

## 4. CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO

### 4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As informações contidas neste capítulo são baseadas nos projetos dos parques eólicos do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**, e trata dos principais aspectos relacionados à sua instalação e operação, apresentando os estudos básicos que deram suporte aos projetos de engenharia do empreendimento, o dimensionamento do complexo eólico, as diversas etapas que compõem a fase de implantação, os custos e o cronograma do projeto.

### 4.2. FASES DO EMPREENDIMENTO

O Projeto do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** se efetivará em três fases, sendo: estudos e projetos, incluindo o planejamento do empreendimento; implantação, com a construção das vias de acesso, fundações, cabeamento elétrico, aquisição dos aerogeradores, instalação e montagem dos aerogeradores; e, operação do empreendimento, que é o funcionamento propriamente dito dos aerogeradores para geração de eletricidade (Quadro 4.1).

#### 4.2.1. Fase de Estudos e Projetos

Nesta fase, foi determinada a capacidade nominal de cada parque eólico integrante do complexo eólico, tendo em vista as perspectivas de se gerar cerca de 255,0 MW. A partir de então foram procedidas às devidas ações para o processo de licenciamento junto a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e ao órgão ambiental competente, a SEMAR entre outras instituições envolvidas com a questão da geração de energia por produtores independentes.

O dimensionamento do complexo eólico teve como pressupostos os estudos básicos, envolvendo o estudo de viabilidade econômica, levantamento topográfico, estudo geotécnico do terreno e estudo da caracterização eólica da região.

Já na etapa posterior ao projeto de dimensionamento, seguiu-se com o estudo ambiental, primeiramente através da elaboração do Relatório Ambiental Simplificado (RAS) na fase de licenciamento prévio, e nesta etapa, com a apresentação de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o qual fica consubstanciado no presente documento.

### Quadro 4.1 – Fluxograma das Fases do Empreendimento

Fases e Componentes do Projeto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ESTUDOS E PROJETOS               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ ESTUDOS BÁSICOS                   <ul style="list-style-type: none"> <li>. Estudo de Viabilidade Econômica</li> <li>. Levantamento Topográfico</li> <li>. Caracterização Eólica da Região</li> <li>. Regularização Fundiária</li> </ul> </li> <li>▫ PROJETO BÁSICO DO COMPLEXO EÓLICO</li> <li>▫ ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO</li> <li>▫ ESTUDO AMBIENTAL</li> </ul> </li> <li>- IMPLANTAÇÃO               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ CONTRATAÇÃO DE EMPREITEIROS E MÃO DE OBRA</li> <li>▫ INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS</li> <li>▫ MOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS</li> <li>▫ LIMPEZA DA ÁREA / SUPRESSÃO VEGETAL</li> <li>▫ MELHORIAS DAS VIAS DE ACESSO EXTERNAS</li> <li>▫ MELHORIAS/CONSTRUÇÃO DAS VIAS DE ACESSO INTERNAS</li> <li>▫ CONSTRUÇÕES DAS FUNDAÇÕES E DAS BASES</li> <li>▫ MONTAGEM DAS TORRES E AEROGERADORES</li> <li>▫ MONTAGENS ELÉTRICAS</li> <li>▫ CABEAMENTO ELÉTRICO</li> <li>▫ INTERLIGAÇÃO ELÉTRICA</li> <li>▫ CONSTRUÇÃO DA SUBESTAÇÃO E CASA DE CONTROLE</li> <li>▫ TESTES FINAIS E COMISSIONAMENTO</li> <li>▫ DESMOBILIZAÇÃO DA OBRA</li> </ul> </li> <li>- OPERAÇÃO               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ FUNCIONAMENTO</li> <li>▫ MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS</li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Geoconsult, relatório interno.

#### 4.2.1.1. Estudos Básicos

##### 4.2.1.1.1. Estudo de Viabilidade Econômica

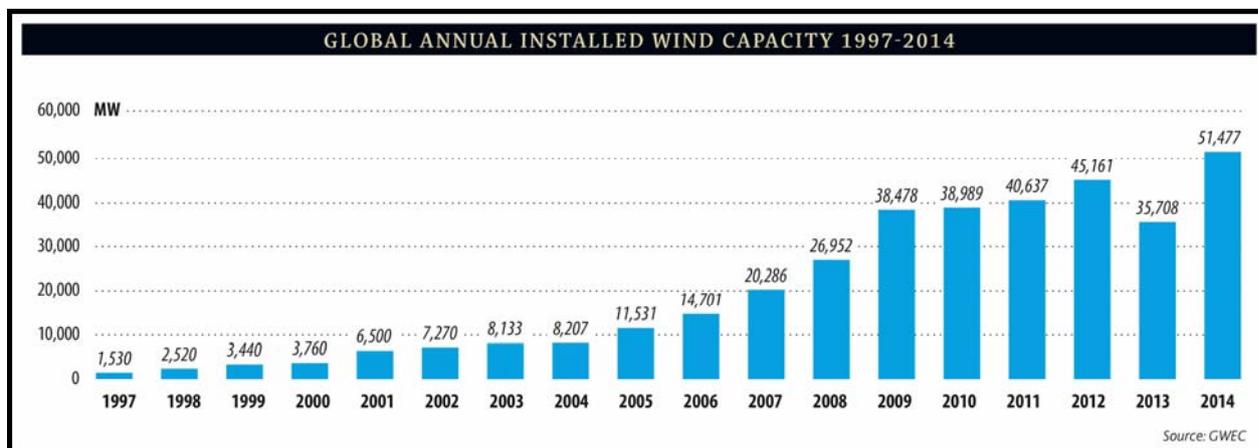
O Estudo de Viabilidade Econômica envolveu uma avaliação de custo/benefícios do projeto por parte do empreendedor.

Uma das motivações para a viabilidade econômica do empreendimento refere-se a observação do cenário mundial.

A energia eólica, um recurso renovável e de baixo impacto ambiental, tem sido a fonte energética que mais tem ganhado destaque no cenário mundial. De acordo com o último

relatório do setor apresentado pelo Conselho Global de Energia Eólica (GWEC), de 1997 a 2014, a capacidade instalada de geração de energia eólica cresceu 3.364,51%, conforme demonstra a Figura 4.1.

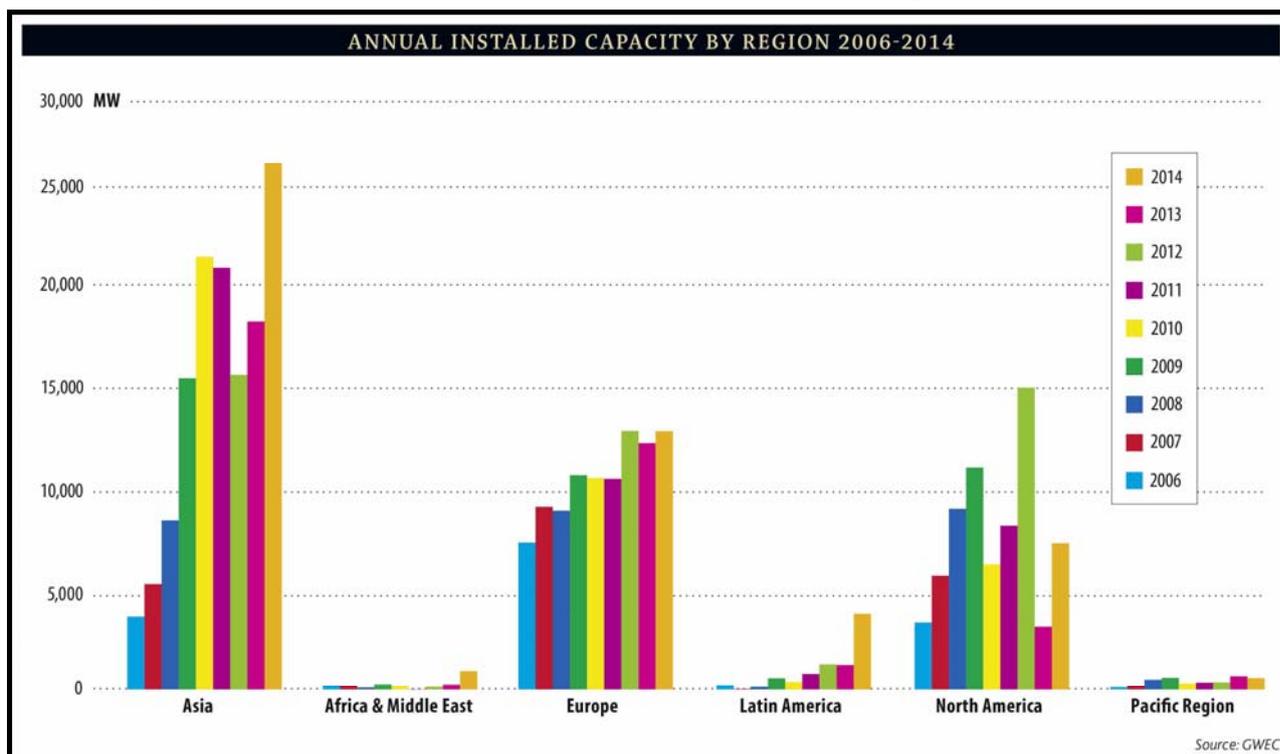
**Figura 4.1 – Variação da Capacidade Instalada de Energia Eólica de 1997 a 2014**



Fonte: [http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/02/2\\_global\\_annual\\_installed\\_wind\\_capacity\\_1997-2014.jpg](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/02/2_global_annual_installed_wind_capacity_1997-2014.jpg), acesso: 9/03/2015

Ao longo dos últimos 10 anos, a taxa média de crescimento foi de 28%. A Ásia, Europa e América do Norte são as regiões que apresentaram maiores taxas de crescimento em capacidade instalada por região, ver Figura 4.2. China, Estados Unidos, Alemanha, Espanha e Índia são os países com maior potência instalada.

**Figura 4.2 – Variação da Capacidade Instalada por Região, de 2006 a 2014**



Fonte [http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/annual\\_installed\\_capacity\\_by\\_region\\_2006-2014.jpg](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/annual_installed_capacity_by_region_2006-2014.jpg), acesso: 09/03/2015

Depois de uma desaceleração em 2013, a indústria eólica estabeleceu um novo recorde para instalações anuais em 2014. Globalmente, 51,477 MW de nova capacidade de geração eólica foi adicionado em 2014 de acordo com as estatísticas do mercado global de vento divulgadas pelo Conselho Global de Energia Eólica (GWEC) . A figura de definição de registro representa um aumento de 44% no mercado anual, e é um sinal sólido da recuperação da indústria após uma fase difícil nos últimos anos. Instalações cumulativas totais situando-se em 369.553,00 MW no final de 2014.

O Brasil têm apresentado destaque na instalação e contratação de potência eólica nos últimos anos, tendo ampla liderança na América do Sul. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em janeiro de 2012 o Brasil contava com 72 parques eólicos em operação, em um equivalente a 1.509 MW de capacidade instalada.

No âmbito pós-PROINFA (2002) a expansão de energia eólica se deu basicamente através dos leilões de energia. Os leilões visam a contratação da energia proveniente especificamente de novos empreendimentos.

A participação da energia eólica na matriz energética brasileira deverá se expandir dos atuais 1% para 7% até o final de 2020. De acordo com os prognósticos da EPE, nos próximos dez anos outros 4.100 MW serão conectados à matriz energética brasileira de modo que o país estenda sua capacidade atual de cerca de 1.450 MW para mais de 11.500 MW ao final de 2020 (uma expansão equivalente a 87% da capacidade atual).

Tendo como base o mapeamento eólico realizado, foram feitas simulações das perdas por interferência aerodinâmica entre turbinas no programa AeroPARK (Camargo Schubert), o qual incorpora o mesmo modelo de interferência aerodinâmica entre rotores de turbinas do programa WAsP/PARK. A partir destas simulações, optou-se pelo modelo de turbina e layout que maximizaram a produção de energia em relação ao valor do investimento, buscando-se sempre a viabilidade financeira do empreendimento.

Serviram como premissas para a viabilidade do empreendimento, os seguintes dados:

- prazo máximo de implantação de 04 semestres;
- tempo mínimo de operação do projeto;
- produção média anual do parque eólico;
- índice médio de disponibilidade anual; e,
- custo de operação e manutenção do empreendimento.

Com base nos itens acima apresentados, considerando as premissas econômicas básicas, como taxa de juros, previsão de inflação, impostos, contribuições pertinentes, e

com base em uma análise de fluxo de caixa, o projeto mostrou plena viabilidade econômica.

O preço a ser pago a **ATLANTIC ENERGIAS RENOVÁVEIS S.A.**, para cada MWh gerado será especificado em contrato, definido no 5º Leilão de Energia Nova realizado em novembro/2014.

#### 4.2.1.1.2. Levantamento Topográfico

Na realização dos estudos do complexo eólico, foram realizados trabalhos internos de topografia digital através da ferramenta disponibilizada pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) chamada de *Shuttle Radar Topography Mission* disponibilizando dados topográficos digitais que a partir dos mesmos foi possível gerar curvas de nível que foram usadas nos projetos do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**.

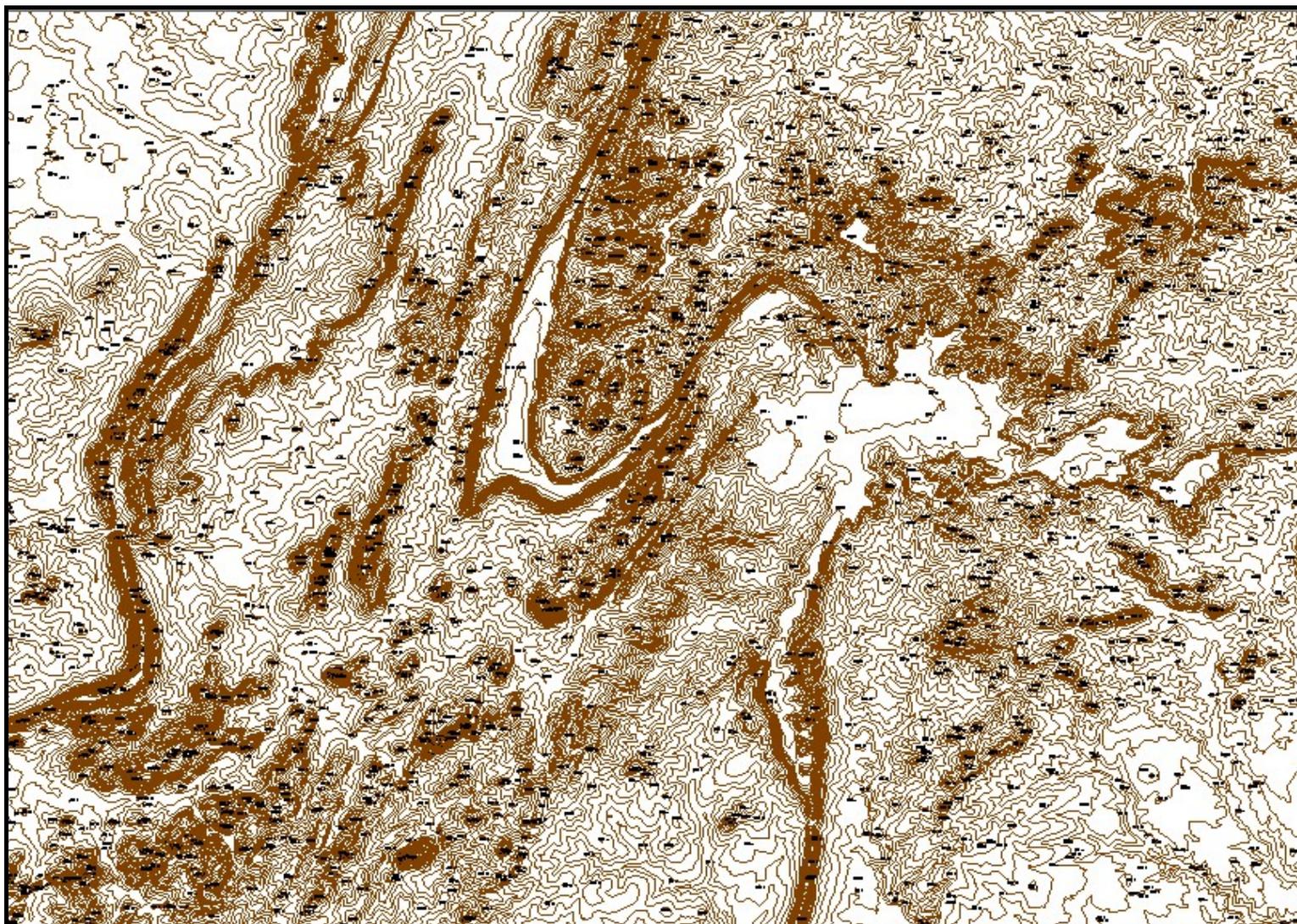
Para este empreendimento foi executado um perfilamento a laser em uma área aproximada de 300 km<sup>2</sup> para verificar e ajustar as curvas de potenciais e uma melhor definição do greide das vias e plataformas. Este sistema de sensoriamento remoto ativo utiliza plataformas aéreas (aeronave, helicópteros) para obter dados a respeito da altura dos objetos e da superfície do terreno utilizando feixes de LASER (LASER–Light Amplification by Stimulated Emission of Radiance).

O princípio básico de funcionamento deste sistema é a obtenção de registros contínuos de coordenadas espaciais, as quais constituem os elementos primários para modelagem do terreno e geração de um mapa topográfico derivado destas informações. Durante o levantamento, o sistema emite pulsos LASER em determinada frequência, que são dirigidos para o solo por meio de um conjunto ótico móvel. O sistema faz uma varredura da superfície do terreno abaixo da aeronave e registra a distância até o solo para cada um dos pulsos emitidos, sendo registrada também a posição inercial do conjunto, de modo a conhecer a inclinação de cada feixe em relação à vertical do lugar. Estes sistemas dependem basicamente da detecção de luz refletida em uma superfície natural ou artificial.

A Figura 4.3 apresenta a composição do relevo do terreno a partir do perfilamento a laser.

Associado ao perfilamento a laser, foi utilizado o recobrimento da área com ortofoto. Ortofoto é uma representação fotográfica de uma região da superfície terrestre, no qual todos os elementos apresentam a mesma escala, livre de erros e deformações, com a mesma validade de um plano cartográfico, separados conformes os quadrantes colocados na figura gerada pelo perfilamento a laser.

Figura 4.3 – Resultado do Perfilamento a Laser



Fonte: Complexo Eólico Piauí – Memorial Técnico Descritivo (ATLANTIC, 2014)

O produto deste levantamento subsidiou a análise do uso e ocupação do solo para a área do empreendimento.

Na Planta de Implantação Geral do Empreendimento, apresentada na Documentação Cartográfica, nos Anexos, são apresentadas as curvas de nível de 10,0 em 10,0 metro, retratando a morfologia atual do relevo, e também a poligonal delimitadora da área do projeto.

#### 4.2.1.1.3. Estudo de Caracterização Eólica

O primeiro estudo que norteou a caracterização eólica da região foi o o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (ELETROBRÁS/MME, Camargo-Schubert / AWS TrueWind Solutions - 2001).

O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (BRASIL, 2001) mostra um potencial bruto de 143,5 GW, o que torna a energia eólica uma alternativa importante para a diversificação do "mix" de geração de eletricidade no País. O maior potencial foi identificado na região litoral do Nordeste e no Sul e Sudeste. O potencial de energia anual para o Nordeste é de cerca de 144,29 TWh/ano; para a região Sudeste, de 54,93 TWh/ano; e, para a região Sul, de 41,11 TWh/ano.

O estado do Piauí possui, especialmente no litoral, uma expressiva potencialidade para a geração de energia eólica devido a sua situação geográfica favorecido pelas correntes eólicas, encontrando-se em baixas altitudes na Zona de Convergência Intertropical que recebe influência dos ventos alísios de leste e brisas terrestres e marinhas com ventos que vêm do Hemisfério Norte. Essa combinação resulta em ventos médios anuais entre 7,0 m/s a 9,0 m/s no litoral que faz com que o litoral do Piauí possua grande potencial de geração de energia eólica.

Também nas porções mais elevadas do estado do Piauí, a altitude influencia sobremaneira na velocidade dos ventos uma vez que não há anteparos que formem barreiras aos ventos.

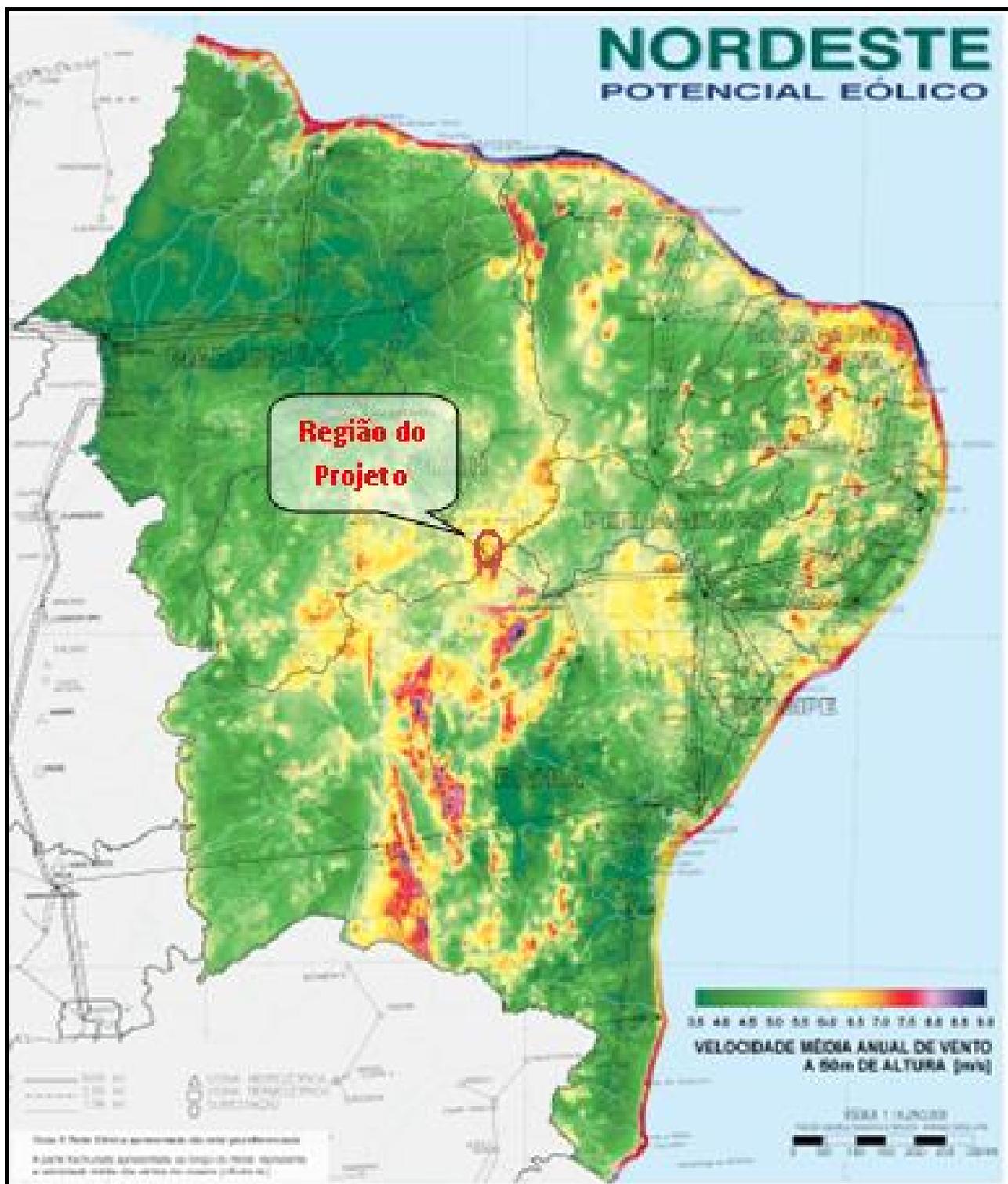
Os estudos relativos à oferta de fonte de energia e a existência de ambientes ideais para exploração do potencial eólico desenvolvidos no estado apontam, através de medições em anemômetros e também a partir de ensaios de computadores, a velocidade média e a direção predominante dos ventos também na região das serras interiores como mostra o Mapa Eólico do Brasil produzido pelo Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) (ver Figuras 4.4 e 4.5). Tais estudos destacam os locais com potencialidade à exploração da energia eólica, de forma que a seleção de área foi feita sob embasamento técnico e científico, conjugando, locais com potencialidade eólica constante, facilidades de infraestrutura e disposição de terrenos, dentre outros.

