo.

4.2.2 Arrendamento das Propriedades

É fundamental para a segurança do projeto que seja firmado um contrato de arrendamento das propriedades. O projeto em questão está inserido dentro de uma única propriedade. A Minuta de Promessa de Direito Real de Uso de Superfície, na qual estabelece os termos e valores do contrato, dá ao empreendedor o direito e a segurança de realizar os estudos necessários durante o desenvolvimento do projeto. Caso o projeto se mostre viável, o contrato é firmado.

4.2.3 Campanha de Medição

A campanha de medição anemométrica é uma das atividades mais importantes no desenvolvimento do projeto, tendo em vista que o recurso eólico é imutável, não cabendo ajustes. Cabe lembrar que qualquer alteração na medição do vento causa uma grande variação na previsão de geração de energia, isso porque a energia gerada é proporcional ao cubo da velocidade do vento. Desta forma, uma medição confiável e que represente as características do sítio eólico são essenciais, pois todas as estimativas futuras serão realizadas com base nas medições realizadas e a estimativa de produção será baseada em diferentes extrapolações:

- a) vertical (das alturas das medições para a altura do cubo dos futuros aerogeradores);
- b) horizontal (do posicionamento da torre para o posicionamento dos futuros aerogeradores);
- c) no tempo (do período de medição para o período representativo de longo prazo).

A campanha de medição deverá ser de no mínimo 3 anos, conforme ANEEL (2020), durante esse período, as seguintes atividades serão desempenhadas:

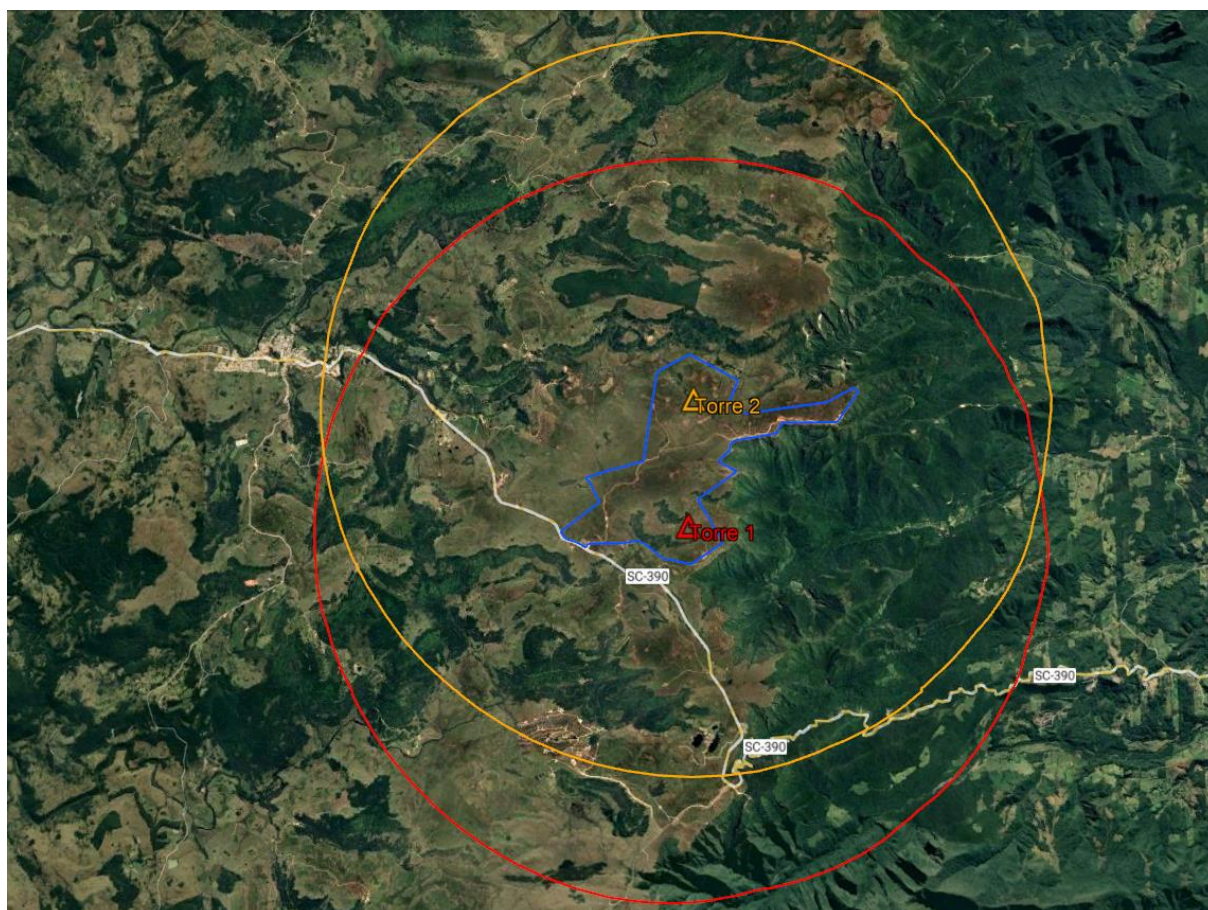
- a) instalação da torre
- b) medições anemométricas;
- c) análise e correções dos dados;
- d) manutenções;
- e) recurso energético.

4.2.3.1 Instalação das Torres de Medição

Com a definição da área do projeto, e com base na topografia do terreno e na visita a campo, são determinados a quantidade necessária de torres anemométricas e o local de instalação das mesmas. As torres anemométricas foram posicionadas de forma a representar da melhor forma possível o terreno, fazendo

com que os dados medidos sejam representativos. A Figura 31 apresenta a localização das torres anemométricas 1 e 2 e o raio de cobertura de 6 km por conta do terreno complexo. (EPE, 2021b)

Figura 31 – Localização das Torres Anemométricas



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Para que os dados sejam representativos, a localização do ponto de medição deve ser tão similar quanto possível para a potencial localização das turbinas eólicas, ou seja, sempre que possível, medir na mesma altura do cubo do rotor da turbina, e expor os instrumentos às mesmas condições de vento (direção predominante, velocidade e turbulência).

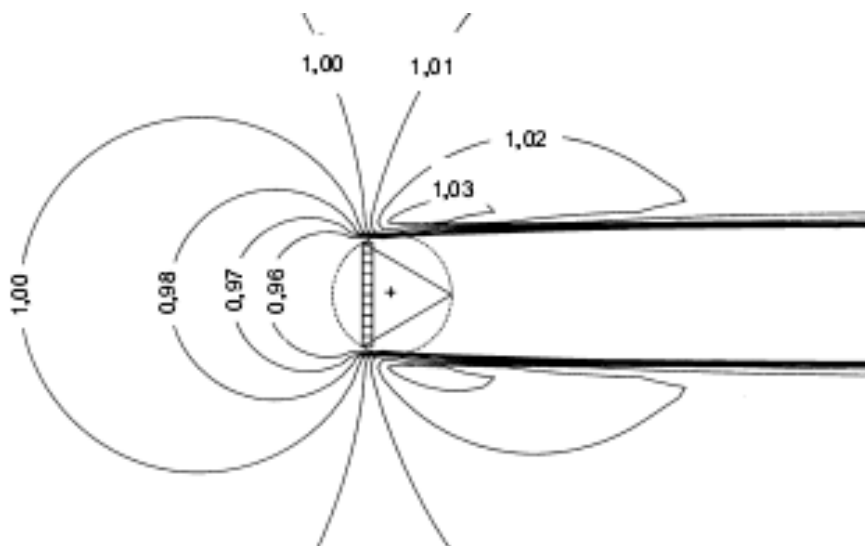
A Especificação Técnica (ET) tem por objetivo especificar e sugerir os melhores procedimentos para montagem, instalação e instrumentação das torres anemométricas com o intuito de medir e compreender o comportamento do vento no sítio eólico (*site*), diminuindo as incertezas nas medições. (VILCO, 2012a)

As recomendações são realizadas com base nas normas técnicas:

- a) comando da aeronáutica – portaria nº 256/GC5; (ANAC, 2011)
- b) *recommended practices for wind turbine testing and evaluation: 11. wind speed measurement and use of cup anemometry*; (IEA, 1999),
- c) *wind turbines - part 12-1: power performance measurements of electricity producing wind turbines*; (IEC, 2022)
- d) *cup anemometer calibration procedure*; (MEASNET, 1997)
- e) *evaluation of site-specific wind conditions*. (MEASNET, 2009)

De modo a produzir mínimas perturbações no escoamento do vento, o tipo de torre escolhida é a triangular trelaçada, com uma das faces voltada para a direção principal do vento, ficando os instrumentos afastados da torre sustentados por hastes horizontais perpendiculares à direção predominante do vento, para minimizar a distorção causada pela estrutura da torre, conforme apresentado na Figura 32.

Figura 32 – Distorção Causada pela Torre de Seção Triangular



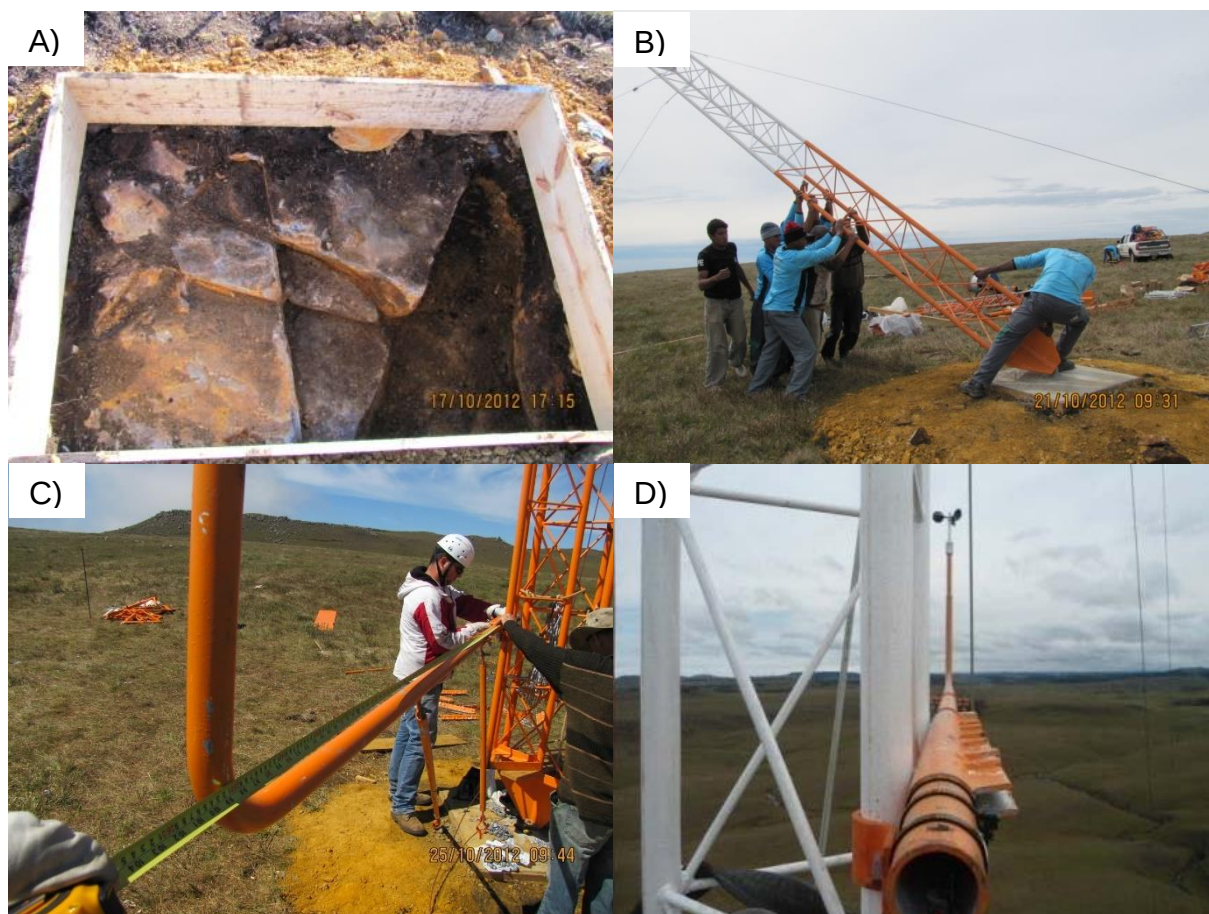
Fonte: IEC (2022).

Seguindo as configurações mínimas exigidas pelas normas nacionais e internacionais é possível reduzir as incertezas associadas à medição anemométrica e

mais alto, próximo à escarpa e outra torre na região mais plana na parte central da propriedade. Desta forma, o raio de cobertura de 6 km, devido ao terreno complexo, será o suficiente para cobrir toda a área de interesse.

Na Figura 33 é possível verificar as etapas da fundação (A), montagem (B) e instrumentação das torres (C e D).

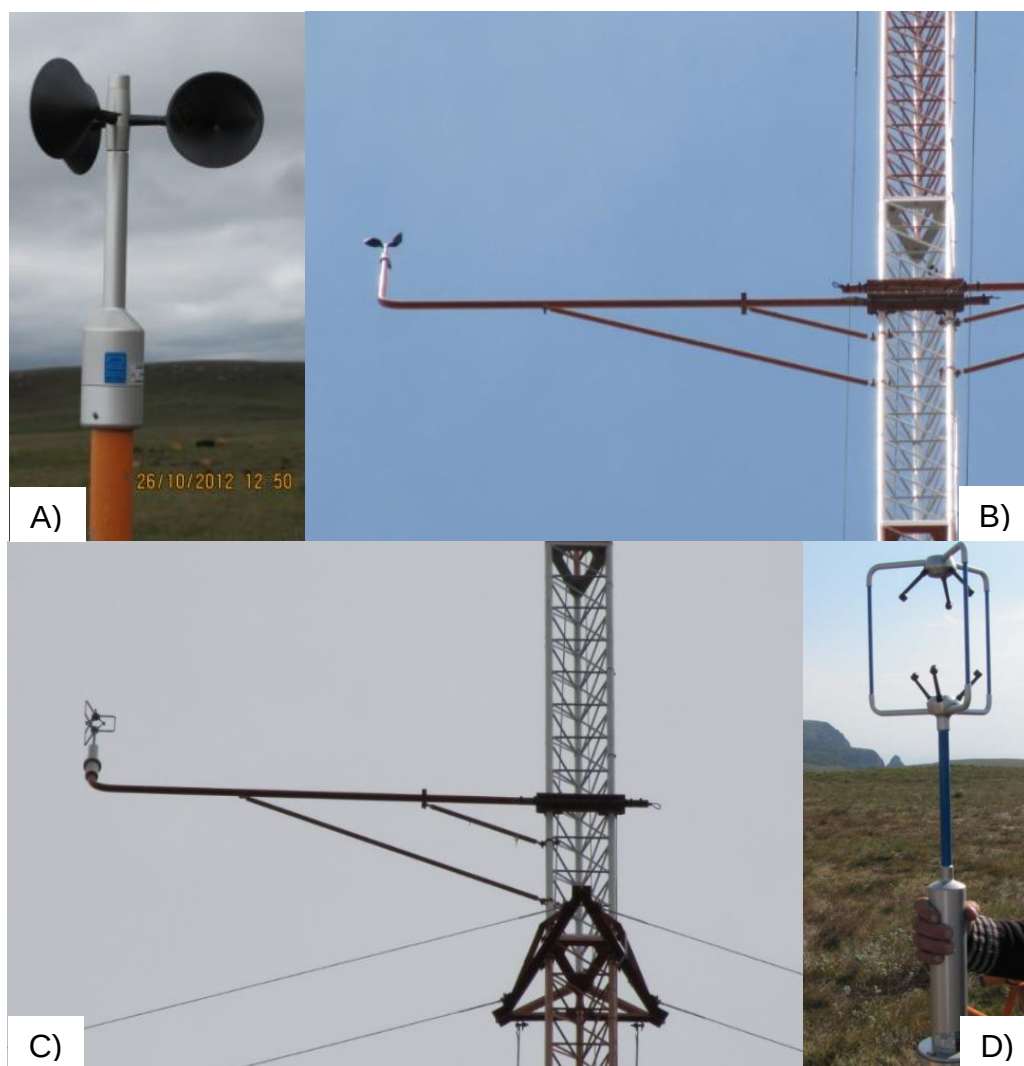
Figura 33 – Fotos da Instalação das Torres Anemométricas



Fonte: VILCO (2012b).

A instrumentação das torres anemométrica é composta por anemômetros de copo tipo *First Class* de máxima precisão com calibração em laboratórios acreditados pela MEASNET. Ainda foi adicionado um anemômetro ultrassônico 3D com o objetivo de quantificar a componente vertical da velocidade do vento ocasionada, por uma escarpa de aproximadamente 1.000 metros de altura distante 160 metros do local de instalação da torre. A Figura 34 mostra os modelos de anemômetros de copo (A e B) e ultrassônico 3D (C e D) instalados na torre.

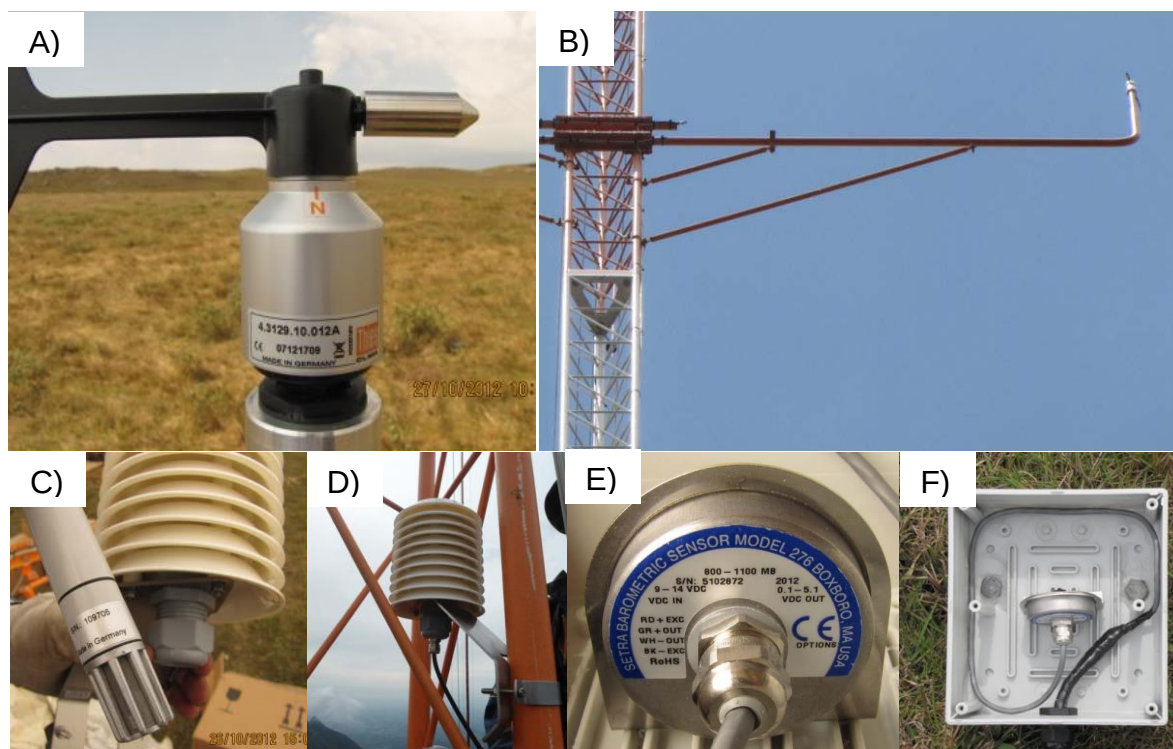
Figura 34 – Fotos dos Anemômetros Instalados na Torre



Fonte: VILCO (2012b).

