

### 3. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS

#### 3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para atender as diretrizes do Estudo de Impacto Ambiental, conforme o item I do artigo 5º da Resolução CONAMA Nº 001/86, serão contempladas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do mesmo.

#### 3.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

As fontes de energia não-renováveis como petróleo, carvão mineral e gás natural, além de poluidoras possuem reservas naturais limitadas. Desta forma, a humanidade tem procurado desenvolver novas tecnologias para aproveitar os recursos renováveis, abundantes e não poluentes como fontes alternativas de energia.

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

O Quadro 3.1 apresenta dados comparativos das energias alternativas que, não deixa dúvidas sobre a vantagem econômica da energia eólica em relação a solar, seja do tipo térmica ou fotovoltaica.

A matriz energética do Ceará é baseada, predominantemente, na energia hidroelétrica, 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.

**Quadro 3.1 – Comparação das Energias Alternativas**

CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – TRAIRI / CE

	<b>Solar Térmica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Eólica</b>	<b>Biomassa</b>
<b>Estado da Tecnologia</b>	Muito poucas comerciais e em desenvolvimento	Poucas comerciais e em desenvolvimento	Muitas comerciais e algumas em desenvolvimento	Muitas comerciais e em desenvolvimento
<b>Potência (MW)</b>	30 – 100 (calhas) 10 – 200 (torre) 1 – 10 (disco)	0,001 – 0,05 (resid.) 0,1 – 1 (plantas)	800 – 3000 kW	Até 100
<b>Eficiência (%)</b>	15 – 17	9 – 12	30 – 45	15 – 30 / 35 – 50
<b>Investimento inicial</b>	Alto	Muito alto	Médio	Médio baixo
<b>Gasto de energia na construção</b>	Médio	Alto	Médio baixo	Baixo
<b>Gasto de energia na operação</b>	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Médio
<b>Horas de operação a plena carga por ano (h)</b>	1500 – 2000 (calha) 2300 – 2800 (torre) 1300 – 1600 (disco)	800 – 1900	2600 – 4000	4000 – 7000

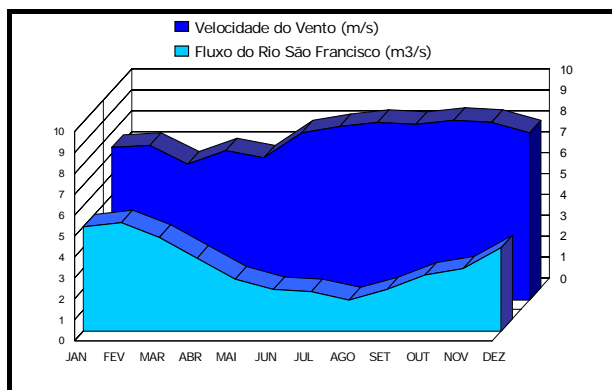
Considerando-se a constante instabilidade da energia hidroelétrica, e tendo-se em vista que o estado do Ceará não possui potencialidade hídrica para instalação de usinas hidrelétricas, torna-se indispensável o investimento em fontes alternativas de energia, através da exploração das potencialidades naturais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

O uso da energia eólio-elétrica como fonte complementar à energia hidrelétrica é ainda favorecido no Nordeste brasileiro pela coincidência da intensificação do regime de vento com a diminuição do fluxo de água do rio São Francisco, principal fonte de energia para o Nordeste.

O Gráfico 3.1 apresenta a complementaridade do regime de vento na região Nordeste do Brasil à vazão do rio São Francisco, baseado em dados da CHESF.

**Gráfico 3.1 – Fluxo de Águas na Região do Rio São Francisco X Velocidade dos Ventos na Região Litorânea do Nordeste do Brasil**

CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – TRAIRI / CE



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.

Em escala mundial o aproveitamento eólico-elétrico tem se expandido a taxas crescentes ao longo da última década, consolidando a aptidão

desta tecnologia à escala de Gigawatts. É inegável o seu futuro: 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 sua limpeza 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.

O Brasil encontra-se entre os países de grande potencial eólico, destacando-se o estado do Ceará como um dos pioneiros na geração de energia eólica em escala comercial.

