

3. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

A seguir serão ilustrados os critérios que levaram à seleção da área do projeto.

A partir de uma análise geral do recurso eólico, contextualizando-o no território brasileiro, foram avaliadas as diversas alternativas tecnológicas construtivas e a localização do projeto, inclusive a hipótese de não-instalação.

3.1 AS FONTES RENOVÁVEIS

As energias renováveis são aquelas fontes específicas de energia, cuja utilização respeita os recursos oferecidos pela natureza e, em geral, a saúde humana e o planeta. Estes recursos são classificados como inesgotáveis, ou seja, seu uso não compromete a possibilidade de reutilizá-los no futuro, devido à capacidade de autorregeneração da fonte de energia que não termina em cada ciclo de uso. A produção de energia, a partir de fontes renováveis, envolve baixas emissões de CO₂, a contenção do consumo de recursos naturais e a geração de emprego. Nesse sentido, buscam-se alternativas tecnológicas para o uso de recursos renováveis como fontes de energia. As principais fontes de energia renovável são:

- Energia solar (térmica e fotovoltaica);
- Biomassa (álcool, lenha, carvão, óleos vegetais e biogás);
- Energia hidrelétrica;
- Energia Eólica (onshore e offshore);
- Energia das marés e das ondas;
- Energia geotérmica.

Entre elas, a energia eólica, em locais com as melhores condições de vento, torna o custo de produção absolutamente competitivo com o das usinas de geração a base de combustíveis fósseis.

Entre elas, a energia eólica, em locais com as melhores condições de vento, torna o custo de produção absolutamente competitivo com o das usinas de geração a base combustíveis fósseis.

A energia eólica é uma energia alternativa abundante, renovável e que contribui para o desenvolvimento da economia verde. Possui uma capacidade de ser amplamente distribuída, não produzindo emissões de gases de efeito estufa durante sua operação, exigindo uma área de superfície não muito alta. Os efeitos sobre o meio ambiente são geralmente menos problemáticos do que os de outras fontes de energia.

Dessa forma, especialmente no campo da produção de eletricidade, sua maior difusão pode contribuir significativamente para a redução das emissões dos chamados "gases de efeito estufa". Ademais, em comparação com a energia solar e geotérmica, a energia eólica tem a vantagem de estar disponível em forma mecânica e, portanto, facilmente convertida em eletricidade. Além disso, os aerogeradores não produzem substâncias poluidoras ou químicas, pois são feitas apenas de materiais plásticos e metálicos.

A energia eólica apresenta algumas desvantagens. Em primeiro lugar, é uma fonte intermitente em uma base sazonal e diária, cria um impacto visual; os impactos com a estrutura territorial são bem avaliados para uma correta inserção no território e precisam de redes de transmissão e distribuição de energia, que devem estar predispostas para receber um fluxo elétrico de média tensão intermitente.

As redes de distribuição, atualmente presentes nos países industrializados, são projetadas de maneira oposta, pois estão conectadas a algumas poucas usinas de alta potência com fluxos de energia controlados e previsíveis. A exploração da energia eólica hoje é possível através da criação de parques eólicos que podem ser distinguidos de dois tipos:

-ONSHORE: Esta é a configuração da energia eólica mais difundida, mesmo por razões histórico-tecnológicas. As características da energia eólica onshore são típicas de plantas posicionadas, preferencialmente, em regiões localizadas em

grandes altitudes ou em áreas abertas e ventosas. Esses sistemas abrangem uma faixa de potência produzida, muito extensa, podendo ser conectada à rede pública, ou a uma rede isolada, com a finalidade de alimentar os usuários locais.

-*OFFSHORE*: Conjunto de estruturas instalados fora da linha da costa, em alto mar, interligado por meio de cabos de coleta que alimentam uma ou mais subestações. Os dois tipos têm as vantagens e desvantagens descritas no quadro 3.1.1

Quadro 3.1.1 - Vantagens e Desvantagens dos Tipos de Energia Eólica

TIPO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
EÓLICO ONSHORE	<ul style="list-style-type: none"> - Produção de energia limpa e renovável inesgotável; - Redução das emissões de CO₂; - Ausência de produção de poluentes; - Impacto positivo para a comunidade em termos de emprego, tanto durante os parques eólicos como durante a fase de gestão; - Recuperação rápida dos investimentos necessários para a realização também devido aos incentivos; - Desenvolvimento de tecnologias cada vez mais avançadas, com a construção de turbinas cada vez mais eficientes e o uso de tecnologia cada vez mais avançada; - Avaliação exacta dos fluxos de energia, devido à elevada difusão global dos parques eólicos em diferentes contextos geográficos e socioeconómicos, que hoje nos permitem afirmar o elevado conhecimento desse sistema de produção de energia; - Redução do uso do solo durante a fase de operação possibilitando, por exemplo, utilidades agropecuárias até base das torres. 	<ul style="list-style-type: none"> - Produção de energia não contínua, pois está ligada a ciclos sazonais de ventos; - Impacto visual no componente paisagístico; - Somente realizável em locais e áreas geográficas que possuam certas características anemológicas; - Impactos com a avifauna; - Redução do território; - Respeito dos limites de emissão sonora e sobreamento, para a saúde pública;

Raoni Ceci

Continuação do Quadro 3.1.1.

