

3. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS

3.1. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

O Piauí é dotado de um potencial eólico intenso e marcante em toda a sua faixa litorânea e nas regiões caracterizadas por altitudes elevadas como as áreas de serras, diminuindo gradativamente à medida que se adentra para o interior do Estado, em áreas planas conhecidas como Depressão Sertaneja, de forma que a localização do empreendimento desponta como uma exigência técnica do projeto.

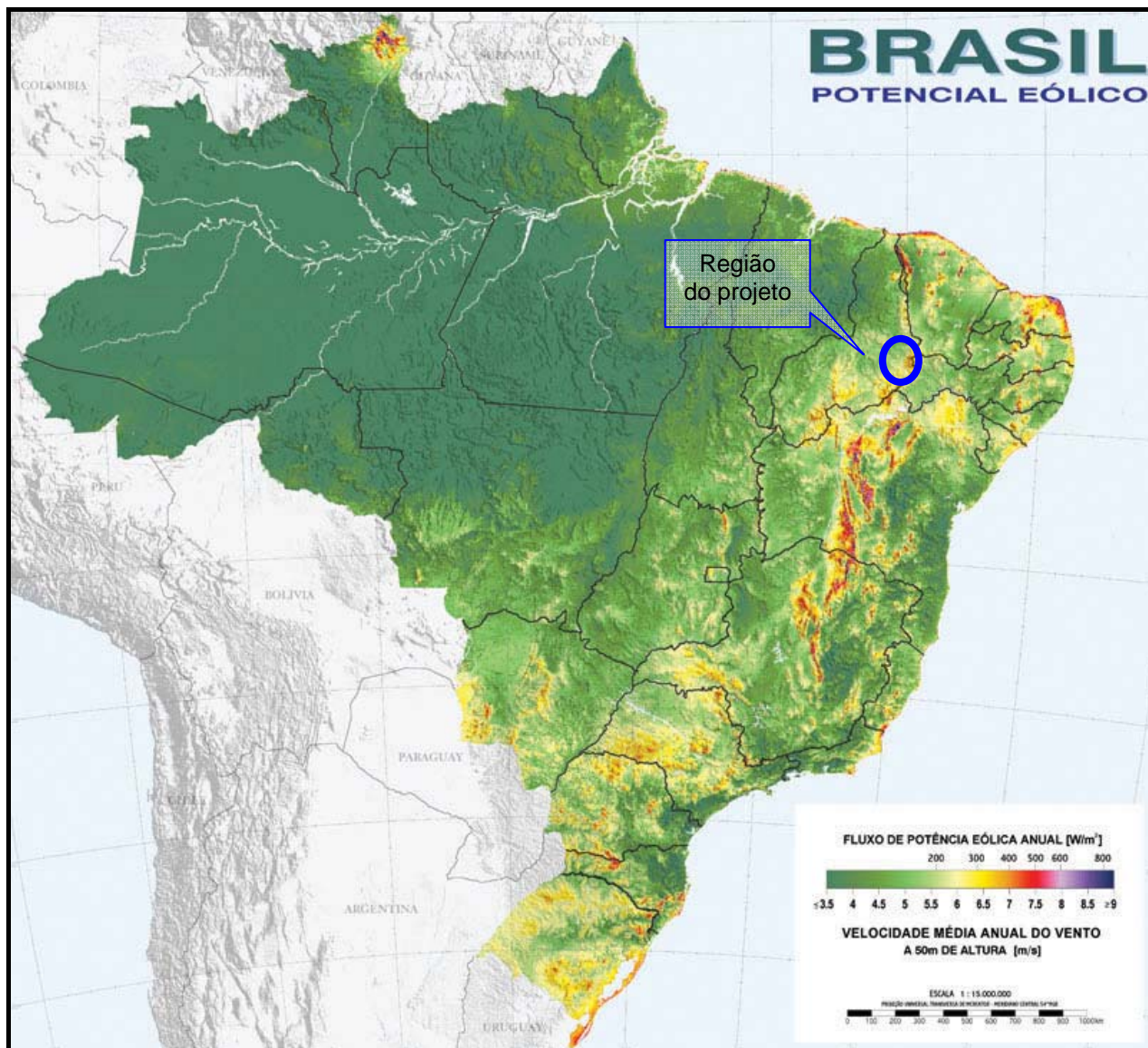
No litoral há uma expressiva potencialidade para a geração de energia eólica devido a sua situação geográfica favorecido pelas correntes eólicas, encontrando-se em baixas altitudes na Zona de Convergência Intertropical que recebe influência dos ventos alísios de leste e brisas terrestres e marinhas com ventos que vêm do hemisfério norte. Essa combinação resulta em ventos médios anuais entre 7m/s a 9m/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, como na região da Chapada do Araripe, 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 da Chapada do Araripe como mostra o Mapa Eólico do Brasil produzido pelo Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) (ver Figuras 3.1 e 3.2).