A Usina Eólio-Elétrica da Prainha foi uma das primeiras a serem instaladas na América do Sul, encontrando-se em funcionamento na Prainha, município de Aquiraz, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), com 20 (vinte) aerogeradores e totalizando 10 MW de capacidade instalada, e, na praia da Taíba, município de São Gonçalo do Amarante, onde se implantou a primeira usina eólica do mundo sobre dunas, com 10 (dez) aerogeradores, totalizando 5,0 MW de capacidade instalada, destaca-se ainda o Parque Eólico do Mucuripe, o primeiro a ser instalado no Estado, com capacidade atual de 2,4 MW.

De acordo com os levantamentos de potencial eólico realizados nos últimos anos, o Ceará tem elevada capacidade de produção eólica, entretanto, a exploração desta capacidade, visando a transformação da energia do vento em eletricidade, só foi possível através da importação de tecnologia, mais especificamente da Alemanha, utilizada para instalação das Usinas Eólicas de Taíba e da Prainha através da WOBLEN WINDPOWER, associada da companhia alemã ENERCON, terceira no *ranking* internacional dos fabricantes de aerogeradores.

A **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA** está projetada para uma capacidade de operação de 14,0 MW, através de 07 (sete) aerogeradores de 2.000kW, sendo que a interligação da CGE ao sistema elétrico se dará junto com outras 08 (oito) centrais eólicas, Faisas I, II, III, IV e V, Embuaca, São Jorge e São Cristóvão, em regime de compartilhamento de instalações de coleta e conexão, até a Subestação Pecém II, permitindo, por conseguinte, a adequada e segura interligação ao sistema de energia elétrica fornecida pela CHESF e distribuída pela COELCE.

O gerador eólico está composto por grandes componentes que são montados no local de instalação, dando-lhe o seu aspecto final. O modelo de aerogerador a ser empregado na **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA** apresenta comprovada eficiência para as condições ambientais da área contemplada com o projeto.

### 3.3. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

O Estado do Ceará encontra-se imerso na contínua circulação atmosférica sub-equatorial dos ventos alísios, intensificados pelas brisas marinhas ao longo de 572,0 km de linha de praia com Oceano Atlântico. Superpondo-se a estes fatores, a movimentação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) induz uma pronunciada sazonalidade nos regimes dos ventos.

Os estudos específicos realizados pelo governo do estado do Ceará, cujos resultados foram apresentados no Atlas do Potencial Eólico (2008), mostram que as melhores áreas para exploração do vento pelos aerogeradores consistem da faixa da planície costeira, compreendida entre a zona de praia e o limite das dunas móveis, principalmente devido a ocorrência de maiores velocidades dos ventos e ao mesmo tempo, as menores rugosidades destas unidades, apresentando também a região dos tabuleiros pré-litorâneos, condições adequadas a instalação de centrais eólicas.

Este estudo mostra também que a disponibilidade de energia eólica não é constante ao longo do ano. Verifica-se que o recurso eólico apresenta variações temporais em várias ordens de grandeza: variações anuais (em função de

alterações climáticas), variações sazonais (em função das diferentes estações do ano), variações diárias (causadas pelo microclima local), variações horárias (brisa terrestre e marítima, por exemplo) e variações de curta duração (rajadas). A variação espacial da energia eólica também é muito grande, sendo maior no litoral e diminuindo à medida que se penetra no interior. Considerando os dois tipos de variação (temporal e espacial), observa-se que somente na faixa litorânea as velocidades alcançam valores suficientes para gerar energia eólica, e no caso de implantação na zona interior os aerogeradores passariam seis meses (janeiro a junho) com sua produção prejudicada (Figura 3.1).