Para a direção do vento foram instaladas birutas (*Wind Vanes*) (A e B), que medem a direção do vento além de sensores climatológicos para medir a temperatura e umidade (termohigrômetro) (C e D) e a pressão (barômetro) (E e F) conforme apresentado na Figura 35.

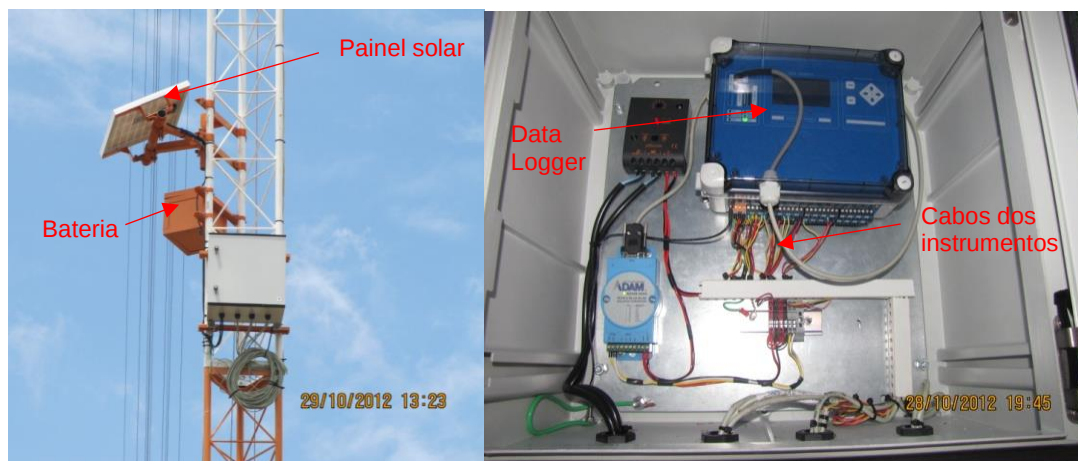
Figura 35 – Fotos das *Wind Vane*, Termohigrômetro e Barômetro Instalados na Torre



Fonte: VILCO (2012b).

O sistema de supervisão e controle engloba a fonte de energia (painel solar e bateria) e o *data logger* (supervisão e controle), onde todos dados são armazenados e transmitidos ao servidor do cliente. A Figura 36 mostra o sistema de supervisão e controle instalados na torre assim como a conexão dos cabos dos instrumentos ao *data logger*.

Figura 36 – Fotos do Sistema de Supervisão e Controle



Fonte: VILCO (2012b).

Ao final da instalação da torre anemométrica, o comissionamento é parte fundamental para certificar que a torre foi implantada conforme projeto e está operando da forma esperada. Segundo EPE (2015) entre os pontos a serem avaliados quanto ao sistema de medição pode-se citar:

- a) sistema de comunicação (nível de sinal GSM ou Satélite, teste de envio de dados);
- b) sistema de alimentação (nível de tensão e carregamento das baterias);
- c) verificação do funcionamento (análise das grandezas medidas);
- d) funcionamento do sistema de balizamento;
- e) verificação do sistema de aterramento.

4.2.3.2 Medições Anemométricas

Após a instalação e comissionamento das torres, inicia-se a campanha de medição anemométrica por um período mínimo de 3 anos. Durante esse período o valor médio da velocidade do vento em diferentes alturas será confirmado, assim como os demais parâmetros climatológicos descritos abaixo:

- a) velocidade do vento;
- b) direção do vento;
- c) temperatura do ar;
- d) umidade relativa do ar;
- e) pressão atmosférica.

Como já mencionado anteriormente, a determinação do valor médio da velocidade do vento é fundamental, pois qualquer incerteza nesse valor acarretará grandes erros na estimativa de produção de energia, uma vez que a potência extraída por um aerogerador é proporcional ao cubo da velocidade, conforme mostra a Equação (1):

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (1)$$

Em que:

P = potência média do vento (W)

ρ = densidade do ar (kg/m³)

A = área varrida pelo rotor (m²)

V = velocidade média do vento (m/s)

Por este motivo, a correta instalação da torre anemométrica é fundamental, bem como a utilização de instrumentos de qualidade, conforme normas nacionais e internacionais. Devendo ser aplicado durante a campanha de medição as melhores práticas de engenharia de manutenção e a análise diária dos dados, garantindo a qualidade e confiabilidade dos dados medidos.

4.2.3.3 *Análise e Correções dos Dados*

Etapa fundamental da campanha de medição, a análise dos dados deve ser executada diariamente a fim de detectar dados implausíveis, e descartá-los. O *software* windPRO permite que essa análise seja realizada em todos os instrumentos. Essa verificação faz parte da manutenção preditiva da torre, pois por meio dela é possível detectar falhas nos equipamentos e programar as intervenções quando necessário.

A Figura 37 apresenta uma inconsistência nos dados, em que foi possível constatar o congelamento de alguns instrumentos durante o inverno de 2013, neste caso, os dados foram descartados, porém não foi necessária uma intervenção.

Figura 37 – Análise dos Dados no windPRO - Congelamento



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Assim, a análise de dados deve ser realizada por profissionais qualificados com o auxílio de ferramentas computacionais específicas, para que a taxa de perda de dados fique dentro do estabelecido pelas normas, apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Conformidade das Medições

		Normas Internacionais	Normas Nacionais
Medições Anemométricas	Período	Mínimo: 12 meses consecutivos	Mínimo: 36 meses consecutivos
	Taxa de Perda de dados	Máximo: 10%	Máximo: 10%
	Período Contínuo sem dados	-	Máximo: 30 dias

Fonte: Adaptado de EPE (2021b), IEC (2022) e MEASNET (2009).

O não atendimento desses índices de qualidade comprometerá a medição aumentando as incertezas e em alguns casos, desqualificar a campanha de medição.

4.2.3.4 Manutenções

A torre anemométrica possui um planejamento de manutenções preventivas, como reaperto dos cabos de aço, alinhamento das estruturas e instrumentos. Porém, a manutenção preditiva ocorre diariamente através da análise dos dados, e tem por objetivo reduzir o tempo de ação para a manutenção.

Deve-se ressaltar que, na grande maioria dos casos, as torres anemométricas estão instaladas em regiões remotas, longe dos grandes centros. Desta forma, identificar a falha e informar para a equipe de manutenção os detalhes observados permitirá uma intervenção rápida e precisa, pois, conforme apresentado no Quadro 2, a taxa de recuperação dos dados deverá ser superior a 90% e o máximo período contínuo de ausência de medições ou com medidas inválidas não poderá superar 30 dias.

Dentre as observações realizadas durante a campanha de medição da Torre CFU, foram identificadas rajadas de vento superiores a 46 m/s (165 km/h) e velocidade média acima de 33 m/s (120 km/h) durante duas horas e meia, conforme pode ser observado na Figura 38. Esses valores excedem o $V_0 = 40$ m/s, utilizado para o dimensionamento da estrutura da torre, conforme estabelecido pela NBR 6123/1988. Sendo o V_0 a “máxima velocidade média medida sobre 3 s, que pode ser excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano”. (ABNT, 1988)

Figura 38 – Análise dos Dados no windPRO – Rajadas de Vento



Fonte: Elaboração Própria (2022).

A manutenção corretiva, realizada por conta das rajadas dos ventos, teve duração de 7 dias. Neste caso em específico, os dados continuavam sendo medidos, porém a estrutura corria risco de entrar em colapso e cair. Na Figura 39 são apresentadas as fotos da manutenção com a recuperação e alinhamento da estrutura.

Figura 39 – Manutenção Corretiva realizada na Estrutura da Torre



Fonte: VILCO (2016).

Durante a campanha de medição, diversas manutenções foram realizadas e documentadas, criando assim um histórico de intervenções. Essa documentação deverá ser encaminhada à empresa certificadora, empresa independente contratada para certificar a medição anemométrica e a Produção Anual de Energia (PAE), junto com os dados brutos da torre.

4.2.3.5 *Recurso Energético*

Para a avaliação do recurso eólico foram utilizados os dados medidos ao longo da campanha de medição, sendo que os dados incorretos foram desconsiderados. Para o recurso energético define-se a altura principal, ou seja, a altura com medição mais próxima à altura do rotor do aerogerador escolhido e avaliada as correlações entre as velocidades do vento medido em diferentes alturas.

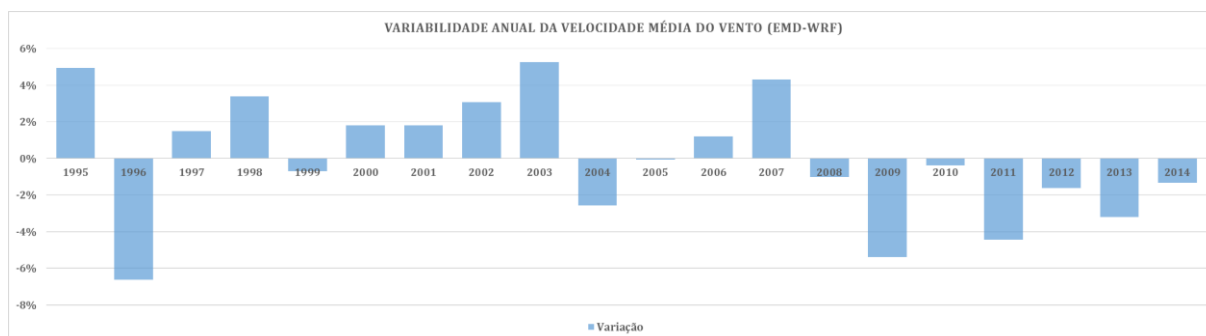
A estabilidade atmosférica é avaliada a partir do regime diurno do vento e do perfil da camada limite. Desta forma, é possível criar uma estatística do vento de modo a reproduzir adequadamente as condições locais dentro do sítio eólico por meio das extrapolações verticais (diferentes alturas) e horizontais (diferentes locais).

Segundo Pinto (2013, p. 150) “O vento é altamente variável no tempo e no espaço, tanto em curta como em longa escala, de minuto a minuto, de ano a ano, de local para local.”. Sendo assim, se faz necessária uma avaliação de longo prazo da variabilidade da velocidade do vento utilizando bases sintéticas de referência. Apesar dessas bases apresentarem com razoável precisão a variação do comportamento do vento no longo prazo, os valores absolutos da velocidade do vento apresentam incertezas significativas. Tais incertezas serão diminuídas com a correlação de longo termo, na qual a base sintética é calibrada com os dados locais utilizando o método MCP (medir – correlacionar – predizer).

Para o sítio eólico em questão, a variabilidade anual da velocidade média do vento dos dados sintéticos EMD-WRF é apresentada na Figura 40. É possível observar nos anos em que ocorreram a medição do vento (2012 a 2014), os dados de longo termo registraram um período de baixa velocidade em comparação com a média dos últimos 20 anos de dados. É provável que os valores de velocidade média, registrados pela torre anemométrica, estejam sendo influenciados por este período de

baixo recurso eólico, quando comparado com a média dos dados de base sintética (EMD-WRF).

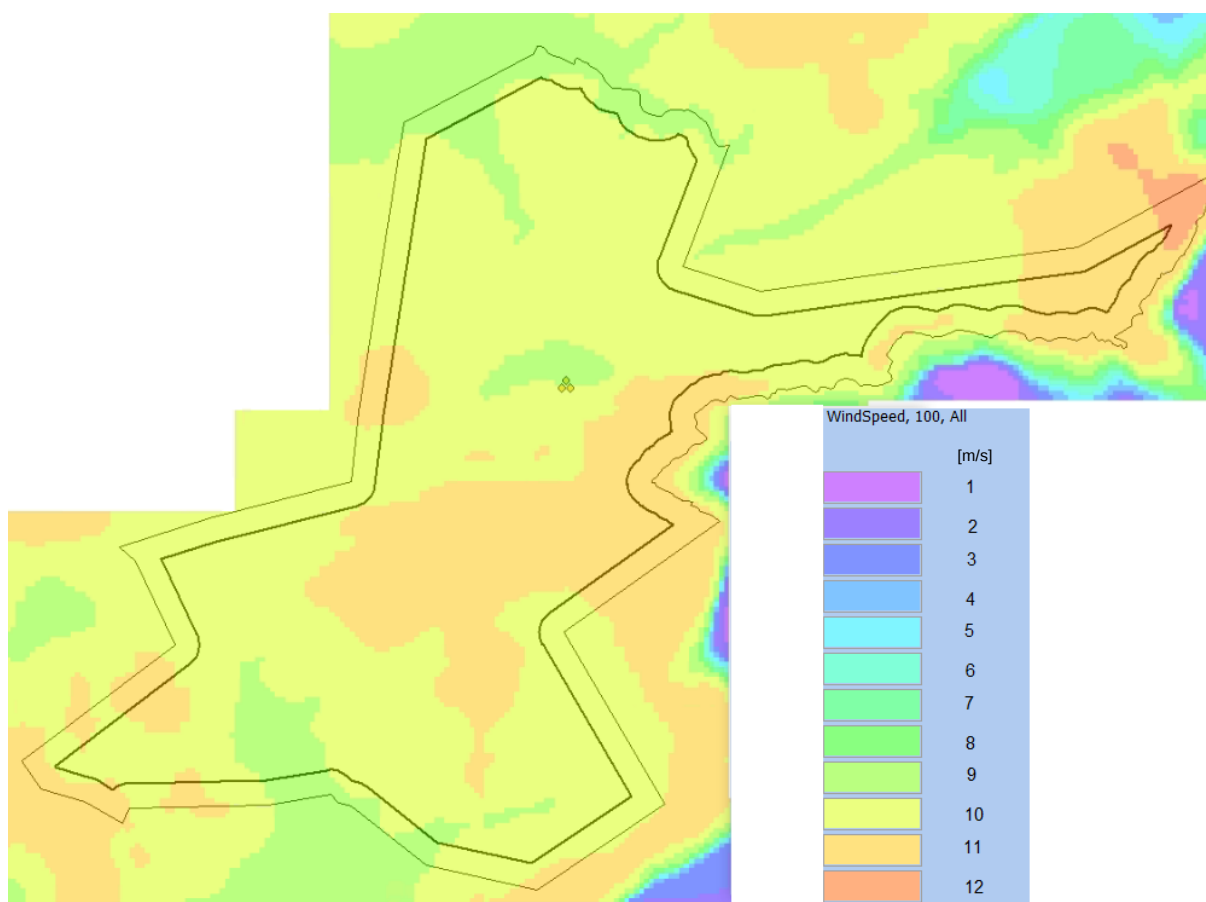
Figura 40 – Variação Anual da Velocidade Média do Vento – Base de dados EMD-WRF



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Com base na série de dados de longo termo correlacionada com os dados medidos, é criado o mapa de recurso eólico específico para o projeto. Para a criação desse mapa são consideradas também, informações do relevo, como topografia do terreno e a rugosidade (cobertura). Por se tratar de um terreno complexo, foi utilizada a modelagem baseado na Dinâmica Computacional do Fluidos (CFD) *Computational Fluid Dynamics*. A Figura 41 mostra o mapa de recurso eólico para 100 metros de altura onde é possível observar o recurso homogêneo por toda a área, com ganhos de velocidade em regiões mais elevadas.

Figura 41 – Mapa de Recurso Eólico



Fonte: Elaboração Própria (2022)

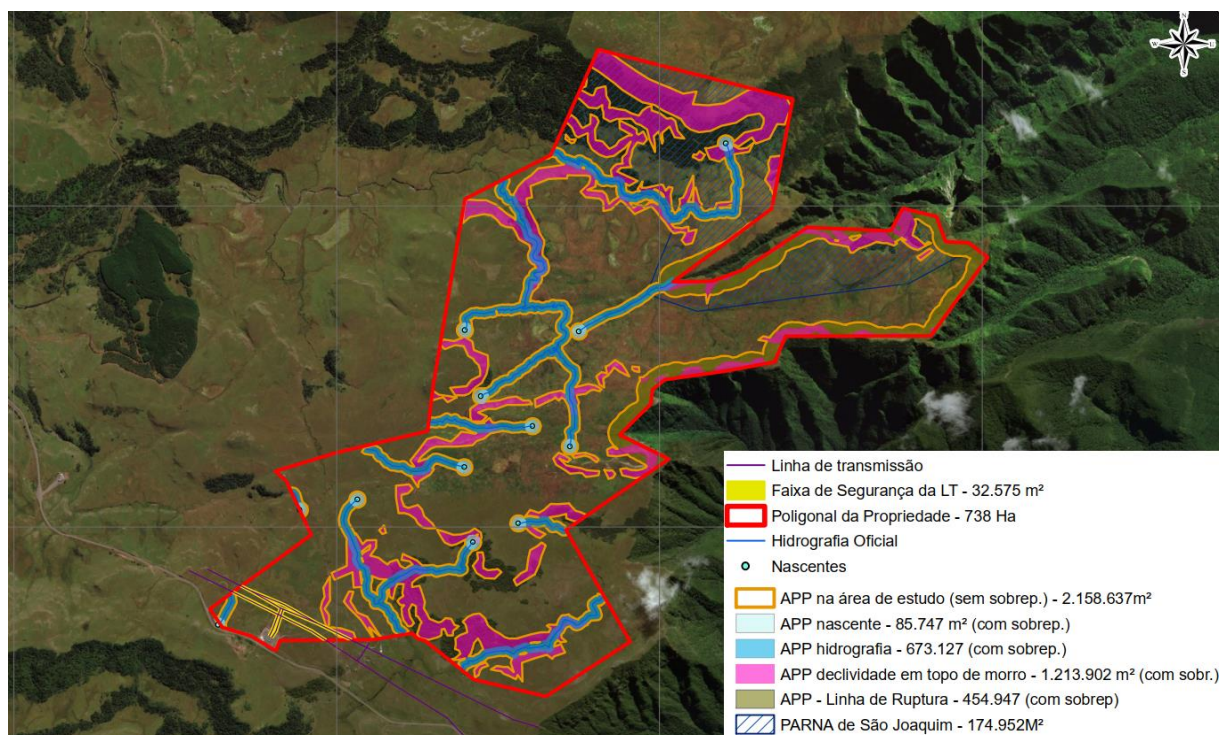
4.2.4 Análise Ambiental

A principal vantagem de empreendimentos eólicos consiste no fato de ser uma alternativa menos poluente e agressiva ao meio ambiente, produzindo eletricidade a partir de uma fonte limpa e renovável, gerando poucos resíduos sólidos e nenhuma emissão atmosférica. Além disso, como os aerogeradores ocupam uma pequena área é possível manter outras atividades econômicas paralelamente à geração de energia, como por exemplo cultivo de culturas agrícolas.

O objetivo da etapa de viabilidade é definir um *layout* preliminar, com a quantidade e posição dos aerogeradores. Porém um ponto importante para o posicionamento dos aerogeradores é o mapa com as restrições ambientais onde as APPs decorrentes de nascentes, cursos d'água, vegetação identificadas dentro da área em estudo.

Essas áreas foram mapeadas e classificadas como áreas de exclusão, ou seja, não haverá instalação de aerogeradores e demais sistemas (acessos internos e rede de média tensão) nesses locais. A Figura 42 apresenta o mapa de restrições ambientais dentro da área do projeto.

Figura 42 – Mapa de Restrições Ambientais



Fonte: AMBIENS (2017).

Além dos impactos levantados no mapa de restrições ambientais, há ainda a análise do ruído aerodinâmico causado pelo aerogerador e o efeito de sombra (*shadow flicker*) causados pelas pás dos aerogeradores quando em movimento. Ambos os efeitos dependem do afastamento entre os aerogeradores e as construções. Nesta etapa é estabelecido um afastamento de 500 m entre as turbinas eólicas e as construções identificadas, sejam elas dentro ou fora da área do projeto.