Figura 4.4 – Localização da Área do Empreendimento no Mapa do Potencial Eólico Brasileiro



Fonte: Adaptado de Atlas do Potencial Eólico do Brasil (BRASIL, 2001).

**Figura 4.5 – Localização da Área do Empreendimento no Mapa do Potencial da Região Nordeste**



Fonte: Adaptado de Atlas do Potencial Eólico do Brasil (BRASIL, 2001).

Para escolher a área de projeto com precisão, foi feito um mapeamento do recurso eólico da região de Lagoa do Barro do Piauí, utilizando modelos de terreno mais precisos.

O mapeamento detalhado da região de Lagoa do Barro - PI foi realizado utilizando o modelo de mesoescala MesoMap (AWS TrueWind LLC) utilizando modelos de terreno em maior resolução. O modelo de relevo foi desenvolvido a partir da base topográfica SRTM e o modelo de rugosidade foi elaborado a partir de imagens de satélite, modelos de vegetação, uso do solo e amostragens em campo. A resolução final de mapeamento teve um nível de detalhamento bastante superior ao dos mapeamentos citado anteriormente (100m x 100m). O mapeamento detalhado identificou com melhor precisão as áreas mais promissoras para aproveitamentos eólicos, especificando locais na região de Lagoa do Barro onde a velocidade do vento média estaria em torno de 8,0 m/s.

Para o aprimoramento dos dados a serem inseridos no modelo de mesoescala foram disponibilizadas duas Torres de Medição Anemométrica - TMA, identificadas como TMA AC8901 e TMA AC8902, ambas do tipo treliçada de seção triangular. O Quadro 4.2 apresenta as especificações das TMA's utilizadas para a caracterização eólica da região.

**Quadro 4.2 – Características Técnicas das Torres de Medição Anemométrica – TMA's**

Parâmetros	TMA AC9801	TMA AC9801
Coordenadas (Datum WGS84 – 24L)	E 223.020 N 9.037260	E 214.482 N 9.043.859
Data da instalação	13/01/2012	23/01/2012
Período de campanha	18/02/2012 a 07/02/2014	23/01/2012 a 25/01/2014
Taxa de recuperação dos dados (%)	98,4	97,0
Altitude (m)	706,0	594,0
Altura da torre (m)	108,0	108,0
Modelo do sensor Datalogger	EOL Zenith Kintech	EOL Zenith Kintech
Altura do sensor Datalogger (m)	14,0	14,0
Modelo do sensor de velocidade	Thies Clima First Class	Thies Clima First Class
Alturas dos sensores de velocidade (m)	100,0; 80,0 e 60,0	100,0; 80,0 e 60,0
Modelo do sensor de direção	Ornytion 207P	Ornytion 207P
Alturas dos sensores de direção	100,0 e 80,0	100,0 e 80,0
Modelo do sensor de temperatura	Galtec Mess + Mela	-----
Altura sensor de temperatura (m)	14,0	-----
Modelo do sensor de umidade	Galtec Mess + Mela	-----
Altura do sensor de umidade (m)	14,0	-----
Modelo do sensor de pressão	Sentra-System	-----
Altura do sensor de pressão (m)	14,0	-----

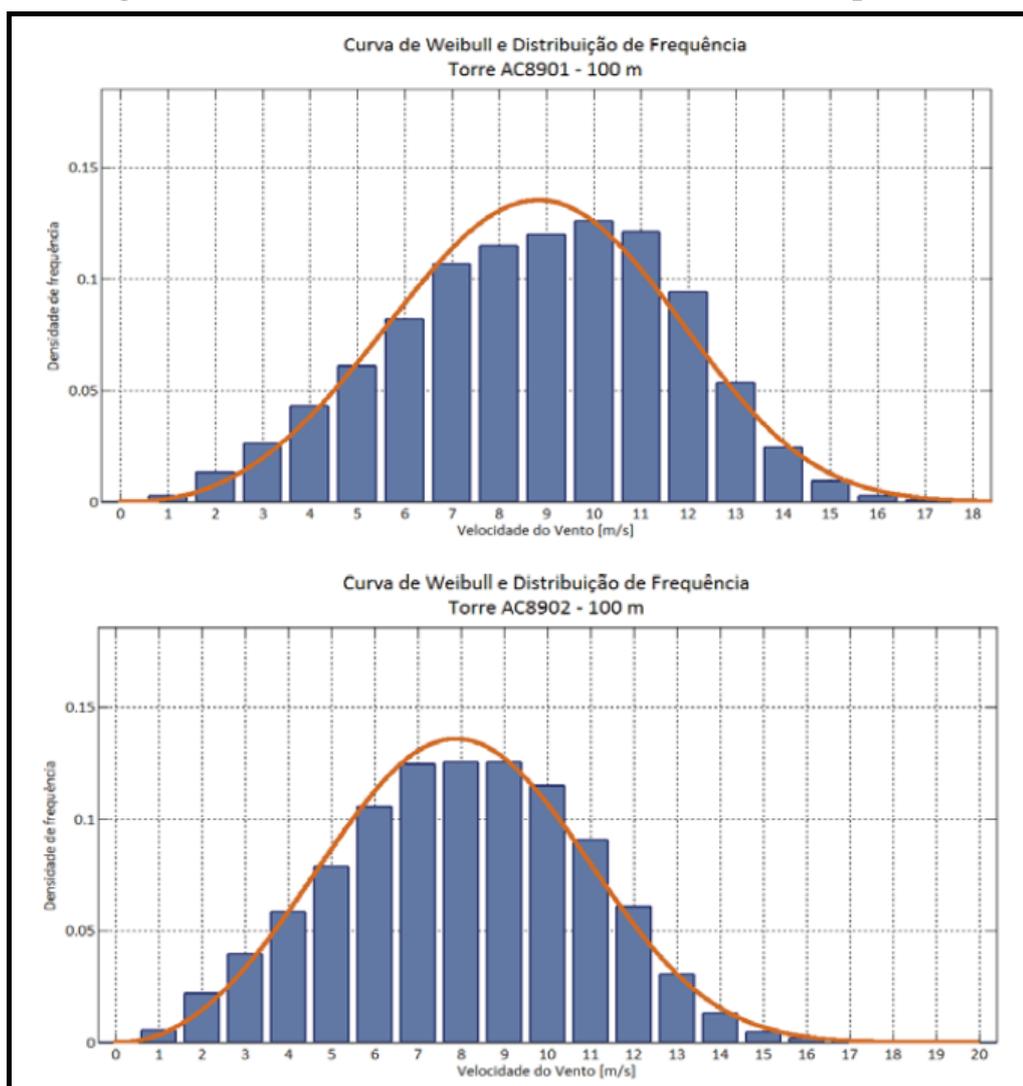
Fonte: Baseado em dados fornecidos pelo empreendedor.

Os dados obtidos nestas duas TMA's foram submetidos a um procedimento de controle de qualidade desenvolvido pela Aeroespacial, em conformidade com as normas internacionais vigentes, com fins de identificar registros perdidos ou afetados pelo mau funcionamento de equipamento ou sensor e outras anomalias, que possam ter ocorrido durante a medição. Tal procedimento visou eliminar os dados com problemas sem comprometer, em uma mesma medição as demais variáveis.

A TMA AC8901 registrou a 100 metros a velocidade média de 8,8 m/s. Pode-se notar que a TMA AC8901 tem uma direção predominante de sudeste. Quanto a variabilidade diária os maiores ventos ocorrem à madrugada e manhã (00 e 09 horas).

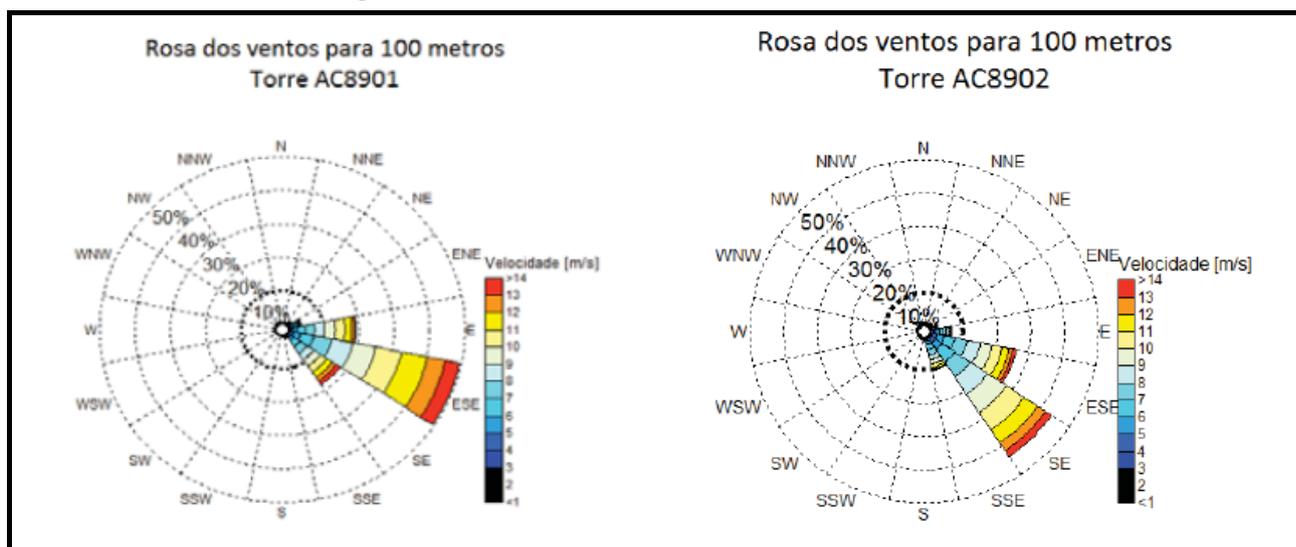
TMA AC8902 registrou em 100 metros uma velocidade média de 8,0 m/s. Pode-se notar que a TMA AC8902 tem uma direção predominante de Sudeste. Quanto a variabilidade diária os maiores ventos ocorrem à madrugada e manhã (00 e 08 horas). As Figuras 4.6 a 4.9 apresentam os gráficos das variáveis eólicas obtidos nas TMA's.

**Figura 4.6 – Curva de Weibull e Distribuição de Frequência**



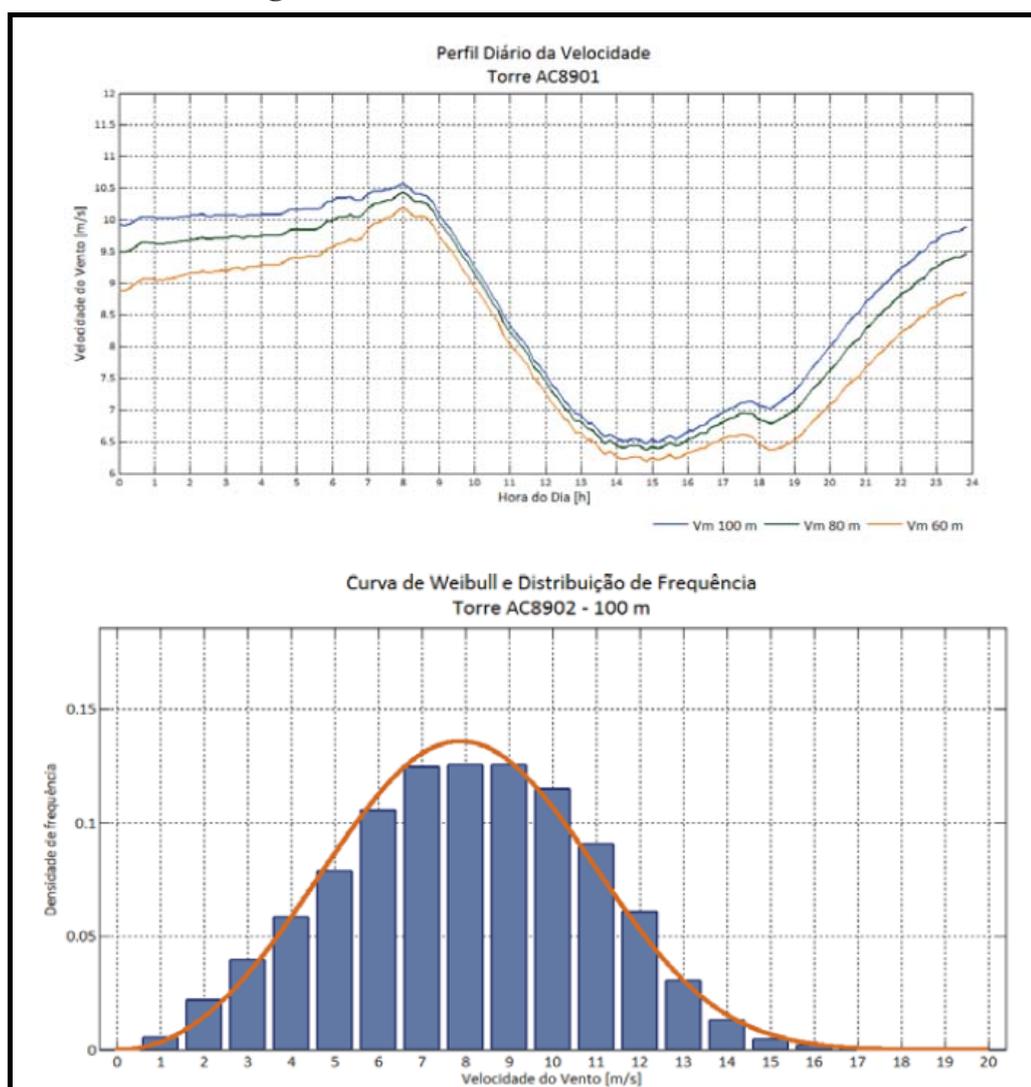
Fonte: baseado em dados fornecidos pelo empreendedor.

**Figura 4.7 – Rosa dos Ventos para 100 metros**



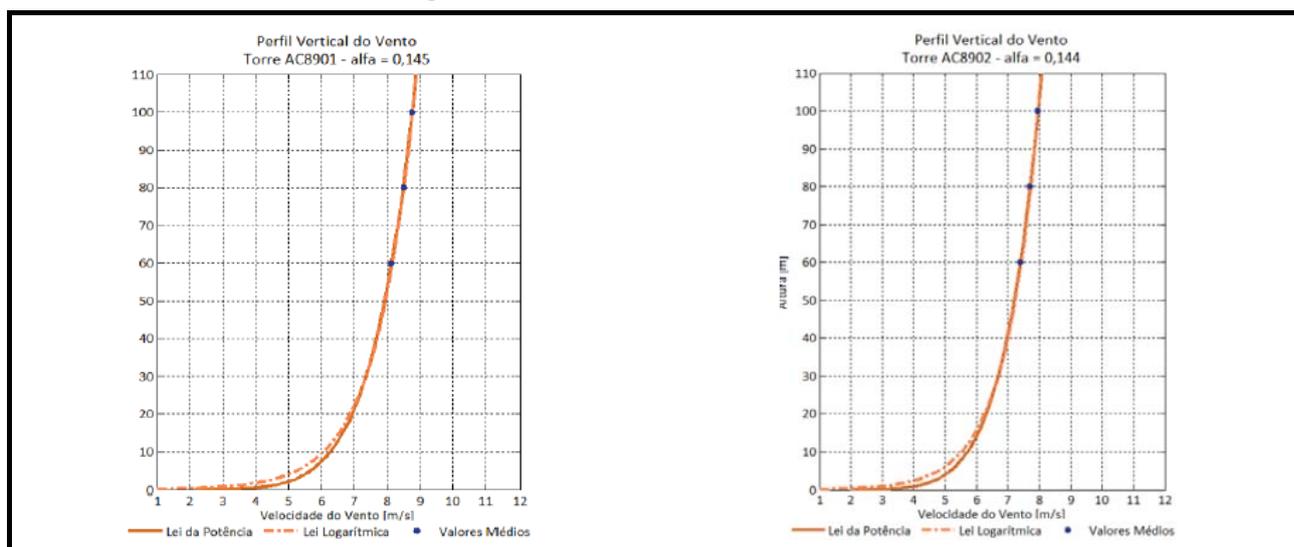
Fonte: baseado em dados fornecidos pelo empreendedor.

**Figura 4.8 – Perfil Diário de Velocidade**



Fonte: baseado em dados fornecidos pelo empreendedor.

Figura 4.9 – Perfil Vertical do Vento



Fonte: baseado em dados fornecidos pelo empreendedor.

Na busca por um conjunto de dados de longo prazo que pudesse ser utilizado com uma boa margem de segurança para Aura Lagoa do Barro, e após se avaliar os dados de estações do INMET, como Paulistana/PI e São João do Piauí/PI, quanto a continuidade dos dados e qualidade, optou-se por usar dados do Projeto MERRA1, que conta com uma base de dados de 35 anos e resolução espacial de 50 quilômetros. Foram obtidos dados do MERRA interpolados a partir de 20 anos de dados, com respeito aos quatro pontos mais próximos da localização de cada TMA em Aura Lagoa do Barro.

O cálculo da densidade do ar foi realizado a partir dos valores médios extrapolados de temperatura, umidade relativa do ar e pressão coletados a partir da estação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) na cidade de São João do Piauí - PI (WMO:82879, Latitude 8,36°S, Longitude 42,25°W, Altitude 253 metros) que está a 7,5 quilômetros do local das torres.

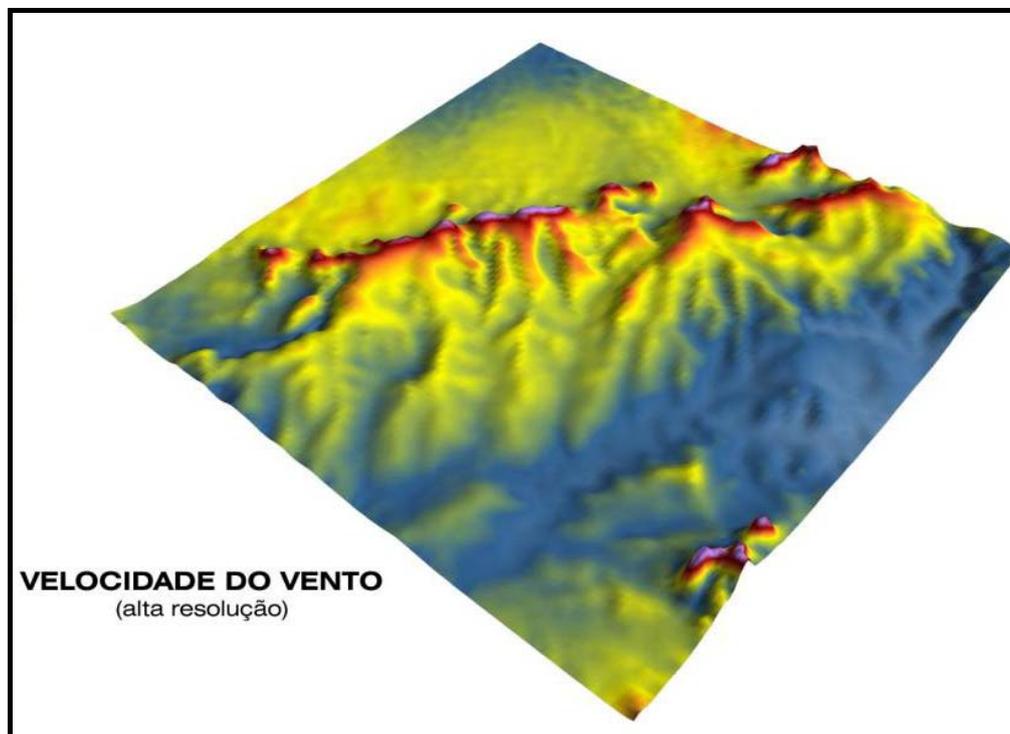
O mapeamento final da área do parque foi feito utilizando o software WindMap, que calcula as velocidades médias e direções de vento a partir dos modelos digitais de terreno (relevo e rugosidade) em alta resolução e dos dados validados das medições anemométricas (Item C).

O resultado do mapeamento eólico final por simulação de camada-limite atmosférica WindMap simulou as estatísticas de vento para todos os pontos da área da usina, de modo a subsidiar as próximas etapas do projeto (estudos de adequabilidade e estudos de posicionamento de aerogeradores – micrositing).

O mapeamento final da área do parque foi feito utilizando o software WindMap, que calcula as velocidades médias e direções de vento a partir dos modelos digitais de terreno (relevo

e rugosidade) em alta resolução e dos dados validados das medições anemométricas. A Figura 4.10 apresenta o resultado do mapeamento eólico de mesoescala.

**Figura 4.10 – Mapeamento Eólico de Mesoescala**



Fonte: Complexo Eólico Piauí – Memorial Técnico Descritivo.

Os resultados do mapeamento final, juntamente com os levantamentos topográfico (curvas de nível) e cartográfico descrevendo a área da usinas, as áreas de restrições, habitações, obstáculos, etc, foram considerados conjuntamente na elaboração dos layouts finais das turbinas eólicas. Utilizando como ferramenta o software WindPro e realizados pela consultoria especializada.

#### 4.2.1.1.4. Levantamento Fundiário

Para a definição das poligonais dos Parques Eólicos foi realizado o levantamento fundiário na área de interesse do empreendimento. Este levantamento foi deveras importante para verificar-se a conformidade legal dos imóveis nas quais estão estabelecidas as áreas de implantação do empreendimento eólico.

Para a execução do levantamento fundiário, foram contratados profissionais qualificados para a execução das atividades de:

- Identificação dos imóveis e seus proprietários;
- Levantamento da documentação do terreno;

- Realização do levantamento planimétrico dos imóveis;
- Negociação dos contratos de arrendamento;
- Averbação dos contratos de arrendamento nas matrículas dos imóveis.

#### **4.2.1.2. Concepção Técnica do Complexo Eólico**

As informações contidas neste capítulo são baseadas no memorial descritivo do projeto, de responsabilidade de Henrique Soffa Theodorovicz, CREA-PR-108597/D. Este documento apresenta, de forma preliminar, a configuração do empreendimento do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**.

O processo tecnológico adotado para o empreendimento, bem como o dimensionamento dos Parques Eólicos encontram-se descritos no Memorial Descritivo apresentado nos anexos.

Este empreendimento tem previsão de operação por 20 anos; podendo ter período de operação prorrogado para 25 ou 30 anos, a depender das condições de mercado vigentes na época.

##### **4.2.1.2.1. Premissas Adotadas**

Focando pontos específicos e necessários à apreciação e o entendimento adequado do empreendimento, por parte dos técnicos dos órgãos que emitirão os registros, licenças e pareceres anuentes para implantação do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**, relacionamos a seguir algumas atividades recorrentes ao projeto:

- Identificação do *Site* para a implantação do Parque Eólico;
- Medição do Potencial Eólico no local;
- Estudos de *Micrositing* e cálculo das Produções Anuais de Energia;
- Cálculo da Energia de Referência;
- Estudos de Avaliação Econômica e Financeira do empreendimento; e.
- Desenvolvimento dos Projetos Básicos e Executivos da planta eólica.