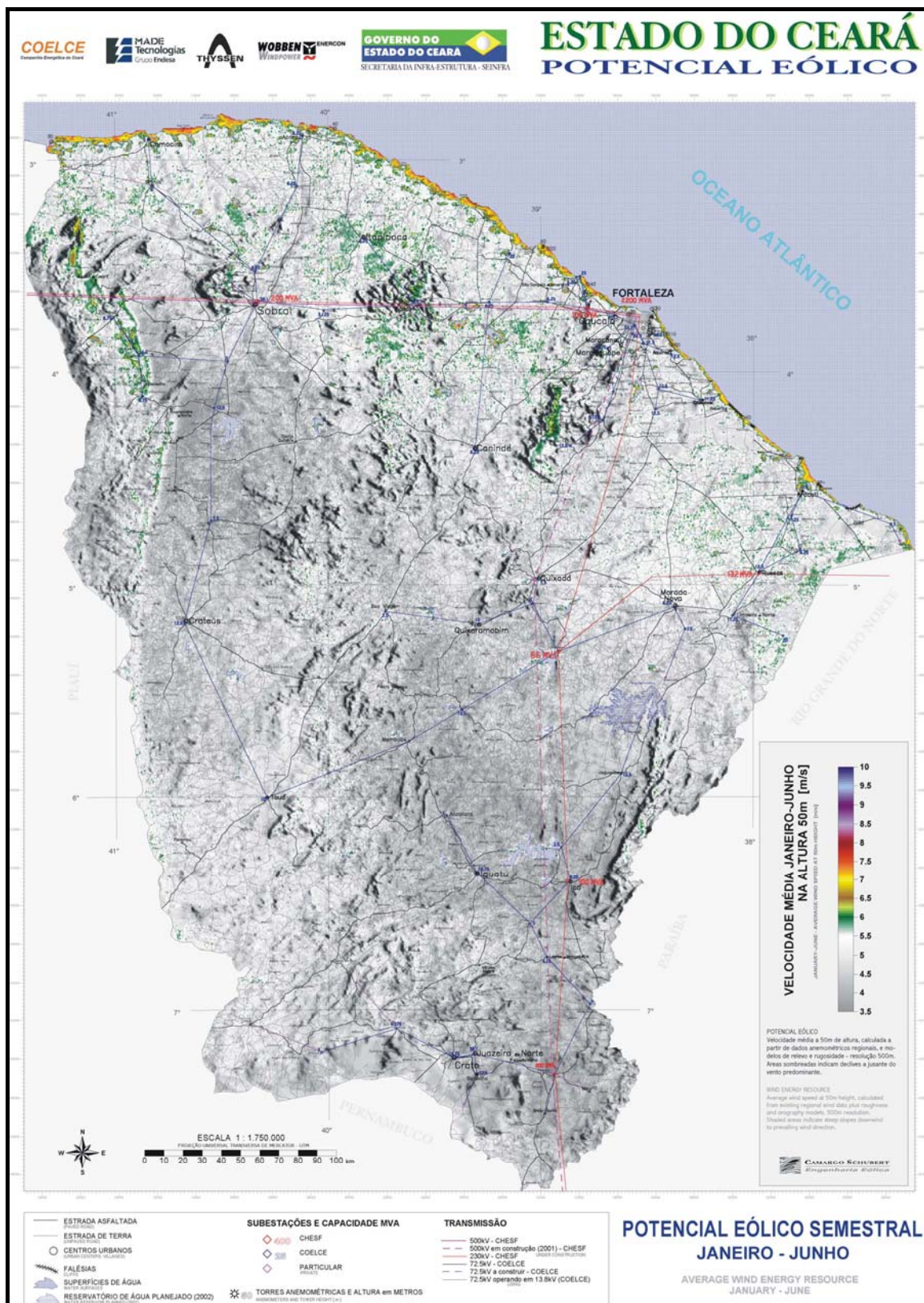
Os estudos relativos à oferta de fonte de energia e a existência de ambientes ideais para exploração do potencial eólico desenvolvidos pela COELCE apontam, através de medições em anemômetros e também a partir de ensaios de computadores, a velocidade média e a direção predominante dos ventos em vários pontos do litoral cearense.

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

- situação geográfica ideal, em ambiente litorâneo / costeiro favorecido pelas correntes eólicas e livre de barreiras;
- existência de levantamentos e estudos técnico-científicos quanto ao potencial eólico, a exemplo das faixas litorâneas do Estado do Ceará;
- terreno compatível com o porte do empreendimento, e a documentação regularizada e sem impedimentos ambientais;
- existência de infraestrutura básica na região de entorno para dar suporte a implantação e operação do empreendimento; e,
- distanciamento considerável em relação a núcleos urbanos.

A potencialidade do aproveitamento eólico na região é atestada pelos projetos em fase de licenciamento ambiental de outros parques eólicos em Trairi, contemplados no 2º leilão de energia de reserva, realizado em 2009, a saber: UEE Faisa I, II, III, IV e V, além da UEE Embuaca.

**Figura 3.1 – Velocidade Média dos Ventos no Estado do Ceará nos Meses de Janeiro-Junho**  
CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – TRAIRI / CE



Fonte: Atlas do Potencial Eólico do Estado do Ceará, CEARÁ (2001).