4.2.5 *Micrositing*

A etapa de viabilidade é consolidada com o estudo de *micrositing*, nas quais alternativas de *layout* são realizadas de forma a maximizar a energia produzida,

avaliando a eficiência e custos de construção, com base no recurso eólico e restrições ambientais. (MOREIRA, 2021)

Considerando a área disponível para uso, elaborou-se o estudo do potencial eólico utilizando o software windPRO, em que alternativas de *layouts* com diferentes modelos de máquinas foram avaliadas, considerando o recurso energético e as premissas apresentadas abaixo dando origem as alternativas apresentadas na Figura 43:

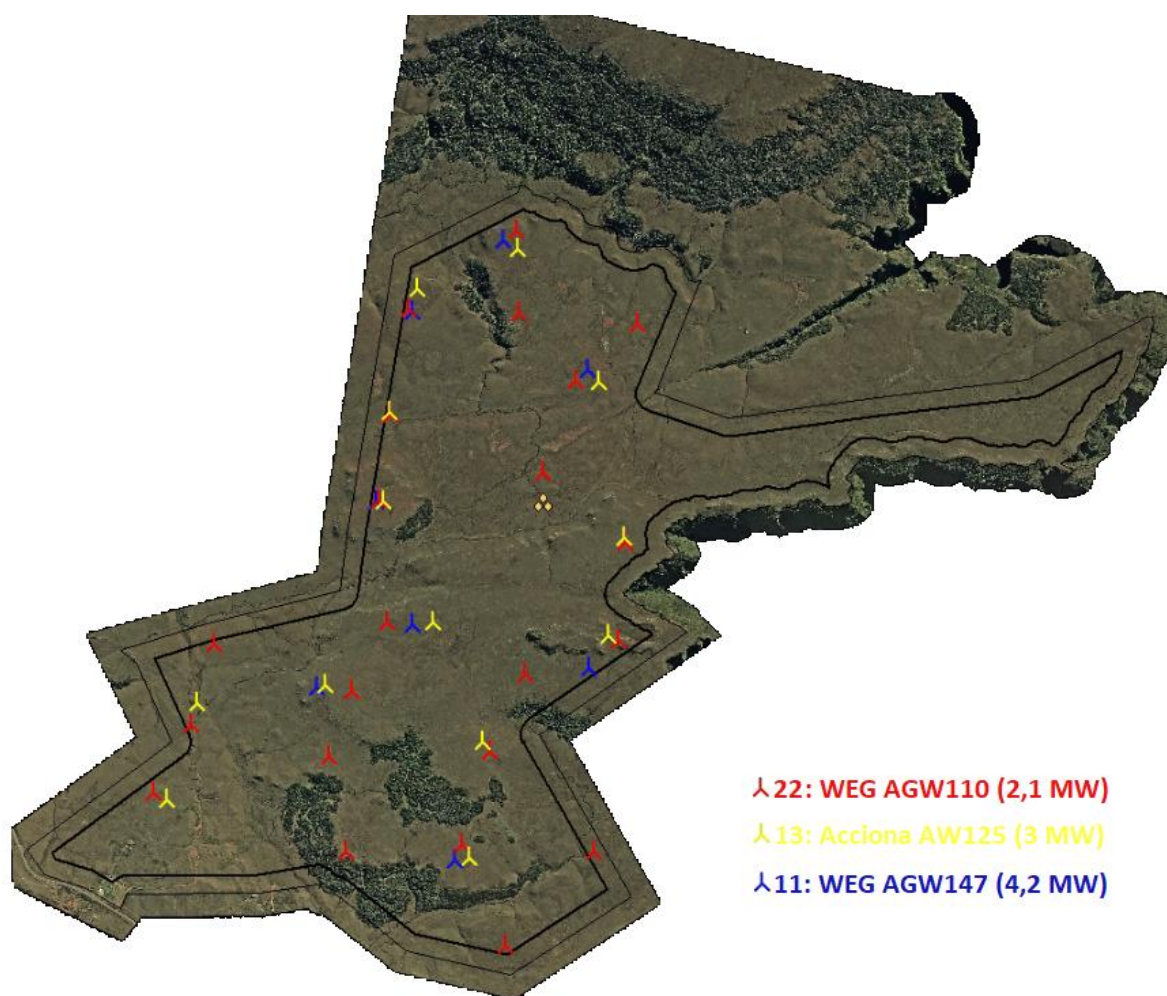
- a) distanciamento mínimo de 5 diâmetros de rotor nas direções principais do vento e 3 diâmetros de rotor em outras direções, entre todas as turbinas eólicas, a fim de diminuir as perdas por efeito “esteira” no complexo eólico;
- b) posicionamento das torres dos aerogeradores a pelo menos 80 metros da fronteira da área, de modo a garantir que a pá do aerogerador não adentre em terrenos vizinhos;
- c) distanciamento de, no mínimo, 165 metros da escarpa e de 200 metros da linha de transmissão que cruzam a área do projeto;
- d) criação de zonas de exclusão de 30 metros ao redor de lagos e rios com o intuito de cumprir com os requisitos mínimos de órgãos ambientais;
- e) posicionamento de aerogeradores em locais com declividade máxima de 10°, característica para instalação tipicamente requerida por fabricantes.

Para a modelagem do terreno, foram obtidas curvas de nível dos dados disponíveis online da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), provenientes da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), em intervalos de 10 em 10 metros. O modelo de rugosidade foi feito manualmente, baseando-se na topografia realizada dentro da área do projeto, e para as demais áreas utilizou-se imagens fornecidas pelo *Google Earth* e fotos aéreas.

Na Figura 43 são apresentadas as alternativas com diferentes modelos e potências de aerogeradores avaliados:

- a) alternativa 1 (em vermelho) potência instalada de 46,2 MW: 22 aerogeradores WEG AGW110/2,1 MW;
- b) alternativa 2 (em amarelo) potência instalada de 39 MW: 13 aerogeradores Acciona AW125/3,0 MW;
- c) alternativa 3 (em azul) potência instalada de 46,2 MW: 11 aerogeradores WEG AGW147/4,2 MW.

Figura 43 – Alternativas de Layouts

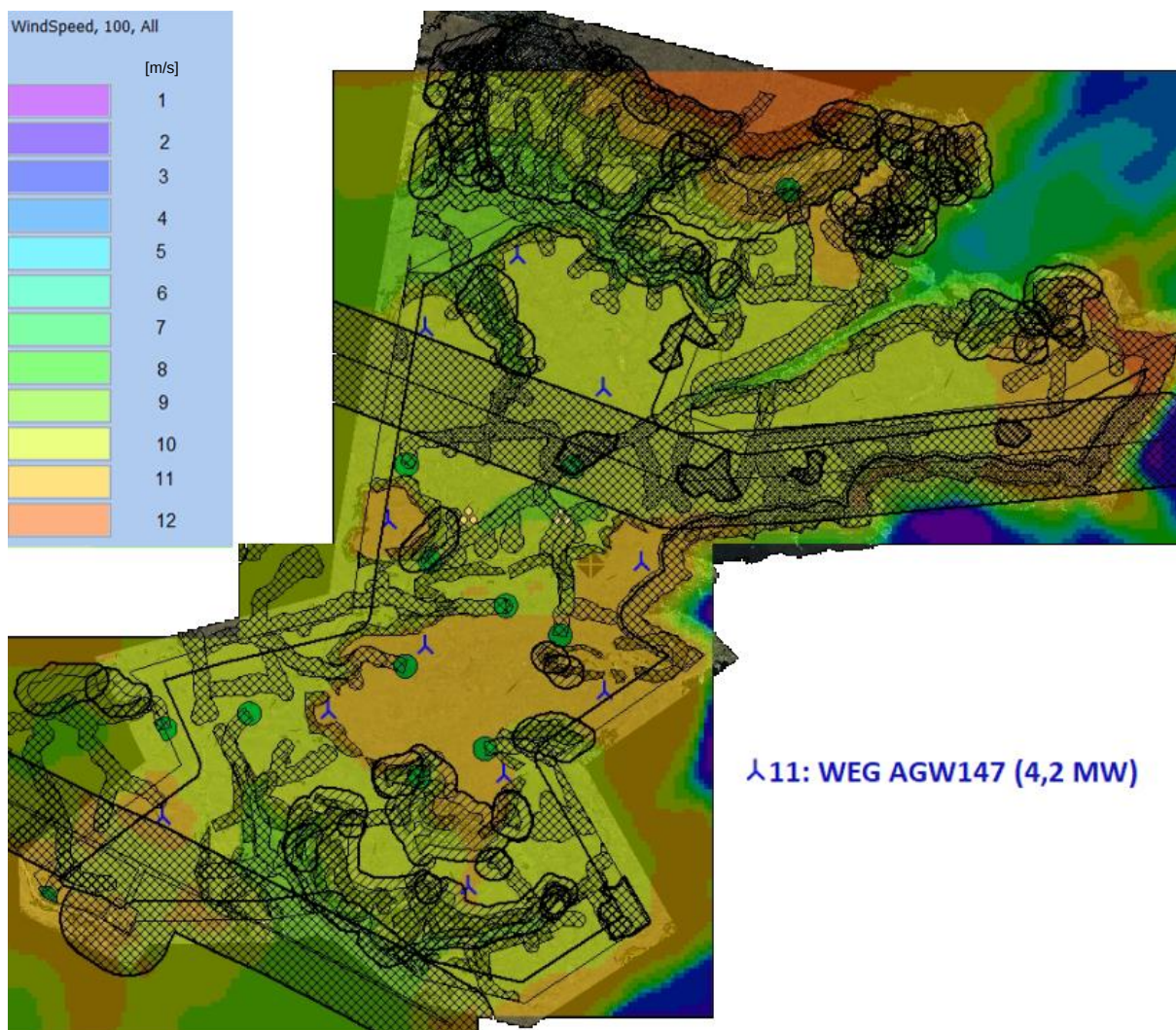


Fonte: Elaboração Própria (2022)

Com base na Produção Anual de Energia Bruta (PAE Bruta), onde foram consideradas apenas as perdas de energia devido aos efeitos aerodinâmicos dos aerogeradores entre si (efeito esteira), foi escolhida a Alternativa 3, com máquinas WEG AGW147/4,2 MW, totalizando uma potência instalada de 46,2 MW. Na Figura

44 é possível observar o *layout* escolhido no qual buscou-se alocar os aerogeradores nas regiões de maior recurso eólico, respeitando as zonas de exclusões.

Figura 44 – Layout WEG AGW147/4,2 MW



Fonte: Elaboração Própria (2022)

A adequabilidade dos aerogeradores é verificada conforme IEC 61400-1:2019, em que os ventos são classificados por meio da sua velocidade extrema em médias de 10 minutos, em um período de referência de 50 anos (V_{ref}), em classe I, II, III ou S e pela classe de turbulência (I_{ref}) de esforços mecânicos resultante do comportamento do vento que o aerogerador pode sofrer, para um ciclo de vida assumido de 20 anos para os equipamentos. Assim, os parâmetros básicos para determinar a classe das turbinas eólicas devem considerar os valores de V_{ref} e I_{ref}

calculados para a altura do rotor da turbina. O Quadro 3 apresenta os valores para cada classe.

Quadro 3 – Parâmetros Básicos para Classes de Turbinas Eólicas

Classe da turbina eólica		I	II	III	S
Vref	(m/s)	50	42,5	37,5	Valor especificado pelo projetista
A	Iref (-)	0,16			
B	Iref (-)	0,14			
C	Iref (-)	0,12			

Fonte: IEC (2019).

Com base nos dados medidos, foi realizada uma estimativa de turbulência do vento, definindo assim a classe de turbulência como IIB.

4.2.6 Análise de Viabilidade

Durante os estudos de viabilidade, o recurso eólico foi confirmado na área do projeto, a partir da campanha de medição anemométrica realizada. A aceleração do vento nas regiões mais elevadas, estimada na fase de pré-viabilidade, foi confirmada conforme apresentado no mapa de recurso energético.

As restrições ambientais foram mapeadas e consideradas no arranjo proposto, não apresentando impeditivo a continuidade do projeto. O *layout* proposto deverá ser avaliado pelos potenciais fornecedores a fim de estipular a condição mínima de instalação dos aerogeradores, com base nos dados de vento e turbulência causada pelo efeito aerodinâmico e pelo ambiente (proximidade da escarpa).

A certificação do projeto quantificará a energia a ser produzida pela usina, reforçando a viabilidade do projeto, devendo ser realizada por uma empresa independente, conforme determinado pela ANEEL e EPE. Assim sendo, é indicado o desenvolvimento do projeto básico com início das tratativas junto a ANEEL e demais órgãos a fim de obter a Outorga do projeto.

4.3 Projeto Básico

Após confirmada a viabilidade do projeto, é iniciado o projeto básico. Nessa etapa é realizada a regularização fundiária e intensificam-se os estudos ambientais para a obtenção da Licença Prévia (LP). Os demais estudos realizados serão consolidados com base em novas informações. Desta forma, busca-se a definição da potência instalada pela consolidação do *layout* da usina.

No projeto básico será consolidado o arranjo geral da usina com o posicionamento dos aerogeradores, com base no perfil do relevo descrito pelas curvas de níveis; traçado dos acessos internos; canteiros de obras; local de instalação da subestação coletora; traçado da rede de média tensão respeitando as restrições ambientais identificadas.

Com o projeto básico definido, são realizadas a certificação de medições anemométricas e a Certificação de Produção Anual de Energia (PAE) com as quantificações das incertezas e avaliação da adequação do aerogerador ao local de instalação. Ações estratégicas também são realizadas, dentre elas está a avaliação do horizonte de conexão do projeto, que definirá quando o projeto entrará em operação.

As atividades que compõem o projeto básico serão apresentadas para o *layout* composto por 11 máquinas WEG AGW147/4,2 MW definidas durante o estudo de *micrositing*.

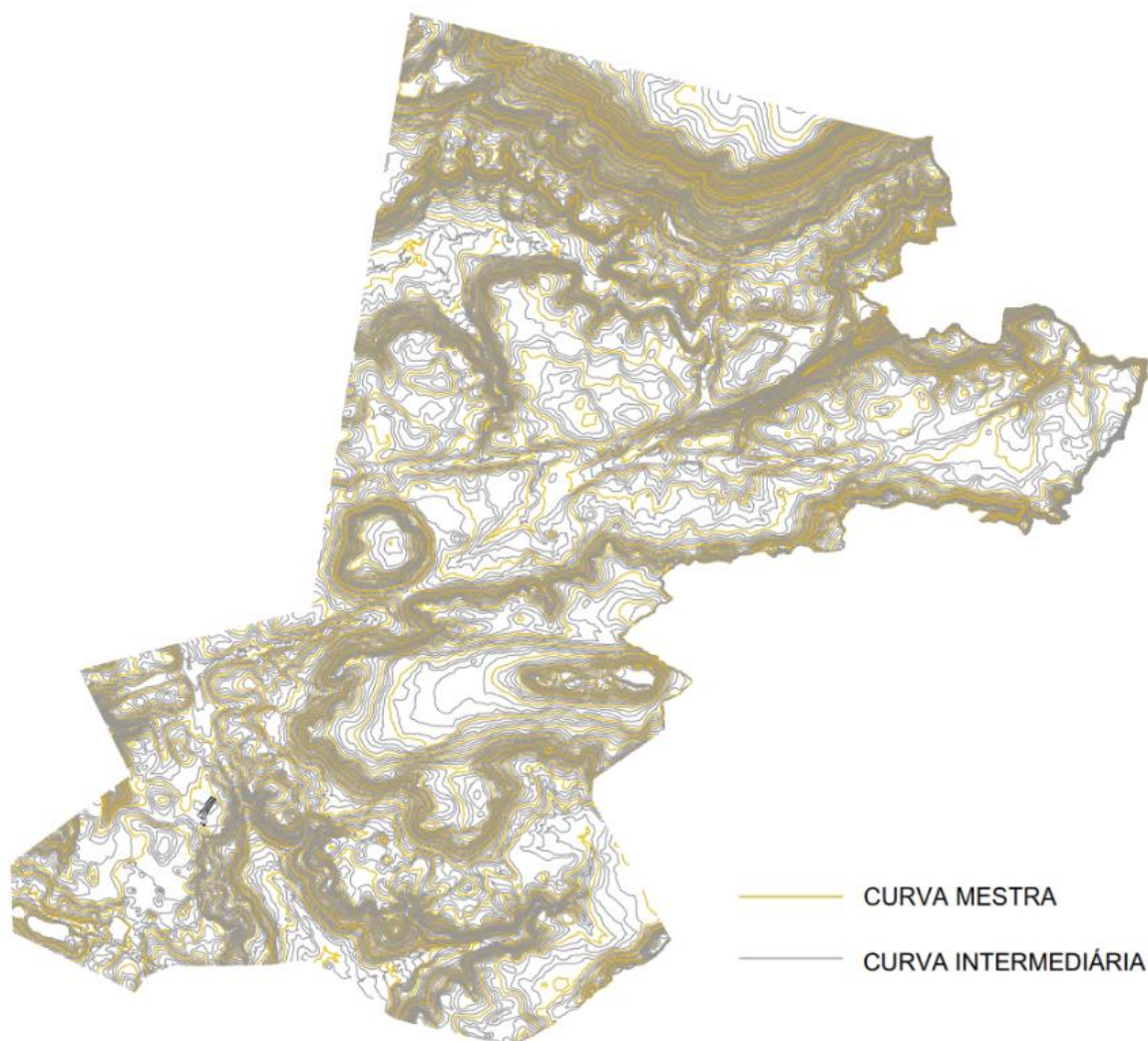
4.3.1 Topografia

A topografia dentro da área do projeto foi gerada com base no aerolevantamento realizado, em que, por meio do perfilamento a *laser* foram criadas as curvas de nível equidistantes de 1 m. A topografia será utilizada para ajustar a modelagem do terreno para as estimativas de produção de energia, ou seja, posicionamento dos aerogeradores.

A topografia é ainda utilizada no traçado dos acessos internos e nas estimativas de movimentação de solo e rochas necessários para as estradas, canteiros de obras, área da subestação e fundações. A Figura 45 apresenta a

topografia da área com as curvas mestras de 5 em 5 metros e as curvas intermediárias de 1 em 1 metro.