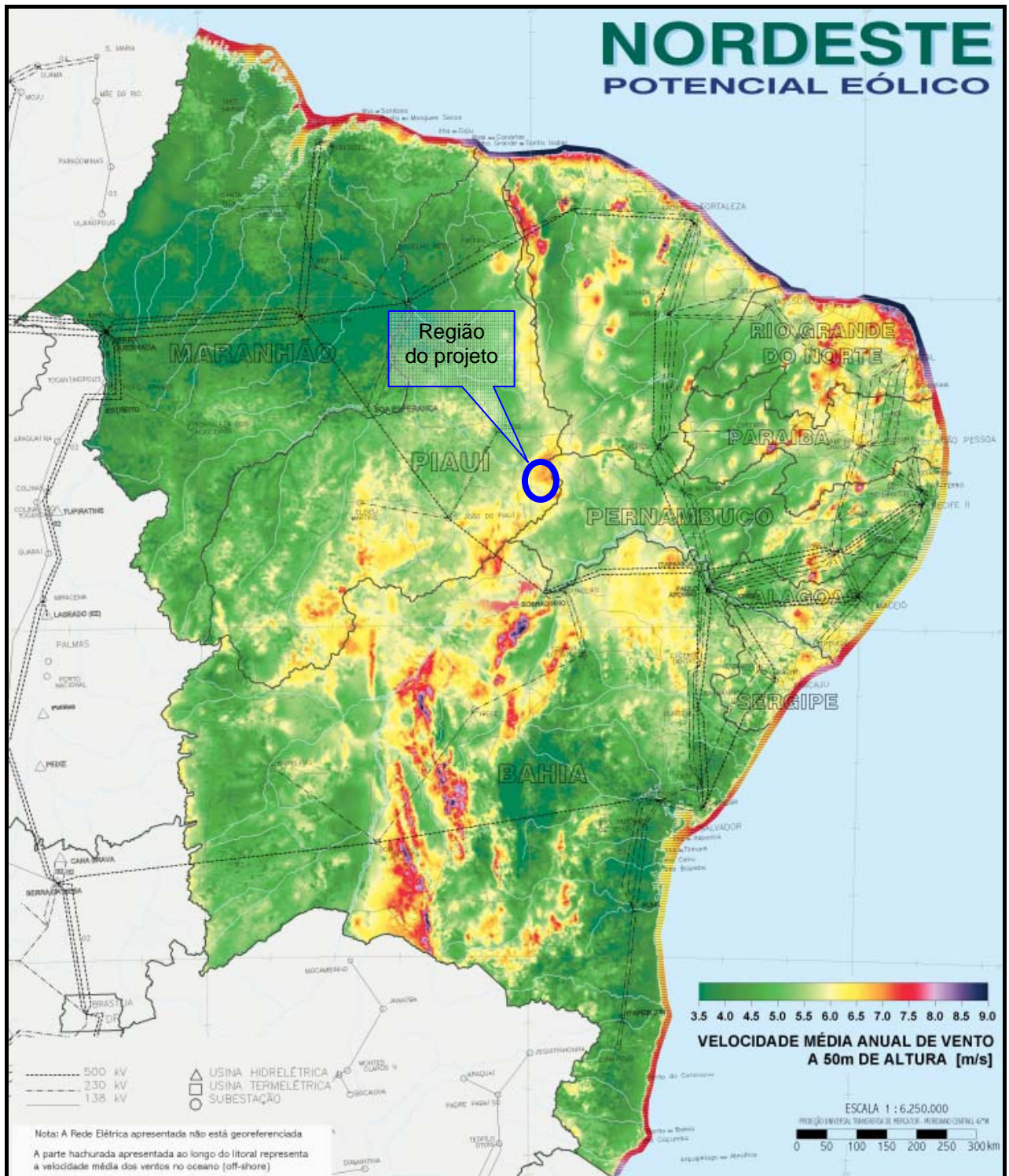
Tais estudos destacam os locais com potencialidade à exploração da energia eólica, de forma que a seleção de área foi feita sob embasamento técnico e científico, conjugando, locais com potencialidade eólica constante, facilidades de infraestrutura e disposição de terrenos, dentre outros.