Ressalta-se a importância das elevações topográficas proporcionadas na região costeira cearense pelas dunas como pontos ideais, do ponto-de-vista técnico, para locação de aerogeradores, pois à medida que cresce a altitude, ocorre um aumento na aceleração do fluxo eólico. Comprovadamente nas elevações, além dos ventos serem mais freqüentes, eles são também mais fortes, havendo um aumento em torno de 5 a 10% para cada cem metros acima do nível do mar.

Embora, de maneira geral, os locais com maiores altitudes sejam mais favoráveis, compensações altimétricas podem ser feitas no comprimento das torres visando sua locação em setores topograficamente mais rebaixados do que os setores de dunas, onde se podem exemplificar os setores de tabuleiros, geralmente em contatos meridionais com os campos de dunas, como ocorre na área em análise.

Assim, as torres 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.

Desta forma, em suma, os referidos setores (dunas e tabuleiros) configuram-se como ambientes de destaque nos estudos de alternativas locacionais de projetos eólio-elétricos.

Em relação aos impactos sobre a fauna e a flora, porém, há uma tendência destes serem maiores sobre a superfície dos tabuleiros, por eles comportarem uma cobertura vegetal mais densa e relativamente diversificada. No entanto, a baixa taxa de ocupação do parque eólico faz com que a supressão vegetal para implantação do parque seja bastante reduzida se comparada com outras formas de uso do solo.

Diante de uma seleção entre outras áreas disponíveis na região litorânea oeste do Ceará, a principal dificuldade refere-se a disponibilidade de terrenos em situação legal e ambiental favorável. Há décadas o litoral cearense vem tendo a sua ocupação direcionada para a implantação de

equipamentos turísticos diversos, ocupando grandes áreas.

Além disso, muitas propriedades apresentam poligonais que não se adequam ao empreendimento proposto, considerando que o ideal são terrenos que apresentam grandes profundidades, notadamente no sentido: sul-norte, com os aerogeradores voltados para o quadrante leste, de onde provém o maior percentual dos ventos, e larguras estreitas, como é claramente verificado na área do empreendimento.

Diante destes aspectos a área atende satisfatoriamente todos os requisitos do processo seletivo, destacando-se que neste processo foi decisiva a disponibilidade do imóvel denominado Sítio Mundês, com boas condições eólicas e em situação legal e ambiental favorável à implantação da CGE. Exemplo disso é o fato da propriedade arrendada já ter a sua área de reserva legal averbada.

Estes pontos foram contemplados na região costeira de Trairi, contudo verificou-se restrições a possíveis alternativas de localização da central eólica em função da reservas de áreas para outros empreendimentos eólicos.

A existência de uma infraestrutura adequada dentro e nas imediações da CGE é pré-requisito que dá segurança ao empreendimento, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos. A área da central eólica tem acesso indireto para a CE-163 (à oeste), esta, por sua vez, permite acesso para outras rodovias estaduais e federais asfaltadas e em bom estado de conservação. Por exemplo, através da CE-163 chega-se a BR-222, que dá acesso ao Porto de Pecém, opção para o transporte dos equipamentos.

Como foi citado anteriormente em outros projetos, o arranjo espacial das turbinas no terreno da **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA** foi feito em função da direção predominante dos ventos no local, do tamanho e morfologia da área, bem como do afastamento entre as turbinas como requisito técnico para atenuar os efeitos de turbulência.

Sendo assim, conforme pode ser verificado na Figura 3.2, o primeiro arranjo geral elaborado para o empreendimento apresentou diversas intervenções em áreas de preservação permanente.

Nessa primeira versão, o acesso externo dava-se de forma direta a partir do limite da propriedade com a estrada vicinal que existe, a qual, por sua vez, é utilizada pelos moradores locais para chegar à localidade de Pedrinhas (direção leste) e à sede municipal de Trairi (direção oeste).

Esta opção apresenta uma intervenção direta sobre uma pequena lagoa existente no setor da propriedade compreendido entre a área arrendada, que se constitui como a área de implantação do empreendimento (Área de Influência Direta do empreendimento para os meios físico e biótico), e a via de acesso supracitada.

Outro tipo de intervenção sobre as APP's se dão mais especificamente em relação às lagoas existentes na porção nordeste do terreno, cujas faixas marginais de 50,0 metros, em projeção horizontal, adentram a área do empreendimento.