Figura 45 – Arranjo Geral: *Topografia da Área*



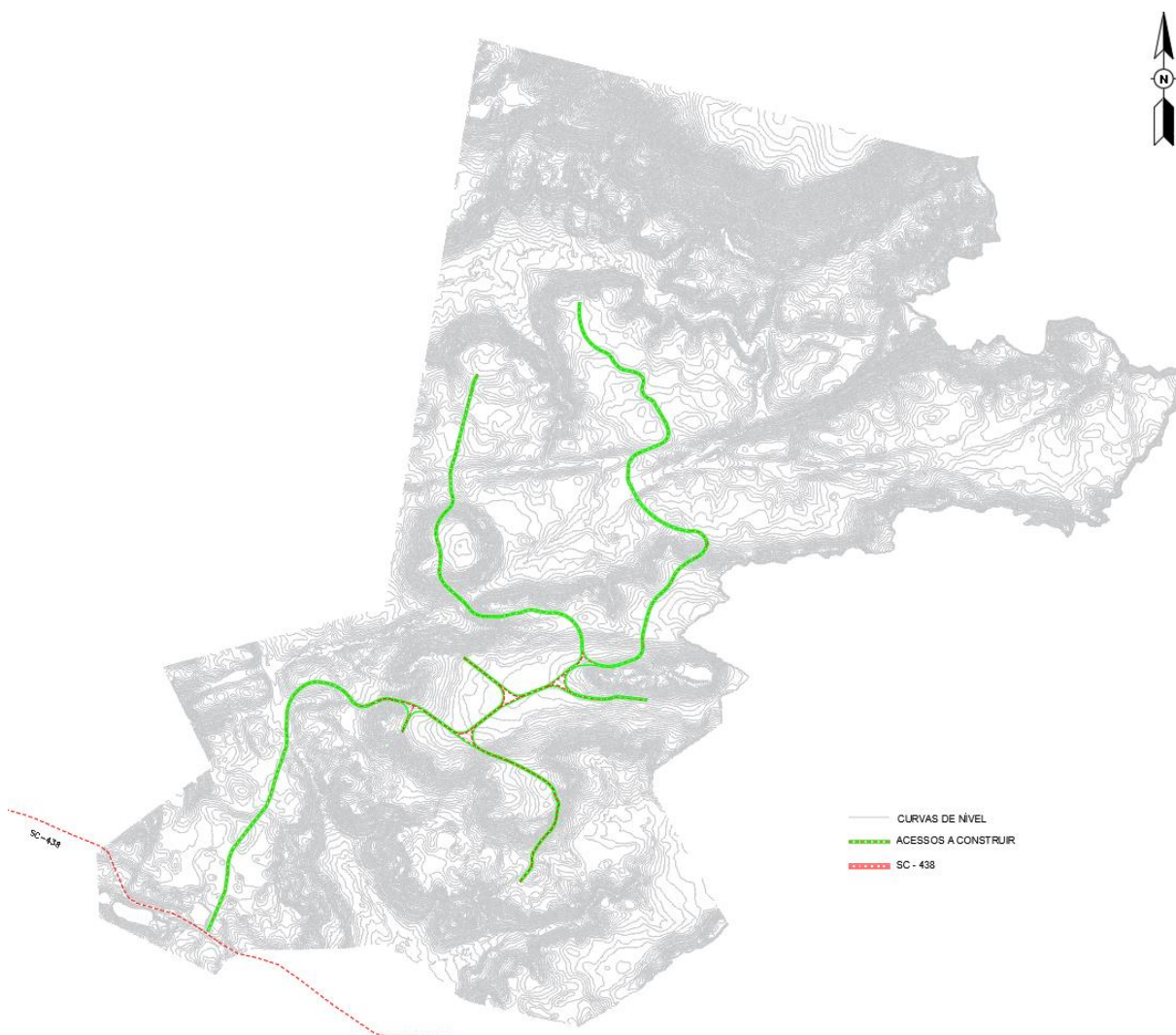
Fonte: Elaboração Própria (2022).

4.3.2 Acesso Internos

Como já mencionado anteriormente, há certas restrições para a movimentação dos equipamentos e máquinas que deverão ser atendidas de modo a assegurar a instalação dos aerogeradores. As vias de acesso internas terão uma largura de aproximadamente 10 metros e inclinação máxima de 10°. Cuidados com o

raio de curvatura também foram considerados ao longo dos 9,3 quilômetros de extensão, conforme apresentado na Figura 46.

Figura 46 – Arranjo Geral: Acessos Internos



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Para a construção das estradas internas serão realizadas aberturas de novos acessos, assim como adequação dos acessos existentes. Para a implantação dessas atividades, pode-se simplificadamente dividi-las em: (FADIGAS, 2011)

- a) abertura/adequação do caminho;
- b) decapagem do solo;
- c) remoção do material;
- d) compactação;

- e) drenagem;
- f) proteção de taludes;
- g) pavimentação.

4.3.3 Fundação dos Aerogeradores

Segundo Pinto (2013), a fundação depende do tamanho do aerogerador, do perfil do vento e do tipo do solo. Por este motivo, as fundações geralmente são projetadas especificamente para cada turbina eólica durante o projeto executivo. Isso porque, é provável que as sondagens apresentem profundidades do topo rochoso diferentes para cada ponto dentro da área do projeto, podendo a escavação das fundações ser variável.

Porém, no projeto básico, é realizado uma estimativa de escavação, para estimar a movimentação de solo e rocha, e assim, dimensionar as áreas de bota fora (área destinada ao descarte do material não reaproveitado), e identificar jazidas comerciais na região. Cabe ressaltar que, em casos de solo fraco, se faz necessário a utilização de estacas para transferir a carga ao solo. Durante o projeto executivo deverão ser realizadas sondagens específicas para conhecimento do subsolo e detalhamento dos projetos. (PINTO, 2013)

Para a fundação dos aerogeradores, estima-se uma escavação média de 2 m de profundidade com 16 m de diâmetro. Ou seja, o volume de escavação e concreto estimado é de 400 m³ para cada aerogerador. (AMBIENS, 2017)

A Figura 47 mostra a armação da base dos aerogeradores do Complexo Eólico Bom Jardim da Serra, projeto vizinho ao em desenvolvimento neste trabalho.

Figura 47 – Base dos Aerogeradores IMPSA



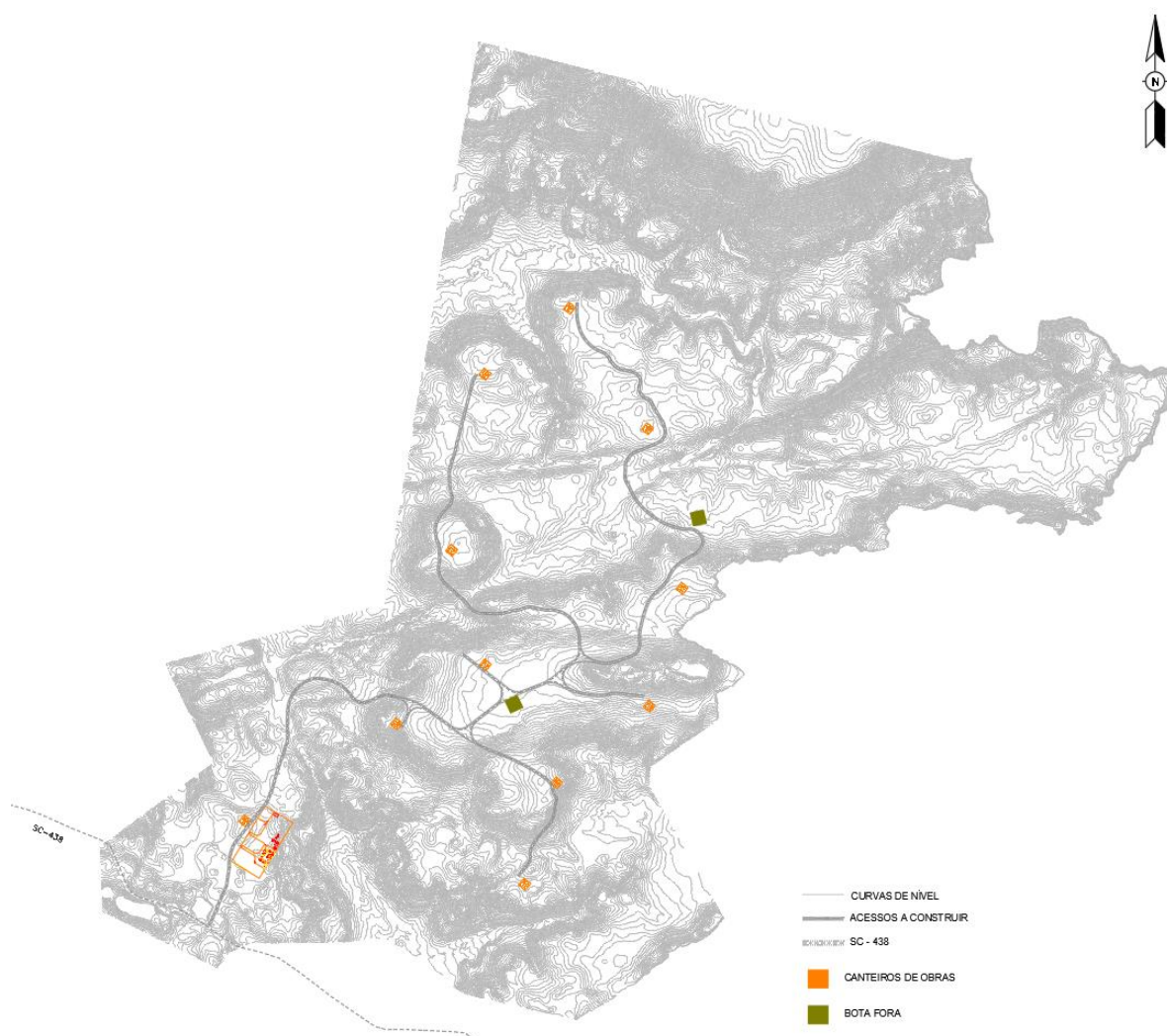
Fonte: CONFER (2022).

4.3.4 Canteiro de Obras

Durante a fase de implantação do projeto, os canteiros de obras são utilizados como áreas de apoio destinadas a diversas atividades. Junto de cada aerogerador está prevista uma área de manobra dos guindastes para montagem dos aerogeradores e de estocagem das torres, pás e demais equipamentos.

Já o canteiro de obras principal, abriga as instalações físicas para o gerenciamento da obra com: escritórios, sala de reunião, copa/cozinha/refeitório, banheiros e área médica. Neste espaço há ainda a área de estocagem, central de concretagem/armação/formas para as fundações e almoxarifado. A Figura 48 apresenta os 11 canteiros de obras junto aos aerogeradores, o canteiro de obra principal e as duas áreas destinadas ao descarte de materiais não reaproveitados (Bota Fora).

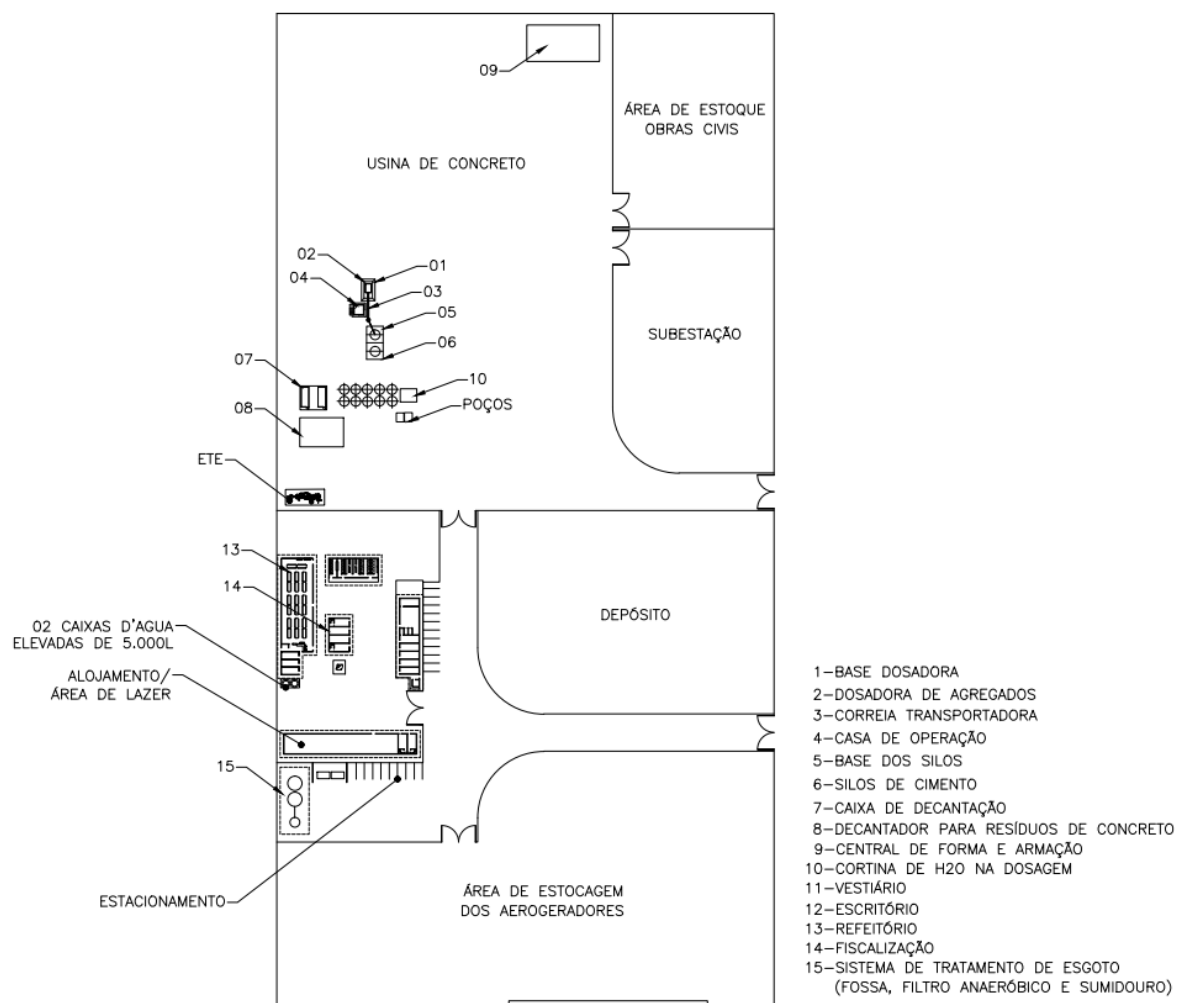
Figura 48 – Arranjo Geral: Canteiros de Obras e Bota Fora



Fonte: Elaboração Própria (2022).

A área destinada ao canteiro de obras sofrerá adequações para dispor da infraestrutura adequada, onde serão realizadas terraplanagem da área, instalação de sistema de drenagem, poço para captação de água e estação de tratamento de esgoto. Posteriormente, parte da infraestrutura será destinada a operação do parque eólico, sendo convertida na sala de controle e atendimento aos visitantes. A Figura 49 detalha o canteiro de obras principal.

Figura 49 – Detalhe do Canteiro de Obras Principal

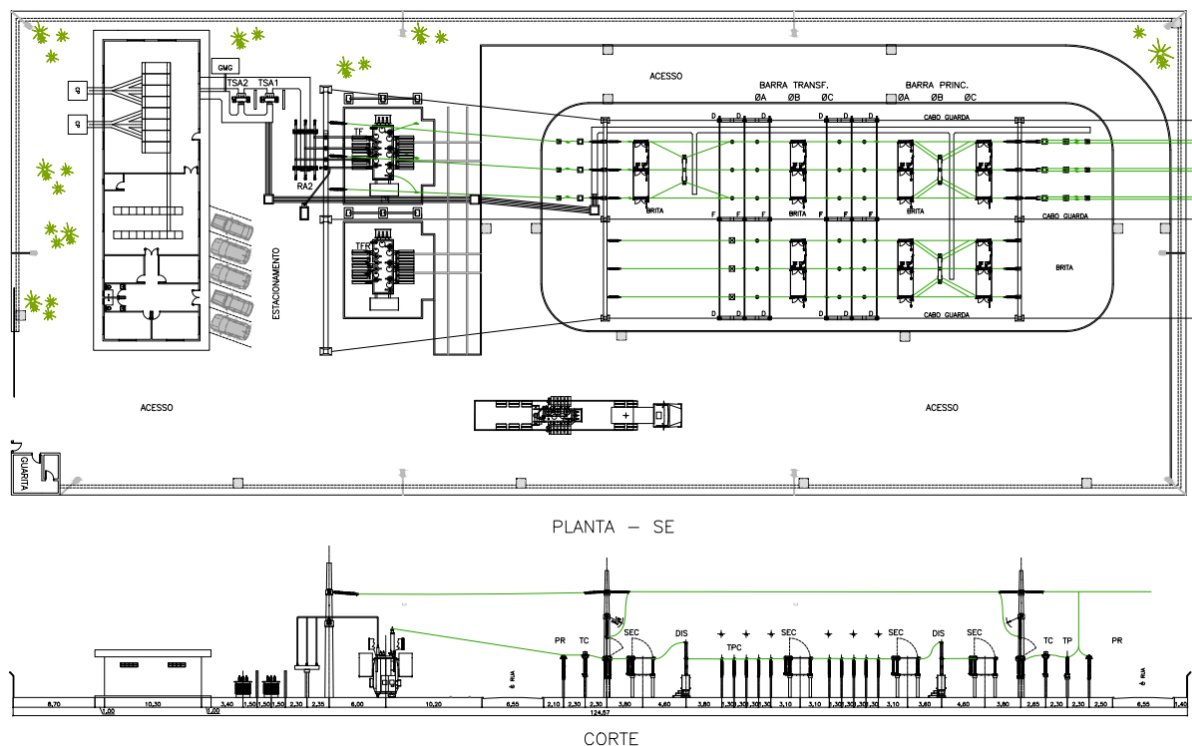


Fonte: Acervo VILCO (2016).

4.3.5 Subestação Coletora e LT de Interesse Restrito

A conexão do Complexo Eólico Cânion do Funil será realizada por meio da subestação elevadora com saída em 138 kV, denominada SE Coletora Cânion do Funil (34,5/138 kV). O arranjo utilizado será barra principal e barra de transferência, esse arranjo apresenta uma flexibilidade na operação e manutenção e baixo custo de implantação, a Figura 50 exhibe a planta e corte da SE.

Figura 50 – SE Coletora Cânion do Funil 34,5/138 kV



Fonte: Acervo VILCO (2016).

Para escoar a geração de energia elétrica do complexo eólico, foram avaliadas as alternativas apresentadas na etapa de pré-viabilidade, sob o aspecto socioambiental, técnico e econômico no qual a Alternativa 1 se mostrou mais viável. Desta forma na subestação coletora será construído um *bay* (conjunto de equipamentos de conexão, proteção e medição) que receberá a linha de transmissão de interesse restrito (SE Coletora Cânion do Funil – SE Bom Jardim da Serra) tensão de 138 kV em circuito simples com aproximadamente 200 m de extensão, conforme ilustra a Figura 51.