TIPO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
EÓLICO OFFSHORE	<ul style="list-style-type: none"> - Produção de energia limpa e renovável inesgotável, de forma mais contínua se comparada com a onshore; - Redução das emissões de CO₂; - Ausência de produção de poluentes; - Desenvolvimento de tecnologias cada vez mais avançadas, com a construção de turbinas cada vez mais eficientes e o uso de tecnologia cada vez mais avançada; - Presença de estudos e campos realizados especialmente no Norte da Europa para servir de base para futuros desenvolvimentos; - Desenvolvimento de atividades de observação direta no mar (realização de observatórios marinhos); - Impacto paisagístico limitado se comparado ao onn-shore, devido ao fato da sua realização ser distante da costa; - Impactos acústico e sombreamento não relevantes para a população; 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto sobre a fauna - flora marinha; - Utilização de tecnologias específicas para a construção de obras de fundação no mar: custos de infra-estruturas geralmente mais elevados, em comparação com parques eólicos onshore; - Possíveis interferências com rotas navais; - Implementação de rotas mista de conexão à rede de distribuição de energia (cavidade marítima / duto terrestre (por sua vez, subterrâneo ou aéreo)) e com a necessidade de criar obras intermediárias de conexão entre os diferentes tipos de dutos, tais como estações de coleta que funcionarão como uma interface entre os dutos marinhos e terrestres;

Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019.

A partir desta primeira análise, constata-se a existência de diferenças, em termos de vantagens e desvantagens, entre a energia eólica ONSHORE (ONS) e OFFSHORE (OFS) que podem ser concentradas nos seguintes pontos:

- **ANEMOLOGIA/PRODUÇÃO DE ENERGIA** : A principal diferença entre o ONS e o OFS está, acima de tudo, relacionada com os temas de continuidade e intensidade do recurso eólico. Para as usinas do ONS construídas no solo, em áreas mais ou menos montanhosas, uma vez atestada o potencial anemológico de um local, a produção de energia está, de fato, ligada a ciclos sazonais e diários de vento,

dependendo de fatores variáveis como clima e morfologia que não são constantes e contínuos.

Para as usinas OFS o recurso eólico é, de fato, mais contínuo e intenso, já que no mar, a poucos quilômetros da costa, as condições anemológicas, embora possam sofrer variações sazonais, são mais intensas, lineares e contínuas e, portanto, garantem altos padrões de produção de energia.

- **ÁREAS E LOCAIS DE INSTALAÇÃO:** Os sistemas ONS requerem, para sua instalação, o uso de áreas propícias e anemologicamente válidas, bem como regiões adequadas do ponto de vista técnico e, sobretudo, das restrições. Em qualquer caso, as áreas de instalação devem ser acessíveis e não possuírem riscos à saúde pública, além disso, é importante evitar áreas restritivas que tornem as obras inviáveis (locais de risco, áreas com valor natural ou paisagístico, áreas arqueológicas, etc.).

As localizações, portanto, de áreas onde existem grandes extensões, com alto potencial anemológico, que seja desabitado e sem restrições (principalmente concentradas nos Estados Unidos e no Canadá), são limitadas.

Os sistemas OFS, por outro lado, têm a possibilidade de serem desenvolvidos em um sentido mais amplo. O mar, certamente, tem menos restrições relacionadas à saúde pública, à interferência com a indústria (já a poucos quilômetros da costa tem pouco impacto) e menos problemas à individualização de áreas adequadas e de acessibilidade.

Portanto, o mar representa certamente um recurso muito extenso a ser usado para aproveitar ao máximo o recurso anemológico.

- **RESTRICÇÕES:** As plantas ONS devem ser realizadas tendo em mente as restrições presentes no território. As restrições são de naturezas distintas e podem ser distinguidas em restrições territoriais, orográficas e restrições relacionadas à proteção da saúde pública .

As restrições territoriais são aquelas definidas para a proteção e tutela do território e do meio ambiente. Dentre elas estão identificadas:

- Restrições de natureza geomorfológica, como a presença de deslizamentos de terra, movimentos turbulentos e áreas inundáveis;
- Restrições da proteção naturalista: são as áreas do parque, os oásis, as reservas naturais, as áreas da IBA, os corredores ecológicos e áreas de proteção da flora e da fauna;
- Restrições paisagísticas e arqueológicas: são áreas de particular valor paisagístico ou arqueológico que devem ser preservadas;
- Restrições urbanísticas: são aquelas específicas definidas a nível local pelo órgão urbanístico em que a intervenção se insere, entre os quais, por exemplo, os Planos Urbanísticos locais, regionais ou estaduais, e os planos de coordenação territorial mais amplos.