##### **4.2.1.2.2. Dimensionamento do Complexo Eólico**

O **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**, com capacidade instalada de 255,0 MW ocupará uma área total de 2.664,53ha e está projetado com a estrutura básica apresentada no Quadro 4.3.

**Quadro 4.3 – Estrutura Básica dos Parques Eólicos do Complexo Eólico Piauí**

Parque Eólico	Potência Instalada (MW)	Número de Aerogeradores	Área de Implantação (ha)
Aura Lagoa do Barro 01	27,0	9	223,77
Aura Lagoa do Barro 02	27,0	9	312,17
Aura Lagoa do Barro 03	27,0	9	160,88
Aura Lagoa do Barro 04	27,0	9	173,43
Aura Lagoa do Barro 05	24,0	8	328,91
Aura Lagoa do Barro 06	27,0	9	228,86
Aura Lagoa do Barro 07	27,0	9	295,55
Aura Queimada Nova 01	30,0	10	536,94
Aura Queimada Nova 02	30,0	10	362,40
Aura Queimada Nova 03	9,0	3	41,64
Total	255,0	85	2.664,53

O cada Parque Eólico possuirá como estrutura básica os seguintes elementos:

- Turbinas eólicas de 3,0 MW modelo Acciona AW3000 -125m – HH120m;
- Torres de aço de 120,0 metros de altura;
- Estradas de acesso às torres e subestação do Parque Eólico;
- Cabeamento elétrico;
- Cabeamento de controle.

A disposição dos aerogeradores a serem instalados no terreno (*micrositing*) destinado aos Parques Eólicos levará em conta aspectos técnicos, socioambientais e operacionais relevantes para o empreendimento; sendo estes, provenientes dos projetos executivos da planta.

Na área que abrange as instalações dos Parques Eólicos também serão construídos:

- Pátios de manobra para os guindastes;
- Vias de acesso e instalações de apoio;
- 2 Subestações elevadoras de tensão elétrica.

O detalhamento do projeto é apresentado nas Pranchas – Planta de Implantação do Parque Eólico na Documentação Cartográfica, no Volume II - Anexos.

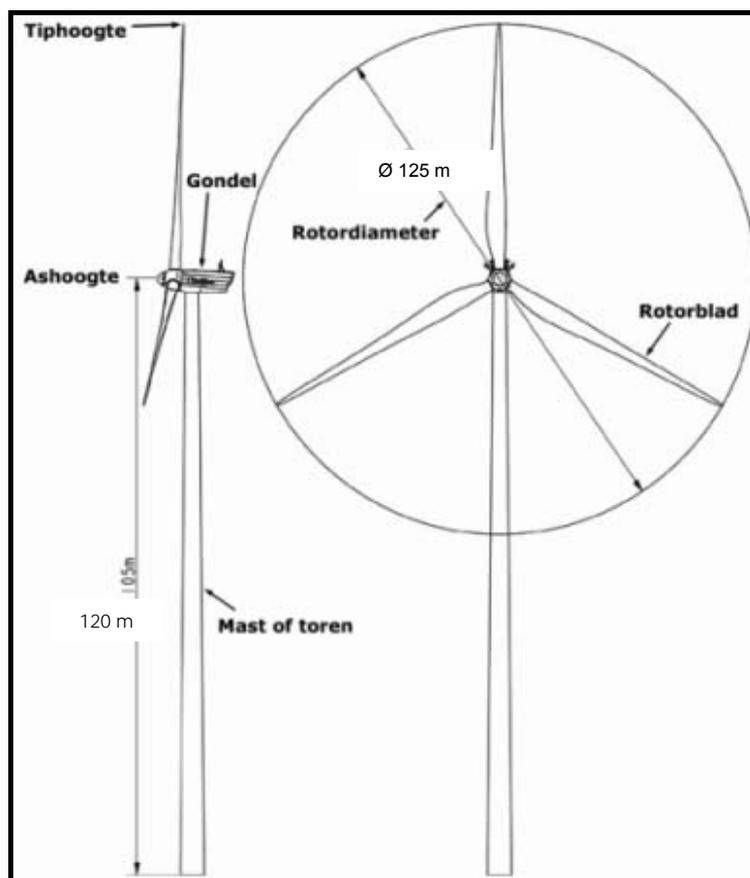
As áreas não aproveitadas poderão vir a serem utilizadas para outras atividades; desde que não interfiram na operação do Parque Eólico.

O este empreendimento tem previsão de operação de 20 anos, podendo ser prorrogado para 25 ou 30 anos, a depender das condições normais de manutenção e de mercado vigente na época.

#### - Características dos Aerogeradores

As turbinas eólicas serão do modelo AW 3000, rotor de 125 m, 3,0 MW, altura do cubo 120,0 m, fabricado pela ACCIONA Energy de rotor de eixo horizontal com três pás, fixadas pelo cubo do rotor, varrendo uma área circular de 12.305,0 m<sup>2</sup> e 125,0 m de diâmetro e estruturalmente constituída de uma torre tubular em aço ou concreto. A torre será fixada ao solo por meio de uma fundação de concreto armado (Figura 4.11). As principais características do aerogerador AW3000 podem ser visualizadas no Quadro 4.4. O Quadro 4.5 apresenta a locação de cada unidade geradora eólica do complexo eólico.

Figura 4.11 – Detalhe do Aerogerador



Fonte: Adaptado de Atlantic Energias Renováveis S.A., Memorial Descritivo (2014).

**Quadro 4.4 - Principais Características do Aerogerador AW3000 Acciona**

Partes	Parâmetros	Parâmetro de Resposta
Rotor	Número de Pas	3
	Orientação	Frontal
	Diâmetro	125 m
	Area varrida pelo rotor	12305 m <sup>2</sup>
	Direção de Rotação	Horaria
	Velocidade de Rotação	Variavel - 9.2 ... 15.6 rpm
	Hub height	120 m
	Controle de Potencia	ativo
	Controle de sobre-velocidade	pitch
Pás	Material	Vibra de vidro
	comprimento	61.2 m
	Peso	15450 kg ± 3% / blade
	Pitch	presente
	Spoiler	ativo
Torre	Tipo	Tubular
	Altura	118 m
	Material	Aço ou concreto
	Peso	1176 T
<b>Operação</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Parâmetro de Resposta</b>
Operação	Velocidade de Partida	3 m/s
	Velocidade de Parada	25 m/s
	Potência Nominal	3000 kW
	Temperatura de Operação	- 10°C to +40°C

Fonte: dados fornecidos pelo empreendedor

**Quadro 4.5 – Coordenadas dos Aerogeradores**

Projeto	X (m)	Y (m)	AEG	Projeto	X (m)	Y (m)	AEG
Aura Lagoa do Barro 01	210239	9037831	ALB-01-01	Aura Lagoa do Barro 02	212996	9038621	ALB-02-01
	210078	9037596	ALB-01-02		212741	9038457	ALB-02-02
	209838	9037346	ALB-01-03		212524	9038258	ALB-02-03
	209660	9037093	ALB-01-04		211608	9038895	ALB-02-04
	209503	9036827	ALB-01-05		211425	9038686	ALB-02-05
	209369	9036547	ALB-01-06		211112	9038567	ALB-02-06
	209265	9036258	ALB-01-07		210790	9038443	ALB-02-07
	209141	9035969	ALB-01-08		210588	9038241	ALB-02-08
	209025	9035684	ALB-01-09		210406	9038065	ALB-02-09

Continuação do Quadro 4.5

Projeto	X (m)	Y (m)	AEG	Projeto	X (m)	Y (m)	AEG
Aura Lagoa do Barro 03	218768	9045727	ALB-03-01	Aura Lagoa do Barro 03	219697	9048311	ALB-04-01
	218602	9045433	ALB-03-02		219656	9048013	ALB-04-02
	218389	9045163	ALB-03-03		219589	9047715	ALB-04-03
	218197	9044919	ALB-03-04		219401	9047457	ALB-04-04
	218110	9044626	ALB-03-05		219315	9047163	ALB-04-05
	218031	9044334	ALB-03-06		219169	9046883	ALB-04-06
	218094	9044020	ALB-03-07		219042	9046612	ALB-04-07
	217976	9043724	ALB-03-08		218840	9046331	ALB-04-08
	217845	9043417	ALB-03-09		218817	9046030	ALB-04-09
Aura Lagoa do Barro 05	215403	9040752	ALB-05-01	Aura Lagoa do Barro 06	217902	9043105	ALB-06-01
	215158	9040428	ALB-05-02		217903	9042780	ALB-06-02
	214954	9040083	ALB-05-03		217694	9042491	ALB-06-03
	214881	9039632	ALB-05-04		217485	9042196	ALB-06-04
	214567	9039411	ALB-05-05		217295	9041968	ALB-06-05
	214183	9039252	ALB-05-06		217204	9041704	ALB-06-06
	213676	9038833	ALB-05-07		217143	9041404	ALB-06-07
	213302	9038756	ALB-05-08		216965	9041137	ALB-06-08
					216813	9040894	ALB-06-09
Aura Lagoa do Barro 04	210493	9040916	ALB-07-01	Aura queimada Nova 03			
	210396	9040581	ALB-07-02		219790	9048687	AQN-03-01
	210180	9040195	ALB-07-03				
	209988	9039855	ALB-07-04				
	209758	9039550	ALB-07-05		220065	9048924	AQN-03-02
	209493	9039255	ALB-07-06				
	209261	9038947	ALB-07-07				
	208858	9038437	ALB-07-08		220200	9049166	AQN-03-03
	208605	9038042	ALB-07-09				

Fonte: dados fornecidos pelo empreendedor.

Resumidamente, os aerogeradores ou turbinas eólicas podem ser subdivididos em 3 partes:

(a) os segmentos que formam a torre;

(b) a nacelle, que abriga os componentes internos (gerador, sistemas de segurança, sistema de transmissão e conversão de velocidade – caixa multiplicadora na maioria dos casos, existindo também aerogeradores sem caixa multiplicadora);

(c) o rotor, composto por 3 pás de fibra de vidro, conectadas a um eixo principal ou cubo (hub), que transmite o movimento de rotação das pás ao gerador através do sistema de transmissão, transformando a energia cinética do vento em energia mecânica de rotação, que por sua vez é transformada em energia elétrica por meio do gerador. A nacelle é

orientável, rodando em torno de um eixo vertical, por forma a posicionar-se no azimute do vento dominante.

Os aerogeradores emitem ruídos em índices baixos, e são capazes de produzir eletricidade com velocidades de vento a partir de 3,0 m/s (*cut-in*), atingindo sua capacidade nominal com velocidades próximas a 11,0 m/s e interrompendo a sua geração com velocidades de vento superiores a 25,0 m/s (*cut-out*).

Os aerogeradores utilizados no **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** serão todos iguais, proporcionando a permuta da maioria dos componentes.

A turbina eólica de capacidade nominal de 3,0 MW é equipada com um gerador de indução com dupla alimentação.

As pás são de um tipo *standard*, previamente testadas, com resistência abrasiva adequada para evitar a degradação do seu desempenho entre os períodos de manutenção.

No topo da torre é montada a nacela, construída em fibra de vidro, que abriga o eixo do rotor, caixa de engrenagens, gerador elétrico e demais equipamentos eletromecânicos do aerogerador. A nacela é fixada na parte superior da torre tubular, que também abriga o sistema de cabeamento, controle e proteção da turbina, além de propiciar a realização das inspeções e manutenções requeridas para a operação da turbina.

O controle operacional da máquina, dos parâmetros elétricos da energia produzida e procedimentos de proteção são feitos automaticamente a partir de um sistema de controle computadorizado (inclui os sistemas de supervisão, proteção e controle) abrigado na parte inferior e interna da torre metálica. Para tanto o sistema de controle utiliza informações dos diferentes sensores instalados em vários locais da máquina.

A turbina será de eixo horizontal, acionando o gerador instalado no interior da nacela, onde se situam ainda; todo o sistema de controle, medição do vento e motores de rotação das pás.

Estes equipamentos auxiliares no interior da nacela são destinados à orientação do conjunto de pás em relação ao vento e à sua travagem e imobilização quando tal situação se fizer necessária. No topo da nacela serão instalados os sensores de medição da velocidade e direção do vento.

Na parte inferior da torre existirão os quadros de potência, que recebem a energia produzida e um quadro de comando.

Para garantir uma operação segura e eficiente do sistema de geração, os seguintes componentes auxiliares complementam o conjunto:

- Sistema de frenagem, que controla a rotação do rotor para evitar velocidades acima do permitido e assegurar a integridade estrutural do sistema;
- Sistema de controle e orientação, que orienta o rotor na direção predominante do vento para garantir a operação eficiente do aerogerador, além de permitir o controle da velocidade do rotor quando o vento atinge valores acima do permitido para a segurança do sistema.
- Sistema hidráulico, que aciona os sistemas de controle de passo, orientação e frenagem do rotor.

#### - Interligação à Rede Elétrica

A energia será gerada em 12 kV será escoada pelas redes de média tensão até as subestações elevadoras 12 / 230 kV (subestações coletoras), localizadas nos interiores dos parques eólicos Aura Lagoa do Barro 02 (SE Lagoa do Barro 01) e Aura Lagoa do Barro 03 (SE Lagoa do Barro 02).

A rede interna de coleta será de média tensão (Rede Coletora) e interligará entre si as turbinas às subestações elevadoras situadas no interior do parque. As linhas coletoras serão do tipo subterrâneo e com partes aéreas no nível de tensão de 34.5kV, seguindo o traçado das estradas de acesso aos parques e fileiras dos aerogeradores até a conexão com a Subestação Elevadora. Essa subestação tem por finalidade elevar a tensão da geração a um valor apropriado ao transporte da energia.

A Rede de Média tensão considerada será realizada em cabos diretamente enterrados. A fibra óptica acompanhará a Rede de Média Tensão.

Será garantido um espaçamento mínimo de 6m entre o condutor aéreo e o solo. Juntamente com a rede de média tensão aérea, serão utilizados cabos OPGW para transmissão da rede de fibra óptica.

#### - Subestações Elevadoras Compartilhadas

Conforme dito anteriormente, o **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** possuirá duas subestações independente, as quais elevarão a tensão de 12 kV para 230 kV. As subestações atenderão aos parques eólicos com a seguinte distribuição, ver Quadro 4.6.

**Quadro 4.6 – Sistematização da Captação de Energia das Subestações Elevadoras**

<b>Subestação Lagoa do Barro 01</b>	<b>Subestação Lagoa do Barro 02</b>
PE Aura Lago do Barro 01	PE Aura Lago do Barro 03
PE Aura Lago do Barro 02	PE Aura Lago do Barro 04
PE Aura Lago do Barro 05	PE Aura Lago do Barro 06
PE Aura Lago do Barro 07	PE Aura Queimada Nova 03

- Subestação Lagoa do Barro 01

A Subestação Lagoa do Barro 01 será em arranjo barra dupla quatro chaves com 1 Bay de chegada de LT, o qual virá da Subestação Lagoa do Barro 02. A mesma subestação também terá 1 bay de saída de LT para a SE São João do Piauí, um bay de transformação com transformador trifásico a óleo mineral de 120MVA (ONAF II) 12/230kV e 1 bay de transferência de barras.

- Subestação Lagoa do Barro 02

A Subestação Lagoa do Barro 02 terá 1 Bay de saída de LT e um bay de transformação com transformador trifásico a óleo mineral de 100MVA (ONAF II) 12/230kV e 1 bay de transferência de barras. No bay de saída da LT sairá uma linha de transmissão de 230kV, com aproximadamente 8,1 km em direção a Subestação Lagoa do Barro 01. Na subestação Lagoa do Barro 01 terá 1 bay de saída de LT para a SE São João do Piauí.

As subestações atenderão aos padrões do ONS de acesso a rede básica, com proteções e medições compatíveis com esta exigência. Basicamente a subestação terá os seguintes equipamentos/componentes:

- Entradas de linha em 34.5 kV com disjuntor;
- 2 Transformadores de força (34.5/230 kV);
- 1 Transformador de serviços auxiliares;
- 1 Casa de controle com painéis de proteção, medição etc.

As subestações utilizarão um sistema integrado de proteção e controle, simplificando a instalação e fornecendo uma grande quantidade de dados com alta confiabilidade.

Além de ser um sistema modular, as futuras modificações ou adições podem ser feitas facilmente, alterando ou adicionando os módulos necessários.

Destas SE's elevadoras, partirão uma linha de transmissão circuito simples em 230 kV para um módulo de transformação de 230/500 kV, construído pelo próprio empreendedor

e complementado com saída de linha e módulo de acoplamento de barras. Deste módulo sairá uma linha de transmissão até a interligação com o SIN, no padrão da rede básica.

### - Interligação à Rede Elétrica

A conexão dos empreendimentos conectados nas subestações Lagoa do Barro 01 e Lagoa do Barro 02, será realizada através de uma linha de transmissão de 83,0 km até a subestação São João do Piauí (230/500kV), de propriedade da CHESF, localizada no município de São João do Piauí, estado do Piauí. A Figura 4.12 ilustra a linha de transmissão de 230 kV para conexão com a subestação São João do Piauí.

### - Sistema de Controle e Regulação

O funcionamento de todos e cada um dos aerogeradores, e do parque eólico no seu conjunto, é controlado e supervisionado mediante um sistema de informática centralizado no centro de controle, a partir do qual se controlam também as estações meteorológicas e a subestação de transformação elétrica.

O sistema de controle é formado por uma rede de fibra óptica que comunica os PLC's dos aerogeradores com um computador central onde um programa de software armazena, controla e visualiza, através de uma aplicação SCADA, os principais parâmetros operacionais dos aerogeradores e permite o acesso remoto via modem.

Além disso, o equipamento de controle incorpora funções de aquisição de parâmetros e dados de funcionamento, o que representa uma ajuda direta para a operação, serviço e manutenção dos aerogeradores, com funções próprias de “caixa-preta” e análise de paradas, circunstância que também facilita a detecção e solução de inúmeros problemas que podem surgir na exploração das instalações.

No painel de controle do sistema, reflete-se em todo o momento o estado dos componentes do parque eólico. Através da atuação do operador sobre um teclado, poderão visualizar-se na tela os distintos parâmetros e valores de funcionamento do conjunto das instalações, de maneira individualizada, dos diferentes equipamentos que a configuram, assim como proceder ao seu reajuste, considerando-se adequado ou necessário.

Para a transmissão de dados entre os aerogeradores e o centro de controle do parque eólico, assim como para a comunicação das estações meteorológicas com este mesmo centro de controle, conta-se com uma rede de comunicações e transmissão de dados através de fibra óptica, o que garante a qualidade dos sinais, ao mesmo tempo que minimiza o risco de perturbações de origem eletromagnética.

Figura 4.12 - Linha de Transmissão de 230 kV para Conexão com a Subestação São João do Piauí



#### 4.2.1.2.3. Projeto Geométrico

O projeto geométrico relativo a implantação dos acessos do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** foi desenvolvido pela empresa Sólida Energias Renováveis, tendo como responsável técnico o Engenheiro Civil Rafael M. S. Linhares (CREA-PR N°. 95.683-D).

As estradas de acesso ao complexo eólico possuem extensão total aproximada de 3.523,22 metros, tendo acesso pela Rodovia Estadual PI-459 enquanto as estradas internas do complexo eólico possuem extensão total aproximada de 46.569,71 metros. O pavimento será composto por uma camada de 30 centímetros. Esta camada é composta por duas camadas de 15 cm cada uma (sub-base, base granular). Este material se apoia sobre o terreno terraplanado e compactado (subleito).

As pistas terão as seguintes características básicas a largura de 6,0 m e abaulamento de 2,0%. O traçado foi estabelecido de modo que as condições de tráfego e transporte das guas e equipamentos de montagem sejam as mais confortáveis.

A cubação das vias do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** foi realizada a cada 20,0 m, obtendo-se os resultados que são representados no item 6. “Cadernetas medições dos perfis transversais” do memorial do projeto geométrico apresentado no Volume II - Anexos.

No Quadro 4.7 são apresentados os volumes totais obtidos com a implementação das vias e plataformas para os aerogeradores. Neste são mostradas as quantidades de aterro, terra vegetal, corte e as camadas superficiais (pavimento).

**Quadro 4.7 – Quadro de Cubação**

Eixo	Aterro (m <sup>3</sup> )	Corte 1ª e 2ª Cat. (m <sup>3</sup> )	Corte 3ª Cat. (m <sup>3</sup> )	Saldo (m <sup>3</sup> )
1	32.798,66	19.667,40	13.111,60	-13.131,26
2	12.363,66	6.986,54	4.657,69	-5.377,12
3	10.731,80	6.425,62	4.283,74	-4.306,18
4	18.858,26	11.359,01	7.572,67	-7.499,25
5	14.834,69	8.875,34	5.916,89	-5.959,35
6	9.831,26	5.861,09	3.907,40	-3.970,16
7	5.930,99	3.543,34	2.362,23	-2.387,65
8	10.779,01	6.461,15	4.307,43	-4.317,86
9	10.941,12	6.512,83	4.341,89	-4.428,29
10	3.671,74	2.166,11	1.444,07	-1.505,63
20	426,45	4,16	2,77	-422,29
21	7.855,24	4.709,12	3.139,41	-3.146,12
22	103,54	53,35	35,57	-50,19
23	71,37	108,62	72,41	37,25

Fonte: Memorial Descritivo do Projeto.

Continuação do Quadro 4.7

Eixo	Aterro (m <sup>3</sup> )	Corte 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> Cat. (m <sup>3</sup> )	Corte 3 <sup>a</sup> Cat. (m <sup>3</sup> )	Saldo (m <sup>3</sup> )
24	1.310,63	745,62	497,08	-565,01
25	2.598,50	1.534,53	1.023,02	-1.063,97
26	888,93	0,22	0,15	-888,70
27	2.982,76	1.780,61	1.187,07	-1.202,15
28	315,36	11,43	7,62	-303,93
29	65,58	22,25	14,83	-43,33
<b>Total</b>	<b>147.359,53</b>	<b>86.828,33</b>	<b>57.885,56</b>	<b>-60.531,20</b>

Fonte: Memorial Descritivo do Projeto.

No Volume II – Anexos é são apresentados o Memorial do Projeto Geométrico e as Plantas relativas ao projeto.

#### 4.2.1.2.4. Projeto de Pavimentação

O projeto geométrico relativo a implantação dos acessos do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** foi desenvolvido pela empresa Sólida Energias Renováveis, tendo como responsável técnico o Engenheiro Civil Rafael M. S. Linhares (CREA-PR N°. 95.683-D).

O projeto de pavimentação foi desenvolvido com base nas normas e recomendações técnicas do DNIT. As premissas básicas para a elaboração do Projeto de Pavimentação são:

- Estimativa do parâmetro de tráfego.
- Definição de capacidade de suporte mínima dos materiais que deverão constituir a camada das vias, com base em Estudos Geotécnicos disponíveis.
- Seleção dos materiais a serem empregados nas camadas granulares do pavimento.

Por se tratar de vias a serem implantadas onde não se dispõe de dados sobre o tráfego, procurou-se basear na contagem de tráfego informada pelos moradores da região e experiências no projeto de outros parques, que se adequa inteiramente aos trechos em questão.

Para a elaboração do projeto de pavimentação foi adotado o método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNER, de autoria do Eng. Murilo Lopes de Souza.