Além disso, vale ressaltar que no trajeto da via de acesso interno que se dá, grosso modo, na direção sul – norte, as intervenções sobre os lineamentos de dunas fixas existentes no terreno se deram sem considerar alguns aspectos mitigadores, como por exemplo, projetar a travessia de forma perpendicular às dunas, mitigando a área de intervenção, bem como, fazê-la nos setores topograficamente mais rebaixados dos lineamentos, mitigando a necessidade de aterros e cortes para realização da intervenção.

Tais situações foram consideradas mais adiante e tomando como base o mapa de Zoneamento Geoambiental elaborado pela Geoconsult. Dessa revisão, derivou-se a concepção de uma nova versão do arranjo geral da **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA**. Figura 3.3.

Como pode ser observado na figura supracitada, as intervenções em APPs apontadas na versão anterior do arranjo geral da CGE foram consideradas. A intervenção no setor das lagoas, na porção nordeste da área, não ocorrerá mais, ao passo que a plataforma de construção e manutenção do aerogerador posicionado no limite norte do empreendimento, passou a adotar um sentido norte – sul, ao invés do outrora posicionamento SO – NE.

Em relação à passagem do sistema viário interno nos lineamentos de dunas fixas do terreno, com essa nova concepção do projeto geométrico, buscou-se realizar essa travessia nos setores topograficamente mais rebaixados e espacialmente menos abrangentes, bem como evitando um lineamento isolado na porção central do terreno.

Por fim, em relação ao acesso externo, cujo traçado previa intervenção sobre uma pequena lagoa no setor ao largo do limite sul da área da CGE, adotou-se uma nova concepção, a qual será apresentada na sequência.

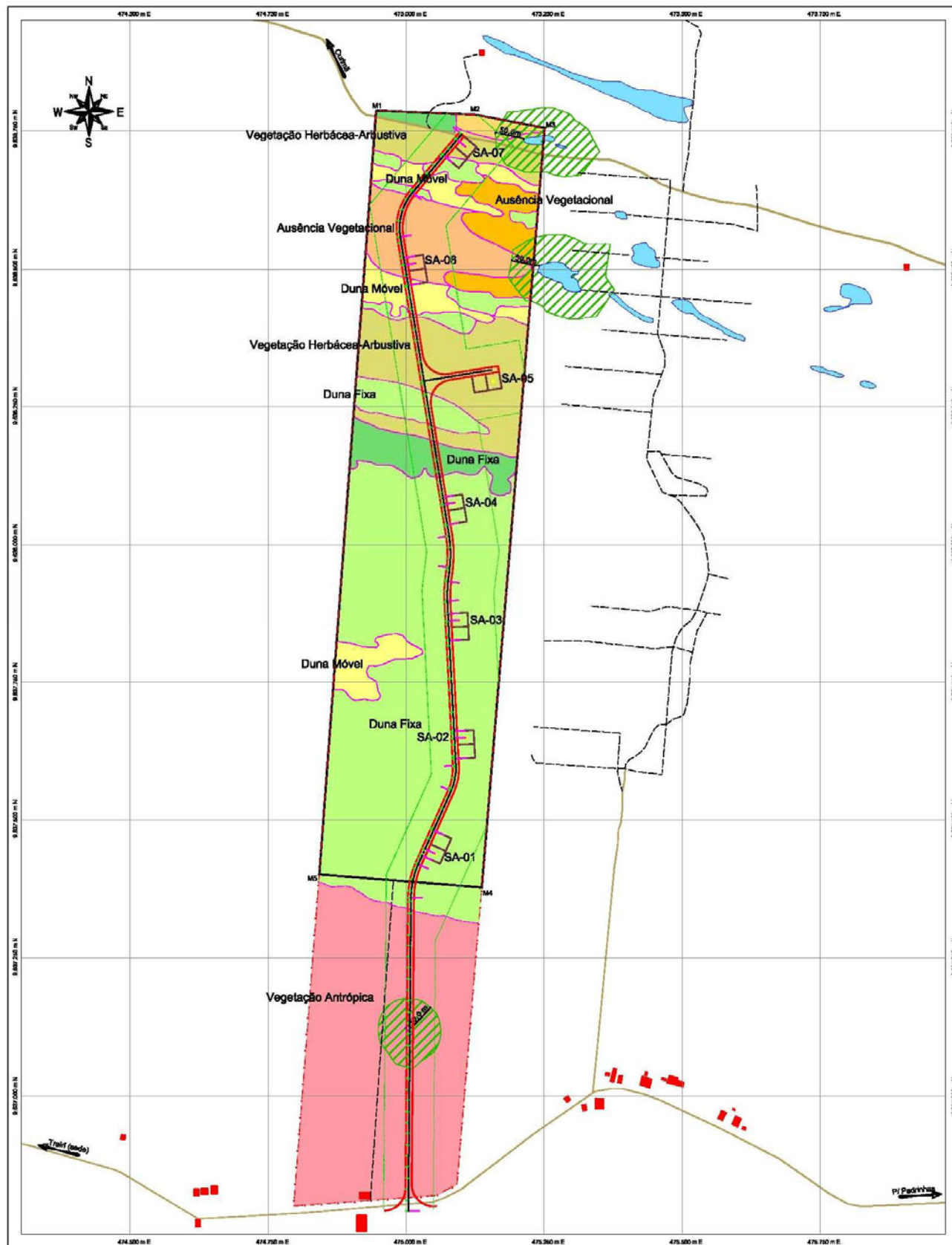
Conforme pode ser observado na Figura 3.4, tem-se a terceira alternativa locacional analisada, sendo esta, numa escala mais ampla, trazendo para a discussão as CGEs que compõem o complexo eólico, ou seja, a **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA** e as CGEs São Jorge e São Cristovão, com ênfase nos aspectos relacionados ao acesso externo dos referidos empreendimentos eólico-elétricos.