As restrições de natureza orográfica devem ser entendidas como pontos críticos de natureza técnica relacionada com a localização das turbinas e com as formas e possibilidades de transporte das turbinas nas áreas do projeto.

A acessibilidade do local representa um parâmetro importante a ser levado em conta na fase de projeto, a fim de definir o tipo de turbina que pode ser instalada em um local e como é transportada. A orografia também representa um parâmetro importante para definir a posição exata das turbinas de um parque eólico, bem como as obras necessárias para poder realizar a montagem das mesmas (definição de estradas e canteiro de obras de projeto).

As restrições relacionadas à saúde pública são aquelas que necessariamente levam em conta a proteção da comunidade e estão vinculadas a:

- Respeito aos limites de emissão sonora, para as emissões de ruído produzidas pelas instalações.
- Conformidade com os limites de emissão eletromagnética para cabos, estações e cabines.
- Fenômeno de sombreamento gerado pelas turbinas.

Os aspectos restritivos e a redução dos riscos para a saúde pública, determinam em um território, as áreas que podem então ser efetivamente utilizadas para a construção de um parque eólico onshore, e também determinam o tipo de turbinas eólicas a ser utilizado.

Para os sistemas OFS, as restrições, como as listadas acima, têm uma significância completamente diferente em relação aos sistemas ONS, pois algumas restrições no mar não têm a mesma relevância em termos de escolha de áreas e tipos de torres comparadas a um projeto realizado em terra, bem como alguns aspectos que são totalmente irrelevantes para os sistemas onshore, tornam-se de importância fundamental para os projetos offshore.

Em relação às restrições territoriais e ambientais para as plantas offshore, assumem particular relevância:

- Restrições de proteção ambiental, por exemplo, a presença de áreas de natureza marinha ou reservas de peixes e corredores ecológicos e áreas de considerável importância para a avifauna.

Obviamente, para estes projetos offshore, não há problemas relacionados à presença de áreas arborizadas ou florestas, contudo, a presença de vegetação marinha como espécies particulares de algas e corais, devem ser bem avaliados.

Não há interferência com espécies de animais terrestres, já em relação às espécies marinhas e ecossistemas marinhos, são necessárias avaliações cuidadosas para não alterar o equilíbrio dos mesmos.

- Restrições de natureza geomorfológica: para instalações offshore, o fundo marinho, as ondas e os fenômenos de erosão da costa devem ser cuidadosamente avaliados;

Não há aspectos urbanos ou paisagísticos obrigatórios, mas as rotas marítimas devem ser avaliadas.

Em relação às restrições orográficas e ao transporte, os problemas relacionados a um sistema offshore são completamente diferentes de uma instalação

onshore. No que diz respeito ao transporte, não existem limites físicos, mas o leito do mar deve ser cuidadosamente avaliado e os procedimentos de montagem devem permitir a realização das obras em comparação com a profundidade do fundo do mar.

Neste sentido, identificando as áreas em que uma instalação offshore deve ser localizada, não há limites para o tipo de máquina a ser instalada, desde que seja escolhido o trabalho de fundação apropriado.

Para tais instalações, não há problemas relacionados à construção de estradas e passos de montagem, mas é necessário fornecer plataformas móveis adequadas para montagem, bem como uma organização necessária para a realização das operações.

O posicionamento offshore de grandes parques eólicos reduz os problemas de impacto estético e acústico, já que as turbinas eólicas estão localizadas além da linha do horizonte visível, a pelo menos 3 km da costa, além de minimizar problemas relacionados ao perigo de colisão para as aves de rapina e migratórias, com as turbinas eólicas do continente.

Quanto as restrições relacionados à saúde pública, não há problemas de sombreamento, de emissão acústica ou eletromagnética, de risco para o rompimento das pás na fase de funcionamento, restando apenas os riscos específicos relacionados à construção do parque durante a operação, que serão abordados com o uso de todas as medidas de segurança possíveis para os trabalhadores (fornecimento de plano de segurança adequado e dispositivos de proteção contra acidentes).

Como acima mencionado, as plantas offshore em comparação com aquelas onshore, têm a vantagem considerável de poder usar o recurso eólico de forma contínua e constante, não apresentando problemas em termos de extensão de área e por não possuírem restrições ligadas ao transporte e localização.

Além disso, com exceção da fase de construção, o OFS apresenta riscos quase nulos relacionados à saúde pública durante a operação.

Por outro lado, a tipologia de obra apresenta maiores custos, bem como a criação de fundações e cabos submarinos, além do uso de técnicas de montagem específicas através de plataformas apropriadas.

Outro aspecto relacionado à realização de parques eólicos offshore, está certamente relacionado aos efeitos que as operações têm sobre o ecossistema marinho. Diante disto, deve-se notar que hoje já se encontram realizados numerosos projetos em todo o mundo (especialmente no norte da Europa), relativos aos quais se observam os efeitos nos vários componentes ambientais e, em particular, no componente da flora e fauna marinha, que são referências nesse processo.