## - Tráfego

Para o **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** foi estimado o volume médio diário médio de 25 veículos, que são agrupados nos seguintes tipos:

- Automóvel, caminhoneta e furgão.
- Caminhão (2C)
- Caminhão trucado (3C)
- Caminhão simples (4C)
- Caminhão trator trucado + semi-reboque (3S3)
- Caminhão trator trucado + semi-reboque (3I3)
- Rodotrem (3T4)

## - Espessura Mínima do Pavimento

Neste projeto optou-se por trabalhar com material granular para as camadas de suporte do pavimento e revestimento do pavimento.

Para o **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**, o pavimento foi projetado da seguinte maneira:

- Base granular com CBR  $\geq$  60% (15 cm)
- Sub-base com CBR  $\geq$  20% (15 cm)

Os Quadros 4.8 e 4.9 o quantitativo das camadas do pavimento. No Volume II – Anexos é são apresentados o Memorial do Projeto de Pavimentação e as Plantas relativas ao projeto.

**Quadro 4.8 – Resumo Quantitativo de Pavimentação**

<b>Discriminação</b>	<b>Un.</b>	<b>Valores</b>
Regularização do subleito	m <sup>2</sup>	554.085,88
Base granular CBR $\geq$ 60 %	m <sup>3</sup>	55.755,81
Sub-base CBR $\geq$ 20 %	m <sup>3</sup>	57.529,16

Fonte: Memorial Descritivo do Projeto de Pavimentação.

Quadro 4.9 – Resumo Quantitativo de Pavimentação por Eixos

Eixo	Base Granular (m <sup>3</sup> )	Sub-base (m <sup>3</sup> )
1	5.915,26	6.102,51
2	5.052,92	5.183,79
3	6.003,38	6.179,33
4	7.901,68	8.132,68
5	5.166,58	5.351,74
6	6.394,29	6.565,41
7	3.156,65	3.247,23
8	4.115,46	4.215,82
9	2.705,95	2.803,95
10	1.476,43	1.533,71
11	0,00	0,00
12	0,00	0,00
13	0,00	0,00
14	0,00	0,00
20	88,91	93,93
22	77,68	81,40
23	99,86	105,36
24	2.069,58	2.111,26
25	2.720,16	2.813,97
26	95,19	101,36
27	2.547,01	2.727,27
28	86,75	92,89
29	82,09	85,57
<b>Total</b>	<b>55.755,81</b>	<b>57.529,16</b>

Fonte: Memorial Descritivo do Projeto de Pavimentação.

#### 4.2.1.2.5. Projeto de Drenagem

O projeto de drenagem relativo a implantação do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** foi desenvolvido pela empresa Sólida Energias Renováveis, tendo como responsável técnico o Engenheiro Civil Rafael M. S. Linhares (CREA-PR N°. 95.683-D).

O projeto de drenagem tem como objetivo evitar o acúmulo e a penetração das águas no corpo das estradas e plataformas, e afastá-las através de dispositivos drenantes apropriados para locais previamente determinados.

O projeto de drenagem foi desenvolvido a partir do estudo hidrológico regional, considerando os dados meteorológico disponíveis na Agência Nacional de Águas (ANA), no portal do Conselho Nacional de Recursos Hídricos Informações (SNIRH), da Estação Meteorológica Bem Bom, no município de Sento Sé - BA.

Não existe curso d'água de médio ou grande porte ao longo dos traçados que cruzam as estradas internas do complexo eólico. Há sim pequenas bacias formadas pelo escoamento superficial das águas precipitadas sobre a plataforma da pista e arredores, que serão coletadas e/ou encaminhadas através de sistemas drenantes como sarjetas e bueiros. O sistema de drenagem da superfície deve ser suficiente para recolher a água da chuva a partir de toda a superfície da estrada e toda a água recolhida a partir do escoamento de pequenos fluxos interceptados pela estrada, ou mesmo, se necessário, para continuar cursos de água naturais também interceptados.

Para garantir a sanidade do pavimento, é necessário o uso de meio-fio em aterros superiores a 1,0 m (medidos no eixo), estes dispositivos encaminhariam a água precipitada nas vias até as descidas de água, que por sua vez serão acopladas aos dissipadores de energia. Como no nosso caso não houve a necessidade de grandes taludes (aterros), conseqüentemente não houve a necessidade da utilização de meio-fio e dissipadores de energia.

Quando a situação é de corte (superior a 1,0 m, medido no eixo) foram utilizadas sarjetas triangulares de concreto que encaminharão as águas precipitadas para fora da plataforma de pavimentação. Uma vez fora da plataforma, as sarjetas descarregarão as águas (captadas e transportadas) no solo natural para o escoamento superficial e infiltração.

Recomenda-se o plantio de gramínea nos taludes de corte e aterro para garantir a este uma maior estabilidade.

A drenagem das plataformas de pavimentação é realizada pela inclinação (abaulamento) das mesmas, fazendo com que as águas precipitadas escoem para fora da plataforma de pavimentação. Os detalhes construtivos são apresentados no projeto de pavimentação.

No Volume II – Anexos é são apresentados o Memorial do Projeto de Drenagem e as Plantas relativas ao projeto.

#### 4.2.1.2.6. Canteiro de Obras

O projeto do canteiro de obras do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** foi desenvolvido pela empresa Sólida Energias Renováveis, tendo como responsável técnico o Engenheiro Civil Rafael M. S. Linhares (CREA-PR N°. 95.683-D).

O canteiro de obras tem como objetivo propiciar a infraestrutura necessária para a produção da obra, com os recursos disponíveis, no momento necessário para sua utilização, podendo ser mais eficiente e eficaz em função do projeto do produto e da produção, influenciando na produtividade da utilização dos recursos, em função da sua organização e do seu arranjo físico.

O canteiro de obras que vai atender a construção do Complexo Eólico Piauí está localizado ao norte do Complexo Eólico, anexo a Usina de Concreto, Zona de Estocagem Provisória e Canteiro Básico destinado à empresa fornecedora dos aerogeradores.

Para o dimensionamento dos espaços do canteiro de obra foram utilizados como referência a NR18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, a NR24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho além das Recomendações Técnicas Habitare, no volume 3 – Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos, que sugere também padrões usuais não regulamentados nas demais normas.

Como parâmetro para dimensionamento do Canteiro de Obras, serão previstos 300 operários para o pico máximo de trabalho.

As instalações do canteiro de obras estão dispostas em 9 edificações discriminadas no Quadro 4.10, mais uma guarita de controle de acesso e segurança.

**Quadro 4.10 – Discriminação das Instalações do Canteiro de Obras**

<b>Instalações</b>	<b>Superfície Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ocupação em Relação à Área Total (%)</b>
Guarita	7,18	0,21
Ambulatório	14,10	0,40
Laboratório de solos	40,90	1,17
Escritórios	269,06	8,66
Almoxarifado	133,36	3,79
Vestiários e instalações sanitárias	461,25	13,18
Refeitório e área de vivência	344,94	9,86
Reservatório de água	28,15	0,82
Caixa de retenção águas residuais	105,00	3,07
Área de resíduos sólidos	250,11	7,32

#### ➤ Instalações Sanitárias

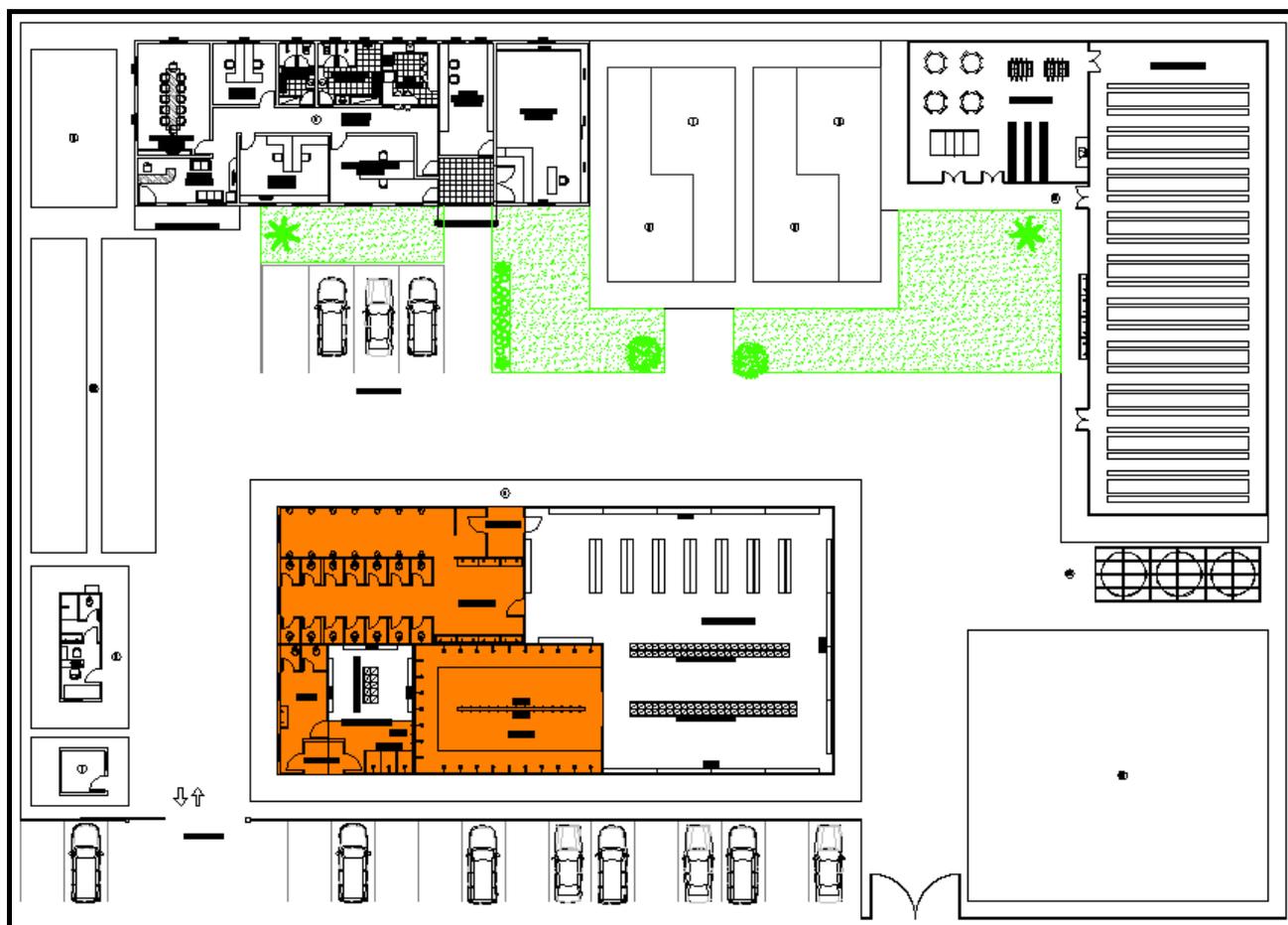
As instalações sanitárias estão relacionadas com os vestiários, formando um único bloco chamado "Bloco dos vestiários". Este bloco está localizado em parte inferior canteiro de obras entra os dois portões de acesso.

O dimensionamento do número de peças sanitárias dos banheiros seguiu o preconizado na NR 18 de forma que atendesse 30 operários do sexo feminino e 270 operários do sexo masculino, e, admitindo-se um lavatório, um vaso sanitário e um mictório para cada grupo de 20 trabalhadores.

Para o dimensionamento dos vestiários foi tomado como referência o pré-dimensionamento de 1,5 m<sup>2</sup> por pessoa, recomendado pela NR24 “Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho”. Para o dimensionamento do número de chuveiros foi adotado o critério de um chuveiro para cada grupo de 10 trabalhadores ou fração, segundo a NR18 “Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da Construção”.

A Figura 4.13 ilustra a localização das instalações sanitárias em relação ao canteiro de obra.

**Figura 4.13 - Localização das Instalações Sanitárias em Relação ao Canteiro de Obra**



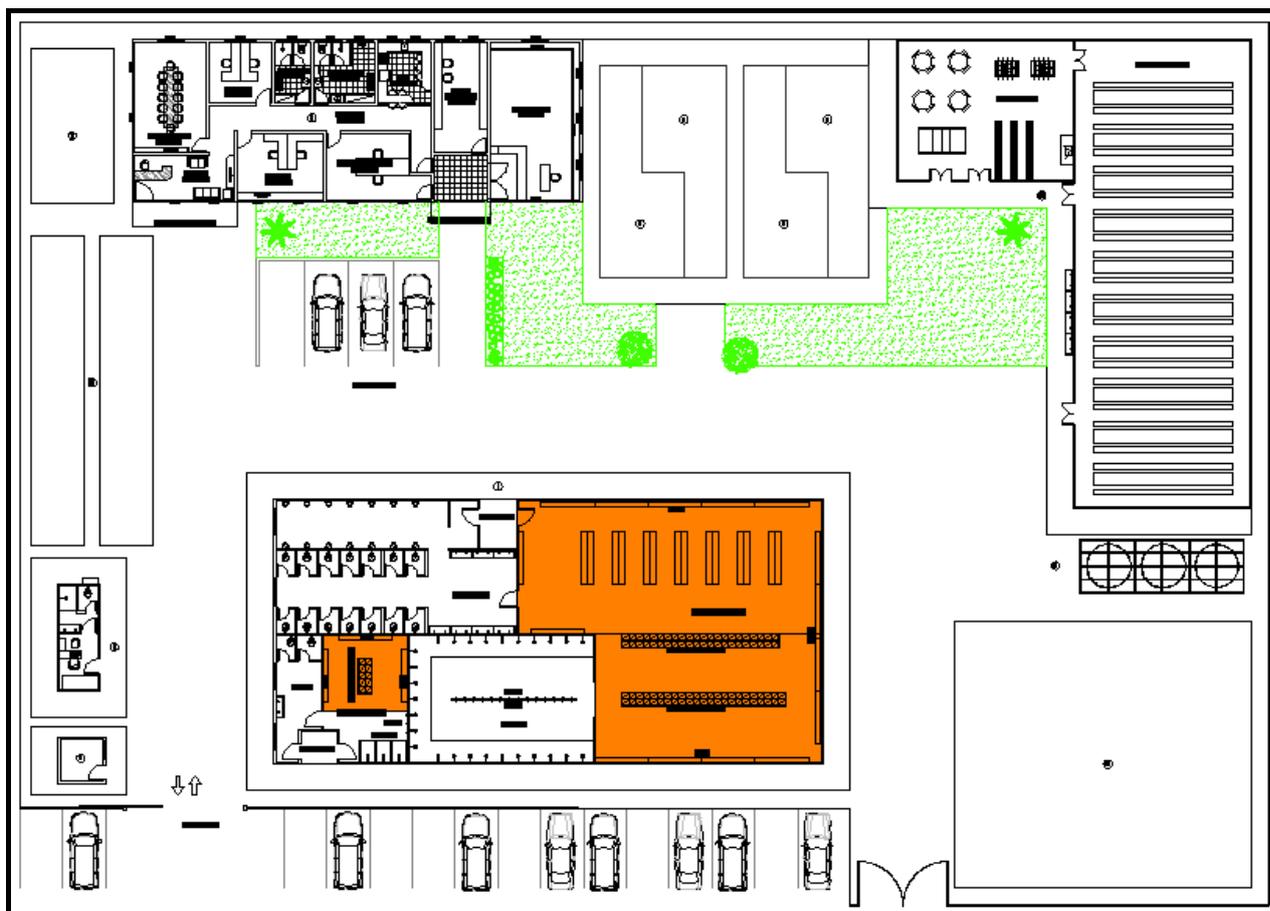
Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

A rede hidráulica será abastecida por reservatório de água elevado, o qual terá altura suficiente para permitir o bom funcionamento nas tomadas de água. Foi previsto 70 litros diários de água por trabalhador para o consumo nas instalações sanitárias.

O vestiário será localizado ao lado dos banheiros e o mais próximo possível do portão de entrada e saída dos trabalhadores.

A Figura 4.14 apresenta a localização dos vestiários em relação ao canteiro de obras.

**Figura 4.14 – Localização dos Vestiários**



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

Para recolher todo o esgoto gerado no canteiro de obras optou-se pela realização de duas caixas de retenção.

Estimou-se a gerar um volume de 315 m<sup>3</sup> de água residuais, durante 15 dias, de modo que as caixas de retenção terão dimensões de 3,0 x 3,0 x 17,5 m.

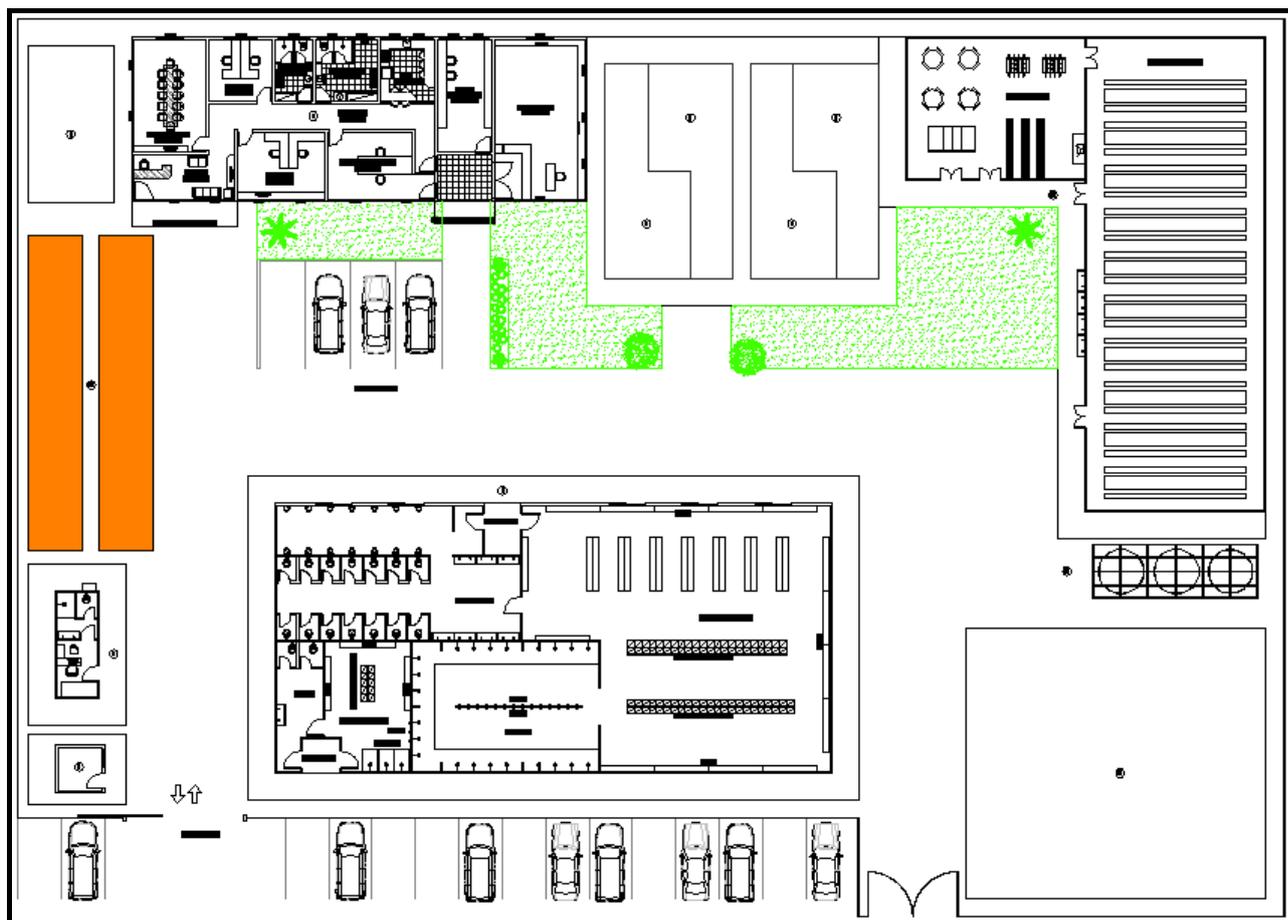
Estas duas caixas de retenção estão localizados na zona ocidental do canteiro de obras, facilmente acessíveis para sua evacuação.

A Figura 4.15 apresenta a localização das caixas de retenção de águas residuais em relação ao canteiro de obras.

➤ Refeitório e Área de Vivência

O refeitório e área de vivência formam um mesmo bloco para descanso e refeição de operários da construção dos parques eólicos.

**Figura 4.15 – Localização das Caixas de Retenção de Águas Residuais**



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

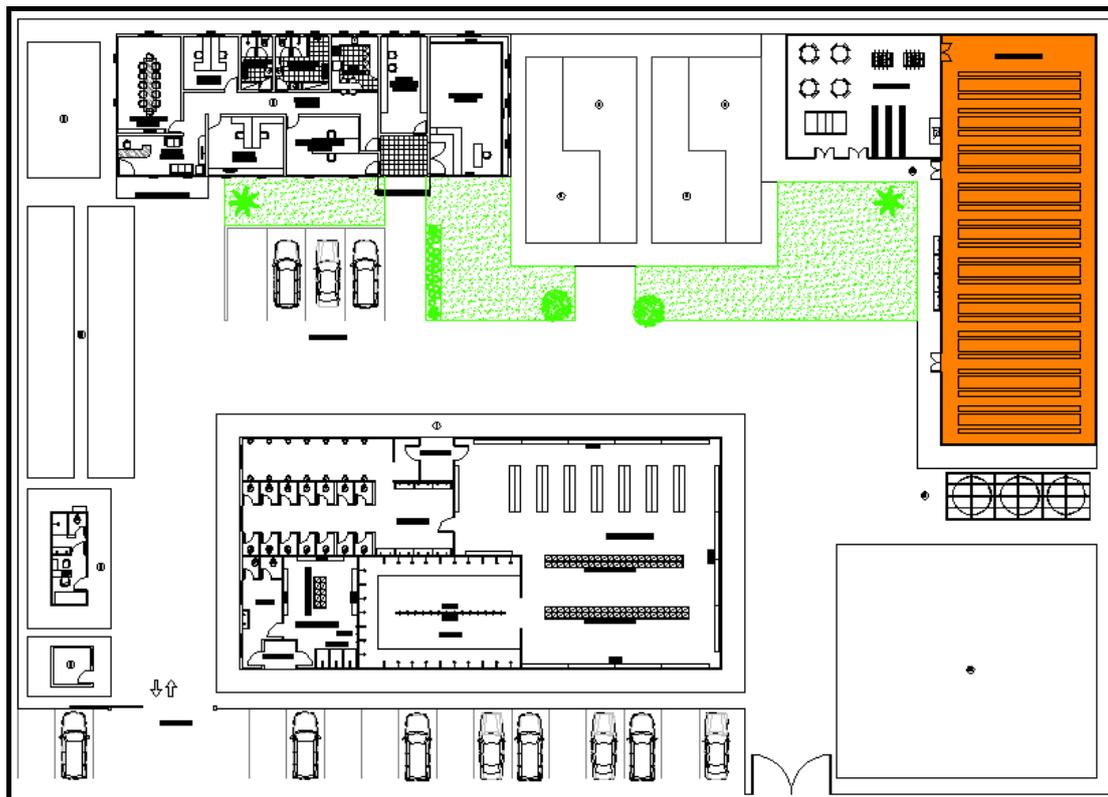
O refeitório do canteiro de obra é composto pelos seguintes elementos e apresentados em anexo à área de vivência.

- 10 mesas, cada uma delas concebido para ser usado por 26 operários.
- 8 lavatórios.

A área de vivência é projetada com área de 0,3 m<sup>2</sup> por trabalhador, portanto adotou-se uma área total de 80 m<sup>2</sup>. Embora a NR-18 só exija a existência de área de lazer se o canteiro tiver trabalhadores alojados, a existência de tais áreas, mesmo quando a exigência não é aplicável, pode se revelar uma iniciativa com bons resultados, contribuindo para o aumento da satisfação dos trabalhadores.