Figura 51 – LT Interesse Restrito



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Após a definição da conexão na SE Bom Jardim da Serra, caracterizada como Demais Instalações de Transmissão (DIT) pertencentes à CELESC, a conexão do parque eólico deverá seguir o Manual de Procedimentos com os Requisitos para Conexão à rede da CELESC conforme I-432-0003. (CELESC, 2017)

4.3.6 Rede de Média Tensão

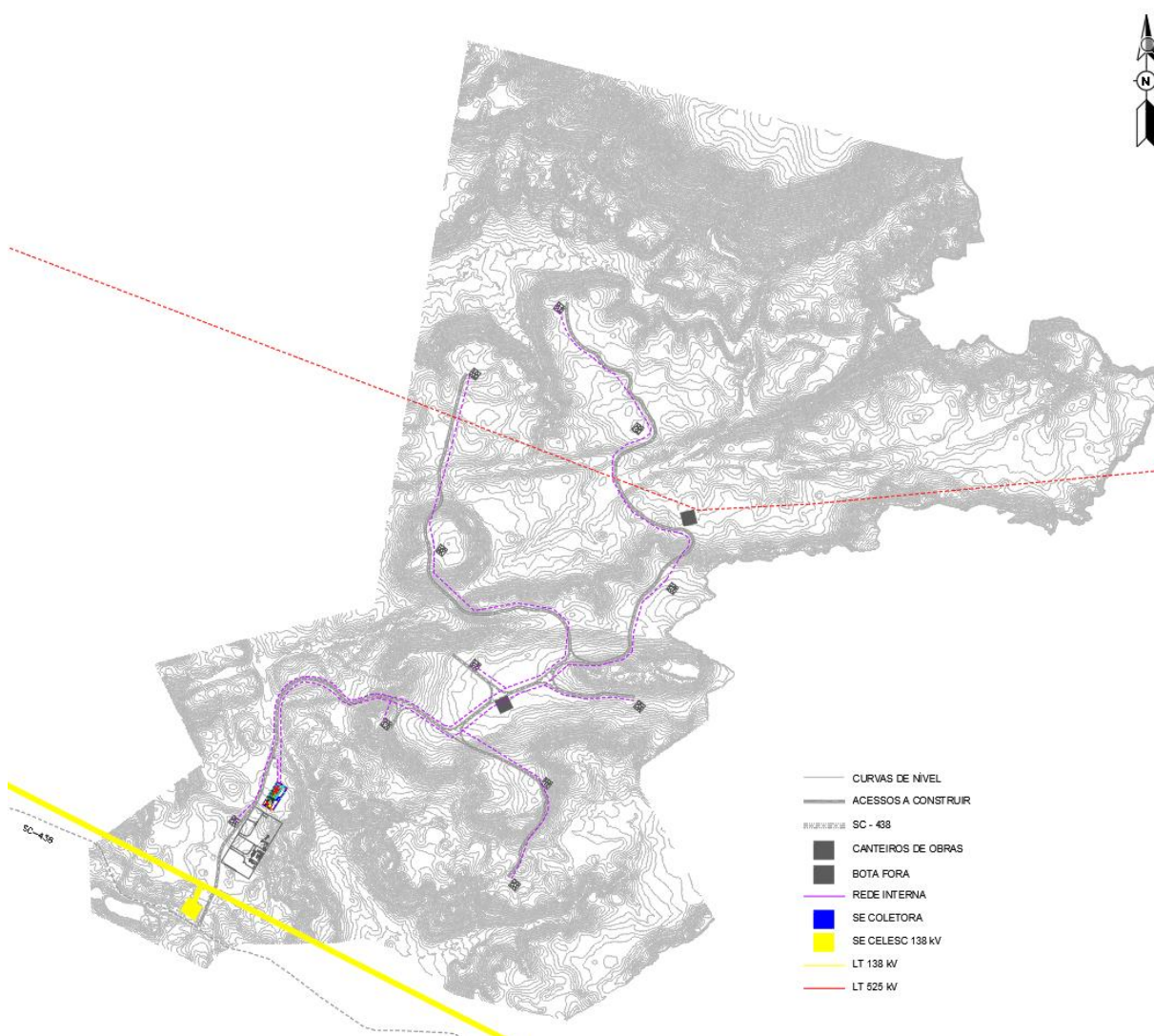
A Rede de Média Tensão (RMT) interna do parque eólico tem por objetivo conectar os aerogeradores à SE Coletora. Cada aerogerador possui sua unidade de transformação própria que eleva a tensão para 34,5 KV. A conexão elétrica entre o aerogerador e a RMT, é realizada com cabos isolados que conectam o cubículo de média tensão, que fica instalado na base da torre, ao primeiro poste da rede interna.

A partir do ponto de conexão, a rede interna será aérea com cabos nus em todo trajeto acompanhando preferencialmente o traçado dos acessos internos até se

conectar ao disjuntor de média tensão montado no cubículo de manobra de média tensão na SE do parque eólico, conforme apresentado na Figura 52.

As RMT deverão ser calculadas considerando os critérios de corrente nominal do circuito e de queda de tensão. A porcentagem de queda de tensão está associada às perdas elétricas, e, por se tratar de um empreendimento de geração de energia, o valor admitido é menor do que o estabelecido pelas normas técnicas sendo adotado o valor máximo de 1% para cada circuito.

Figura 52 – Arranjo Geral: Rede de Média Tensão, Subestações e Linhas de Transmissão



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Haverá pontos de travessia por baixo da linha de transmissão de 525 kV que passa por dentro da área do projeto. O projeto executivo deverá avaliar e

compatibilizar a passagem da rede de média tensão nesses locais. Travessia de rios e demais áreas de preservação também deverão ser analisadas.

4.3.7 Diagrama Unifilar

O diagrama unifilar é um dos documentos necessários para a obtenção da outorga e sua função é descrever de forma resumida os detalhes dos circuitos elétricos e suas conexões. Nele é possível identificar as características de cada equipamento desde o aerogerador até o ponto de conexão.

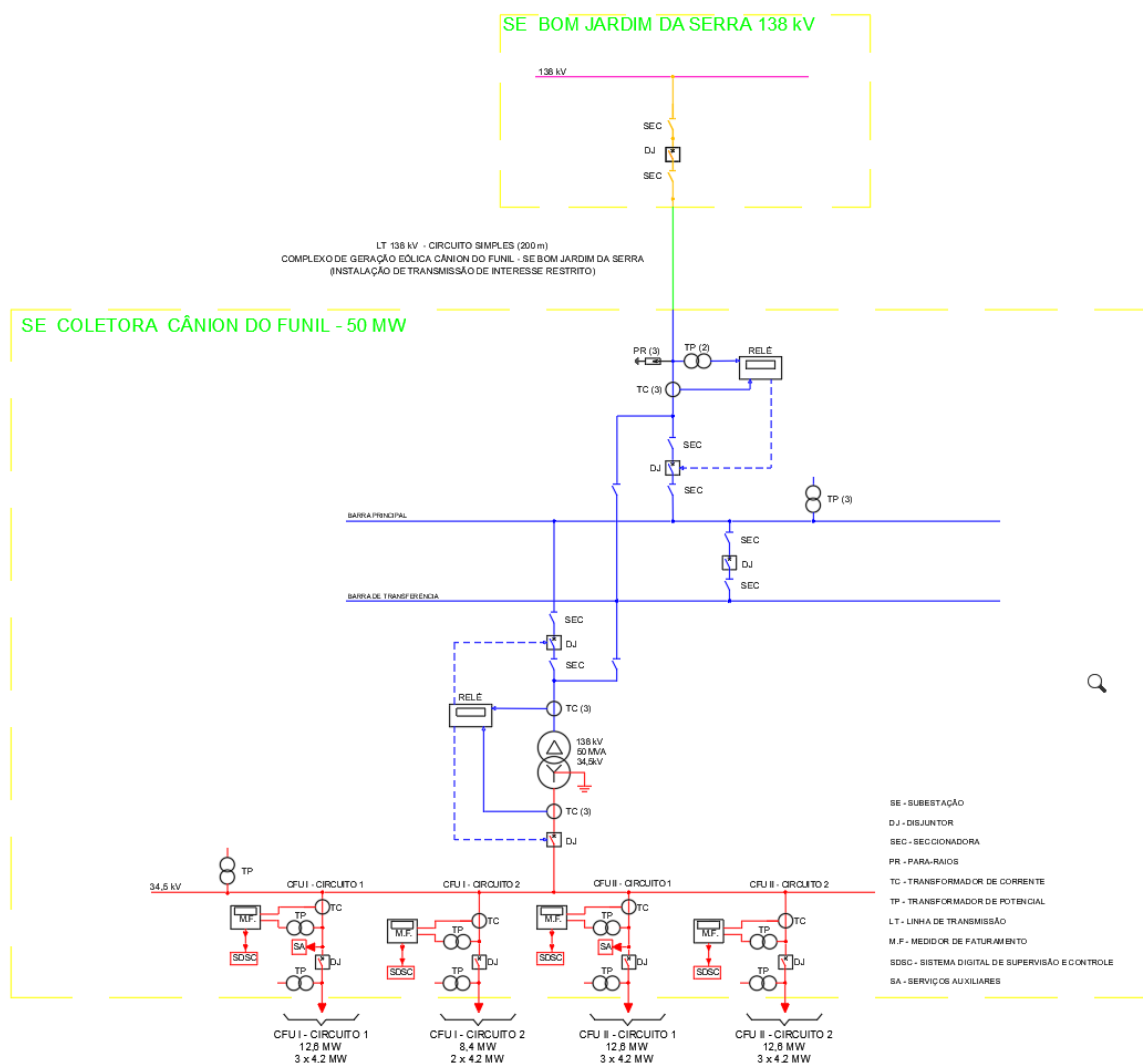
A Resolução Normativa nº 876 de 10 de março de 2020 define os critérios para compartilhamento de sistemas entre empreendimentos:

Art. 18. As centrais geradoras que compartilhem um dos sistemas a seguir serão consideradas como empreendimento único, salvo juízo exclusivo da ANEEL:

- I - medição elétrica para fins de contrato de conexão e de comercialização de energia;
- II - sistema de controle e de supervisão; ou
- III - sistemas e serviços auxiliares.

Com base nas premissas de projeto adotadas até o momento e tendo por base o artigo 18 da REN 876/2020, o Complexo Eólico Cânion do Funil será dividido em 2 parques eólicos com potências de 21 MW e 25,2 MW com 5 e 6 unidades geradoras respectivamente. A Figura 53 apresenta o Diagrama Unifilar Simplificado do Complexo Eólico Cânion do Funil.

Figura 53 – Diagrama Unifilar Simplificado



Fonte: Elaboração Própria (2022).

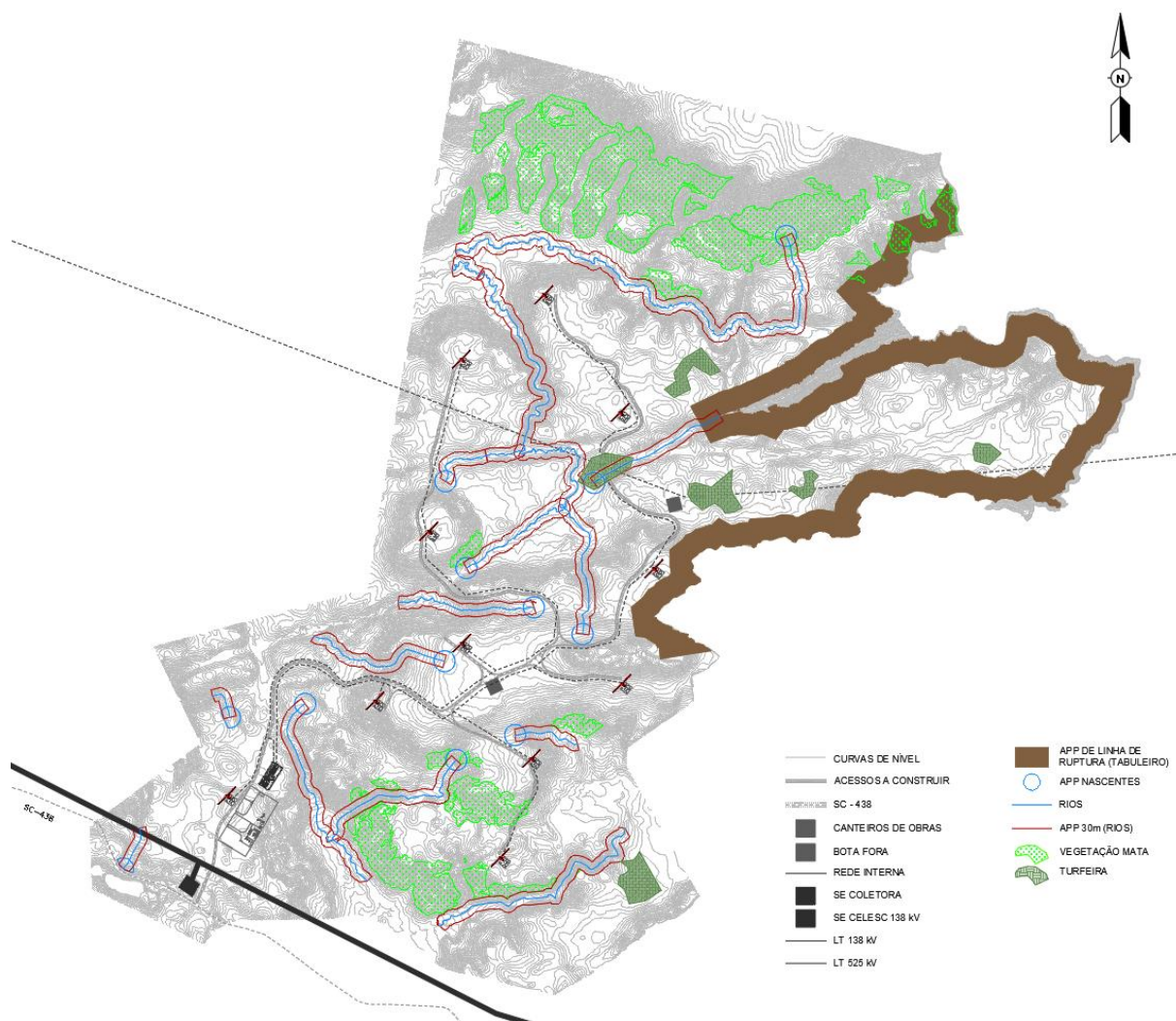
4.3.8 Ambiental

O projeto básico irá definir as áreas utilizadas durante o período de construção e operação do parque eólico, subsidiando os estudos ambientais necessários para a obtenção da LP. Dentre os trabalhos realizados pela consultoria ambiental estão a realização de inventários, diagnósticos, monitoramento dos recursos florestais, hídrico e da fauna.

Todas as atividades demonstradas até aqui, possuem um impacto ambiental associado e cabe a consultoria ambiental avaliá-las e propor medidas

mitigatórias. Conforme observado na Figura 54, ocorreram intervenções em áreas de APP decorrente da passagem dos acessos sobre rios.

Figura 54 – Arranjo Geral: Restrições Ambientais



Fonte: Elaboração Própria (2022).

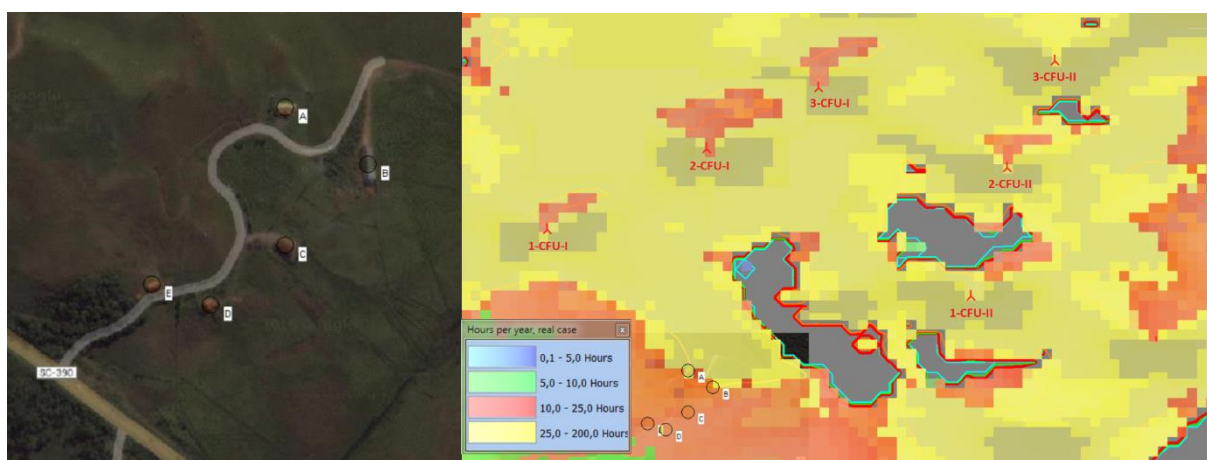
Impactos socioambientais também são avaliados e, dentre eles, estão: interferência eletromagnética, nível de ruído, sombreamento e alteração da paisagem. Em alguns casos os aerogeradores podem refletir as ondas eletromagnéticas, podendo ocasionar interferência nos sistemas de telecomunicação, sinais de rádio e televisão. Porém, essas interferências não são significativas e a necessidade de estudos mais detalhados se dá quando o parque eólico está próximo de aeroportos e torres de transmissão. (DOS REIS; SANTOS, 2014; AMBIENS, 2017)

Quanto ao nível de ruído, os aerogeradores modernos contam com tecnologias que visam diminuir ao máximo os impactos gerados pelos ruídos. É possível encontrar nos aerogeradores sistemas de amortecedores para controle das vibrações e materiais isolantes que evitam a propagação de ruído gerado pelos equipamentos internos. A análise do ruído é realizada em duas etapas, a primeira ocorre durante o desenvolvimento do projeto, com medições do ruído em pontos pré-selecionados com o objetivo de avaliar o ruído de fundo existente no local, na condição atual, definindo assim o nível de ruído ambiente da área antes da instalação dos aerogeradores. Após a construção do parque eólico esses valores serão medidos e o impacto avaliado.

Referente ao sombreamento, o *software* windPRO conta com o módulo de cálculo SHADOW, que calcula com que frequência e em quais intervalos uma área específica será afetada por sombras geradas pelos aerogeradores. Os resultados apresentam o pior cenário com base na posição do sol em relação a turbina eólica e sua projeção de sombra sobre as construções.

O resultado da simulação realizada para avaliar o impacto nas 5 edificações identificadas próximas a área do projeto é exibido na Figura 55. A simulação indicou que as edificações C, D e E, apresentaram sombreamento inferior a 25 horas no ano e a edificações A e B abaixo de 50 horas no ano.

Figura 55 – Localização das Edificações e Planta de Sombreamento

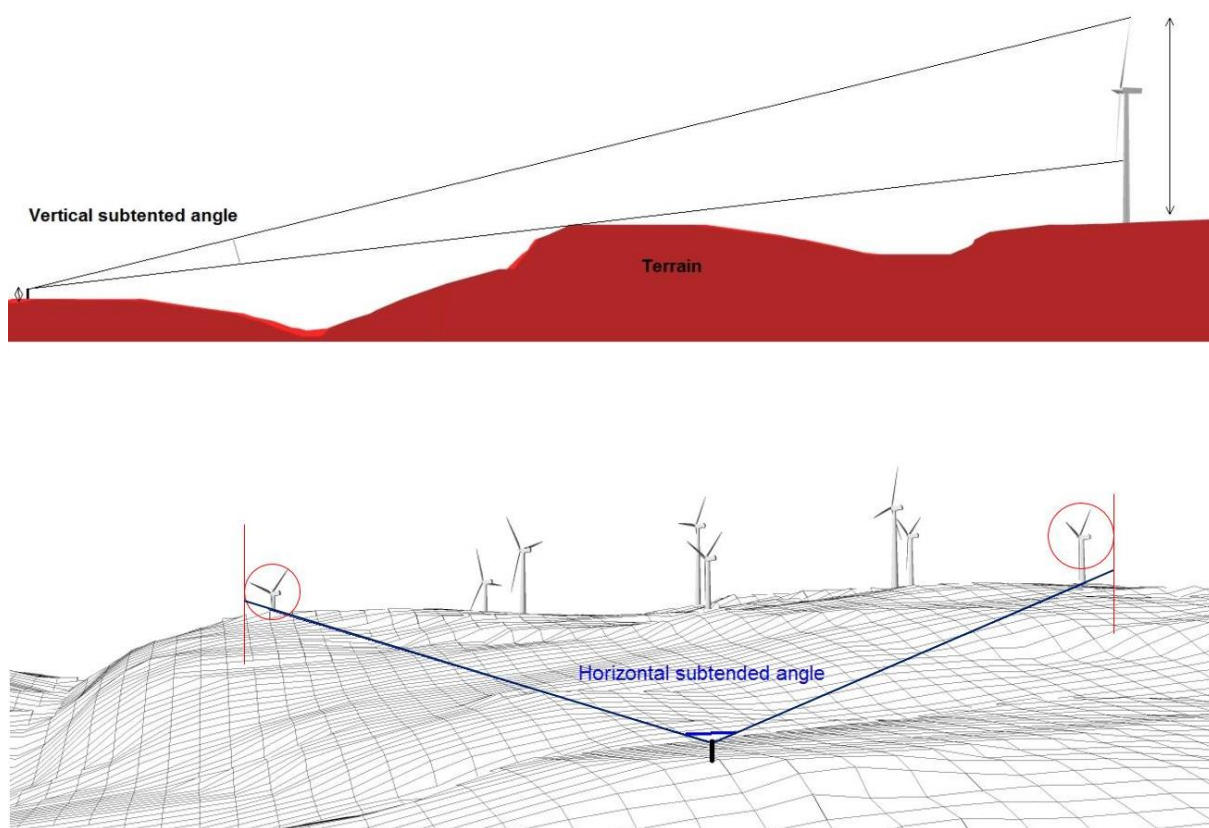


Fonte: Elaboração Própria (2022).