Hoje existem diversos estudos acerca dos vários parques eólicos offshore em diferentes países. Os parques eólicos offshore de hoje são, na verdade, uma solução viável para os países costeiros densamente povoados, com forte urbanização do território.

Alguns pesquisadores chegam a afirmar que a criação de plataformas e sistemas de suporte e cabos submarinos poderia, com o tempo, criar áreas de repovoamento e biodiversidade no fundo do mar, como é o caso para as colunas de sustentação ancoras para as plataformas de petróleo. Por exemplo, um estudo de 2012 da Environmental Research Letters, "Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone", mostrou como as instalações eólicas offshore no Mar do Norte na Europa, tiveram impactos insignificantes no habitat natural e na fauna.

Outros estudos provaram que as turbinas eólicas não perturbam as aves e, nesse sentido, foi realizado um programa de monitoramento no parque eólico offshore de Egmond aan Zee, Owez, que fornece energia para 100.000 residências, analisando os efeitos ecológicos de curto prazo sobre um certo número de grupos de animais selvagens.

Os efeitos negativos podem ser causados pela rotação das pás e seu ruído subaquático. Os resultados não indicam efeitos de curto prazo na flora e fauna marinha e na área arenosa entre os aerogeradores, enquanto o novo substrato rígido causou a alocação de novas espécies e novas comunidades da fauna. Alguns tipos de peixes, como o bacalhau, encontram abrigo dentro do complexo. Com relação as aves, Algumas espécies evitam o parque, enquanto outras são indiferentes e permaneceram estáveis.

O estudo afirma que um grande parque eólico offshore impacta em um ecossistema extremamente variável e conclui que, no geral, as estruturas criam um novo tipo de equilíbrio ecológico no habitat existente.

3.1.1 Potencial em Escala Mundial da Fonte Eólica Offshore

Tendo em vista a exploração em larga escala da energia eólica, a instalação de aerogeradores em locais marinhos apresentam enormes vantagens. No mar, além de possuir um espaço mais extenso, existe uma quantidade e qualidade de vento mais contínua e intensa. Em comparação aos custos, a energia eólica offshore apresenta custos ligeiramente superiores à energia eólica onshore.

A rápida maturação da tecnologia relacionada às turbinas no mar significou que a energia eólica offshore está tomando forma como uma fonte de energia tradicional.

Certamente, um papel de liderança no investimento para estas fontes, propicia a Europa, numerosos parques construídos e em processos de construção, especialmente ao norte do continente. Dessa forma, a partir da experiência adquirida na Europa, o crescimento de novos mercados estão se expandindo rapidamente, como os recém-chegados da Austrália, Brasil e Turquia, alinhados com aqueles em crescimento nos EUA e na Índia.

Em 2017, um recorde histórico de 4.331 MW de energia eólica offshore, foi instalado em nove mercados em todo o mundo. Isto representa um aumento de 95% no mercado em 2016. No geral, existem agora 18.814 MW de capacidade eólica offshore instalada em 17 mercados em todo o mundo.

No final de 2017, quase 84% (15.780 MW), de todas as instalações offshore estavam nas águas ao longo das costas de onze países europeus. Os 16% restantes se encontram em grande parte na China, seguidos pelo Vietnã, Japão, Coreia do Sul, Estados Unidos e Taiwan.

O Reino Unido é o maior mercado de energia eólica offshore do mundo e representa pouco mais de 36% da capacidade instalada, seguido pela Alemanha, com 28,5%. A China é a terceira no ranking global offshore com pouco menos de 15%. A

Dinamarca situa-se agora com 6,8%, os Países Baixos em 5,9%, a Bélgica em 4,7% e a Suécia em 1,1%. Outros mercados, como Vietnã, Finlândia, Japão, Coreia do Sul, Estados Unidos, Irlanda, Taiwan, Espanha, Noruega e França, constituem o equilíbrio do mercado (Figura 3.1.1.1).