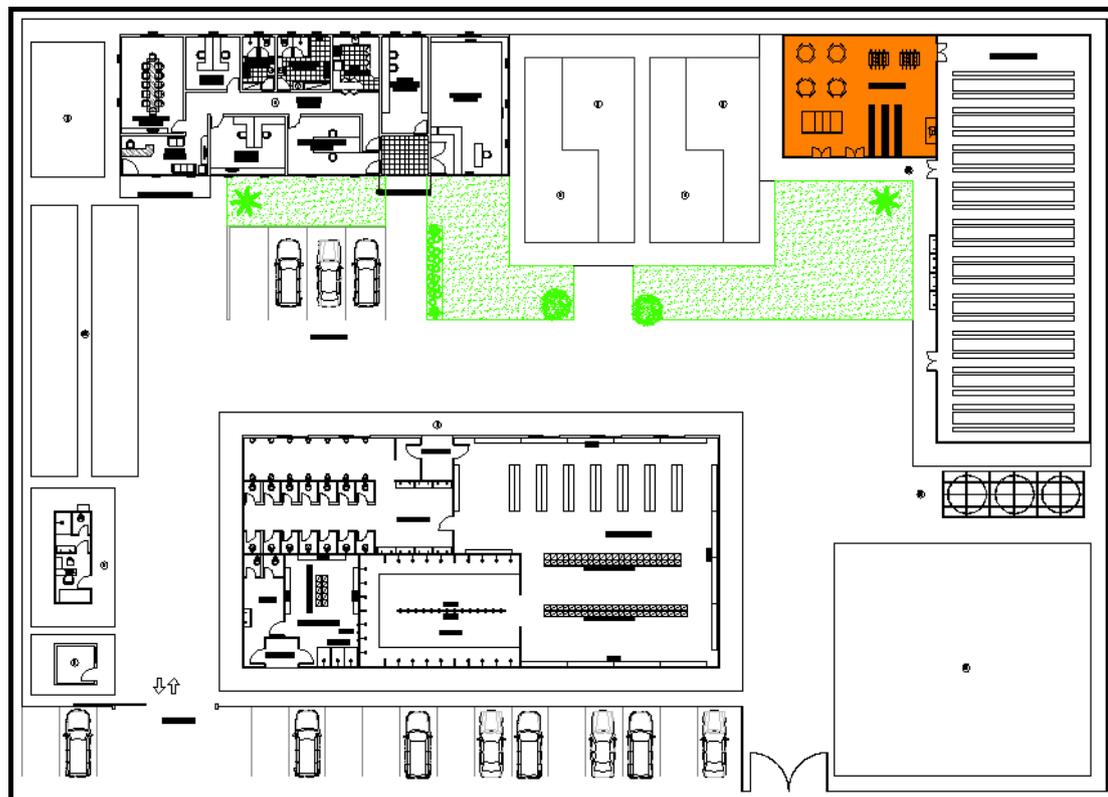
O bloco formado pelo refeitório e área de vivência está localizado no canto superior direito do canteiro de obras, como mostrado nas Figuras 4.16 e 4.17.

**Figura 4.16 – Localização do Refeitório**



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

**Figura 4.17 – Localização da Área de Convivência**



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

Esta área é projetada para o lazer e descanso dos trabalhadores, tem os seguintes elementos:

- 1 mesa de tênis de mesa;
- 4 mesas destinadas ao reunião de vários operadores para jogar diferentes jogos recreativos, tais como letras;
- 1 totó;
- Área para assistir televisão.

➤ **Ambulatório**

O **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** terá mais de 50 trabalhadores, sendo necessário um ambulatório equipado com medicamentos básicos para paciente e maca.

Neste ambulatório serão fornecidos materiais para primeiros socorros, de acordo com as atividades desempenhadas nos parques eólicos. Esses materiais serão armazenados e mantidos em condições perfeitas por pessoas especializadas e contratadas para este fim.

O ambulatório está localizado perto do acesso ao canteiro, à esquerda, perto da guarita de controle de acesso, facilitando assim o acesso à mesma por parte dos operadores e veículos de emergência.

O ambulatório terá uma área de 14,1 m<sup>2</sup>, com dimensões de 2,35 x 6 m, com uma altura de 2,50 m. Ela terá dois ambientes:

- Consultório Médico;
- Instalação Sanitária (2 lavatórios, 1 vaso sanitário).

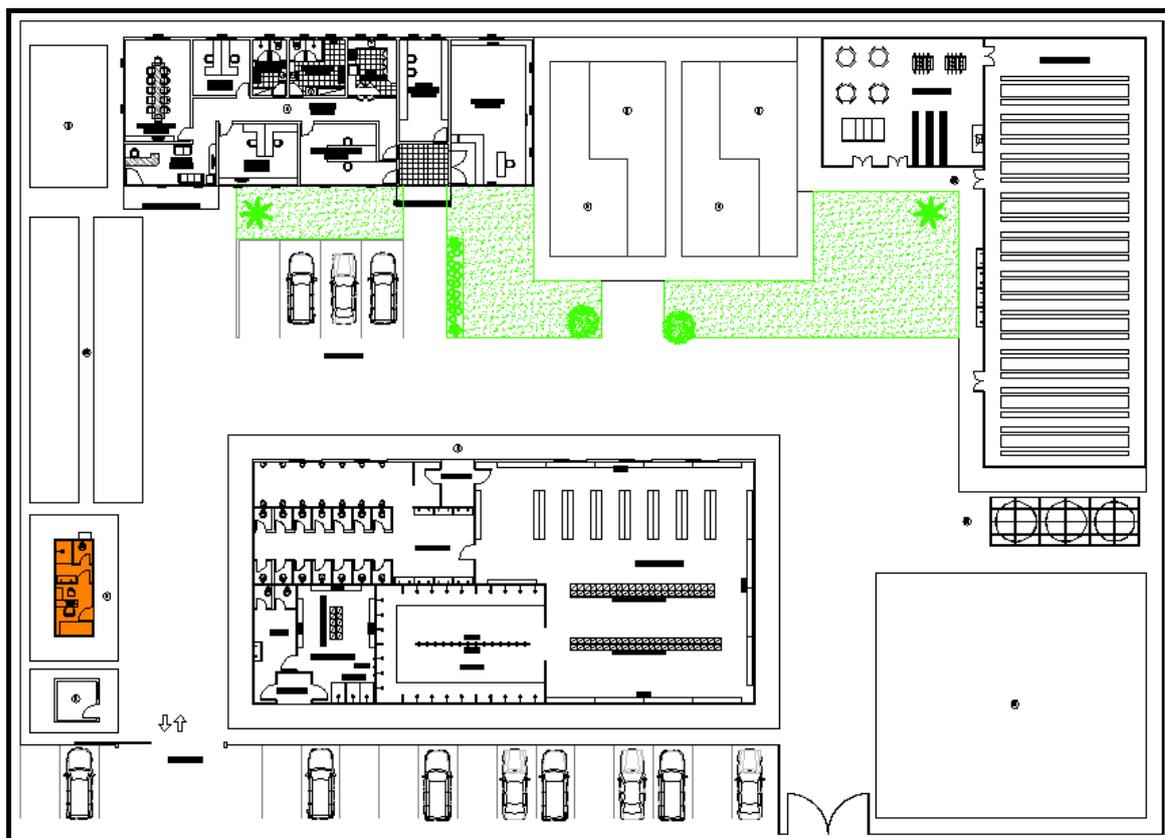
A Figura 4.18 apresenta a localização do ambulatório no canteiro de obras.

➤ **Escritórios**

O dimensionamento desta instalação é em função do número de pessoas que trabalham no local e das dimensões dos equipamentos utilizados (armários, mesas, cadeiras, computadores, etc.), variáveis estas que são dependentes dos padrões de cada empresa.

Neste caso optou-se por 3 áreas específicas: uma para ATLANTIC, outra para EPC Elétrica e a última para EPC Civil.

**Figura 4.18 – Localização do Ambulatório**



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

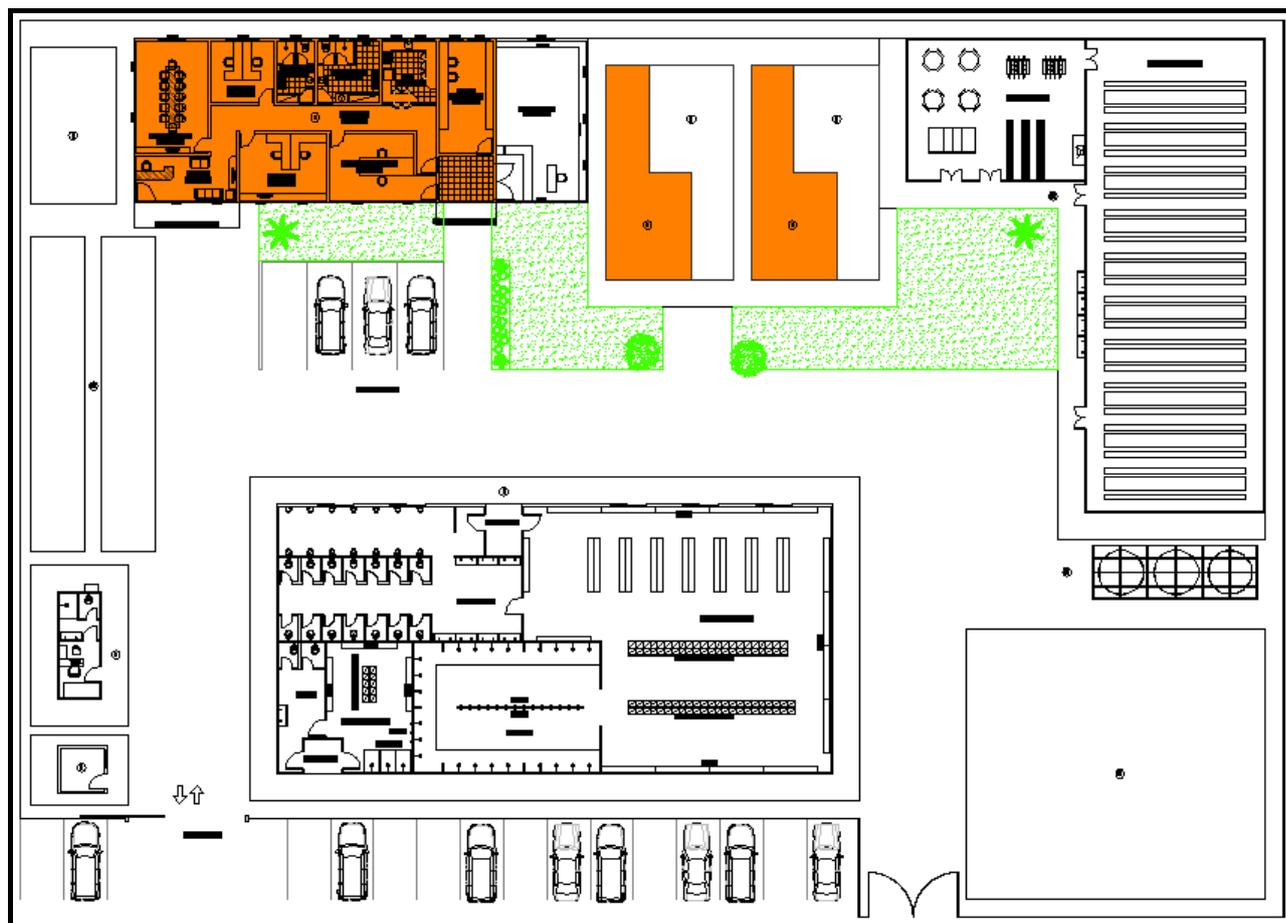
O dimensionamento destas instalações foi feita com base no número de pessoas que trabalharão no canteiro e o tamanho dos equipamentos utilizados (armários, mesas, computadores, etc.) As três zonas destinadas aos escritórios terão as seguintes dimensões:

- Escritório ATLANTIC: Possui uma área de 231,84 m<sup>2</sup>, com dimensões de 25,2 x 9,20 m.
- Escritórios EPC civil: Composto por uma área destinada a três contêineres 2,35 x 6 m, totalizando 42,3 m<sup>2</sup> de área.
- Escritórios EPC elétrico: Composto por uma área destinada a três contêineres 2,35 x 6 m, totalizando 42,3 m<sup>2</sup> de área.

O único escritório que está projetado é o da ATLANTIC. Ele será construído junto com o próprio canteiro, deixando o espaço disponível para a instalação dos escritórios dos EPCistas, sendo eles próprios responsáveis por montarem seus escritórios.

A Figura 4.19 apresenta a localização dos escritórios no canteiro de obras.

Figura 4.19 – Localização dos Escritórios no Canteiro de Obras



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

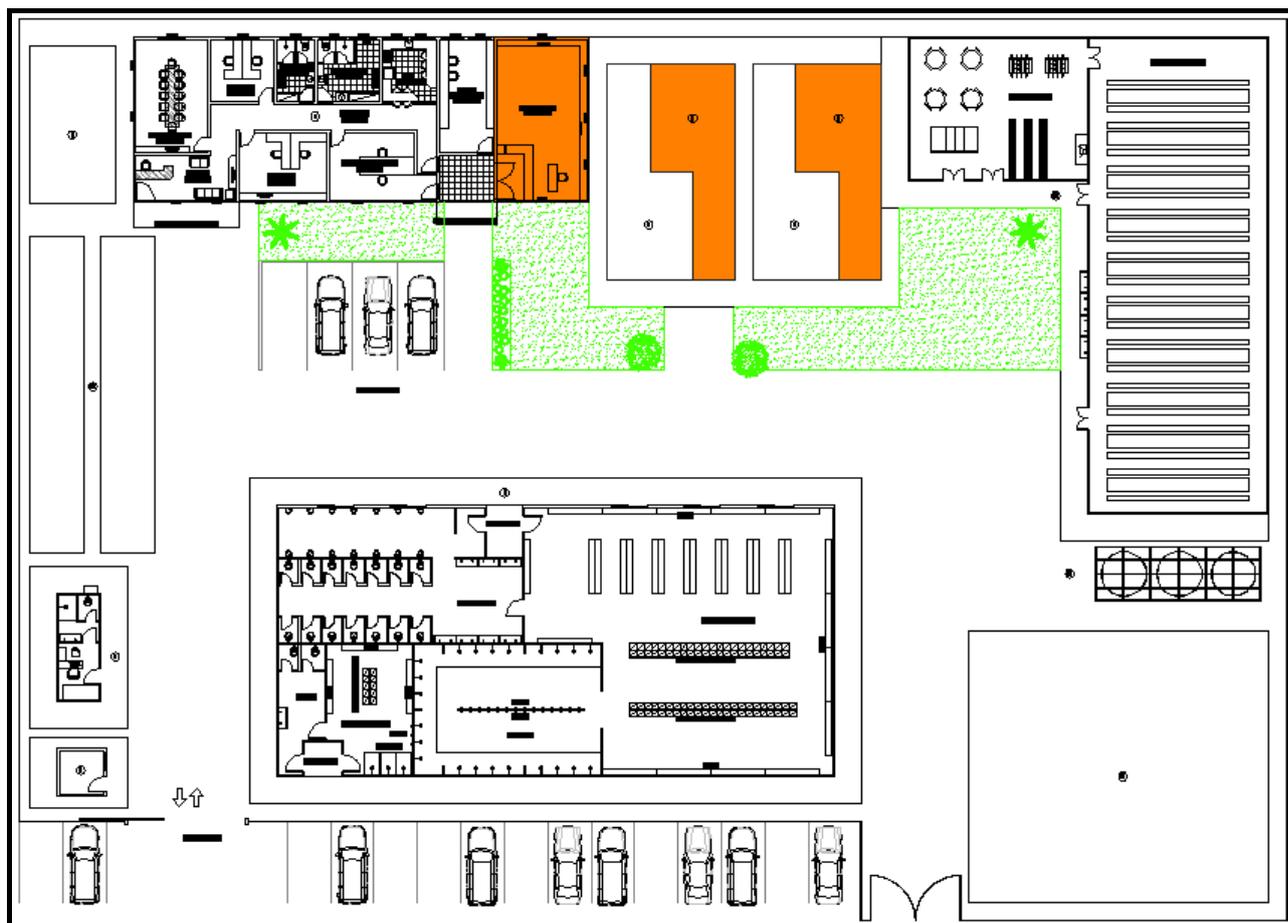
#### ➤ Almoxarifados

Como não existem critérios pré-estabelecidos por norma para o dimensionamento de almoxarifados, já que estes variam em função das características de cada obra, da periodicidade das compras e dos sistemas de distribuição foram adotados critérios de dimensionamento em função das características próprias da obra.

O canteiro de obras do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** contará com três almoxarifados, um para o subcontratado de montagem eletromecânica (EPC elétrico) e outro para o subcontratado de obras civis (EPC civil), com uma área de 42,3 m<sup>2</sup> cada um e outro para ATLANTIC com uma área de 44,50 m<sup>2</sup>.

Os almoxarifados estarão localizados na parte norte do canteiro, próximo à área de escritórios, como mostra a Figura 4.20.

Figura 4.20 – Localização dos Almoxarifados no Canteiro de Obras



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

➤ Reservatório de Água

Para dimensionar o reservatório de água, foram tomadas como referência as instruções da NBR 5626/98 - Instalação Predial Água Fria.

O reservatório de água foi dimensionado para dois dias e adotou-se um consumo médio diário de água de 70 l/operário.

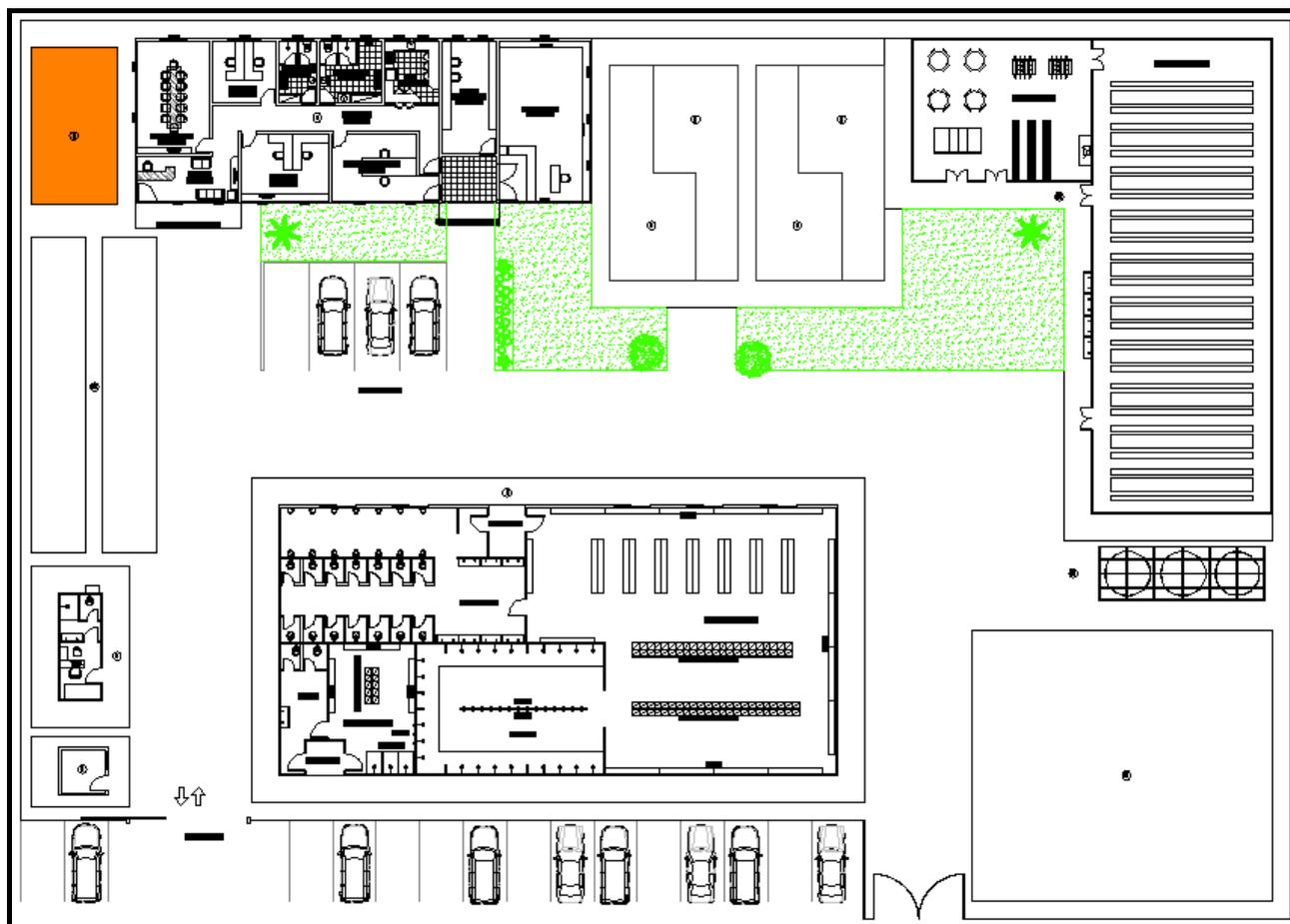
Foi projetado a existência de três depósitos superiores e um inferior para reservação de água, com capacidade mínima de 42 m<sup>3</sup>, o suficiente para abastecer 300 trabalhadores para 2 dias.

➤ Laboratório de Solos

No canteiro de obras destinou-se um espaço vazio com 40,9 m<sup>2</sup>, para implementação de um laboratório de solos, no futuro, uma vez que inicialmente não foi considerado necessário.

O espaço reservado para a construção do laboratório de solos está localizado no canto superior esquerdo do canteiro, próximo aos escritórios, como mostrado na Figura 5.21.

**Figura 4.21 – Localização da Área Reservada para o Laboratório de Solos**



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

➤ **Guarita**

A guarita de acesso será localizada junto à porta de acesso do pessoal e é grande o suficiente para manter estoque de EPI, (área de 7,18 m<sup>2</sup>), a ser fornecido aos visitantes.

A guarita está localizada de modo que pode monitorar e controlar o acesso a essas instalações e para evitar a entrada de pessoas que trabalhem desprovidos de Equipamentos de Proteção Individuais.