De antemão, vale informar que aqui, entende-se como acesso externo, o traçado viário, implantado com as condições técnicas adequadas para atender ao deslocamento dos equipamentos necessários para a construção, montagem e operação das centrais geradoras eólicas, considerando as especificidades dos veículos e suas cargas, tais como, peso, dimensionamento físico (extensão e largura) e raios de curvatura. Sua extensão se dá desde a área de implantação dos empreendimentos até a via pública mais próxima e / ou viável para receber o fluxo projetado, resguardadas as autorizações dos órgãos competentes.

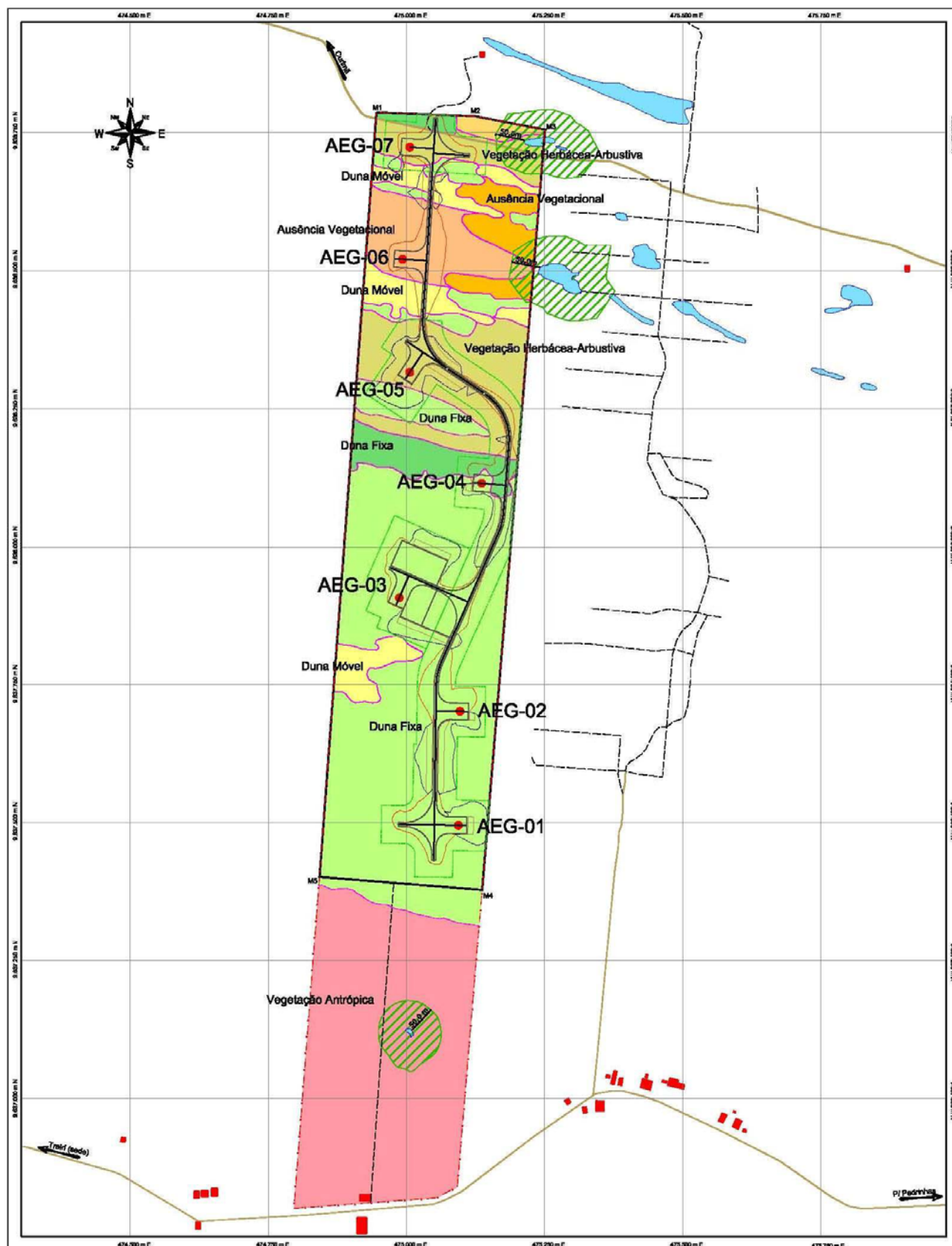
Nessa concepção, o arranjo geral da **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA** permaneceria inalterado. A principal alteração dar-se-ia com o acesso externo se dando por meio de um terreno ao lado, evitando a intervenção física na APP da pequena lagoa (intervenção apresentada no primeiro arranjo geral analisado, mais acima), interligando o empreendimento à estrada vicinal existente a qual, por sua vez, permitiria acesso à CE-163, no limite leste da sede do município de Trairi.