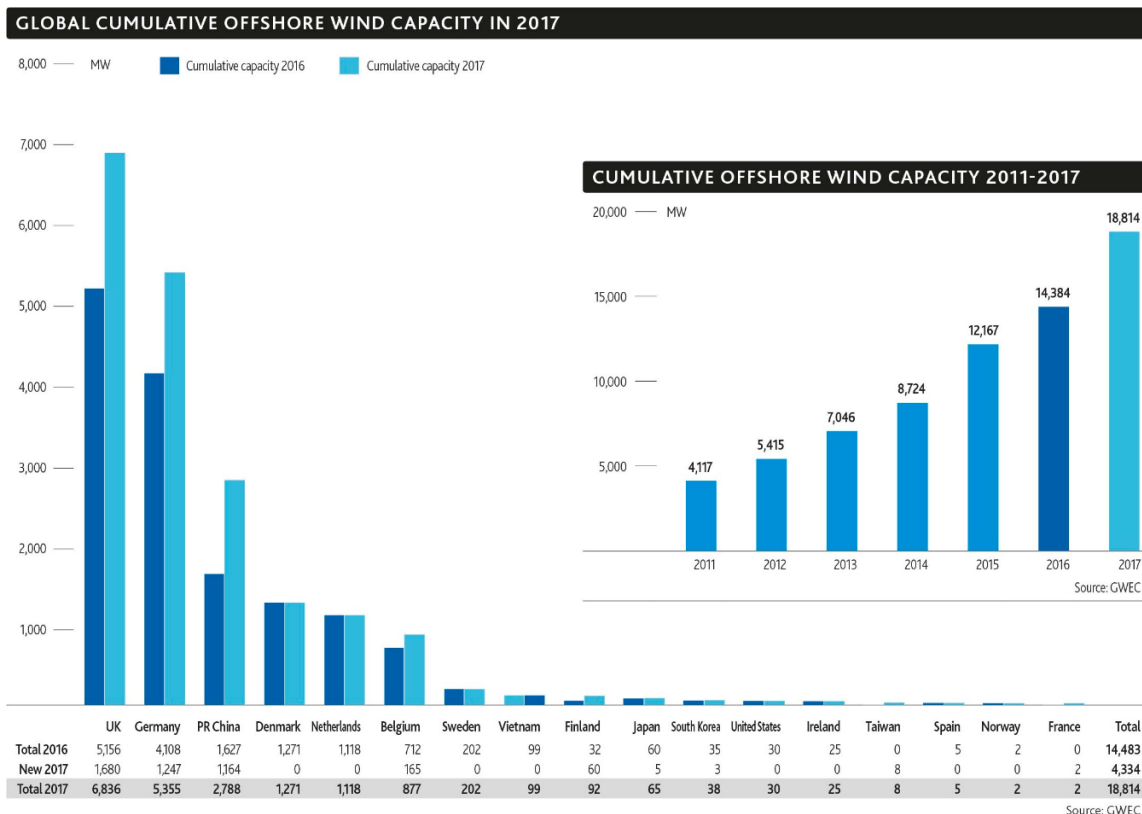
A disseminação da indústria offshore começou, além de sua se de no norte da Europa, na América do Norte, no leste da Ásia, na Índia e em outros lugares. O primeiro parque eólico offshore nos Estados Unidos chegou em 2016, a indústria eólica offshore chinesa finalmente decolou e Taiwan montou um programa ambicioso. O número de países que planejam projetos pilotos ou o desenvolvimento em larga escala de parques eólicos comerciais offshore está crescendo rapidamente; os próximos que almejam entrar no setor estão na Austrália, no Brasil e na Turquia.

Enquanto isso, a energia eólica offshore teve as suas primeiras ofertas "sem subsídio" para projetos offshore na Alemanha e uma oferta completa de subsídios nos Países Baixos, com os vencedores de novas capacidades offshore recebendo apenas o preço de atacado pela eletricidade. No geral, os preços offshore para projetos a serem concluídos nos próximos 5 anos, são metade daqueles que foram nos outros últimos cinco anos. Esta tendência provavelmente continuará.

As razões para isso são muitas, como por exemplo, a maturação da indústria, a melhoria e amadurecimento da tecnologia e a gestão dos mesmos, a crescente confiança dos investidores e a introdução e implantação de uma nova geração de turbinas, com grandes áreas e uma enorme produção.

Nessa ótica, o Brasil se insere como uma das nações com maior potencial de energia eólica no mundo. Na última década, a partir de 2010, o país testemunhou a instalação de projetos eólicos ONSHORE, que elevaram o volume total em 2017 para 4164 MW de potência instalada.

Figura 3.1.1.1 - Acumulado Global Offshore.



Fonte: Global Wind Energy Council, Global Wind Report, 2017.