➤ **Área de Resíduos Sólidos**

Os resíduos sólidos gerados nos parques eólicos podem ser divididos em:

- Resíduos sólidos domésticos: resíduos sólidos domésticos gerados são de papel, papelão, restos de alimentos, embalagens, plásticos, etc. Estes resíduos irão ser eliminados de sacos de lixo no interior do recipiente com uma tampa estanque.
- Resíduos sólidos industriais: Consistem de resíduos de embalagens, embalagens vazias, restos, metais, etc. Esses resíduos serão armazenados temporariamente

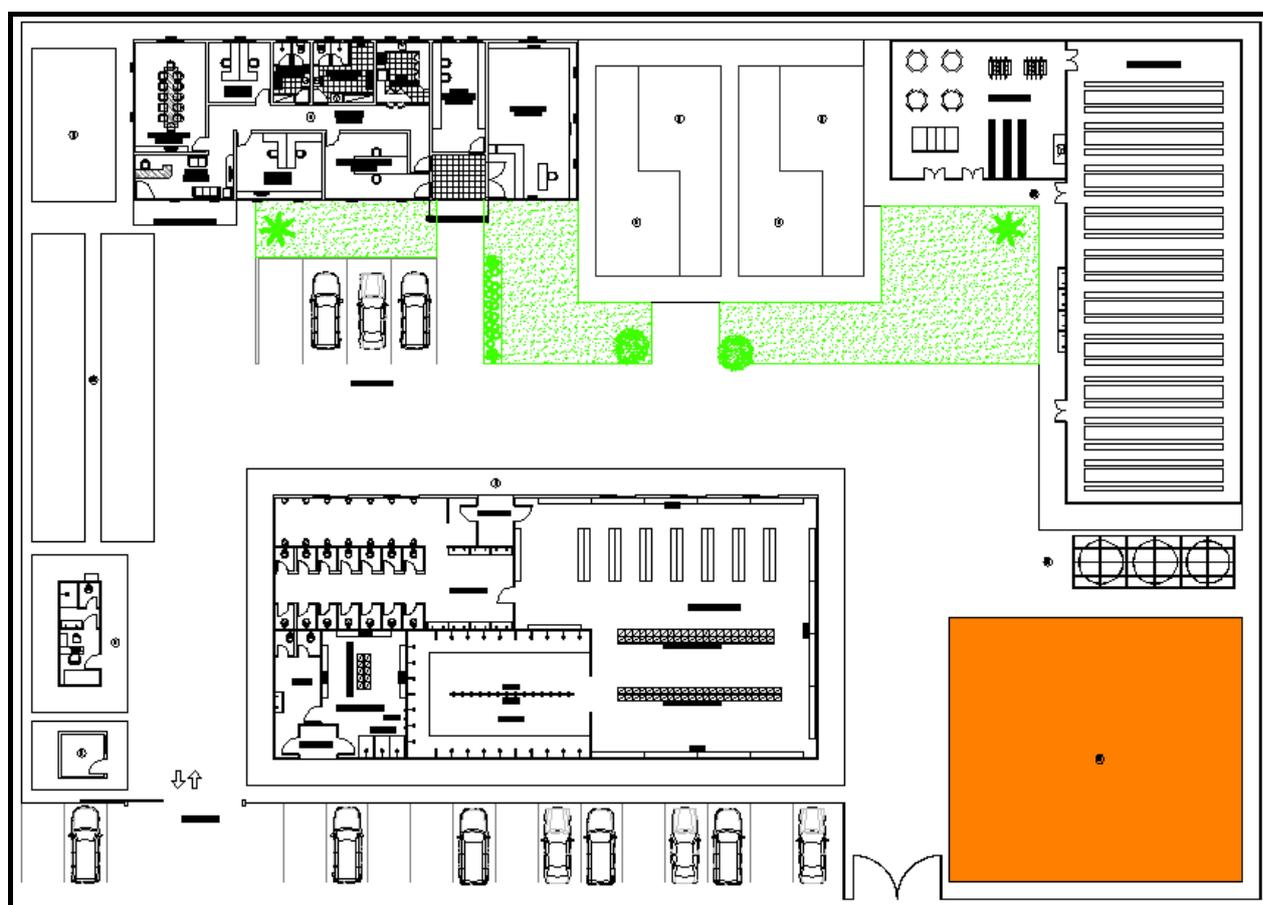
em recipientes fechados, exceto para os detritos a serem coletados e depositados em um aterro autorizado.

- Resíduos perigosos: os resíduos perigosos gerados são filtros de óleo, pintura sobra, latas de aerossol, panos contaminados. Estes resíduos serão armazenados em recipientes de uma área do projeto concebido especialmente para ele.

Para gerir os resíduos sólidos na área do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** possui uma área projetada para os resíduos sólidos, gerados nos parques eólicos, de 250 m<sup>2</sup>.

Esta zona situa-se no canto inferior direito do canteiro. Esta localização é destinada a facilitar o acesso a esta área para prosseguir com a remoção dos resíduos sólidos. A Figura 4.22 apresenta a localização desta área.

**Figura 4.22 – Localização da Área Reservada para o Laboratório de Solos**



Fonte: Memorial Descritivo do Canteiro de Obras.

No Volume II – Anexos é são apresentados o Memorial Descritivo do Canteiro de Obras e as plantas relativas ao projeto.

#### 4.2.1.2.7. Usina de Concreto

O projeto da usina de concreto do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** foi desenvolvido pela empresa Sólida Energias Renováveis, tendo como responsável técnico o Engenheiro Civil Rafael M. S. Linhares (CREA-PR N°. 95.683-D).

A Usina de Concreto vai atender a construção do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** e está localizada ao norte do Complexo Eólico, anexo ao Canteiro de Obras, Zona de Estocagem Provisória e Canteiro Básico destinado à empresa fornecedora dos aerogeradores.

As instalações da Usina de Concreto estão dispostas em 16 edificações discriminadas no Quadro 4.11.

**Quadro 4.11 – Instalações da Usina de Concreto**

Instalações	Superfície Total (M²)	Ocupação em Relação à Área Total (%)
Almoxarifado	27,93	0,28
Escritórios	42,03	0,42
Vestiários e instalações sanitárias	55,86	0,56
Caixa de retenção de águas residuais	7,50	0,08
Reservatório de água	4,13	0,04
Areia	200,00	2,00
Brita	200,00	2,00
Área de resíduos sólidos	250,11	2,50
Caixa separadora água-óleo	2,28	0,02
Reservatório Subterrâneo	221,00	2,21
Dique de lavagem dos caminhões e decantadores	144,84	1,45
Caixa d'água	61,86	0,62
Silos	66,71	0,67
Usina	66,05	0,66
Central de armação	18,00	0,18
Central de carpintaria	18,00	0,18
Sumidouro d'água	117,39	1,17
Reservatório de água para reuso	59,34	0,59

Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

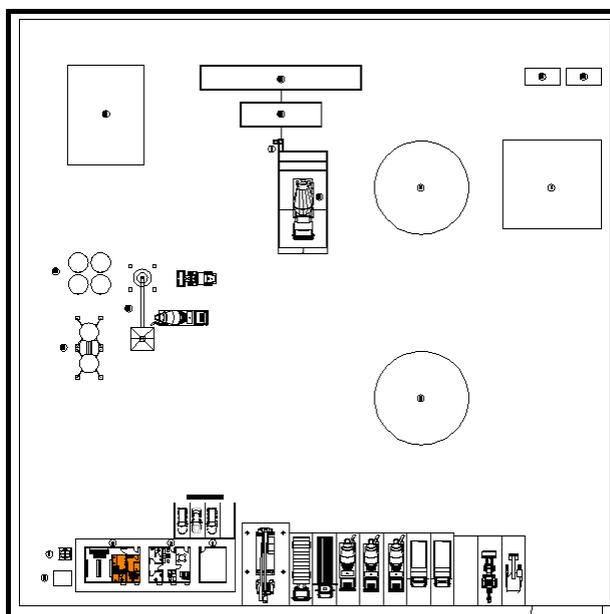
Em adição ao citado acima compõe também Usina de Concreto a área destinada às caçambas de entulhos dispostas para atendimento à Resolução CONAMA N°. 307 que estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos na construção civil, além de um depósito de água com capacidade para 2,0 m<sup>3</sup>, estacionamento para veículos no interior do canteiro.

➤ Instalações Sanitárias

As instalações sanitárias estão relacionadas com os vestiários, formando um único bloco chamado "Bloco dos vestiários". Este bloco está localizado em parte inferior da usina de concreto, ver Figura 4.23.

A rede hidráulica será abastecida por reservatório de água elevado, o qual terá altura suficiente para permitir o bom funcionamento nas tomadas de água e contar com reserva para combate a incêndio de acordo como posturas locais. Se previsto 70 litros diários de água por trabalhador para o consumo nas instalações sanitárias.

**Figura 4.23 - Localização das Instalações Sanitárias (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

As instalações sanitárias da Usina de Concreto são compostas pelos seguintes elementos:

- Instalações sanitárias femininas: 1 lavatório; 1 vaso sanitário; 1 chuveiro.
- Instalações sanitárias masculinas: 1 lavatório; 1 vaso sanitário; 1 mictório; 2 chuveiros.

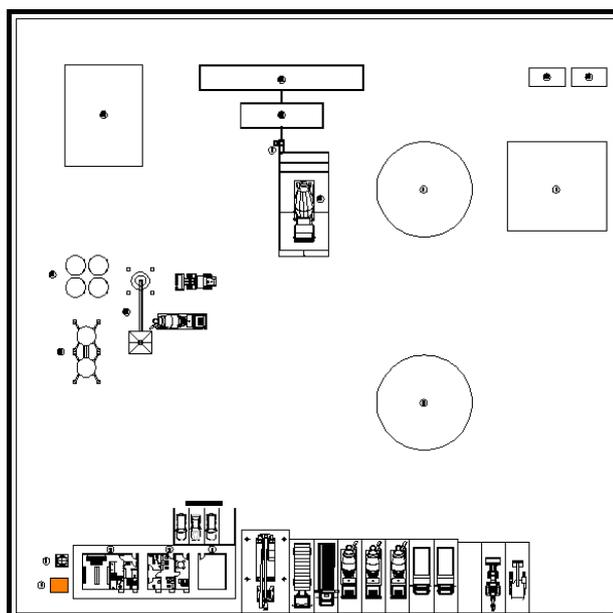
A Usina de Concreto conta com reservatório de água para atender as necessidades dos trabalhadores dos parques eólicos.

Foi projetado a existência de um depósito de 1,38 m de altura e um diâmetro de 2,11 m, com capacidade de 2,8 m<sup>3</sup>, o suficiente para abastecer 20 trabalhadores para 2 dias.

Para recolher todo o esgoto gerado na Usina de Concreto será necessária a realização de uma caixa de retenção de esgoto.

Estimou-se a gerar um volume de 21,0 m<sup>3</sup> de água residuais, durante 15 dias, de modo que a caixas de retenção necessária terão dimensões de 3,0 x 3,0 x 2,5 m. Esta caixa de retenção está localizada na zona oriental da Usina de Concreto, facilmente acessíveis para sua evacuação, ver Figura 4.24.

**Figura 4.24 – Localização da Caixa de Retenção (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

### ➤ Vestiário

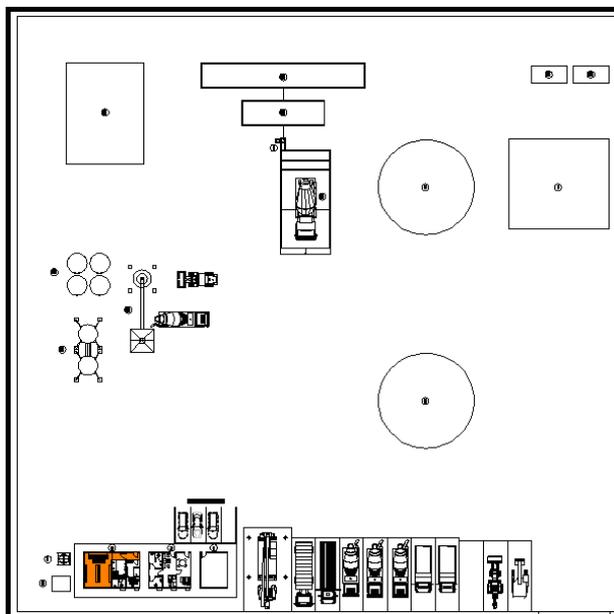
O vestiário será localizado ao lado dos banheiros e ao lado dos escritórios. Os vestiários obedeceram aos seguintes requisitos:

- As paredes dos vestiários serão construídas em alvenaria de tijolo comum ou de concreto, e revestidas com material impermeável e lavável.
- Os pisos deverão ser impermeáveis, laváveis e de acabamento liso, inclinados para os ralos de escoamento providos de sifões hidráulicos.
- Os locais destinados às instalações de vestiários serão providos de uma rede de iluminação, cuja fiação deverá ser protegida por eletrodutos.
- Os armários de aço são individuais com fechadura ou dispositivo com cadeado. Suas dimensões são de 0,80 m de altura por 0,30m de largura e 0,40 m de profundidade.

- Os bancos com largura mínima de 0,30 m.

A Figura 4.25 apresenta a localização dos vestiários em relação ao canteiro de obras.

**Figura 4.25 – Localização dos Vestiários (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

Para recolher todo o esgoto gerado na usina de concreto optou-se pela realização de duas caixas de retenção.

Estimou-se a gerar um volume de 315 m<sup>3</sup> de água residuais, durante 15 dias, de modo que as caixas de retenção terão dimensões de 3,0 x 3,0 x 17,5 m.

Estas duas caixas de retenção estão localizados na zona ocidental do canteiro de obras, facilmente acessíveis para sua evacuação. A Figura 4.26 apresenta a localização das caixas de retenção de águas residuais em relação ao canteiro de obras.

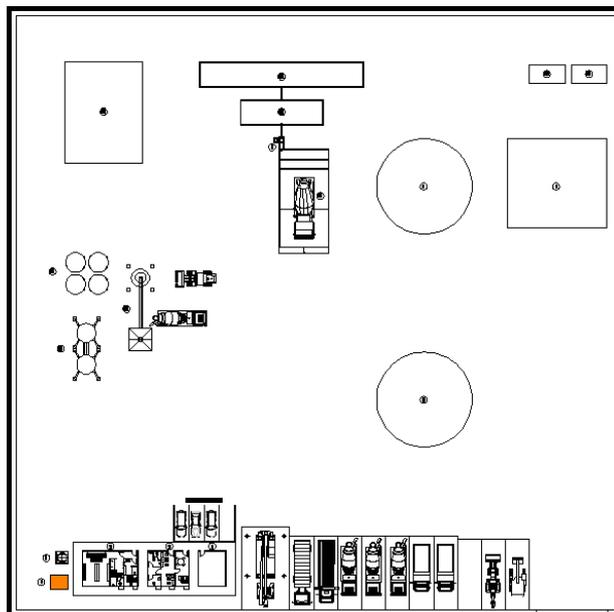
#### ➤ Escritórios

O dimensionamento destas instalações foi feita com base no número de pessoas que trabalharão na usina e o tamanho dos equipamentos utilizados (armários, mesas, computadores, etc.).

Os escritórios serão composto por 3 contêiner anexados de 2,35 x 6,00 m, com uma área de 42,3 m<sup>2</sup>. As instalações de escritórios terão a seguinte composição:

- 2 banheiros.
- 1 escritório para Mestre de obras.

**Figura 4.26 – Localização das Caixas de Retenção de Águas Residuais (em destaque)**

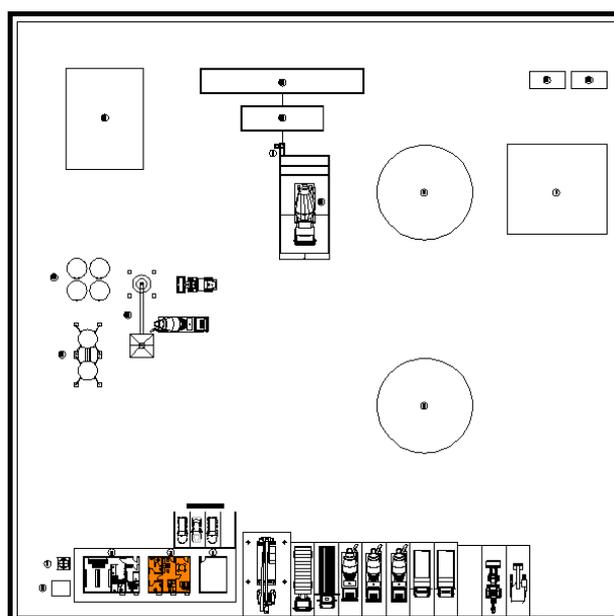


Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

- 2 escritório para técnicos.
- 1 escritório para engenheiros.

A Figura 4.27 apresenta a localização dos escritórios na área da usina de concreto.

**Figura 4.27 – Localização dos Escritórios (em destaque)**

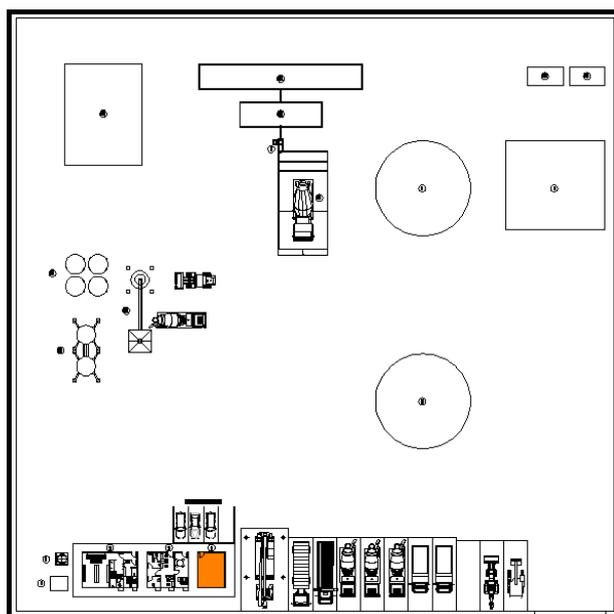


Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

➤ Almojarifado

A usina de concreto contará com um almojarifado com área de 27,93 m<sup>2</sup>. O almojarifado estará localizado na parte sul da unidade, próximo à área de escritórios, como mostra a Figura 4.28.

Figura 4.28 – Localização do Almojarifado (em destaque)



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

➤ Área de Resíduos Sólidos

Para gerir os resíduos sólidos gerados na área da Usina de Concreto do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** possui uma área projetada de 250,0 m<sup>2</sup>. Esta zona situa-se no canto superior direito do canteiro, ver Figura 4.29, com objetivo de facilitar o acesso a esta área para prosseguir com a remoção dos resíduos sólidos.

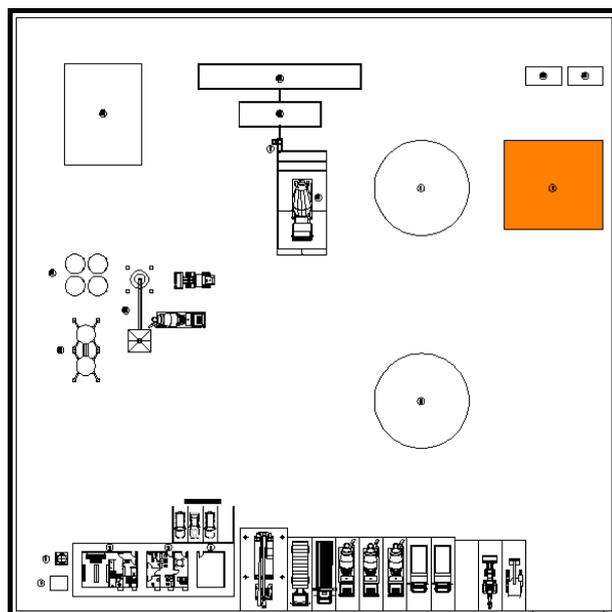
➤ Caixas D'água

Para armazenar a água a ser usada para a preparação do concreto, a usina contará com 4 caixas d'água, cada uma com capacidade de 25.000 litros. As caixas de água estarão localizadas na parte ocidental da implantação da Usina de Concreto nas proximidades da Usina e dos silos de cimento, como indicado na Figura 4.30.

➤ Dique de Lavagem dos Caminhões com Decantadores

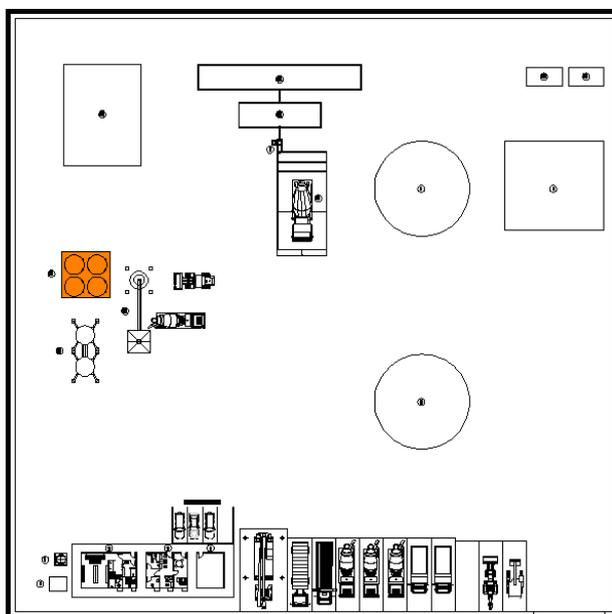
Os caminhões utilizados para transportar o concreto terão de ser limpos após cada utilização. Para fazer isso, a unidade terá um dique lavagem de caminhões, seguido de decantadores, com área de 144,84 m<sup>2</sup>.

**Figura 4.29 – Localização da Área de Destinação dos Resíduos Sólidos (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

**Figura 4.30 – Localização da Área das Caixas D'água na Usina de Concreto (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

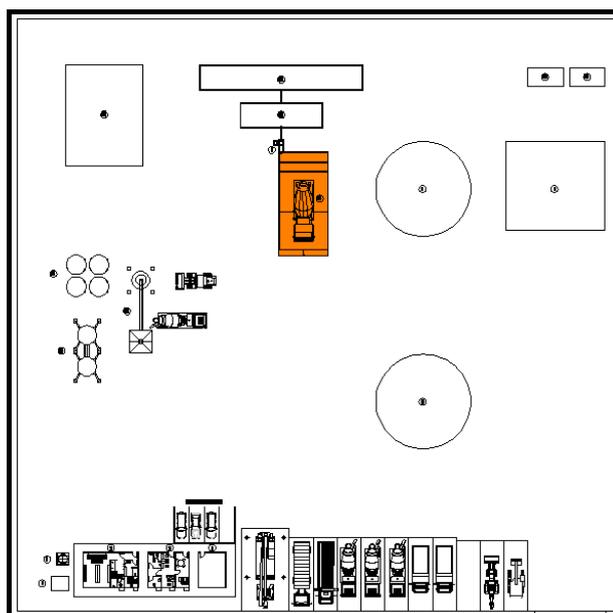
O sistema de tratamento será desenvolvido em atendimento às especificações técnicas de projeto vigentes na NBR 12216. A água tratada poderá ser reutilizada para irrigação das vias, umedecendo-as e minimizando a produção de poeira. Os resíduos sólidos, após a secagem, poderão ser misturados ao solo para serem utilizados na execução das vias,

em sub-base ou reforço de subleito. Foram estabelecidas as seguintes diretrizes para o dimensionamento dos decantadores:

- A vazão foi considerada 0,000778 m<sup>3</sup>/s.
- A velocidade de sedimentação foi considerada 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia.
- A velocidade longitudinal foi considerada 0,25 cm/s
- O sistema foi dimensionado visando à obtenção de pequenas profundidades, de modo minimizar os custos das obras. As dimensões mínimas adotadas atendem às condições de limpeza.

O dique de lavagem dos caminhões está localizado na parte superior esquerda da planta, como mostrado na Figura 4.31.

**Figura 4.31 – Localização do Dique de Lavagem na Usina de Concreto (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

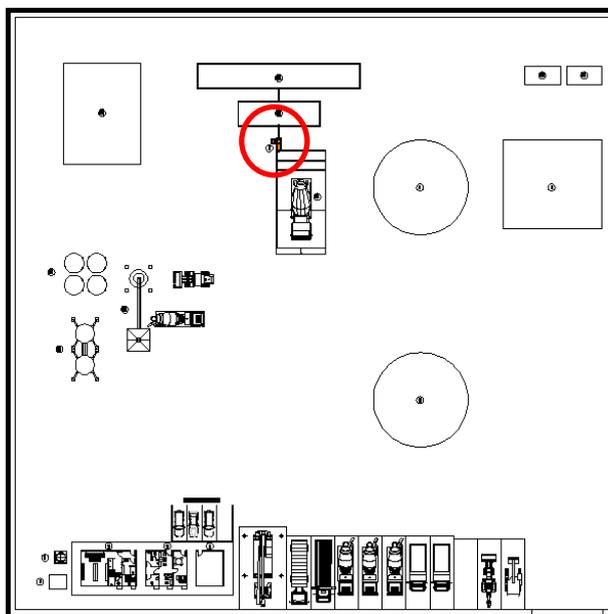
#### ➤ Caixa Separadora de Água-Óleo

A Usina de Concreto terá uma caixa separadora de óleo-água, para evitar problemas ambientais que possam ser causados pelo descarte inadequado de água-óleo contaminada, a partir da lavagem dos caminhões.