Figura 3.1 - Localização da Área do Empreendimento no Mapa do Potencial Eólico Brasileiro



Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (BRASIL, 2001).

Figura 3.2 - Localização da Área do Empreendimento no Mapa do Potencial Eólico Brasileiro – Região Nordeste



Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (BRASIL, 2001).

Os fatores que resultaram na eleição da área do projeto entre as diversas áreas potenciais estudadas no Piauí são os seguintes:

- situação geográfica ideal, em ambiente contemplado por correntes eólicas regulares e dotadas de velocidades significativas, em áreas situadas em superfície topograficamente plana e elevada da Chapada do Araripe (Figura 3.3);
- disponibilidade de terrenos, que ofereçam grandes áreas livres, baixa densidade demográfica, com pouca variação altimétrica e com condicionantes ambientais mais tenuous ou com menos conflitos com a atividade turística, como ocorre normalmente nas regiões litorâneas;
- existência de infraestrutura básica na região de entorno para dar suporte a implantação e operação do empreendimento;
- existência de levantamentos quanto ao potencial eólico da região.

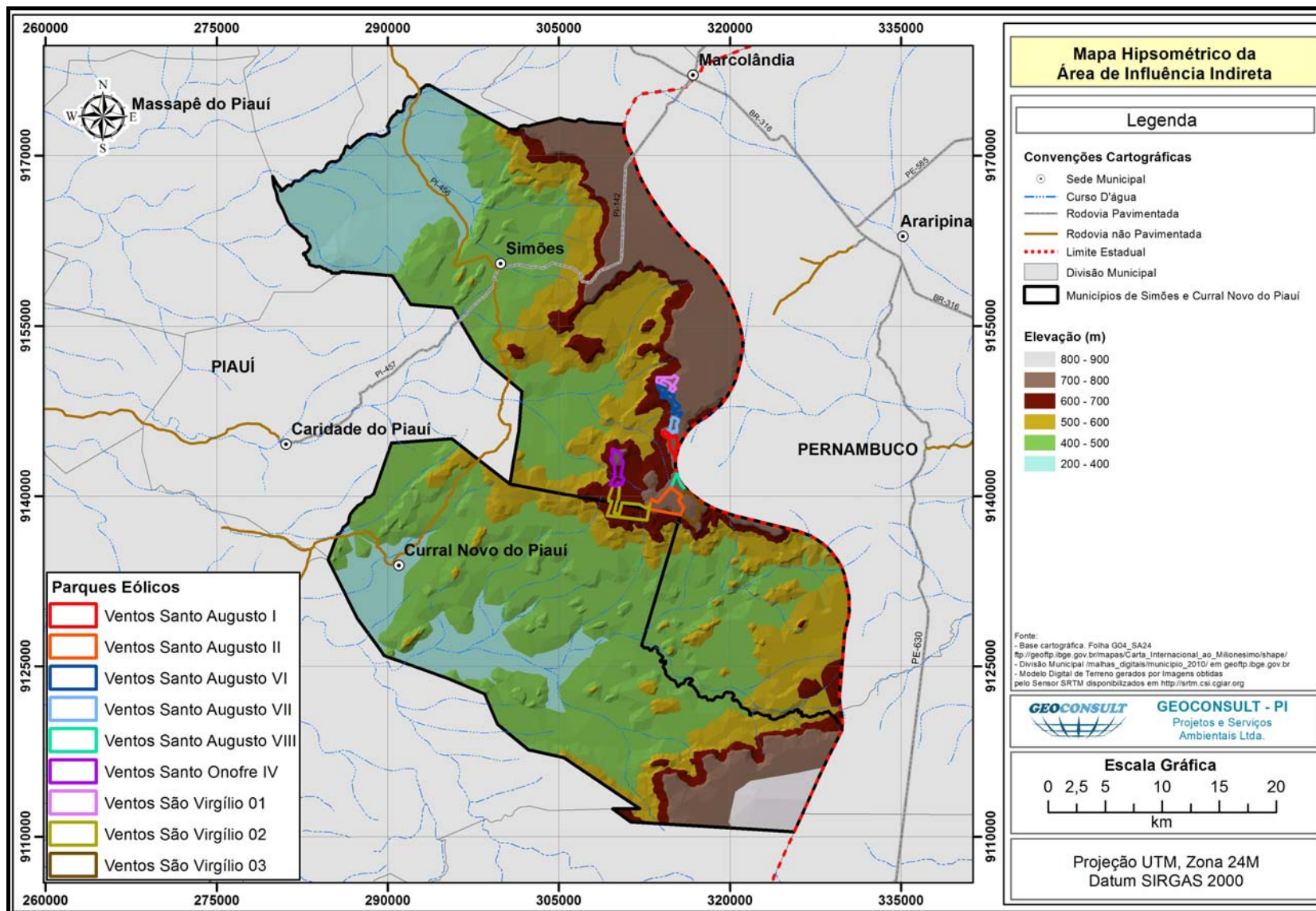
Sendo assim, a seleção das áreas para a implantação do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** seguiu uma linha de análise de critérios legais e técnicos. O primeiro deles foi identificar pontos que indicassem que havia bons ventos no local, como a vegetação, direcionamento dos ventos e topografia.