3.1.2 A Fonte Eólica no Brasil - Eólica Offshore

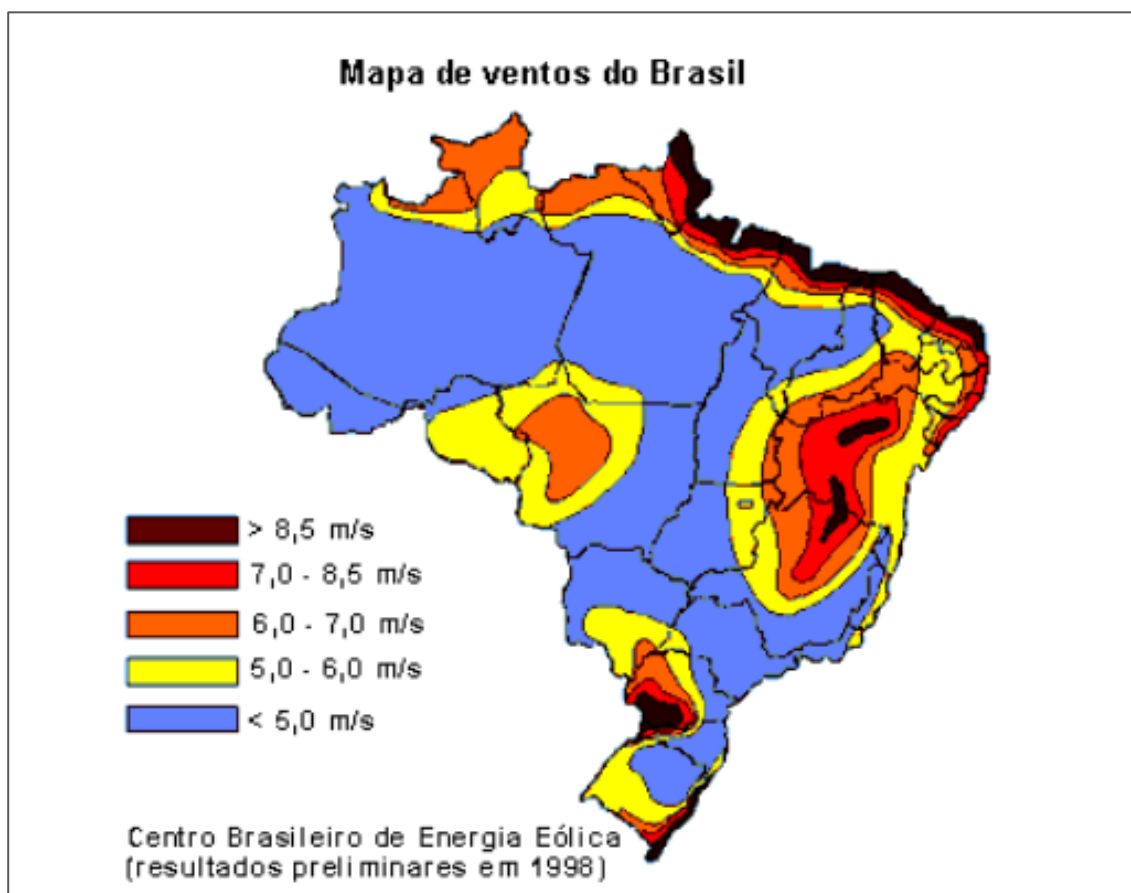
Dado o potencial das costas brasileiras e considerando que no mar há uma melhor quantidade e qualidade de vento, mais contínuo e mais intenso, em vista da exploração em larga escala da energia eólica, é particularmente vantajoso instalar turbinas eólicas em locais marinhos, explorando a energia eólica com parques eólicos offshore.

Como já mencionado, no Brasil, a produção do setor eólico de 2017 atingiu 4.164 MWA (número médio de megawatt horas). Os dados são aqueles divulgados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que também explica como a participação da energia eólica na produção de energia elétrica brasileira passou de 3,1% para 6,5% em 2016. A partir de um volume praticamente inexistente

em 2009, o país estabeleceu e subseqüentemente conectou à rede mais de 360 projetos eólicos, superando os dez GW do total de energia instalada.

Já na década de 90, a instalação de sensores anemológicos no arquipélago de Fernando de Noronha (PE), indicou o forte potencial eólico na costa do nordeste, conforme Atlas publicado em 2001 (Figura 3.1.2.1).