Segundo Fadigas (2011, p. 259) a alteração da paisagem é um impacto mais perceptível, porém menos quantificável, desta forma temos que “os aerogeradores são elementos de apreciação subjetiva.”. O *software* windPRO possui o módulo de análise de Zonas de Influência Visual (*Zones of Visual Influence - ZVI*), que identifica os pontos em que se pode observar um ou mais aerogeradores. Em geral não há estabelecido um critério de aceitação em relação a visibilidade máxima permitida. (EMD, 2022b)

A simulação estabelece o ângulo vertical e horizontal de visualização dos aerogeradores, conforme indicado na Figura 56.

Figura 56 – Ângulos de Visão dos Aerogeradores



Fonte: EMD (2022b).

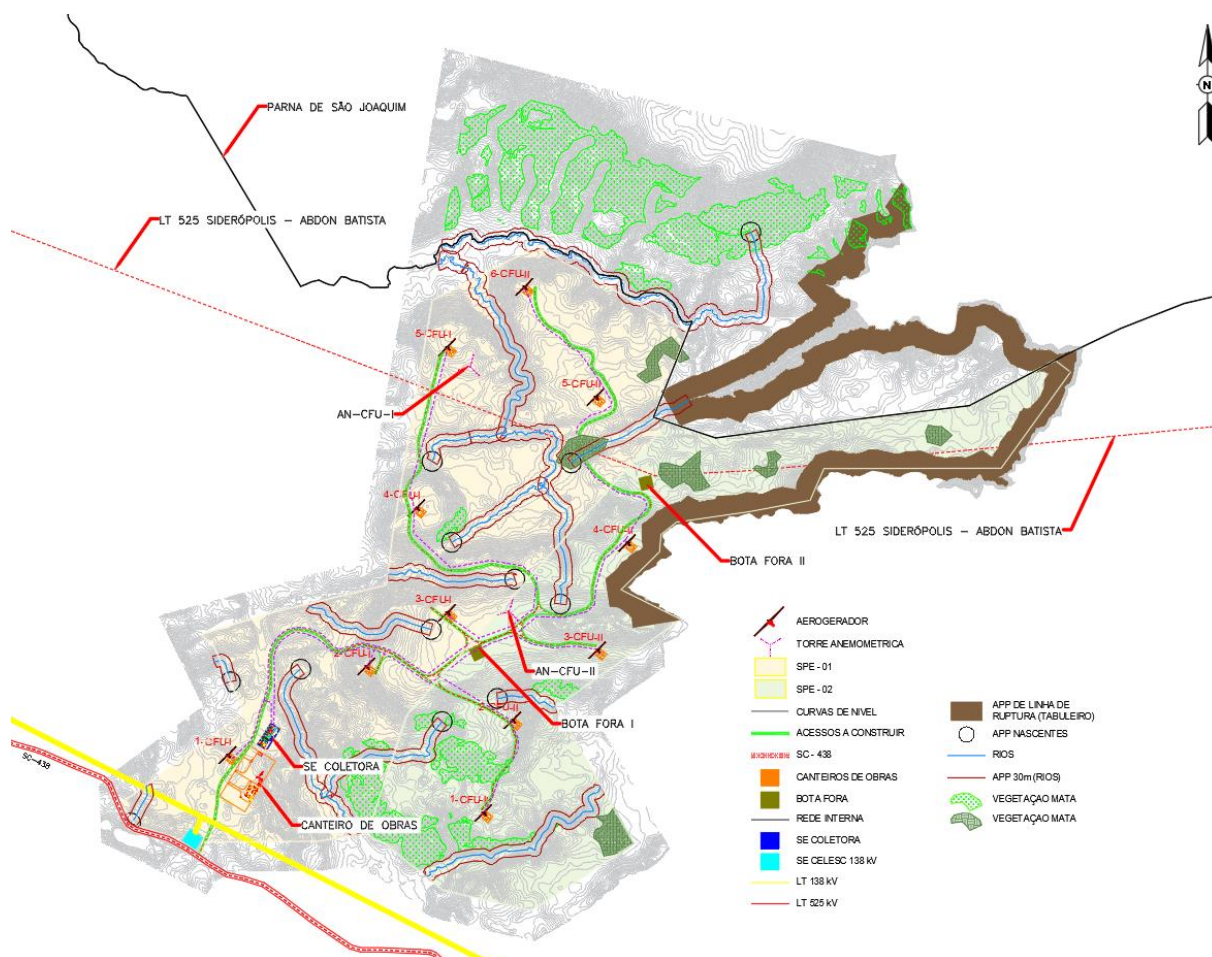
4.3.9 Arranjo Geral

O arranjo geral é definido com a compilação de todas as informações já abordadas durante o desenvolvimento do projeto. O objetivo é apresentar o projeto de forma integrada, com todas os elementos que compõem um parque eólico conforme

explicado nas seções anteriores. Este documento será a base para as etapas futuras de desenvolvimento do projeto e apresentando informações necessárias ao licenciamento ambiental, certificação e obtenção da outorga.

Conforme exposto anteriormente, o Complexo Eólico Cânion do Funil será composto por 2 parques eólico com potências de 21 MW e 25,2 MW e seu arranjo geral é apresentado na Figura 57. Desta forma, além das informações já apresentadas, será apresentado no arranjo geral a poligonal de cada parque eólico, e cumprindo a determinação da EPE (2014), definido o local de instalação da torre de medição anemométrica de referência de cada parque eólico.

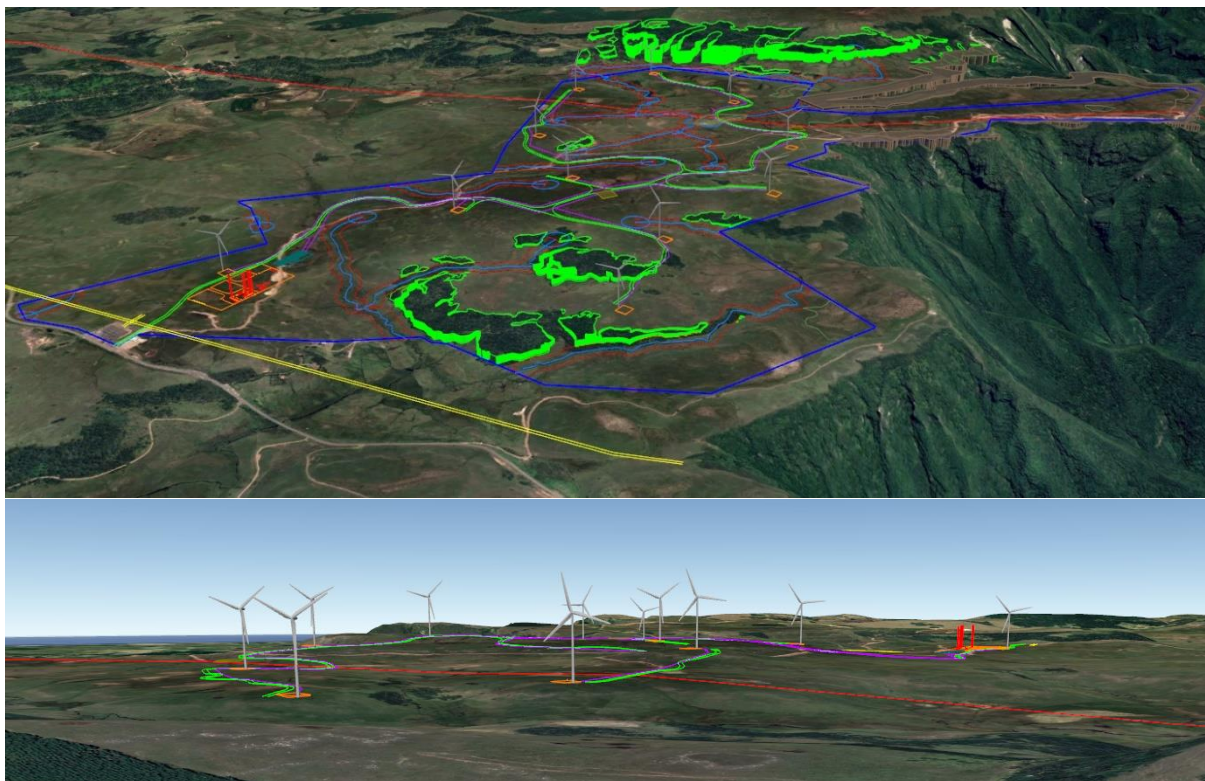
Figura 57 – Arranjo Geral



Fonte: Elaboração Própria (2022).

O software windPRO permite exportar os arquivos para o *Google Earth* permitindo uma visualização mais realista do projeto conforme exibido na Figura 58.

Figura 58 – Arranjo Geral no Google Earth



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Com o projeto básico finalizado, as atividades relacionadas a obtenção de outorga serão abordadas no próximo capítulo.

5 OUTORGA

A outorga de autorização para exploração de centrais eólicas é estabelecida pela Resolução Normativa nº 876 de 10 de março de 2020, na qual os requisitos e procedimentos necessários para projetos com potência superior a 5.000 kW são definidos tanto para produção independente de energia elétrica quanto autoprodução de energia elétrica. A resolução divide o procedimento em duas etapas:

- a) pedido de registro de requerimento de outorga de autorização;
- b) pedido de outorga de autorização.

5.1 Pedido de Registro de Requerimento de Outorga de Autorização

O registro do requerimento de outorga de autorização poderá ser requerido à ANEEL, pelo representante legal do projeto. Os requerimentos serão objeto de publicação do Despacho de Registro do Requerimento de Outorga (DRO).

O DRO não é obrigatório, podendo o empreendedor solicitar diretamente a outorga do projeto, contudo, o DRO tem como finalidade facilitar a obtenção da informação de acesso junto ao ONS e facilitar a obtenção do licenciamento ambiental. Importante ressaltar que o DRO não garante a permissão de exploração e possui validade de 12 meses, conforme estabelecido na resolução:

Art. 18. [...]

[...] § 2º O DRO não gera o direito de preferência, exclusividade ou garantia de obtenção da outorga de autorização para exploração do respectivo empreendimento. [...]

[...] § 4º O DRO terá prazo indeterminado, salvo o DRO de usina que contemple a tecnologia de geração eólica, que terá vigência de 12 (doze) meses, período em que, caso não haja pedido de renovação de vigência ou envio de todos os documentos necessários à outorga, deixará de produzir efeitos independentemente da emissão de ato ulterior. (ANEEL, 2020)

O Despacho poderá ser renovado, porém será revogado se for constatado que o objetivo do DRO é impedir a exploração do potencial eólico de outros empreendimentos. Após a publicação do DRO, o empreendedor poderá, por sua conta e risco, iniciar a construção da usina. Ainda assim, as demais licenças ambientais e autorizações deverão ser obtidas e a entrada em operação só será permitida após a outorga de exploração e celebração dos contratos de conexão.

Para o DRO, além do desenvolvimento do projeto básico (Qualificação Técnica), é necessário comprovar a regularidade fiscal por meio de certidões referentes ao Fundo de Garantia de Tempo de Serviço (FGTS), às fazendas federal, estadual e municipal. A qualificação jurídica também deve ser comprovada com a apresentação do organograma do grupo econômico e contrato social. (ANEEL, 2020)

5.1.1 Regularidade Fiscal

A solicitação do DRO deve acompanhar os seguintes documentos para comprovar a Regularidade Fiscal: (ANEEL, 2020)

- a) certidão negativa ou positiva com efeitos de negativa referente à fazenda federal e dívida ativa da união e contribuições previdenciárias e as de terceiros válida na data do protocolo;
- b) certidão negativa ou positiva com efeitos de negativa referente ao FGTS válida na data do protocolo;
- c) certidão negativa ou positiva com efeitos de negativa referente à fazenda estadual válida na data do protocolo;
- d) certidão negativa ou positiva com efeitos de negativa referente à fazenda municipal válida na data do protocolo.

5.1.2 Qualificação Jurídica

Para a qualificação jurídica, a ANEEL solicita o protocolo dos seguintes documentos: (ANEEL, 2020)

- a) organograma do grupo econômico, conforme ANEXO A;
- b) ato constitutivo, estatuto ou contrato social em vigor, devidamente registrado no órgão competente, cujo objeto social contemple geração de energia, acompanhado do ato que instituiu a atual administração – cópia autenticada;
- c) contrato de constituição de consórcio, quando for o caso, firmado por instrumento público ou particular;

- d) inscrição e regularidade perante o Conselho Regional de Arquitetura e Agronomia – CREA;
- e) CPF do interessado - no caso de autorização para pessoa física;
- f) atualização no cadastro institucional da ANEEL.

5.1.3 Qualificação Técnica

Para a qualificação técnica são utilizados documentos e estudos realizados no projeto básico e para os projetos que se encontram próximos de projetos que contenham DRO vigente, ou seja, dentro de um raio de até 20 vezes a altura máxima da pá, se faz necessário a entrega da declaração de interferência assinado pelo projeto afetado.

Abaixo segue os documentos solicitados para a qualificação técnica:
(ANEEL, 2020)

- a) ficha técnica ANEXO B;
- b) arranjo geral do parque eólico;
- c) diagrama elétrico unifilar geral simplificado ANEXO C;
- d) estudo de medições anemométricas com 3 anos de dados;
- e) declaração de interferência ANEXO D;
- f) sumário de certificação ANEXO E;
- g) arquivos digitais vetoriais por meio do Validador EOL.

O Validador EOL tem por objetivo automatizar o processo de validação dos dados georreferenciados dos parques eólicos. O empreendedor deverá preencher planilhas com os vértices da poligonal do projeto, informações técnicas dos aerogeradores e localização e dados da estação de medição.

Por meio do protocolo digital da ANEEL, poderá ser realizado pedido de registro de requerimento de outorga de autorização. Após a publicação do Despacho

de Registro do Requerimento de Outorga (DRO), poderá ser solicitado a consulta de acesso junto a CELESC.

5.2 Consulta de Acesso

A conexão do complexo eólico será na SE Bom Jardim da Serra, caracterizada como Demais Instalações de Transmissão (DIT) pertencentes à CELESC. A conexão do parque eólico deverá seguir o Manual de Procedimentos com os Requisitos para Conexão à rede da CELESC conforme I-432-0003. (CELESC, 2017)

A I-432-0003 define que para a consulta de acesso deverão ser protocolados os seguintes documentos:

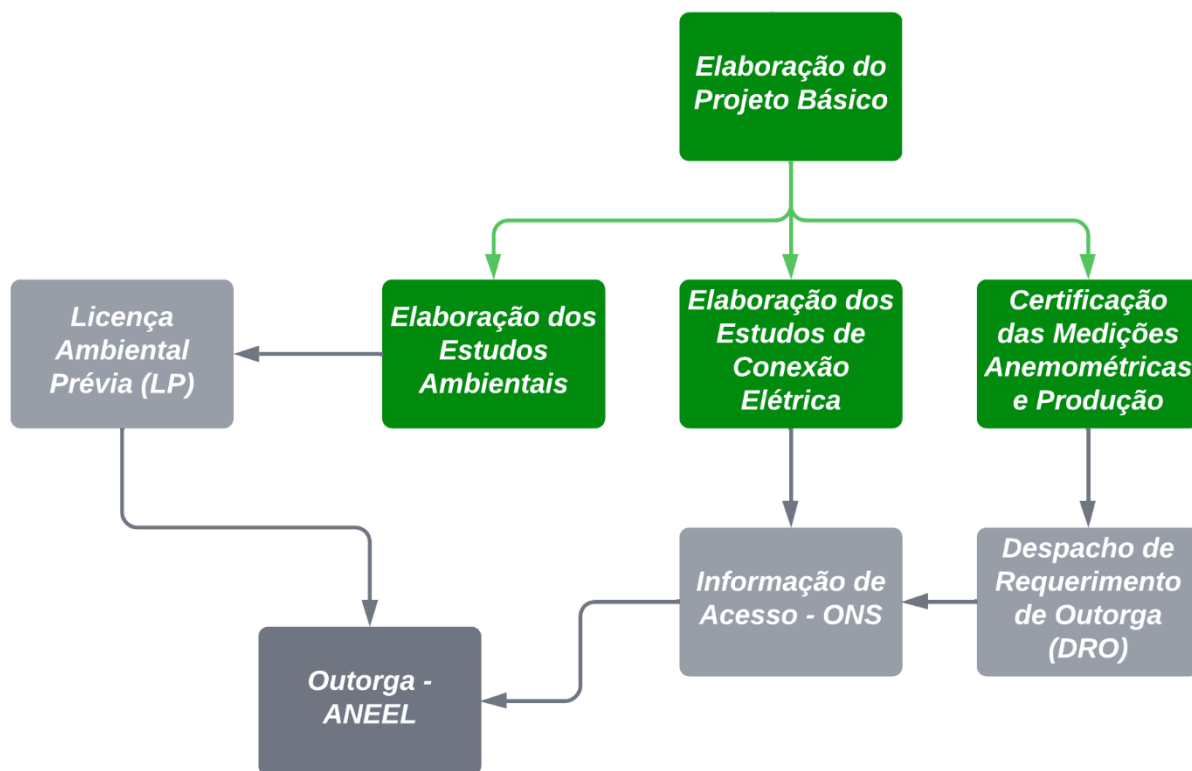
- a) DRO emitido pela ANEEL;
- b) requerimento para consulta de acesso ANEXO F;
- c) ficha de dados do empreendimento ANEXO G.

A consulta de acesso tem por objetivo avaliar possíveis alternativas e indicar o ponto de conexão viável para a usina, sendo essa respondida por meio da informação de acesso emitida pela CELESC. (CELESC, 2022)

5.3 Pedido de Outorga de Autorização

Após a emissão do DRO, o último ato para a obtenção de outorga, conforme apresentado na Figura 59, é o protocolo do pedido junto a ANEEL. A outorga de autorização tem vigência de 35 anos. Para fins de outorga, a ANEEL analisará a disponibilidade de recurso para geração de energia, a capacidade instalada e o acesso ao sistema de elétrico. (ANEEL, 2020)

Figura 59 – Fluxograma para Obtenção de Outorga



Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o pedido de outorga deverão ser apresentados os seguintes documentos: (ANEEL, 2020)

- a) licença ambiental;
- b) informação de acesso;
- c) garantia de fiel cumprimento;
- d) cronograma de implantação ANEXO H;
- e) sumário executivo ANEXO I.

Uma observação a ser levada em consideração, tanto para a obtenção de outorga quanto para a conexão elétrica, é o horizonte de conexão, ou seja, a definição da data de entrada em operação da usina. Isso porque a ANEEL define que, o prazo para a implantação da usina deverá ser menor ou igual a 3 anos, contados a partir da data do protocolo do pedido de outorga. (ANEEL, 2020)

Nessa etapa, além da consolidação do projeto, haverá marcos regulatórios a serem atingidos, dentre eles estão a Garantia de Fiel Cumprimento definido pela ANEEL (2020): “[...] o empreendedor deverá apresentar uma garantia no valor de 5% do investimento referente ao empreendimento eólico [...]”, sendo o valor de referência de R\$ 4.000,00/kW). A Obtenção do Despacho de Requerimento de Outorga (DRO), Licenciamento Ambiental Prévio (LP) e a Informação de Acesso junto à CELESC. Com estes quatro documentos o projeto estará apto a realizar o Pedido de Outorga de Geração conforme Resolução Normativa nº 876/2020. (ANEEL, 2020)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos aspectos técnicos e regulatórios apresentados, este capítulo é reservado para a conclusão do desenvolvimento apresentado e de recomendações para trabalhos futuros.