Em seguida, foram identificados proprietários na região que tivessem interesse em disponibilizar uma ou mais áreas para projetos eólicos.

O passo seguinte consistiu em analisar toda documentação legal do terreno (matrícula), verificar pendências, dívidas, hipotecas ou até mesmo se a área possuía alguma restrição que impedisse a construção do projeto. A disposição, forma, tamanho e áreas de restrição ambiental do terreno são cruciais para a estimativa de quantas turbinas podem ser alocadas no terreno.

Nos casos onde havia condições legais e técnicas e o rendimento estimado interessante tanto para o investidor quanto para o proprietário da área, foi celebrado um contrato de concessão de uso (arrendamento) entre ambos.

Figura 3.3 – Modelo Digital do Terreno



A área de implantação do complexo eólico é privilegiada por concentrar todos os requisitos que um empreendimento deste tipo exige. Assim justifica-se a localização deste empreendimento na área pretendida em função dos seguintes fatores:

- Existência de levantamentos e estudos técnico-científicos quanto ao potencial eólico das faixas serranas do estado do Piauí.
- Recurso eólico disponível: vento na intensidade e constância exigida, em ambiente favorecido pelas correntes eólicas que se formam na depressão sertaneja em função das variações térmicas da superfície. Todas as medições realizadas até o momento confirmam as expectativas iniciais, indicando uma excepcional viabilidade da região do ponto de vista energético.
- Área compatível com o porte do empreendimento, e a documentação regularizada e sem impedimentos ambientais.
- Infraestrutura da região. A existência de uma infraestrutura adequada dentro e nas imediações do sítio eólico é pré-requisito que dá segurança ao empreendimento, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos.
- Acessos: os veículos e guindastes, somados com o peso dos equipamentos, em alguns casos podem chegar a 100 toneladas. Em termos de extensão, o veículo que transporta as pás atinge quase 50,0 metros de comprimento. Por isso, a logística de transporte de equipamentos exige estradas e obras de boa qualidade e em bom estado de conservação, sem curvas de pequeno raio. A área dos parques eólicos está localizada próximas a BR-316 e PI-142.

Quanto à locação dos aerogeradores, o ideal é que estes sejam locados nas partes mais elevadas do terreno, pois a velocidade do vento pode ser dobrada à medida que o fluxo se acelera com a altitude.

Embora os locais com maiores altitudes sejam mais favoráveis, podem ser feitas compensações altimétricas no comprimento das torres, que podem ser projetadas para se adequarem para otimização na captação do fluxo eólico. Destacando que o arranjo espacial das turbinas no terreno é feito em função da direção predominante das correntes eólicas no local, bem como da equidistância entre as turbinas para atenuar os efeitos de turbulência, o que requer a escolha de terrenos relativamente grandes e espaçamentos bem dimensionados.