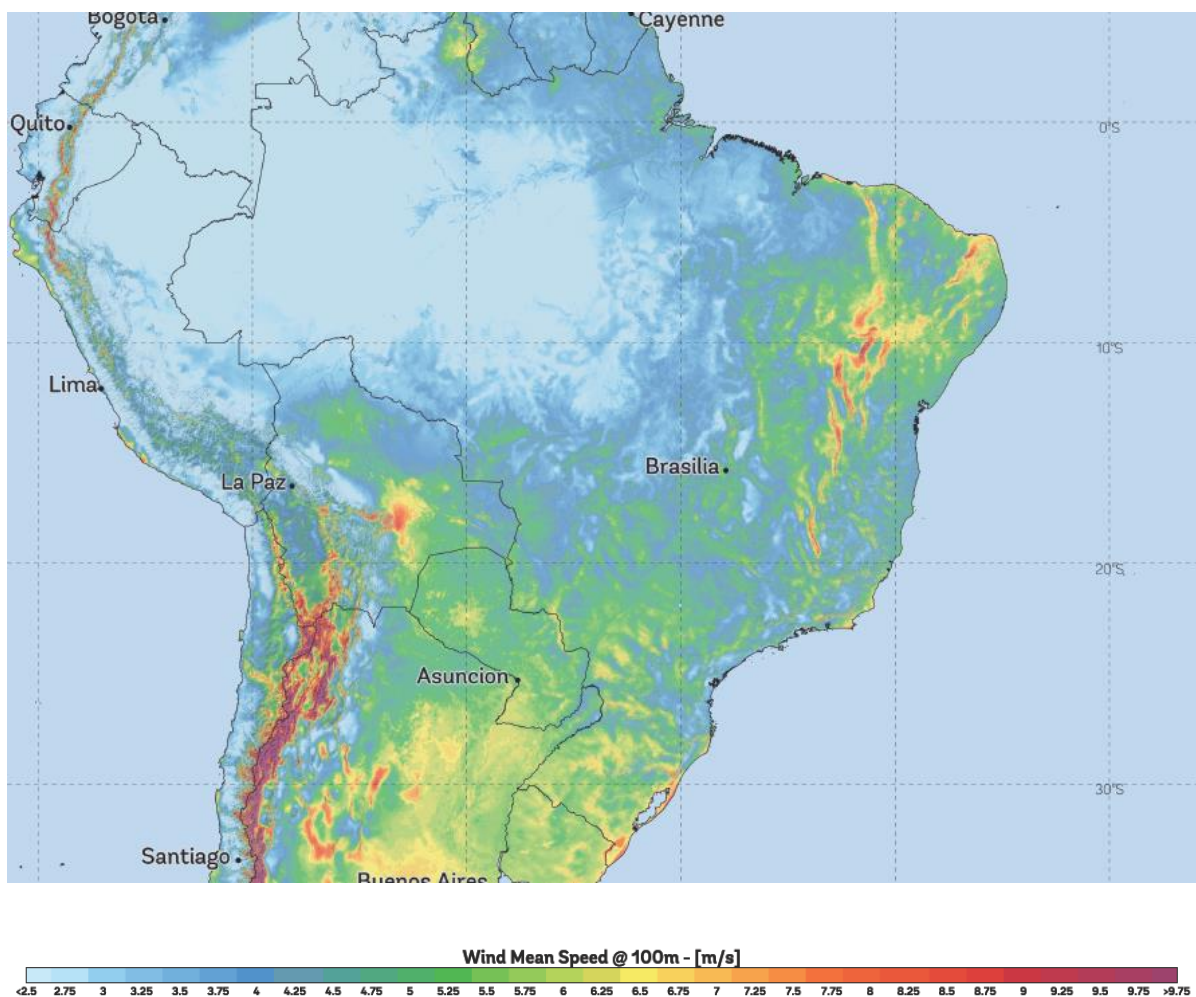
Figura 3.1.2.1 - Mapa eólico do centro brasileiro de Energia Eólica



Fonte: Mapa preliminar de vento no Brasil (CBEE, 1988).

Os numerosos estudos e medidas anemológicas realizadas até agora, confirmam totalmente este potencial, como também pode ser visto a partir da análise eólica desenvolvida pelo Global Wind Atlas, que permite identificar um atlas on-line com alto potencial anemológico para geração da energia eólica e que, portanto, representa a base a partir da qual analisar preliminarmente as áreas sobre as quais podem se desenvolver usinas eólicas (Figura 3.1.2.2).

Figura 3.1.2.2 - Mapa eólico extraído do Global Wind Atlas

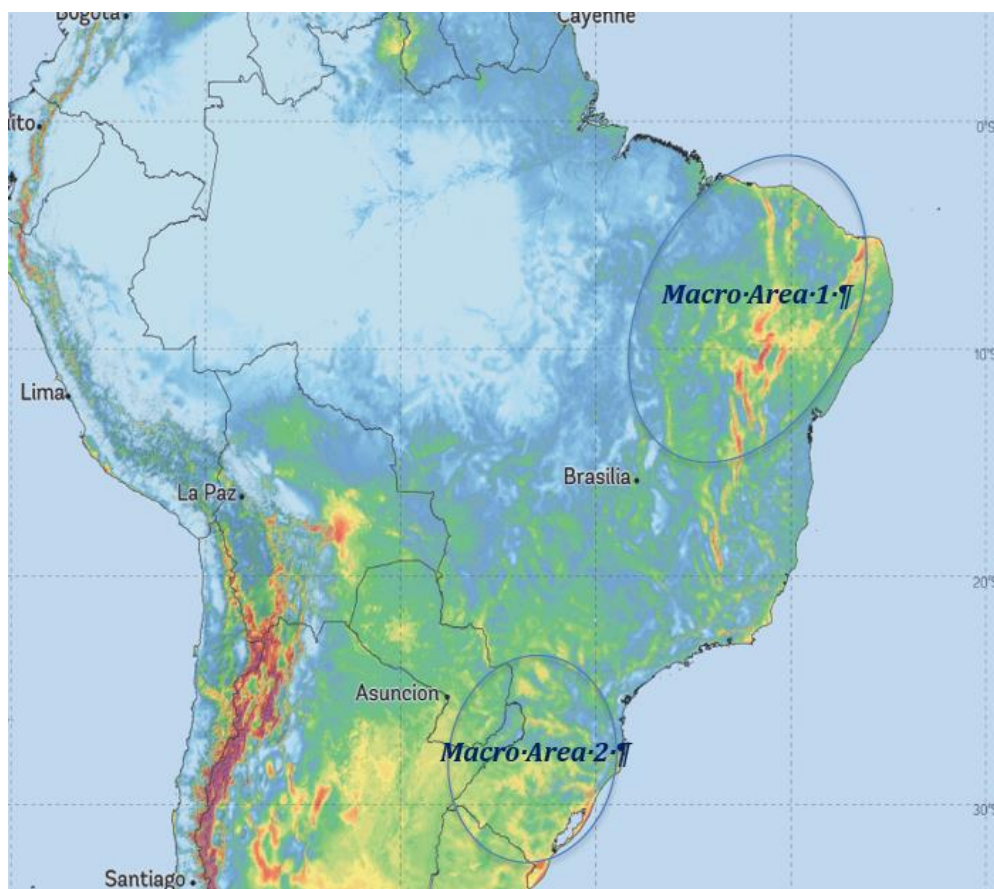


Fonte:Elaborado pelo autor, 2019.