**Figura 3.2 – Primeira Alternativa Locacional Estudada para as Torres e Vias de Acesso**  
CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – TRAIRI / CE



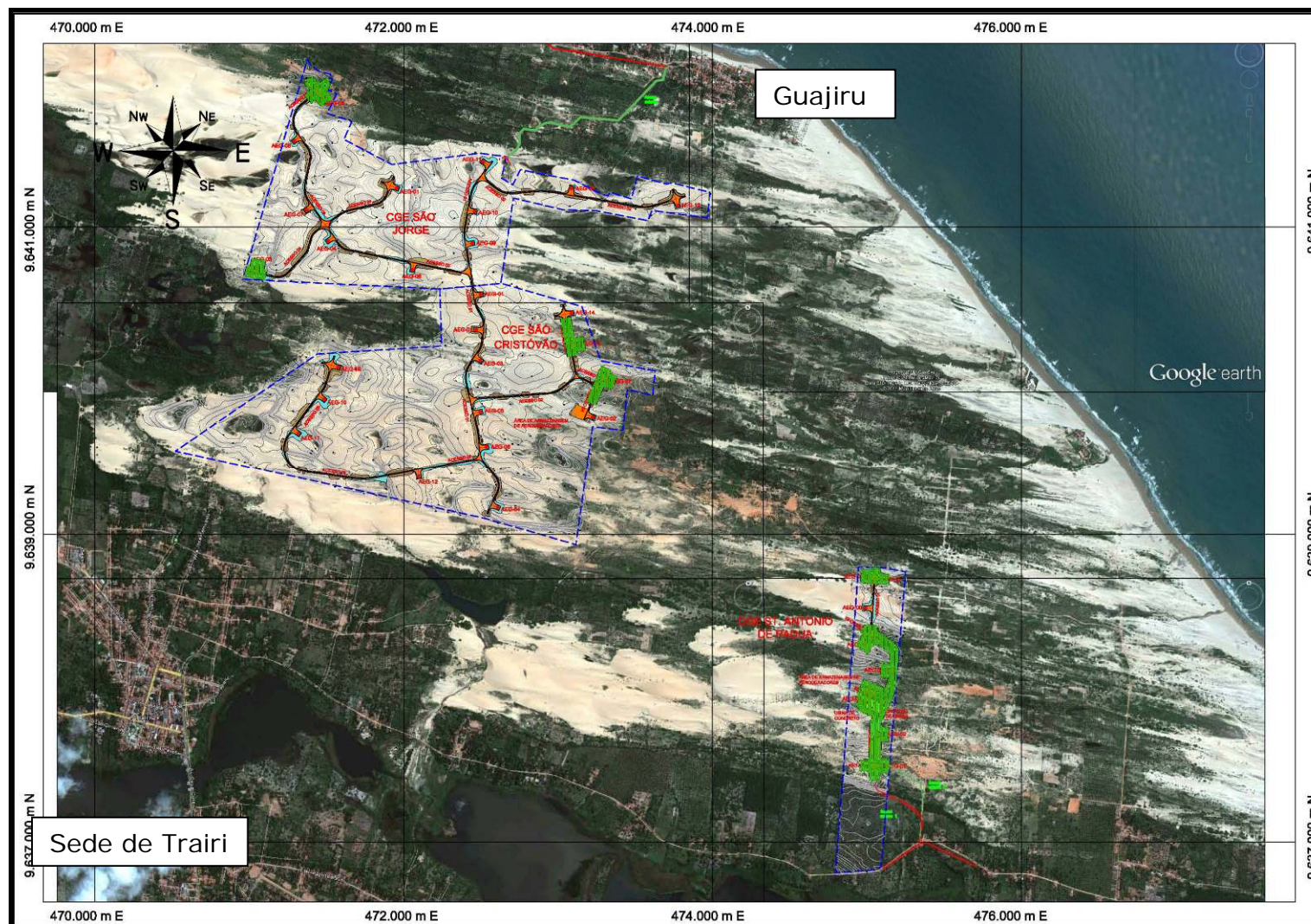
**Figura 3.3 – Segunda Alternativa Locacional Estudada para as Torres e Vias de Acesso**  
CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – TRAIRI / CE