Depois de passar pela caixa separadora de água e óleo, a fração de efluente praticamente livre de óleo será armazenada no Reservatório de água para reuso.

A caixa separadora de água-óleo está localizada na parte superior esquerda, ligado aos decantadores, como pode ser visto na Figura 4.32.

**Figura 4.32 - Localização Área da Caixa Separadora de Água-óleo (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

➤ **Sumidouro**

O Sistema de Disposição Final do Efluente Tratado é formado por sumidouro de infiltração com forma prismática o qual garantirá a infiltração da água que eventualmente não seja reutilizada.

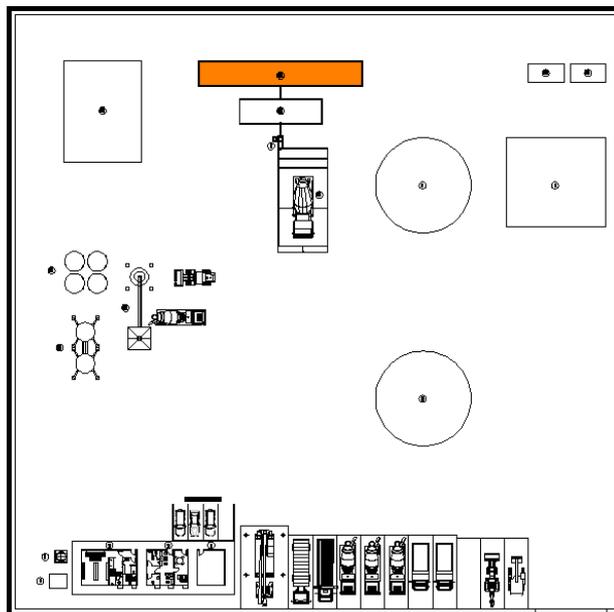
O sumidouro ocupará uma área de 117,39 m<sup>2</sup>, e será localizado no canto superior esquerdo da Usina de Concreto, como mostra a Figura 4.33.

➤ **Tanque de Água para Reuso**

Para a reutilização da água residual proveniente da lavagem dos caminhões de concreto, foi previsto um reservatório que seja capaz de armazenar 50% do volume máximo calculado para o sumidouro, ou seja 162m<sup>3</sup>.

A água tratada poderá ser reutilizada para irrigação das vias, umedecendo-as a fim de minimizar a produção de poeira, ou para outros fins desejados, sendo previsto estudos de qualidade da água para saber se a mesma é propícia para o fim desejado.

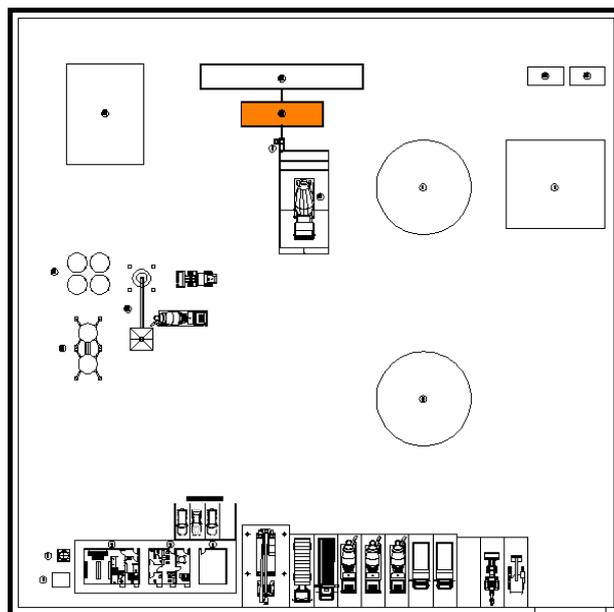
**Figura 4.33 - Localização Área do Sumidouro d'água na Usina de Concreto (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

O reservatório de água para reuso ocupará uma área de 54,34 m<sup>2</sup>, e será localizado no canto superior esquerdo da Usina de Concreto, como mostra a Figura 4.34.

**Figura 4.34 - Localização da Área do Reservatório de Água de Reuso (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

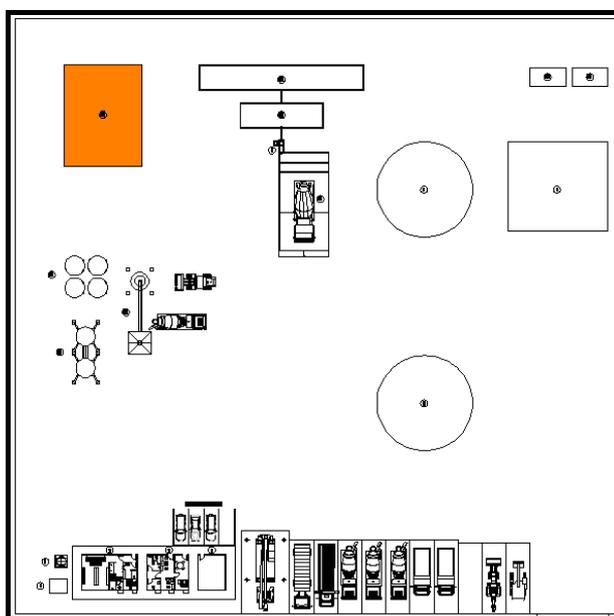
➤ Reservatório de Água Subterrâneo

A planta terá um reservatório para armazenar água ou para que se faça a diluição da mesma para que se atinjam as características ótimas para a preparação do concreto. Este espaço é facultativo e só será utilizado caso não se obtenha água de boa qualidade e uma fonte, sendo necessário que se busque outra origem de forma a melhorar a qualidade da mesma para se atingir a qualidade desejada para a fabricação de concreto. A partir da saída deste reservatório de diluição, a água será conduzida até as caixas de água, onde será temporariamente armazenada até ser utilizado. O reservatório de água irá ocupar uma área de 221,0 m<sup>2</sup>. A Figura 4.35 ilustra a localização do reservatório subterrâneo de água.

➤ Areia e Brita

A Usina de Concreto terá dois reservatórios de areia e brita, com uma área de 200 m<sup>2</sup> cada. Estes dois depósitos estão localizados na área central da planta, com um acesso fácil para a descarga de material a partir de caminhões.

**Figura 4.35 - Localização da Área do Reservatório de Água Subterrâneo (em destaque)**

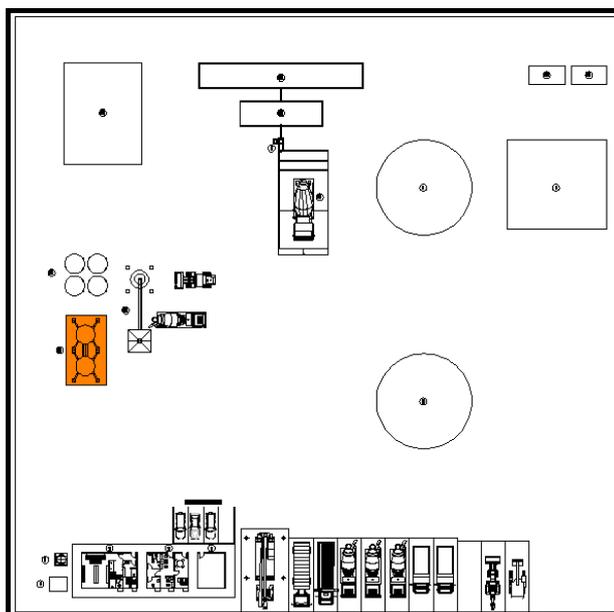


Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

➤ Silos de Cimento

A Usina de Concreto irá contar com 2 silos de cimento de 100 toneladas, localizados no lado oeste da planta, sob as caixas d'água e na proximidade da Usina, como mostrado na Figura 4.36.

**Figura 4.36 – Localização dos Silos de Cimento (em destaque)**



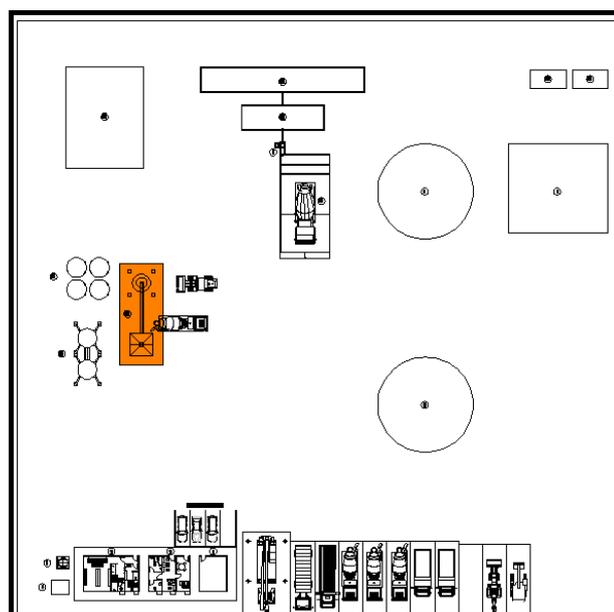
Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

➤ Usina

Esta instalação será responsável pela preparação e produção de concreto. Esta área é dimensionada conforme número de betoneiras previsto em função do serviço demandado.

Localiza-se na zona oeste da implantação, localizada estrategicamente o mais próximo das áreas de armazenagem dos agregados e reservatório d'água, ver Figura 4.37.

**Figura 4.37 – Localização da Usina de Concreto (em destaque)**



Fonte: Memorial Descritivo da Usina de Concreto.

A Usina de Concreto possui uma central de carpintaria localizada no canto superior direito próximo da central de armação. A central carpintaria é destinada para o corte e montagem das formas das esquadrias. A carpintaria é composta basicamente de bancada(s) de trabalho e serra circular.

A central de armação é uma área destinada ao corte, dobramento e pré-montagem das armaduras, tem uma área de 18 m<sup>2</sup>.

A dobra e o corte de vergalhões de aço na obra devem ser feitos sobre bancadas ou plataformas apropriadas e estáveis, apoiadas sobre superfícies resistentes, niveladas, não escorregadias, afastadas da área de circulação de trabalhadores.

A central de armação está localizada canto superior direito perto da central carpintaria.

No Volume II – Anexos é são apresentados o Memorial Descritivo da Usina de Concreto e as plantas relativas ao projeto.

#### 4.2.1.2.8. Projeto de Fundação

Na fase de elaboração dos projetos executivos das obras civis deverão ser realizados estudos de engenharia específicos para a adequação do projeto conceitual das fundações, visando atender as condições de resistência mecânicas do solo do local.

A adequação do projeto conceitual da fundação do aerogerador leva em consideração os resultados das investigações geotécnicas do subsolo em cada ponto de implantação e dos esforços atuantes. Considera também a observância às normas e leis vigentes do país, possibilitando em alguns casos a aplicação do projeto conceitual sem grandes alterações e, em outros, a utilização de novo projeto específico para o local.

O projeto conceitual da fundação está representado no Volume II - Anexos.

#### 4.2.1.2.9. Projeto Elétrico

O projeto elétrico do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** tem como responsável técnico a Engenheira Eletricista Ana Carolina Cabral Molina (CREA-PR N°. 99.918-D).

Constitui objeto desta especificação técnica a descrição da rede de média tensão de 12kV que interconectará os parques até as subestações Lagoa do Barro 01 e Lagoa do Barro 02 (12/230kV).

O dimensionamento da rede de média tensão foi realizado atentando para os requisitos de capacidade de condução de corrente, corrente de curto-circuito, queda de tensão máxima e perdas elétricas, atendendo a norma ABNT NBR 11301 – “Cálculo de capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de

carga 100%)". Já os critérios de dimensionamento são aplicados de acordo com a Norma ABNT NBR 14039 – “Instalações elétricas de média tensão de 1,0 a 36,2kV.

Os aerogeradores serão interconectados através de redes aéreas de 12kV até 2 subestações elevadoras de 12/230kV, a fim de que a potência gerada seja transmitida até a subestação de São João do Piauí, de propriedade da CHESF.

A rede de média tensão será subterrânea entre os aerogeradores, onde próximo ao último aerogerador do circuito terá um poste de transição aéreo/subterrâneo, cujo detalhe encontra-se em anexo à este documento. Do poste, a rede de média tensão passa a ser aérea até a entrada da subestação. As seguintes premissas foram adotadas:

- Potência do Aerogerador: 3000 kW
- Fator de potência: 0,93
- Tensão Nominal: 12kV
- Frequência: 60Hz
- Perdas elétricas máximas por circuito < 3%
- Queda de Tensão por circuito < 5%
- Nível de curto-circuito < 14kA.
- Temperatura ambiente: 40°C
- Temperatura do solo: 30°C
- Resistividade Térmica do solo: 2,5K.m/W

#### - Rede de Média Tensão Subterrânea

Para a rede de média tensão subterrânea será utilizado cabos de potência com isolamento sólida extrudada de Polietileno Reticulado (XLPE) – 90°C, em alumínio, com blindagem mínima de 16 mm<sup>2</sup>. Os cabos de potência serão isolados com classe de tensão 12/20 kV, em 3 cabos unipolares em trifólio e serão diretamente enterrados no solo (método H) por meio de valas de 1,2 metros de profundidade. Para sinalização das valas deverá ser incluso fitas de sinalização zebradas preta-amarela com dizeres “Perigo alta tensão”. Também deverá ser instalado marcos de concreto armado adequadamente espaçados a cada 50m, de forma a indicar o trajeto da rede, com dimensões de 0,25x0,25x1,4m.

Na mesma vala será lançado cabos de cobre nu de 50mm<sup>2</sup>, formados por fios de cobre eletrolítico, têmpera meio dura de classe 2A, diâmetro nominal externo 9mm, formação 7

firos x 3mm para aterramento dos aerogeradores. Estes cabos de cobre nu serão conectados com a malha de terra do aerogerador através de soldas exotérmicas tipo “T”.

Na mesma vala será lançado cabos de fibra óptica.

No cruzamento com as vias, será realizado encapsulamento de concreto (método F), com duto corrugado preto tipo kanalex em PEAD de diâmetro de 4” para passagem de fibra óptica e duto corrugado preto tipo kanalex em PEAD de diâmetro de 8” para passagem dos cabos de força.

Os terminais desconectáveis deverão ser blindados de classe 20 kV, corpo em T, com conector terminal bimetálico a compressão e adaptador para cabo alumínio classe 12/20 kV, isolamento de composto em XLPE-90°C; conjunto completo com plugue isolante para tamponamento, instruções de montagem e demais componentes para a perfeita aplicação do terminal e devem obedecer a norma IEEE Std 386.

## Rede de Média Tensão Aérea

As estruturas consideradas para aplicação na linha serão de concreto armado para circuito duplo e circuito simples, sendo:

- Circuito simples

Tipo DTT para circuito simples;

Tipo DTFL para aplicação como fim de linha;

Tipo DTAI para aplicação em ângulos;

Tipo DTS para suspensão;

- Circuito duplo

Tipo DDTFL para aplicação como fim de linha

Tipo DDTA para aplicação em ângulos

Tipo DDTS para suspensão

Os isoladores previstos para serem aplicados na linha serão poliméricos, tipo concha e bola, sendo a tração de ruptura de 120kN, para as estruturas de ancoragem. Nas estruturas de suspensão a cadeia será composta por isoladores de vidro temperado, 120kN.

O aterramento das estruturas deverá ser feito através de derivação da base do poste e contrapeso da linha.

Os cabos condutores serão de quatro tipos:

1. IBIS 397,5 MCM
2. DOVE 556,5 MCM
3. STARLING 715 MCM
4. RAIL 954 MCM

## Quantitativo da Rede de Média Tensão

- Aura Lagoa do Barro 01

O parque Aura Lagoa do Barro 01, de 27 MW de potência, possui 3 circuitos. Do último aerogerador de cada circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 01. A rede aérea do circuito 1 forma um circuito duplo com a rede aérea do circuito 2. Já a rede aérea do circuito 3 é um circuito simples.

- Aura Lagoa do Barro 02

O parque Aura Lagoa do Barro 02, de 27 MW de potência, possui 3 circuitos. Neste parque, a rede de média tensão é totalmente subterrânea devido à proximidade do parque com a subestação Lagoa do Barro 01.

- Aura Lagoa do Barro 03

O parque Aura Lagoa do Barro 03, de 27 MW de potência, possui 3 circuitos. Do último aerogerador de cada circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 02. A rede aérea do circuito 1 é na configuração de circuito simples, enquanto a rede aérea do circuito 2 e 3 é a mesma, formando assim um circuito duplo.

- Aura Lagoa do Barro 04

O parque Aura Lagoa do Barro 04, de 27 MW de potência, possui 3 circuitos. Do último aerogerador de cada circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 02. A rede aérea do circuito 1 é na configuração de circuito simples durante uma extensão de aproximadamente 1500 metros, até que se une com a circuito simples do parque Queimada Nova 03, formando um circuito duplo até a Subestação Lagoa do Barro 02. Já a rede aérea do circuito 2 e 3 é a mesma, formando assim um circuito duplo.

- Aura Lagoa do Barro 05

O parque Aura Lagoa do Barro 05 possui uma potência de 24 MW e é dividido em 3 circuitos. Do último aerogerador de cada circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 01. A rede aérea do circuito 1 é na configuração de circuito duplo, pois compartilha com um dos circuitos do parque Aura Queimada Nova 02. Já a rede aérea do circuito 2 e 3 é a mesma, formando assim um circuito duplo.

- Aura Lagoa do Barro 06

O parque Aura Lagoa do Barro 06, de 27 MW de potência, possui 3 circuitos. Do último aerogerador de cada circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 02. A rede aérea do circuito 1 é na configuração de circuito simples. Já a rede aérea do circuito 2 e 3 é a mesma, formando assim um circuito duplo.

- Aura Lagoa do Barro 07

O parque Aura Lagoa do Barro 07, de 27 MW de potência, possui 3 circuitos. Do último aerogerador de cada circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 01. A rede aérea do circuito 1 é na configuração de circuito simples. Já a rede aérea do circuito 2 e 3 é a mesma, formando assim um circuito duplo.

- Aura Queimada Nova 01

O parque Aura Queimada Nova 01, de 30 MW de potência, possui 3 circuitos. Do último aerogerador de cada circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 02. A rede aérea do circuito 1 é na configuração de circuito simples. Já a rede aérea do circuito 2 e 3 é a mesma, formando assim um circuito duplo.

- Aura Queimada Nova 02

O parque Aura Queimada Nova 02, de 30 MW de potência, possui 3 circuitos. Do último aerogerador de cada circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 01. A rede aérea do circuito 1 é na configuração de circuito duplo, compartilhado com um dos circuitos do parque Aura Lagoa do Barro 05. Já a rede aérea do circuito 2 e 3 é a mesma, formando assim um circuito duplo.

- Aura Queimada Nova 03

O parque Aura Queimada Nova 03, de 9,0 MW de potência, possui apenas 1 circuito. Do último aerogerador deste circuito, o circuito passa a ser aéreo até a subestação Lagoa do Barro 02. A rede aérea deste circuito é simples durante uma extensão de aproximadamente 3,4 km até que se une com o circuito 1 do parque Aura Lagoa do Barro 04 tornando-se assim um circuito duplo.

No Volume II – Anexos é são apresentados o Memorial Descritivo do Projeto Elétrico e as plantas relativas ao projeto.

#### **4.2.1.3. Estudo de Análise de Risco**

Para o **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** foi elaborado um Estudo de Análise de Risco – EAR, além do Plano de Gerenciamento de Risco – PGR e do Plano de Resposta à Emergência – PRE.

O Estudo de Análise de Risco – EAR teve por finalidade identificar, analisar e avaliar os eventuais riscos impostos a objetos vulneráveis (meio ambiente, comunidades circunvizinhas e instalações) advindas dos parques eólicos.

Estes estudos foram elaborados pela empresa GEOCONSULT Consultoria, Geologia & Meio Ambiente Ltda., tendo como Responsável Técnico o Engenheiro Mecânico Francisco Olímpio Moura Carneiro, CREA-CE N°. 45.593-D e são apresentado no Volume II – Anexos deste EIA e seus principais resultados discutidos no Capítulo 12.

#### **4.2.1.4. Estudo Ambiental**

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) constitui a ferramenta de análise da viabilidade ambiental do empreendimento na área pleiteada. No EIA apresenta-se uma análise descritiva e interpretativa dos componentes ambientais da área de influência indireta (municípios afetados) e direta, relativa a área de implantação do empreendimento. Essa análise aborda: (a) os aspectos físicos relativos aos componentes: climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e recursos hídricos; (b) bióticos: fauna, flora e biocenose e (c) antrópico: infraestrutura urbana, saúde, educação, comunicação, transporte e economia.

A elaboração do EIA, além de atender a legislação pertinente, em especial aos princípios e objetivos expressos na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às diretrizes gerais bem como abordará as atividades técnicas, estabelecidas na Resolução CONAMA N°. 01/86.

Além disso, o EIA atende rigorosamente ao Termo de Referência emitido pela SEMAR.

#### **4.2.2. Fase de Implantação**

Nesta fase, o projeto materializa-se através das diversas atividades que devem ser realizadas. É a fase construtiva do empreendimento a qual se consolida com o desenvolvimento das seguintes ações: Dentre elas: aquisição dos equipamentos, contratação dos fornecedores de serviços de engenharia, instalação do canteiro, limpeza

da área/desmatamento, terraplanagem, drenagem, pavimentação dos acessos, edificações (fundações, montagem das torres, instalação e montagem do Aerogerador, montagem da rede de distribuição, conexão elétrica, etc.) e subestação.

#### 4.2.2.1. Contratação dos Empreiteiros / Mão de Obra

A mão de obra a ser utilizada para implantação do empreendimento compreenderá os seguintes grupos de trabalhadores: trabalhadores da construção civil, trabalhadores do setor eletromecânico e técnicos especializados, estimando-se a geração de 700 empregos diretos no pico da obra, conforme mostrado no Quadro 4.12.

**Quadro 4.12 - Estimativa de Mão de Obra**

<b>Tipos de Empregos</b>	<b>Fase de Implantação</b>	<b>Fase de Operação</b>
Diretos	700	30
Indiretos	2.000	60

Fonte: Dados fornecidos pelo empreendedor.

Os trabalhadores da construção civil serão empregados para construção da estrada de acesso interno, das edificações, das fundações e das calhas a serem utilizadas no cabeamento, entre outros serviços.

Para montagem das torres, dos aerogeradores e dos cabeamentos serão requisitados trabalhadores especializados, sendo que parte desse pessoal será encaminhada pelos fabricantes dos equipamentos.

A etapa de instalação dos **PARQUES EÓLICOS** terá participação de mão de obra especializada estrangeira o que permitirá uma troca de informações entre especialistas nacionais e internacionais, bem como treinamento da mão de obra local.

#### 4.2.2.2. Instalação do Canteiro de Obras e Mobilização

A mobilização consiste na montagem e instalação no local da obra de todos os equipamentos e materiais necessários à execução dos serviços, inclusive da construção de escritórios e demais instalações de apoio à obra.

Todo material a ser empregado na construção do canteiro de obras será novo e deverá estar de acordo com a última edição das normas e especificações de materiais de construção.