Diante de uma seleção entre outras áreas disponíveis no Piauí, a área do empreendimento atende satisfatoriamente todos os requisitos do processo seletivo, destacando-se que neste processo foi decisiva a disponibilidade de imóvel com boas

condições eólicas e em situação legal e ambiental favorável ao desenvolvimento do empreendimento.

Quanto à localização dos aerogeradores dentro das áreas selecionadas, os estudos de locação das torres levaram em consideração o afastamento necessário aos adensamentos populacionais e da borda da Chapada do Araripe, cuja preservação da faixa com 100m de largura foi também determinante para locação dos aerogeradores.

3.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Inúmeras são as fontes de energia disponíveis no mundo, sendo que essas fontes se dividem em dois tipos, as fontes de energia renováveis e as não renováveis.

As fontes de energia renováveis são aquelas em que a sua utilização e uso são renováveis e pode-se manter e ser aproveitada ao longo do tempo sem possibilidade de esgotamento dessa mesma fonte, exemplos deste tipo de fonte é a energia eólica e solar.

Por outro lado as fontes de energias não renováveis têm recursos teoricamente limitados, sendo que esse limite depende dos recursos existentes no nosso planeta, como é o exemplo dos combustíveis fósseis.

Existem vários tipos de energias renováveis, e cada vez mais, com o constante desenvolvimento das tecnologias e inovações, se descobrem novas formas de produção de energia elétrica utilizando como fonte os fenômenos e recursos naturais.

As principais fontes de energia renováveis são: energia solar (térmica e fotovoltaica), biomassa (álcool, lenha, carvão vegetal, óleos vegetais e biogás), hidroeletricidade, energia eólica, energia das marés, energia geotérmica e energia das ondas.

O Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, sendo que a geração hidráulica responde por 70,6% da oferta interna. Somando as importações, que essencialmente também são de origem renovável, pode-se afirmar que 79,3% da eletricidade no Brasil são originada de fontes renováveis (EPE, 2014).

Com uma vegetação pouco adensada e sem rios perenes na maior parte do seu território, além da ausência de gradientes térmicos ou geotérmicos, o estado do Piauí apresenta, prioritariamente, duas opções em matéria de energia renovável: Energia Solar e Energia Eólica.

A energia produzida no estado do Piauí provém de termelétricas, usinas eólicas e da Usina Hidro Elétrica de Boa Esperança, no município de Guadalupe. É a energia hidrelétrica produzida em outros estados, que mantém as atividades produtivas no estado,

de forma que num período de crise energética, o sistema de distribuição de energia local fica comprometido em qualidade e quantidade, o que pode gerar desestabilização dos setores produtivos e perda de qualidade de vida para a população.

Considerando-se a constante instabilidade da energia hidroelétrica, e tendo-se em vista que o Estado do Piauí não possui potencialidade hídrica para instalação de usinas hidrelétricas, torna-se indispensável o investimento em fontes alternativas de energia, através da exploração das potencialidades naturais da região, destacando-se as fontes eólica e solar.

A energia eólica tecnicamente pode ser instalada em qualquer região onde existam ventos abundantes, podendo economizar a construção de linhas de transmissão de energia elétrica para eletrificar regiões de difícil acesso, e possui um custo bem mais reduzido que a energia solar.

Durante as últimas décadas a utilização de energia eólica para produção de eletricidade vem sendo testada e aprovada em vários países, merecendo relevância os Estados Unidos, Alemanha, Dinamarca, Holanda, Itália, Portugal, entre outros, sendo a Alemanha a maior exportadora de tecnologia de energia eólica do mundo.

O mercado mundial de energia eólica tem sofrido uma revolução tecnológica nos últimos 20 anos. Em 1985 as turbinas tinham em média 50 kW de potência nominal, atualmente já existem protótipos de 7.5 MW. A evolução da aerodinâmica, eletrônica, mecânica de materiais e os softwares foram os grandes responsáveis por este desenvolvimento.