Baseado na grande demanda por projetos de energias renováveis e a concorrência por áreas de maior recurso energético com margem para conexão elétrica, faz-se necessário o entendimento da regulação do setor elétrico de modo a cumprir todas as etapas do processo de obtenção de outorga. Além disso, o desenvolvimento técnico do projeto deverá assegurar um projeto competitivo financeiramente.

Neste sentido, esse trabalho procurou, sobre a ótica do desenvolvedor de projetos, pontuar todos os pontos relevantes durante as fases de desenvolvimento a fim de reduzir o risco de insucesso para o empreendedor. Cabe lembrar que no LEN A-5 de 2021, 55% das inabilitações dos projetos foram por falta de margem de escoamento, 15% de inabilitações por falta de licença ambiental e 13% de inabilitações por não comprovarem posse do terreno. (EPE, 2021c)

Com base no cronograma estabelecido a partir de serviços e estudos necessários para cada etapa do projeto, a tomada de decisão do empreendedor será pautada em critérios técnicos e diretrizes regulatórias.

A importância da etapa inicial do projeto ficou evidenciada dada as atividades desempenhadas para atestar a viabilidade inicial do projeto, poupando assim tempo e recursos alocados para desenvolvimento do projeto e demais estudos envolvidos. Análises preliminares do recurso energético, conexão elétrica e restrições ambientais são os pontos de destaque nessa etapa.

O aproveitamento do potencial energético foi definido durante a etapa de viabilidade do projeto, ficando clara a necessidade de uma campanha de medição anemométrica sólida e demais estudos ambientais e definição do *layout*, por meio do estudo de *micrositing*.

Todas as atividades desempenhadas serviram de tomada de decisão quanto ao direcionamento do projeto e documentadas durante o projeto básico, no qual o detalhamento dos projetos necessário para a obtenção do DRO, licenciamento

ambiental, informação de acesso e outorga foram realizados seguindo os aspectos técnicos e regulatórios inerentes ao setor.

Neste sentido, conclui-se que apesar dos desafios apresentados, é possível desenvolver projetos de energia eólica competitivos permitindo ganhos ao empreendedor e à sociedade.

7.1 Recomendações para Trabalhos Futuros

Este trabalho discorreu de forma objetiva sobre todas as atividades técnicas de desenvolvimento e os aspectos regulatórios para a obtenção de outorga. Essa abordagem poderá servir de base e incentivo para trabalhos futuros:

- a) abordagem detalhada do processo de estudo de *micrositing* com apresentação das simulações e resultados energéticos;
- b) metodologia para definição da movimentação de solo e rocha para as obras civis;
- c) realização dos estudos elétricos para a conexão elétrica;
- d) análise de alternativas de aerogeradores e alternativas locais com base no Planejamento Integrado de Recursos Energéticos (PIR);
- e) realização de estudos de viabilidade econômica considerando os custos e receitas inerentes ao projeto eólico.

REFERÊNCIAS

ABEEólica. **Infovento 2022**. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

AMBIENS. **Estudo de Impacto Ambiental: CFU**. 2017.

ANAC. **Portaria nº 256/GC5 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as restrições relativas às implantações que possam afetar adversamente a segurança e a regularidade das operações aéreas, e dá outras providências. 2011. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/portarias/portarias-2011/portaria-no-0256-gc5-de-13-05-2011/@@display-file/arquivo_norma/PGAer2011-0256.pdf. Acesso em: 29 out. 2022.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 67 de 08 de junho de 2004**. Estabelece critérios para a composição da Rede Básica do Sistema Interligado Nacional, e dá outras providências. 2004. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=101119>. Acesso em: 19 out. 2022.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 876, de 10 de março de 2020**. Estabelece os requisitos e procedimentos necessários à obtenção de outorga de autorização para exploração e à alteração da capacidade instalada de centrais geradoras Eólicas, Fotovoltaicas, Termelétricas e outras fontes alternativas e à comunicação de implantação de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida. 2020. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020876.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

ANEEL. **ANEEL bate meta de expansão da matriz elétrica em 2021, três meses antes do previsto**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-bate-meta-de-expansao-da-matriz-eletrica-em-2021-tres-meses-antes-do-previsto/656877?inheritRedirect=false. Acesso em: 21 nov. 2021a.

ANEEL. **Sistema de Informação de Geração da ANEEL - SIGA**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdKNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 22 nov. 2021b.

ANEEL. **Resultados de Leilões**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/resultados-de-leiloes>. Acesso em: 09 fev. 2022a.

ANEEL. **Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico - SIGEL**. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>. Acesso em: 19 fev. 2022b.

ANEEL. **Orientações para Validação de Dados Georreferenciados de Centrais Geradoras Eólicas**. 2022c. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/sharing/rest/content/items/90b1e0037f7e43788a58d189d35b954f/data>. Acesso em: 19 nov. 2022c.

ANM. **SIGMINE Sistema de Informações Geográficas da Mineração**. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 24 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**. Forças Devidas ao Vento em Edificações. Rio de Janeiro. 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 61400-12-1**. Aerogeradores Parte 12-1: Medições do Desempenho de Potência de Aerogeradores. Rio de Janeiro. 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995**. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. 1995. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1995/lei-9074-7-julho-1995-347472-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 24 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, e dá outras providências. 2002. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/lei200210438.pdf/112a82ee-a44e-4198-8cf4-8e157538fff2?version=1.0>. Acesso em: 21 nov. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163compilado.htm. Acesso em: 04 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm. Acesso em: 24 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 24 out. 2022.

CCEE. **Estrutura do SEB**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/governanca>. Acesso em: 02 fev. 2022a.

CCEE. **Leilões**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/mercado/leilao-mercado>. Acesso em: 02 fev. 2022b.

CCEE. **Mercado livre de energia bate recorde de migração de unidades consumidoras em 2021**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/mercado-livre-de-energia-bate-recorde-de-migracao-de-unidades-consumidoras-em-2021>. Acesso em: 04 fev. 2022c.

CCEE. **Governança**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/governanca>. Acesso em: 09 fev. 2022d.

CELESC. **I-432-0003, de 01 de julho de 2017**. Requisitos Gerais para Conexão de Autoprodutor e Produtor Independente de Energia à Rede da CELESC. 2017. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/conexao-centrais-geradoras/requisitos-conexao-autoprodutor-produtor-independente.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

CELESC. **Passo a Passo para Conexão de Centrais Geradoras ao Sistema de Distribuição da CELESC-D**. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/conexao-de-centrais-geradoras>. Acesso em: 15 nov. 2022.

CEPEL. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Brasília, 2001.

CEPEL. **Novo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro - Simulações 2013**. 1º Edição. Rio de Janeiro, 2017.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. 1997. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237. Acesso em: 04 fev. 2022.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 428, de 17 de dezembro de 2010**. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. 2010. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/resolucao_CONAMA_428_17dez2010.PDF. Acesso em: 24 out. 2022.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA nº 279, de 27 de julho de 2001, e dá outras providências. 2014. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=677. Acesso em: 04 fev. 2022.

CONFER. **Complexo Eólico Bom Jardim da Serra/SC**. Disponível em: http://www.conferconstrutora.com.br/ultimas_obras/3/complexo_eolico_bom_jardim_da_serra_sc-17. Acesso em: 12 nov. 2022.

DNIT. **Autorização Especial de Trânsito**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/emitir-autorizacao-especial-de-transito>. Acesso em: 28. out. 2022.

DOCKET. **Checklist de due diligence imobiliária 2022**. Disponível em: <https://blog.docket.com.br/checklist-de-due-diligence-imobiliario-2022/>. Acesso em: 26. out. 2022.

DOS REIS, Lineu B.; SANTOS, Eldis C. **Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos Tecnológicos, Socioambientais e Legais**. Barueri: Editora Manole, 2014.

ELETROBRAS. **Sistema Elétrico Brasileiro Configuração 2027**. 2018. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/Mapa%20do%20Sistema%20Eletrico%20Brasileiro%20Configuracao%202027.pdf>. Acesso em: 19 out. 2022.

EMD. **GASP - Global of Atlas of Siting Parameters**. Disponível em: https://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=GASP_Global#Parameters:_Siting_Classification_-_Wind_Fatigue_Parameters. Acesso em: 13. out. 2022a.

EMD. **Help windPRO: 6 Environment**. Disponível em: https://help.emd.dk/WindPRO/content/windPRO3.6/c6-UK_WindPRO3.6-Environment.pdf. Acesso em: 15 nov. 2022b.

EMDBRASIL. **WindPRO**. Disponível em: <https://emdbrasil.com/windpro/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

EPE. **Nota Técnica DAE 08/14**. Leilões de Energia: Instruções para as medições anemométricas e climatológicas em parques eólicos . 2014. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-94/DEA%2008%20-%202014%20Instru%C3%A7%C3%B5es%20Medi%C3%A7%C3%B5es%20Anemom%C3%A9tricas.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2022.

EPE. **Instalação de Estações Anemométricas - Boas práticas**. 1º Edição. Rio de Janeiro, 2015.

EPE. **BEN 2021**. Relatório Síntese | Ano base 2020. 2021a. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf. Acesso em: 21 nov. 2021a.

EPE. **Empreendimentos Eólicos**. Instruções para Solicitação de Cadastramento e Habilitação Técnica com vistas à Participação nos Leilões de Energia Elétrica. 2021b. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/leiloes-de-energia/Documents/EPE-DEE-017_2009_R17_EOL.pdf. Acesso em: 02 fev. 2022b.

EPE. **Leilão de Energia Nova a-5 de 2021**. Informações sobre a Habilitação Técnica e sobre os Projetos Vencedores. 2021c. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-592/Informe%20Vencedores%20LEN%20A5.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021c.

EPE. **NT-ONS DPL 0092/2021**. LEN A-5/2021: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG. 2021d. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes/leilao-de-energia-nova-a-5-2021>. Acesso em: 23 out. 2022d.

EPE. **WEBMAP Interativo do Sistema Energético Brasileiro**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/webmap-epe>. Acesso em: 19 fev. 2022a.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>. Acesso em: 20 nov. 2022b.

EPE. **NT-ONS DPL 0035/2022**. LEN A-4/2022: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG. 2022c. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes/leilao-de-energia-nova-a4-2022>. Acesso em: 23 out. 2022c.

EPE. **NT-ONS DPL 0085/2022-r1**. LEN A-5/2022: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG. 2022d. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/leiloes-de-energia/Paginas/Leiloes-de-Energia-Nova-A-5-e-A-6-2022-.aspx>. Acesso em: 23 out. 2022d.

EPE. **NT-ONS DPL 0086/2022-r1**. LEN A-6/2022: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG. 2022e. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/leiloes-de-energia/Paginas/Leiloes-de-Energia-Nova-A-5-e-A-6-2022-.aspx>. Acesso em: 23 out. 2022e.

FADIGAS, Eliane A. Faria A. **Energia Eólica**. Barueri: Editora Manole, 2011.

GWEC. **Global Wind Report 2022**. Disponível em: https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/04/Annual-Wind-Report-2022_screen_final_April.pdf. Acesso em: 20 nov. 2022.

IEA. **Recommended practices for wind turbine testing and evaluation: 11. Wind speed measurement and use of cup anemometry**. 1. Edition. Glasgow, 1999.

IEA. Technology Roadmap - Wind Energy. **International Energy Agency**. 2013 edition. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/259e726a-348b-4a3c-9580-286eb365c098/Wind_2013_Roadmap.pdf. Acesso em: 13. out. 2022.

IEC. Wind turbines - Part 12-1: Power Performance Measurements of Electricity Producing Wind Turbines (IEC 61400-12-1:2022). Edition 3.0. 2022.

IEC. Wind Energy Generation Systems - Part 1: Design Requirements (IEC 61400-1:2019). Edition 4.0. 2019.

IFFSC. Nossa Área de Estudo. Disponível em: <https://www.iff.sc.gov.br/nossa-%C3%A1rea-de-estudo>. Acesso em: 29. out. 2022.

IMA. Instrução Normativa nº 53 de 22 de janeiro de 2015. Produção de energia eólica. 2015. Disponível em: <https://in.ima.sc.gov.br/instrucaoNormativa/downloadPDF/35>. Acesso em: 04 fev. 2022.

MEASNET. Cup Anemometer Calibration Procedure. Version 1. 1997.

MEASNET. Evaluation of Site-Specific Wind Conditions. Version 1. 2009.

MME. Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996. Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2003.htm. Acesso em: 09 out. 2022.

MME. Portaria MME nº 211, de 28 de maio de 2009. Resolve aprovar as diretrizes para o Leilão para Contratação de Energia de Reserva de que trata a Portaria MME nº 147, de 30 de março de 2009, a ser promovido, direta ou indiretamente, pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2009/portaria-n-211-2009.pdf/view>. Acesso em: 28 ago. 2022.

MME. Portaria nº 102, de 22 de março de 2016. Estabelecer as condições para Cadastramento de empreendimentos de geração em leilões de energia nova, de fontes alternativas e de energia de reserva junto à Empresa de Pesquisa Energética - EPE, com vistas à Habilitação Técnica para participação em leilões de energia elétrica. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2016/portaria-n-102-2016.pdf/view>. Acesso em: 28 ago. 2022.

MOREIRA, José Roberto S. Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021.

ONS. Acesso ao Sistema de Transmissão em 10 passos. 2020. Disponível em: http://www.ons.org.br/sites/multimedia/Documentos%20Compartilhados/aceso_conexao/arquivos/AcessoaoSistemadeTransmissaoem10passos.pdf. Acesso em: 05 fev. 2022.

ONS. Gráfico Indicativo das Margens Disponíveis no Brasil. Disponível em: https://sintegre.ons.org.br/sites/8/42/60/Paginas/servicos/Grafico_MargensDisponiveis_Brasil.aspx. Acesso em: 19 fev. 2022.

PINTO, Milton. **Fundamentos de Energia Eólica**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2012.

PINTO, Milton de O. **Energia Eólica - Princípios e Operação**. São Paulo: Editora Érica, 2019.

PUPPO, Amanda. Diretor da Aneel tem preocupação com parques solares outorgados sem obra iniciada. **UOL**. Brasília, 13 abr. 2021. Economia. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2021/04/13/diretor-da-aneel-tem-preocupacao-com-parques-solares-outorgados-sem-obra-iniciada.htm>. Acesso em: 24 nov. 2021.

RUBIM, Bárbara. Introdução ao Setor Elétrico Brasileiro. **BÁRBARA RUBIM**. 19 mar. 2020. Outras Análises. Disponível em: <https://barbararubim.com.br/introducao-ao-setor-eletrico-brasileiro/>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Aqui tem Mata?**. Disponível em: <https://www.aquitemmata.org.br/#/busca/sc/Santa%20Catarina/Bom%20Jardim%20da%20Serra>. Acesso em: 24. out. 2022.

VIAN, Ângelo. *et al.* **Energia Eólica Fundamentos Tecnologia e Aplicações**. São Paulo: Editora Blucher, 2021.

VILCO. **Inspeção do Site - CFU**. 2011.

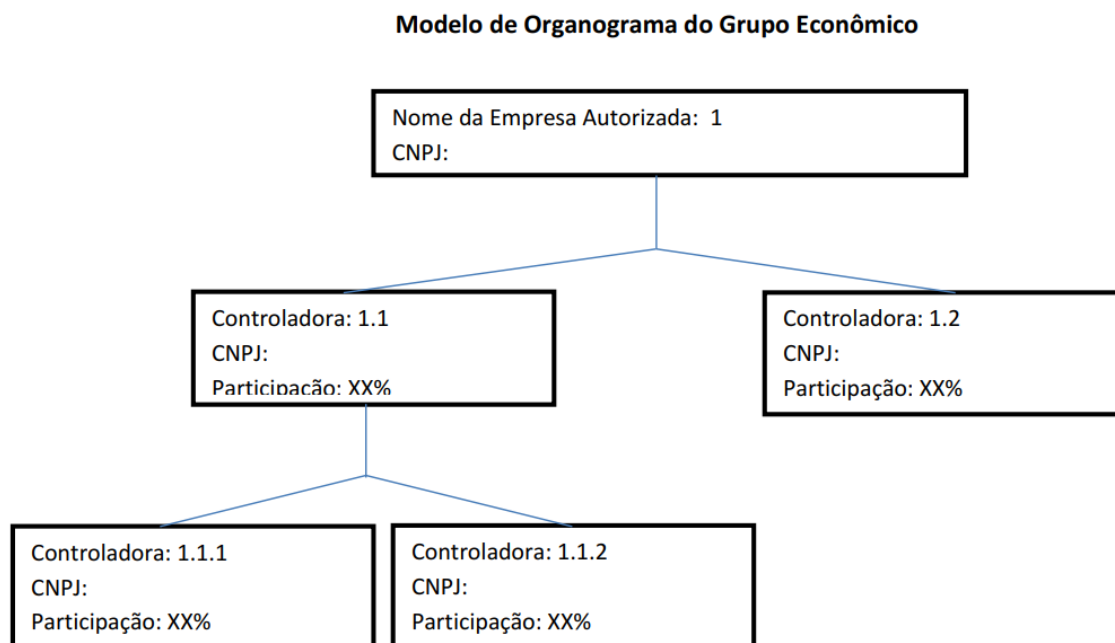
VILCO. Especificação Técnica de Torre Anemométrica e Sensores: CFU. 2012. a.

VILCO. **Instalação e Comissionamento das Torres Anemométricas e Sensores: CFU**. 2012. b.

VILCO. **Relatório de Manutenção Corretiva: CFU**. 2016.

ANEXOS

ANEXO A – Modelo Organograma do Grupo Econômico

**Composição Societária**

Empresa Autorizada	%
1.	100

Controladoras	%
1.1 Nome da empresa	XX
1.1.1 Nome da empresa	XX
1.1.2 Nome da empresa	XX
1.2 Nome da empresa	XX
Inserir linhas necessárias	

Deve ser promovida a abertura do quadro de acionistas/cotistas até a participação acionária final, obedecendo às seguintes regras:

- Apresentar as participações diretas e indiretas da cadeia societária, inclusive de pessoas físicas, até seu último nível, considerando todo tipo de participação, inclusive as participações minoritárias superiores a 5%;
- Informar as participações inferiores a 5% (cinco por cento) quando o acionista fizer parte do Grupo de Controle por meio de Acordo de Acionistas; e
- Informar a razão social e o CNPJ da empresa; ou o nome completo e CPF do quotista/acionista; e o seu respectivo percentual de participação.

ANEXO B – Modelo Ficha Técnica EOL

FICHA TÉCNICA DE USINAS EÓLICAS.¹

	FICHA TÉCNICA PARA REQUERIMENTO DE OUTORGA USINAS EÓLICAS		SCG Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração
	ENDEREÇO: SGAN 603 - MÓDULO J – 2º ANDAR - TEL.: (61) 2192-8753 - FAX: (61) 2192-8777 - CEP. 70.830.110 - BRASÍLIA - DF		
NOME DO EMPREENDIMENTO:			
1. IDENTIFICAÇÃO DO TITULAR:			
NOME DO TITULAR:			
ENDEREÇO:			
CEP:		MUNICÍPIO:	ESTADO:
CNPJ/CPF:	TEL: ()	FAX: ()	E-mail:
FINALIDADE	AUTOPRODUTOR - AP ()		PRODUTOR INDEPENDENTE -PIE ()
ATO CONSTITUTIVO	Informar o ato constitutivo, estatuto ou contrato social em vigor, devidamente registrado no órgão competente, número e data de registro, e ato que instituiu a atual administração, observando, no que couber, o disposto na lei no 6.404, de 15 de setembro de 1976.		
ORGANOGRAMA DO GRUPO ECONÔMICO	DENOMINAÇÃO DO DESENHO APRESENTADO:		Nº DE FOLHAS:
2. DIRETOR PRESIDENTE:			
NOME:			
TELEFONE:			
E-MAIL:		RG:	
CPF:		DATA DE NASCIMENTO:	
3. REPRESENTANTE LEGAL:			
NOME:			
CARGO:			
TELEFONE:			
E-MAIL:		RG:	
CPF:		DATA DE NASCIMENTO:	
4. RESPONSÁVEL TÉCNICO:			
NOME:			
CARGO:		REGISTRO CREA/CONFEA:	
TELEFONE:			
E-MAIL:		RG:	
CPF:		DATA DE NASCIMENTO:	
5. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EMPREENDIMENTO:			
ENDEREÇO:			
DISTRITO:		MUNICÍPIO:	ESTADO:
COORDENADAS GEOGRÁFICAS ²		LATITUDE:	LONGITUDE:
ARRANJO GERAL DO EMPREENDIMENTO	DENOMINAÇÃO DO DESENHO APRESENTADO:		Nº DE FOLHAS:
ALTITUDE (m):	Temperatura Ambiente Média Anual (°C):		Umidade Relativa Média Anual (%):

¹ Não sendo os espaços suficientes para entrada de todos os dados (ou dados específicos de um determinado equipamento), favor ampliá-los adequadamente (incluir linhas onde necessário).