Os canteiros de obras e áreas de apoio serão comuns para todos os parques do Complexo e ocuparão um total de 48.800 m<sup>2</sup> dentro do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**, contemplando as seguintes instalações temporárias, conforme figura apresentada nas

plantas. Essas áreas serão divididas em 3 canteiros principais com 10.000 m<sup>2</sup>, 2 áreas de estocagem provisória de 5.000 m<sup>2</sup> e 1 canteiro básico de 4.800 m<sup>2</sup>.

- 01 Canteiro de obras geral, situado no PE Aura Lagoa do Barro 03 entre os aerogeradores 03 e 04. Será implantado conjuntamente com a usina de concreto e o canteiro geral da Gamesa.
- 01 Canteiro de obras no PE Aura Lagoa do Barro 02, próximo do aerogerador 05;
- 01 Canteiro de apoio no PE Aura Lagoa do Barro 05, entre os aerogeradores 02 e 03.

Os canteiros serão constituídos de instalações administrativas e industriais temporárias:

Principais Instalações Administrativas	Principais Instalações Industriais Temporárias
- Portaria.	- Central de Carpintaria
- Recepção	- Central de corte e dobra de aço.
- Escritório Administrativo	- Almoxarifado – materiais
- Refeitório	- Almoxarifados – equipamentos e materiais do cliente
- Vestiário / Sanitário	- Ferramentaria /Oficina Mecânica
- Almoxarifado	- Central de Concreto
- Ambulatório	- Área de estoque de pás, nacelles, e hubs.
- Área para subcontratados	- Depósito para areia, brita, e outros materiais de construção.
- Estacionamento	- Área para separação dos materiais recicláveis
- Alojamento	- Pátio de Lavagem e Lubrificação

As instalações administrativas do canteiro de obras terão boa aparência, as paredes serão pintadas e as dependências possuirão aeração adequada, de vez que serão construídas dentro dos padrões sanitários exigidos pela NR18. Os banheiros, vestiários e refeitório serão dimensionados de acordo com a referida norma. A área do canteiro será cercada, terá vigilância diuturnamente e convenientemente iluminada.

De acordo com a resolução do CONAMA N°. 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, o gerenciamento dos resíduos será feito de forma adequada para o não comprometimento da qualidade ambiental da área de influência.

#### - Energia Elétrica/Iluminação

Haverá energia elétrica instalada com capacidade para atender toda a demanda necessária para a execução das obras.

A rede de energia elétrica compreenderá entrada de alta-tensão, transformação para baixa-tensão, distribuição e iluminação externa. Serão instalados, também, sistemas de telefonia, de teleprocessamento de dados via satélite e para-raios.

A iluminação externa será distribuída por meio de postes com 10 m de altura distanciados de 20 em 20 m, com lâmpadas de vapor de mercúrio de 400W comandadas por células fotoelétricas, de modo a permitir a utilização do canteiro de obras no período noturno e para melhorar o nível de segurança das instalações.

### - Abastecimento de Água

As instalações hidráulicas serão aparentes, devendo o projeto prever a organização visual das mesmas.

A água para o suprimento das diversas operações do aterro e unidades de apoio será obtida de poços semi-artesianos/artesianos, especialmente implantados para este fim. Toda a água captada para uso nas diversas dependências da obra será constantemente monitorada através de exames da qualidade da água em laboratórios autônomos especializados, através de unidades móveis instaladas junto à obra.

Após a captação, a água passará para um sistema de tratamento constituído por filtros e dispositivos de tratamento químico adequado. Deste ponto em diante, a água será conduzida a reservatórios elevados e eventuais caixas enterradas, mediante redes e sistemas de recalque apropriados. A distribuição de água servirá tanto para uso na forma potável, quanto para finalidade industrial e de combate a incêndio. A água para consumo humano será suprida, preferencialmente, por bebedouros de água mineral instalados nas diversas dependências das unidades de apoio da obra.

### - Esgotamento Sanitário

O esgoto sanitário de todas as unidades de apoio será encaminhado a sumidouro e fossa séptica.

### - Arruamento, cercas e portões

As áreas dos canteiros serão isoladas das áreas adjacentes, de modo a conferir segurança e privacidade aos locais de trabalho. Internamente, também haverá divisórias entre as diversas unidades, permitindo maior controle de seus respectivos fluxos de materiais, veículos e funcionários.

## - Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos - PGRS

O PGRS foi elaborado com vistas a fornecer diretrizes para o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos resultantes das suas atividades de instalação do Complexo, levando em consideração as normas técnicas e a legislação vigente relacionada.

As empresas contratadas pelo empreendedor para a construção do empreendimento, denominadas empreitadas, serão responsáveis pela implementação do Programa, bem como pela e correta execução dos procedimentos e demais aspectos contidos no mesmo.

Para que a segregação e o acondicionamento dos RCC possam ser realizados de maneira adequada, deverá ser prevista nas frentes de trabalho a utilização de unidades de acondicionamento devidamente identificadas de acordo com as quatro Classes de RCC estabelecidas pela Resolução CONAMA n° 307/2002, prática que contribui para a organização geral e limpeza da obra.

Poderão ser utilizadas como unidades de acondicionamento sacos, tambores, bombonas, caçambas estacionárias, contêineres, baias (à granel), de acordo o tipo de RCC a ser acondicionado. Essas unidades deverão ser estanques de maneira a impedir a perda de material durante o transporte interno e a percolação de possíveis líquidos provenientes dos resíduos. A escolha das unidades de acondicionamento deve levar em conta o tipo de resíduo a ser acondicionado, bem como o volume gerado.

A identificação das unidades de acondicionamento, tanto pelas quatro classes da Resolução CONAMA n° 307/2002 quanto pelo código de cores da Resolução CONAMA n° 275/01, é fundamental para orientar a correta triagem dos resíduos, e dessa forma evitar a contaminação dos mesmos por qualquer tipo de impureza que inviabilize sua reutilização no canteiro de obras, ou reciclagem fora dele. É adequado incluir na identificação das unidades de acondicionamento exemplos de resíduos pertencentes a cada classe ou grupo.

Os procedimentos de gerenciamento de RCC - classificação, segregação, acondicionamento, transporte interno e armazenamento - deverão ser conduzidos corretamente com o intuito de garantir a qualidade os resíduos para sua reutilização no canteiro de obras, ou reciclagem fora dele. A execução correta desses procedimentos tende a evitar que o reuso ou reciclagem dos resíduos seja comprometida devido à má qualidade dos mesmos, ou presença de impurezas as quais inviabilizem o seu reaproveitamento.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei n° 12.305/2010) determina, em seu Artigo 9º, que na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos a sua reutilização deve ser prioritária à destinação final.

Quanto aos resíduos para os quais não são apontadas alternativas de reutilização no canteiro, mas que, no entanto, são potencialmente recicláveis, os mesmos deverão ser encaminhados para centrais de beneficiamento e reciclagem.

O transporte externo dos resíduos sólidos deverá ser realizado por empresas terceirizadas, sendo que estas deverão estar legalmente habilitadas para os serviços contratados e com suas respectivas licenças ambientais dentro do prazo de validade. As empresas contratadas para o transporte externo deverão realizar a coleta dos resíduos diretamente no local de armazenamento temporário, acompanhadas pelo trabalhador responsável pela operação deste local. O procedimento deverá ser realizado de forma a garantir a integridade das unidades de acondicionamento, e evitar vazamentos e/ou derramamentos.

O acompanhamento contínuo a ser realizado ao longo da instalação do empreendimento verificará a efetividade do Programa e aderência deste com a realidade da obra, apontando a necessidade de revisão dos procedimentos descritos neste Programa caso os resultados não sejam satisfatórios. Neste caso, o PGRS poderá ser modificado no decorrer da obra com vistas a corrigir deficiências constatadas e melhor ajustar-se no decorrer do desenvolvimento da mesma, sendo mantidas as restrições e determinações previstas na legislação vigente e na Licença de Instalação relacionada. Quando eventuais alterações no Programa ocorrerem, o órgão ambiental será informado.

#### **4.2.2.3. Limpeza da Área / Supressão Vegetal**

A limpeza do terreno será feita de forma manual e/ou mecanizada com uso de tratores, ressaltando-se que será feita uma demarcação prévia dos locais a serem limpos ou desmatados.

Esta ação ficará restrita aos locais destinados às fundações, pátios de manobras, canteiro de obras e vias de acesso, destacando-se que a área é predominantemente caracterizada como antropizada, utilizada para o cultivo de mandioca ou apresenta fragmentos de vegetação de caatinga arbórea arbustiva.

A supressão vegetal será norteadada pelo programa de controle de desmatamento com fins de minimizar as intervenções que possam causar danos à cobertura vegetal.

Deverá ser feito o requerimento da autorização para o desmatamento e/ou limpeza da área junto a SEMAR, conforme roga a legislação ambiental vigente.

#### **4.2.2.4. Terraplenagem**

A capacidade máxima de suporte do solo por eixo deve ser de 130 kN. Logo se faz necessário que tal plataforma tenha a capacidade de suporte conforme indicado.

O reforço do solo se dará através de um estudo de sua composição e quando necessário, deverá ser misturado com um solo granulometricamente mais rico, que propicie uma melhor compactação e conseqüentemente uma maior capacidade de suporte para o solo.

#### **4.2.2.5. Construção das Vias de Acesso**

A região do empreendimento não é servida por estradas de forma que haverá necessidade de construção de acessos aos parques e acessos internos.

Há a necessidade de um levantamento mais específico utilizando as curvas de níveis, para verificação do traçado.

As estradas de acesso deverão ser pavimentadas com revestimento primário de piçarra. Estes acessos terão aproximadamente 6,0 a 7,0 metros de largura média, para permitir o fluxo e estabilidade aos caminhões responsáveis pelo transporte dos equipamentos.

Com relação ao material de empréstimo, ressalta-se que a região apresenta uma grande quantidade de afloramentos rochosos, de modo que não serão necessários muitos cortes ou aterros. Análises mais específicas serão realizadas para as descobertas de jazidas de cascalhos, materiais a serem utilizados como sub-base e base das vias e plataformas, utilizar-se-á também para a pavimentação materiais provenientes dos estudos das jazidas adjacentes. Deverá ser utilizado para sub-base material com CBR  $\geq$  20% e para base CBR  $\geq$  40%. Uma das técnicas utilizadas será a do bota-dentro a qual consiste na escavação na faixa marginal a estrada de acesso e disposição do material escavado diretamente na faixa da via de acesso.

Como existem variações de declives ao longo das vias de acesso, serão realizadas algumas modificações no perfil do terreno. Depois do transporte e montagem dos Parques Eólicos, os acessos serão utilizados apenas para manutenção dos aerogeradores.

Não será necessária a construção de pavimentos com concreto asfáltico, visto que o fluxo de veículos e cargas se dará apenas no momento de montagem, manutenção e desmontagem do aerogerador.

O sistema de drenagem das vias de acesso se constituirá de: meio-fio; valeta de proteção; sarjeta triangular de concreto (STC01); descida d'água; caixa dissipadora; corpo de bueiro BSTC; boca de bueiro BSTC com  $\varnothing$  de 0,80 m e proteção de talude com plantio de gramíneas.

#### **4.2.2.6. Sondagens**

Serão realizadas sondagens à percussão ou sondagem de simples reconhecimento (SPT) para reconhecimento do subsolo e o dimensionamento das fundações. As principais

informações obtidas com esse tipo de ensaio são: 1) identificação das diferentes camadas de solo que compõem o subsolo; 2) classificação dos solos de cada camada; 3) capacidade de carga do solo em várias profundidades.

Além das sondagens SPT serão realizadas sondagens rotativas ou mistas na definição de jazidas, necessárias em praticamente todas as obras.

Os materiais extraídos das sondagens serão analisados em relação a: Granulometria; Limite de liquidez (LL); Limite de plasticidade (LP); Ensaio de Compactação de Solo.

#### **4.2.2.7. Transporte dos Equipamentos**

As peças componentes dos aerogeradores vêm desmontadas de fábrica e são transportadas em caminhões até o local da usina.

O transporte dos aerogeradores até a área dos Parques Eólicos será feito através de carretas especiais (Figura 4.38) com comprimento de até 50,0 metros. A logística de entrega estará condicionada ao cronograma de montagens destes equipamentos no Parque Eólico, da execução das fundações e bases e do cronograma de montagens da Linha de Transmissão, Subestação e a conexão com a concessionária.

**Figura 4.38 – Transporte do Aerogerador**



Fonte: Geoconsult, Relatório Interno.

#### **4.2.2.8. Fundações e Bases dos Aerogeradores**

Nesta sub-etapa o empreendedor definirá junto com as empresas empreiteiras a área de trabalho necessária para as montagens dos aerogeradores. Também são definidas nesta etapa, com base no *layout* dos parques eólicos, as base para guindastes, pátios de manobras, etc.

##### **4.2.2.8.1. Locação**

A locação dos aerogeradores será feita através de levantamento topográfico com demarcação do local segundo a coordenada geográfica estabelecida no *layout* Geral dos Parques Eólicos.

Outra grande parte das obras civis diz respeito às fundações da torre (em concreto armado, estaqueada quando necessário, com diâmetro de 15,0 metros e 300 a 400 m<sup>3</sup> de concreto); além da malha de aterramento, uma subestação elevadora; uma pequena guarita; uma edificação de aproximadamente 150 m<sup>2</sup> destinada ao centro de operação da usina, almoxarifado e atendimento aos visitantes; e vias de acesso entre os aerogeradores.

A área abrangida pela fundação do aerogerador que compõe o parque é de aproximadamente 350 m<sup>2</sup> (21 m de diâmetro), sendo que a maior parte da área da fundação fica embaixo do solo; já a área total da base das torres é de aproximadamente 82,0 m<sup>2</sup> (10,2 m de diâmetro).

##### **4.2.2.8.2. Projeto de Fundações**

Com as informações de resistência das camadas do solo, juntamente com os esforços oriundos da *Nacele*, Pás e torre nas fundações, elabora-se o projeto de fundações do aerogerador. As fundações podem ser diretas ou indiretas, isso irá depender do perfil do solo em que a fundação irá se apoiar.

##### **4.2.2.8.3. Aterro e Regularizações**

Após a execução da fundação a área ao entorno da mesma deverá ser regularizada para que se atinja o nível desejado no projeto específico do aerogerador.

#### **4.2.2.9. Montagem das Torres**

A montagem das torres será feita com o auxílio de guias com capacidade de até 100 toneladas, que elevarão as peças que constituem as torres tubulares e, finalmente, a turbinas propriamente dita (rotor mais *nacele*) do aerogerador previamente montada em terra com todos os seus componentes mecânicos.

A torre do aerogerador tem 4,0 a 5, metros de diâmetro na base e 120,0 metros de altura, e é fixada numa base circular em concreto armado. Na parte central onde se apóia o tubo, há um reforço de seção circular com ferragem de fretagem, onde é fixado o anel de sustentação do tubo inferior da torre, conforme projeto e cálculos estruturais.

O corpo da torre do aerogerador é em concreto, sendo composta de seis seções unidas uma a outra. As seções são formadas pela junção de segmentos verticais compondo um tronco de cone. As juntas verticais são preenchidas por um cimento de alta resistência. As seções são mantidas juntas uma a outra através da inserção de guias de aço (macho) montadas na seção superior que se encaixam em furos guias (fêmeas) na seção inferior. As juntas horizontais são preenchidas por cimento de alta resistência.

#### 4.2.2.10. Montagem dos Aerogeradores

O aerogerador é composto de três pás de 61,2 m de comprimento, com peso total igual a 15450 kg  $\pm$  3%/ blade, uma nacele onde fica abrigado o gerador constituídas de material composto de fibra de vidro. A nacele é orientável, rodando em torno de um eixo vertical, por forma a posicionar-se no azimute do vento dominante. Junto ao sistema são adicionados sensores de velocidade e direção do vento. Todo o sistema é acoplado à torre de 120 m (Figura 4.39).

Figura 4.39 – Montagem dos Aerogeradores



Fonte: Memorial Descritivo.

#### 4.2.2.11. Montagens Elétricas

Após os trabalhos da montagem mecânica segue-se com os trabalhos no que se refere à montagem elétrica.

Diversas são as ligações elétricas existentes no aerogerador após a montagem mecânica.

Todo aerogerador deverá possuir uma subestação unitária a qual servirá para transformar a energia nos parâmetros exigidos pela concessionária, podendo desta forma realizar a ligação na rede elétrica.

A energia elétrica gerada por cada um dos aerogeradores será transmitida ao seu respectivo alimentador, instalado na nacele, envolvendo os dispositivos de proteção e manobra necessários. Da nacele o aerogerador se conecta a disjuntores instalados na base no interior da torre. Destes disjuntores saem os cabos isolados que compõem os circuitos internos das usinas.

Os alimentadores serão compostos pelos aerogeradores descritos nos diagramas unifilares, com os respectivos valores de queda de tensão percentual, calculados. A distribuição espacial dos alimentadores com suas respectivas máquinas.

#### 4.2.2.12. Rede de Distribuição Elétrica Interna

O parque em questão contará com uma rede interna (sistema de coleta) de linhas elétricas de tipo subterrâneo, de 12 kV, entre os aerogeradores e uma rede aérea também de 12 kV levando a energia produzida pelos aerogeradores para uma subestação elevadora de 12/230 kV, a qual será compartilhada por mais parques da região. As subestações dos parques serão conectadas por uma rede de linhas de 230 kV, levando a energia dos parques para uma subestação central, de 230/500 kV. (Figura 4.40).

**Figura 4.40 – Transformador e Rede de Distribuição do Parque Eólico**



Fonte: Memorial Descritivo

O comprimento da Linha de Transmissão (LT) interligando o parque eólico ao Sistema Interligado Nacional (SIN) será de aproximadamente 83,0 km. A energia elétrica produzida no Parque Eólico será escoada através de uma Linha de Transmissão ligando a SE Lagoa do Barro 01 a SE São João do Piauí, numa extensão de aproximadamente 84,0 km.

#### **4.2.2.13. Testes Finais e Comissionamento**

A regulagem dos sensores que irão manter a constância da voltagem na geração de energia elétrica e o sistema de monitoramento que garantirá uma operação segura e confiável será testada nesta fase. Somente depois de todos os ajustes para produção segura da energia elétrica é que o sistema será considerado apto para operação.

#### **4.2.2.14. Segurança Interna**

Para o melhor funcionamento da fase de implantação do empreendimento, algumas medidas deverão ser adotadas:

- construção de um muro (ou cerca) de proteção em todo o perímetro da área do empreendimento;
- construção de guaritas nas entradas das vias de acesso à área, sendo estas ocupadas por guardas que se revezarão durante o dia, no sentido de promover uma vigilância 24 horas por dia;
- sinalização das vias internas de acesso, bem como a manutenção das mesmas.

#### **4.2.2.15. Desmobilização**

Após o término da obra, as estruturas do canteiro de obras como: escritório, banheiros, vestiário e almoxarifados, serão desmobilizados. Todas as instalações provisórias serão retiradas, ficando apenas as benfeitorias previstas no projeto executivo do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ**.

### **4.2.3. Fase de Operação**

#### **4.2.3.1. Funcionamento**

O **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** está projetada para uma capacidade instalada de 255,0 MW, através da operação de 10 (dez) Parques Eólicos. A energia elétrica produzida nos Parques Eólicos será escoada através de uma linha de transmissão para a Subestação

Coletora, a qual permitirá a interligação com o sistema de distribuição da CHESF, integrando o Sistema Interligado Nacional – SIN.

As características dos equipamentos a instalar, preveem um sistema de proteção contra eventuais acidentes, devido a condições anormais de operação e/ou a condições ambientais adversas (por exemplo, velocidade do vento muito elevada ou a queda de raios).

No caso de se registrar, num dos sensores, um desvio em relação ao normal funcionamento, o sistema pode desligar automaticamente o aerogerador em causa. A origem do problema poderá ser autodiagnosticada ou posteriormente detectada e a avaria solucionada por técnicos responsáveis pela gestão do futuro parque eólico.

A previsão de vida útil do Parque Eólico é de 20 anos de produção contínua, podendo ser prorrogado para 25 ou 30 anos, a depender das condições de mercado.

#### **4.2.3.2. Manutenção do Complexo Eólico**

A área onde será implantado o projeto do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** apresenta boas condições quanto à qualidade do ar, livre de partículas, ou com baixa quantidade delas, advindas das ações antrópicas que são bastante esporádicas.

É importante ressaltar que não há medições locais que venham a definir tais presenças de substâncias poluentes, portanto, conceitua-se o ar local como limpo e despoluído, considerando-se a ambiência local e as formas de uso e ocupações atuais do terreno estudado e do seu entorno.

Relativamente ao nível de ruídos, ou a qualidade da sonoridade local, dada à disposição atual do terreno, os sons ambientes são aqueles vinculados principalmente aos animais silvestres e de criação, que circulam ou habitam nas áreas de entorno e ao movimento da vegetação decorrente da ação dos ventos. Mesmo nos locais mais próximos à rodovia de acesso, a alteração no nível sonoro local em decorrência do tráfego de veículos na estrada de acesso é irrelevante. O vento contribui de maneira marcante para a dissipação dos ruídos.

O modelo de aerogerador *AW 3000 (Fabricante Acciona)* é projetado para emitir baixos índices de ruídos, da ordem de 105,0 dB (A), para a distância equivalente ao diâmetro da área varrido pelas pás, neste caso 100,0 m. Este ruído, no entanto, é de natureza constante, o que faz com que seja menos percebido do que se fosse intermitente. Além disso, a intensidade do som decai exponencialmente com a distância, tendendo a níveis quase imperceptíveis nas distâncias em que estarão das populações mais próximas ao parque eólico.

De maneira geral, com relação ao monitoramento, todo o controle operacional da máquina, dos parâmetros elétricos de energia produzida e procedimentos de proteção são feitos automaticamente a partir de um sistema de controle computadorizado, que inclui os sistemas de supervisão, proteção e controle, abrigado na parte inferior e interna da torre metálica. Para tanto, o sistema de controle utiliza informações dos diferentes sensores instalados em vários locais da máquina.

#### 4.2.4. Fase de Desativação ou Reposição

Caso haja desativação, esta é da responsabilidade do proponente que reporá as condições do local quando da sua implantação. Esta atividade terá uma duração de dois meses, e incluirá a remoção das torres e todas as instalações associadas, bem como a remoção dos seus alicerces até a profundidade de 1,0 m. Porém, também há grande possibilidade dos equipamentos serem substituídos por outros mais modernos, dando vida nova ao projeto. Esta última, ao invés de desativação, tem sido a tendência em muitos parques construídos nos anos 90 nos Estados Unidos e na Europa.

### 4.3. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

O prazo total previsto para implantação do **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** é de 02 (dois) anos a contar da assinatura do contrato de compra e venda de energia junto a Empresa de Pesquisa Energética - EPE. O Quadro 4.13 apresenta a distribuição das atividades x tempo de considerado.

Quadro 4.13 – Cronograma de Implantação

Atividades	Semestres			
	01	02	03	04
Mobilização	■			
Instalação do Canteiro de obras	■			
Supressão vegetal	■	■		
Obras Civis	■	■		
Construção das subestações e casa de controle		■	■	
Construção do sistema de transmissão		■	■	■
Montagem das turbinas / equipamentos elétricos e de medição / cabeamento / interligação elétrica / teste pré-operacionais / comissionamento			■	■
Desmobilização da obra				■

#### **4.4. CUSTO DO EMPREENDIMENTO**

O **COMPLEXO EÓLICO PIAUÍ** será implantado em aproximadamente 2 (dois) anos, ao custo estimado de R\$ 942.225.000,00 (novecentos e quarenta e dois milhões, duzentos e vinte e cinco mil reais).