Assim, o prognóstico inegável sobre a energia eólica é de que ocorram custos decrescentes para patamares competitivos com outras fontes, simplicidade e rapidez na instalação, modularidade que permite o acesso de um novo e amplo leque de investidores produtivos ao setor energético e, principalmente, seu baixo impacto ambiental, sem riscos econômicos para o futuro, e ao mesmo, tempo capazes de carrear benefícios que poderão se estruturar no esforço mundial para a contenção do aquecimento global da atmosfera.

O acelerado crescimento do uso de energia eólica para a geração de eletricidade está firmemente fundamentado na sua aceitação pela sociedade como fonte ecologicamente favorável e nos altos níveis de confiabilidade e eficiência operacionais atingido pelos aerogeradores atuais, como também na redução do preço por kW dessas turbinas eólicas.

Vários tipos, formas, conceitos e tecnologias de turbinas eólicas foram desenvolvidos neste tempo. Em geral, os aerogeradores podem ser de eixo vertical ou horizontal, *upwind* (rotor de frente para o vento) ou *downwind* (rotor de costas para o vento), com uma, duas, três ou mais pás, controle *Stall* ou *Pitch* do ângulo de ataque das pás em relação ao vento

resultante, se possuem caixas multiplicadoras, inversores de frequência, entre outros. Os modelos mais comercializados têm três pás, eixo horizontal e são do tipo *upwind*. Outros tipos são de opção de desenvolvimento tecnológico do fabricante.

Existem no mercado diversos fabricantes de aerogeradores, como por exemplo: Suzlon, Vestas, GE, Siemens, Enercon, Impsa e Gamesa, com turbinas cujas potências variam de 1.5 MW a 3.0 MW, existindo ainda protótipos de 5,0 MW a 7,5 MW.

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 pelos modelos de turbinas e layout que maximizaram a produção de energia em relação ao valor do investimento, buscando-se sempre a viabilidade financeira do empreendimento.

Para as simulações de produção com as turbinas GE 2.3-107 e GE 2.3-116 foram utilizadas as curvas de potência e de coeficiente de empuxo fornecidas pelos fabricantes e corrigidas para a densidade do ar local, conforme procedimento da IEC 61400. A utilização dessas turbinas foi possível devido ao regime de vento favorável da região, de baixa turbulência e rajadas máximas de menor intensidade.

A seleção das turbinas eólicas no projeto do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** se deve à:

1. disponibilidade de turbinas no período da construção do complexo eólico para que sejam cumpridos os prazos contratados pelo Governo Federal;
2. atendimento ao índice de nacionalização definido pelo Governo Federal;
3. relação da energia gerada calculada (GWh/ano) / valor das turbinas (R\$/MW);
4. garantia das turbinas eólicas pelo fabricante;
5. custos de operação e manutenção.

Os modelos de aerogerador GE 2.3-107 e GE 2.3-116 a serem empregados no **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** apresentam comprovada eficiência para as condições ambientais da área do projeto.

A utilização de dois modelos de aerogerador se deve ao fato de que cada máquina tem um desempenho adequado a um determinado recurso eólico. Os recursos eólicos variam conforma topologia, orografia, altitude do ponto de locação da turbina, direção predominante do vento, velocidade média do vento, rajada, dentre outros. Assim, para

que se fizesse a melhor utilização do recurso natural, fez-se necessário aplicar duas máquinas com características técnicas distintas.

3.3. HIPÓTESE DE NÃO IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Sem a implantação do empreendimento o prognóstico para a área de influência direta do projeto pode ser assim considerado:

- Poderá ocorrer a continuidade dos processos de desenvolvimento da fauna e da flora até que uma nova forma de uso e ocupação surja, ou até que haja expansão das áreas de cultivo de mandioca;
- Os proprietários dos terrenos deixarão de agregar valor a suas propriedades e de ganhar rendimentos extras;
- Sem o empreendimento a população da região perderá oportunidades de empregos, tanto diretos quanto indiretos e os municípios envolvidos deixarão de contar com uma nova fonte de arrecadação de impostos e tributos, além de uma importante oportunidade para o crescimento econômico;
- Deixarão de serem injetados na rede nacional, 220.8 MW de energia, gerados de forma sustentável e com baixo impacto ambiental, o que contribuiria para a melhoria da crise energética que atravessa o país.