**Figura 3.4 – Terceira Alternativa Locacional – ênfase no Acesso externo do Complexo Eólico**

CGE SANTO ANTÔNIO DE PADUA – TRAIRI / CE



Por outro lado as CGEs São Jorge e São Cristovão teriam seu acesso externo projetado para ser feito no limite norte da CGE São Jorge, com a conexão entre os dois empreendimentos se dando no limite norte da CGE São Cristovão.

A partir do limite norte da CGE São Jorge, a conexão com a CE-163 se daria na altura do núcleo urbano de Guajiru, situado no limite norte. A partir de então, o trajeto passaria por Flecheiras, seguindo ainda a CE-163. Vale frisar que a passagem até chegar à localidade de Guajiru implicaria em diversas intervenções ambientais em lagoas, dunas e cursos d'água que existem nesse trajeto.

Sendo assim, analisando o quadro de prováveis impactos ambientais e socioeconômicos sobre as localidades de Guajiru e Flecheiras, sobretudo, para a passagem dos equipamentos, pensou-se em uma nova alternativa locacional, a qual será apresentada na Figura 3.5.

Com essa nova concepção, o acesso externo para as CGEs São Jorge e São Cristovão se dão a partir de uma extensão do acesso externo projetado para a **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA**.

Sendo assim, a extensão do acesso externo projetado para a **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA** seguiria no sentido norte – sul, desde a estrada vicinal que liga a sede do município de Trairi à localidade de Pedrinhas, até chegar à outra estrada vicinal existente, que passa ao largo do limite norte da área de implantação da **CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA**. Essa estrada vicinal é utilizada pelos moradores de uma pequena localidade denominada Curimã, a qual permite acesso indireto para a sede municipal, passando antes, por Pedrinhas.

Tendo em vista o menor adensamento urbano e populacional da localidade de Curimã se comparado com Flecheiras e Guajiru, localidades que se caracterizam como significativos pontos turísticos do estado do Ceará, os quais seriam impactos de forma adversa com a passagem dos equipamentos utilizados para a construção de parques eólicos, além da significativa mitigação de impactos ambientais que decorreriam com a adoção do projeto anterior, apontam para essa última alternativa, como a mais viável a ser implantada.

### 3.4. 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:

- em se tratando de uma propriedade pouco produtiva, o proprietário do terreno deixará de agregar valor a sua propriedade;
- poderá ocorrer a continuidade dos processos de desenvolvimento da cobertura vegetal;
- o estado do Ceará perderá oportunidade de alcançar sua autosustentabilidade energética;
- sem o empreendimento, a população da região perderá oportunidades de empregos tanto diretos quanto indiretos, e o município de Trairi deixará de contar com uma nova fonte de arrecadação de impostos e tributos, além de uma importante oportunidade para o crescimento econômico.



**Figura 3.5 – Quarta Alternativa Locacional – ênfase no Acesso externo do Complexo Eólico**  
CGE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – TRAIRI / CE