² Todas coordenadas devem ser informadas em Sirgas 2000. No caso de adotar coordenadas planialtimétricas, informar Datum e Fuso.


6. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO DO EMPREENDIMENTO:

SISTEMA DE CONEXÃO	ISOLADO ()	INTERLIGADO ()	INTEGRADO ()
	Paralelismo Permanente: Sim () Não ()		
DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO	DENOMINAÇÃO DO DESENHO APRESENTADO:		Nº DE FOLHAS:

7. CUSTOS ÍNDICES:

CENTRAL GERADORA (R\$/kW):	TRANSMISSÃO ASSOCIADA (R\$/kW)	ENERGIA PRODUZIDA (R\$/MWh):
DATA BASE: / /	DATA BASE: / /	DATA BASE: / /

8. USINA EÓLICA - EOL:

TURBINAS EÓLICAS							
FABRICANTE DAS TURBINAS:		MODELO:		CLASSE DE VENTO IEC:			
Potência Instalada Declarada ³ (kW):							
Capacidade Instalada de Placa (kW):		NUMERO DE UNIDADES GERADORAS:		FATOR DE CAPACIDADE:			
VEL. DE VENTO NOMINAL (m/s):		VEL. DE VENTO DE PARTIDA (cut-in) (m/s):		VEL. DE VENTO DE CORTE (cut-out) (m/s):			
TECNOLOGIA:	☐ Velocidade variável e gerador síncrono.			☐ Velocidade variável, gerador de indução e escorregamento variável.			
	☐ Velocidade variável e gerador de indução duplamente alimentado.			☐ Velocidade fixa e gerador de indução com rotor em gaiola.			
	☐ Outra – especificar:						
MULTIPLICADOR DE VELOCIDADE: ☐ Possui, com razão de: ☐ Não possui							
CONTROLE DE POTÊNCIA: ☐ Passo variável (pitch) ☐ Estol (stall) ☐ Estol ativo (active stall)							
TURBINA(S):	Potência nominal:	kW	Potência de referência:	kW	Máxima pot. gerada(média de 10 minutos):	kW	
LOCALIZAÇÃO DOS AEROGERADORES							
DATUM: SIRGAS 2000		FUSO:					
DENOMINAÇÃO AEROGERADOR		COORDENADA: E (m)		N (m)			
GERADORES ELÉTRICOS							
GERADORE(S) NÚMERO	Pot. Nominal Aparente (kVA)	Rotações de Operação (rpm)	Fator de potência	Rotação / Potência (rpm / kW)	Tensão (kV)	Classe de isolamento	Data de entrada em operação

UNIDADES DE CONTINGÊNCIA: ⁴		
Unidade Geradora	Potência Instalada [kW]	Combustível/Fonte

ROTOR AERODINÂMICO			
Diâmetro (m):	Área varrida (m ²):	Faixa de rotação (rpm):	Número de pás:
TORRES			
ALTURA DO EIXO DO ROTOR (m):	TIPO:	MATERIAL:	PESO (kgf):
Nível de ruído na base da torre (dB):	Referente à velocidade de vento de		m/s

8. PROPRIEDADE OU POSSE DAS ÁREAS NECESSÁRIAS
DECLARAÇÃO DE PROPRIEDADE OU POSSE DIRETA DAS ÁREAS NECESSÁRIAS À IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL GERADORA:

Eu, (nome completo do representante legal), (nacionalidade), inscrito no CPF sob o nº (CPF), representante legal da empresa (nome da empresa), inscrita sob o CNPJ/MF nº. (CNPJ), sediada no endereço (endereço), declaro que a empresa (nome da empresa) possui propriedade ou a posse direta das áreas necessárias à implantação da central geradora (nome da central geradora), mediante justo título, localizada em (endereço), município de (município), estado de (estado), respondendo nas instâncias civil, penal (art. 299 do Código Penal) e administrativa pela veracidade desta declaração.

10. ASSINATURA DO DIRETOR PRESIDENTE, DO REPRESENTANTE LEGAL E DO ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES TÉCNICAS:

NOME DO DIRETOR PRESIDENTE:

NOME DO REPRESENTANTE LEGAL:

NOME DO RESPONSÁVEL TÉCNICO:

ASSINATURA

ASSINATURA

ASSINATURA

³Artigo 15 da Resolução nº 583, de 22 de outubro de 2013.

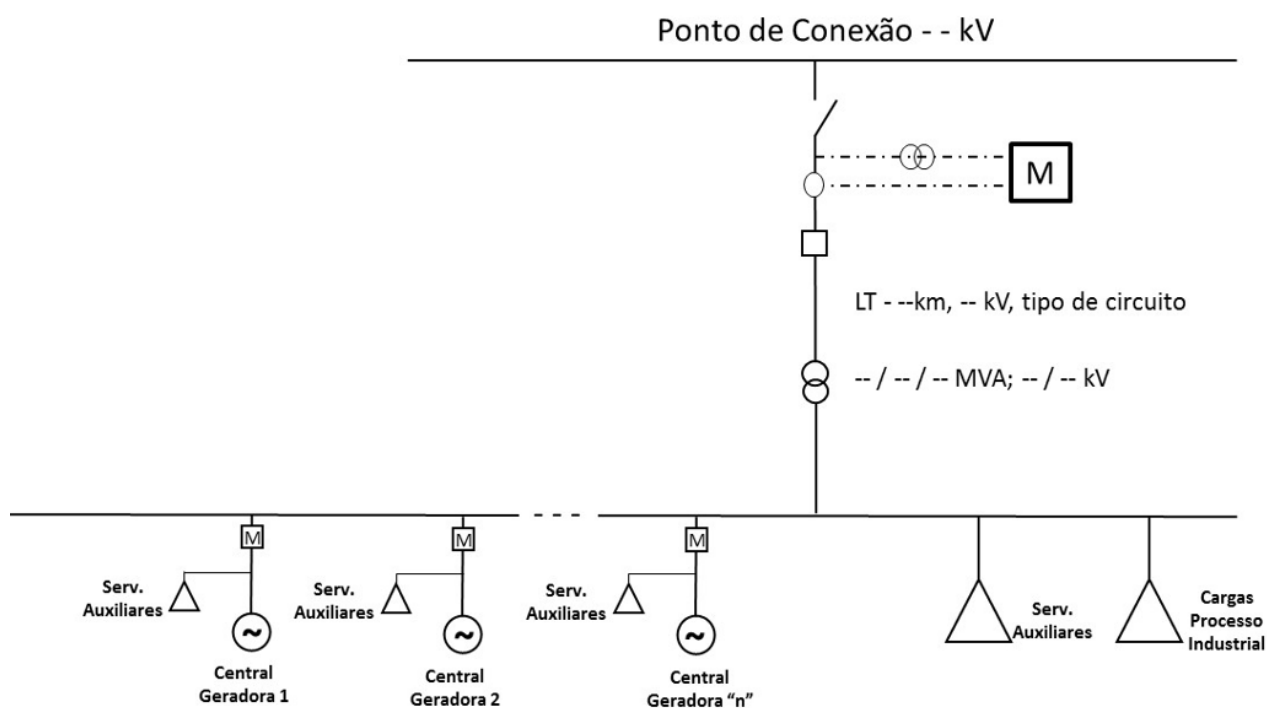
⁴Inciso XI do art. 2º da Resolução nº 583, de 22 de outubro de 2013.

ANEXO C – Modelo Diagrama Unifilar Simplificado

O Diagrama Unifilar Simplificado, apresentado pela empresa, deverá conter:

- 1) Unidades Geradoras;
- 2) Subestações Elevadoras contendo: [i] tensão primária e secundária (kV) dos transformadores; [ii] quantidade e potência dos transformadores; e [iii] empreendimentos que compartilham a subestação;
- 3) Linha de transmissão contendo: [i] potência (kV); [ii] extensão (km); e [iii] tipo de circuito (simples ou duplo);
- 4) Ponto de Conexão;
- 5) Medição elétrica para fins de contrato de conexão e comercialização de energia;
- 6) Sistemas e serviços auxiliares.

De acordo com o que é previsto no art. 18 da Resolução Normativa 876/2020, os itens 5 e 6 deverão ser individualizados para cada usina.



ANEXO D – MODELO DECLARAÇÃO DE INTERFERÊNCIA

**DECLARAÇÃO DE CIÊNCIA DE PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE NOVO PARQUE EÓLICO**

A(s) empresa(s)(denominação da empresa ou das empresas reunidas em consórcio), inscrita sob o CNPJ/MF nº., sediada no endereço e titular(es) da outorga de autorização.....(denominação do parque outorgado)..... objeto da(ato de outorga: Portaria MME/Resolução Autorizativa ANEEL)..... n..... de(data do ato)....., por meio de seu representante legal(nome completo do representante legal).....,(nacionalidade)....., inscrito no CPF sob o n.....,..... declara: i) ter conhecimento da intenção da(denominação da empresa ou das empresas reunidas em consórcio interessada(s) na implantação do novo parque), inscrita sob o CNPJ/MF n....., sediada no endereço de implantar a.....(denominação do parque a ser outorgado)....., cuja região de interferência – como definida na Resolução Normativa n 876, de 10 de março de 2020 – abrange área da.....(denominação do parque outorgado).....; ii) que a(denominação da empresa ou das empresas reunidas em consórcio) tratará diretamente com a(denominação da empresa ou das empresas reunidas em consórcio interessada(s) na implantação do novo parque) sobre eventuais ajustes e compensações decorrentes da possível interferência da(denominação do parque a ser outorgado)..... na energia gerada pela(denominação do parque outorgado).....

_____, ____ de _____ de 20XX

Representante Legal do parque eólico outorgado

ANEXO E – Modelo Sumário de Certificação

SUMÁRIO DE CERTIFICAÇÃO DE USINAS EÓLICAS.¹

	SUMÁRIO DE CERTIFICAÇÃO USINAS EÓLICAS	SCG Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração
	ENDEREÇO: SGAN 603 - MÓDULO J – 2º ANDAR - TEL.: (61) 2192-8753 - FAX: (61) 2192-8777 - CEP: 70.830.110 - BRASÍLIA - DF	

1. IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CERTIFICADORA

NOME:			
ENDEREÇO:			
CEP:	MUNICÍPIO:	ESTADO:	
CNPJ/CPF:	TEL.: ()	FAX: ()	E-mail:

2. REPRESENTANTE DA EMPRESA CERTIFICADORA:

NOME:	
TELEFONE:	
E-MAIL:	
CPF:	DATA DE NASCIMENTO:

3. POTENCIAL EÓLICO

VELOCIDADE MÉDIA ANUAL DO VENTO (m/s):				MÁXIMA RAJADA DE VENTO LOCAL (m/s):				ALTURA DE MEDIÇÃO DO VENTO (m):							
FATOR DE FORMA DE WEIBULL k:				FATOR DE ESCALA DE WEIBULL c(m/s):											
DIREÇÕES DE VENTO COM PERMANÊNCIA SUPERIOR A 10%:															
N	NNE	NE	ENE	L	ESSE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
INTENSIDADE DE TURBULÊNCIA (média anual):				INTENSIDADE DE TURBULÊNCIA MÁXIMA:				RUGOSIDADE MÉDIA DO TERRENO (z_0) (m):							
LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO ANEMOMÉTRICA ² :				LATITUDE:				LONGITUDE:							
TEMPO DE MEDIÇÃO LOCAL DO RECURSO EÓLICO (meses):															
PREVISÃO MENSAL DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA:															
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ				
ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA (MWh/ano):								ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO MÉDIA (MWmed):							

4. ASSINATURA DO REPRESENTANTE DA EMPRESA CERTIFICADORA:

NOME DO REPRESENTANTE DA EMPRESA
CERTIFICADORA:

ASSINATURA:

¹ Não sendo os espaços suficientes para entrada de todos os dados (ou dados específicos de um determinado equipamento), favor ampliá-los adequadamente (incluir linhas onde necessário).

ANEXO F – Modelo Requerimento para Consulta de Acesso

REQUERIMENTO PARA CONSULTA DE ACESSO

_____, ____ de _____ de 20 ____

À Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. - Celesc
Agência Regional de (nome da Agência)
(nome da cidade) - SC

Prezado Senhor,

Através do presente viemos requerer a V. S^a a indicação de um ou mais pontos de conexão ao Sistema Elétrico da Celesc, para um possível empreendimento de geração elétrica, com potência instalada de (____) MW, localizado em (nome do município).

Segue em anexo a ficha de dados do empreendimento.

(Descrever informações ou detalhes que possam esclarecer a consulta)

Atenciosamente,

Representante da Empresa requerente

ANEXO G – Modelo Ficha de Dados para Consulta de Acesso

IDENTIFICAÇÃO

Agência Regional	Data
Razão Social do Acessante	CNPJ
Endereço do Acessante (com CEP)	Bairro
	Município
Endereço do Empreendimento (com CEP)	Bairro
	Município
Nome da Usina	Rio (quando aplicável)
Responsável pela informação	Telefone

1. CLASSIFICAÇÃO

Autoprodutor Com Venda de Energia Excedente – APE	
Produtor Independente - PIE	

2. PARALELISMO

Momentâneo	
Permanente	

3. INFORMAÇÕES GERAIS DAS INSTALAÇÕES

Localização Geográfica do Empreendimento(*)		
Tipo de Aproveitamento Energético <i>Termoelétrico, Hidroelétrico, Eólico, Cogeração, Biomassa, Solar ou Outra fonte alternativa (especificar)</i>		
Data Prevista para Conexão	1ª etapa : _____ kW	____/____/____
	2ª etapa : _____ kW	____/____/____
	3ª etapa : _____ kW	____/____/____

(*) Documentos relativos à localização do empreendimento

- Mapas cartográfico/croquis/diagramas geográficos que permitam a localização da Usina.
- Informar as coordenadas geográficas da Usina.

4. DADOS DOS GERADORES:

Gerador nº	1	2	3
Potência Aparente Nominal (kVA)			
Potência Aparente Máxima (kVA)			
Tensão Nominal (kV)			
Tensão máxima de geração (pu)			
Tensão mínima de geração (pu)			
Fator de potência			

5. DADOS DOS TRANSFORMADORES DA USINA **(SE DISPONÍVEL)**:

Transformador nº	1	2	3
Tensão Nominal da BT (Volts)			
Tensão Nominal da AT (Volts)			
Potência Nominal ONAN (kVA)			
Potência Nominal ONAF (kVA)			
Impedância referida a potência ONAN (%)			
Grupo de Ligação AT/BT (ex. Triângulo - Estrela aterrado)			
Taps disponíveis (Volts)	1-	1-	1-
	2-	2-	2-
	3-	3-	3-
	4-	4-	4-
	5-	5-	5-

ONAN – Potência sem Ventilação Forçada ONAF – Potência com Ventilação Forçada

ANEXO H – Modelo Cronograma Físico

Marcos de implantação	Data
Início da montagem do canteiro de obras	Até DIA/MÊS/ANO
Início das obras civis das estruturas	Até DIA/MÊS/ANO
Início da concretagem das bases das unidades geradoras	Até DIA/MÊS/ANO
Início da montagem das torres das unidades geradoras	Até DIA/MÊS/ANO
Início das obras da Subestação (SE) e/ou da Linha de Transmissão (LT) de Interesse Restrito	Até DIA/MÊS/ANO
Início da operação em teste das unidades geradoras (acrescentar linhas, caso haja datas diferentes)	Até DIA/MÊS/ANO
Início da operação comercial das unidades geradoras (acrescentar linhas, caso haja datas diferentes)	Até DIA/MÊS/ANO

ANEXO I – Modelo Sumário Executivo

SUMÁRIO EXECUTIVO DE USINAS EÓLICAS.¹

	SUMÁRIO EXECUTIVO PARA EMISSÃO DE OUTORGA USINAS EÓLICAS	SCG Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração
	ENDEREÇO: SGAN 603 - MÓDULO J – 2º ANDAR - TEL.: (61) 2192-8753 - FAX: (61) 2192-8777 - CEP: 70.830.110 - BRASÍLIA - DF	

1. IDENTIFICAÇÃO:

NOME DA USINA:
NOME DA EMPRESA TITULAR:

2. DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA À OUTORGA:

LICENÇA AMBIENTAL	Nº DA LICENÇA AMBIENTAL	ÓRGÃO EMISSOR:
DATA DA EMISSÃO:	DATA DE VALIDADE:	
INFORMAÇÃO DE ACESSO	Nº DA CARTA DE INFORMAÇÃO DE ACESSO	EMPRESA RESPONSÁVEL:
DATA DA EMISSÃO:	PONTO DE CONEXÃO:	

CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

Início da montagem do canteiro de obras
Início das obras civis das estruturas
Início da concretagem das bases das unidades geradoras
Início da montagem das torres das unidades geradoras
Início das obras da subestação e/ou da linha de transmissão de interesse restrito
Início da operação em teste: (por unidade geradora)
Início da operação comercial: (por unidade geradora)

Potência Instalada Declarada ² (kW):	Potência Líquida Declarada ² (kW):
---	---

3. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO DO EMPREENDIMENTO:

DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO ³	Constituídas de uma subestação elevadora de [.....] kV junto à usina, com transformadores de [.....] MVA] cada, e uma linha de transmissão em [.....] kV, em circuito [simples/duplo], de aproximadamente [.....] km de extensão, conectando-a à subestação [.....], sob a responsabilidade da empresa [.....].
---	---

No decorrer do processo de outorga, caso as informações técnicas sobre o empreendimento sejam alteradas entre a emissão do Despacho de Registro de Requerimento de Outorga e o pedido de Autorização, os documentos constantes do Anexo I devem ser reencaminhados à ANEEL, de forma a constar corretamente nos processos as informações acerca do empreendimento.

4. ASSINATURA DO DIRETOR PRESIDENTE, DO REPRESENTANTE LEGAL E DO ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES TÉCNICAS:

NOME DO DIRETOR PRESIDENTE:

NOME DO REPRESENTANTE LEGAL:

NOME DO RESPONSÁVEL TÉCNICO:

ASSINATURA:

ASSINATURA:

ASSINATURA:

¹ Não sendo os espaços suficientes para entrada de todos os dados (ou dados específicos de um determinado equipamento), favor ampliá-los adequadamente (incluir linhas onde necessário).

² Artigo 15 da Resolução nº 583, de 22 de outubro de 2013.

³ O texto sugerido induz ao preenchimento com as informações necessárias para o ato autorizativo. No entanto, este pode ser adaptado às características das instalações de transmissão de interesse restrito do empreendimento caso necessário.

\\SCG\\Resolução\\66\\Formulário Descritivo (2) .tito