Embora exista um grande potencial eólico em toda a costa do país, como podemos observar, o maior potencial da energia eólica brasileira concentra-se sobretudo nas regiões litorâneas do nordeste e sudeste do Brasil.

Raoni Ceci

Figura 3.1.2.3: Mapa anemológico da América do Sul



Fonte:Elaborado pelo autor, 2019.

Em particular no que diz respeito ao recurso eólico, mesmo que seja alto em todo o território brasileiro, duas áreas onde o potencial é claramente superior ao do restante do país já estão identificadas, de acordo com a região, classificadas como:

- A- A- Macro-Área 1: Território no Nordeste do Brasil
- B- Macro Area 2: Território no extremo sul do Brasil

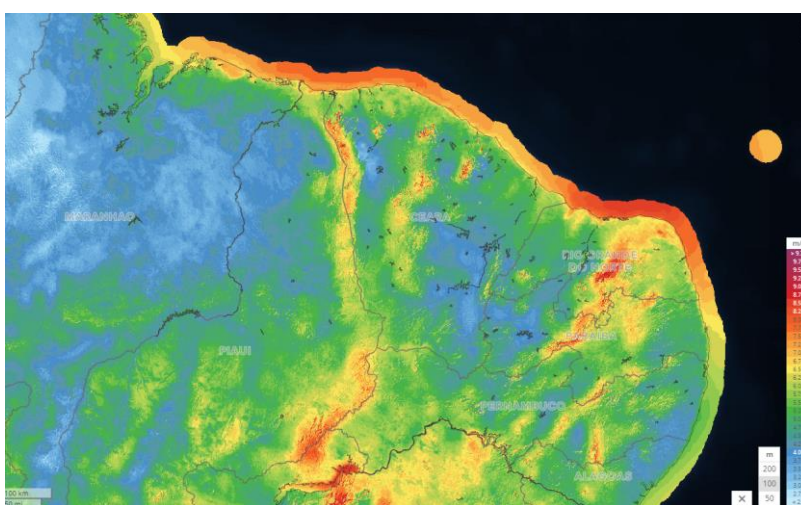
Olhando para as duas áreas macro em detalhe, podemos verificar como o potencial eólico está concentrado acima de toda a costa, alcançando valores estimados acima de 8 m/s (Figura 3.1.2.3).

Como se observa a partir das imagens a seguir, o potencial eólico tende a diminuir ao adentrar o continente.

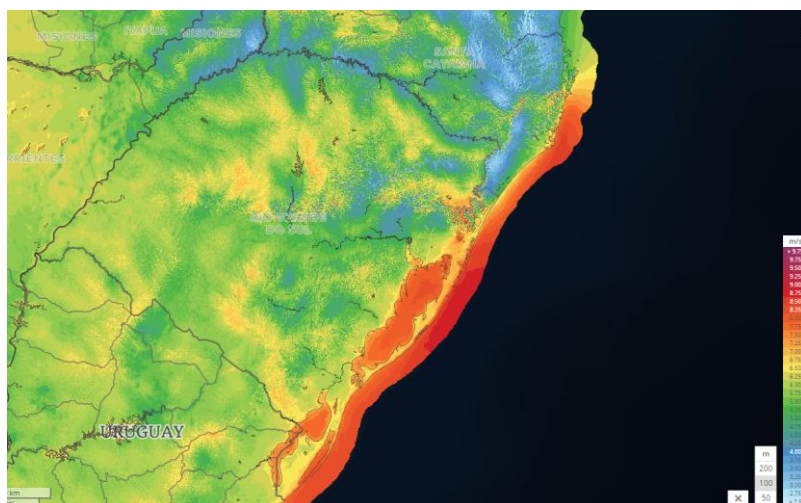
Portanto, concentrando-se sobre a costa brasileira e analisando os dados anemológicos, também com levantamentos de dados realizados in situ, as duas macro-áreas que apresentam características anemológicas muito altas e predominantes em relação a toda a costa brasileira, que em geral apresenta valores de vento muito eficientes, são representadas na Figura(Figura 3.1.2.4).

Figura 3.1.2.4: Mapa eólico em macro áreas

Macro Área 1



Macro Área 2



Fonte:Elaborado pelo autor, 2019.

Portanto, o potencial das costas brasileiras é atestado e, considerando que no mar há uma quantidade e qualidade melhor de vento, mais contínuo e mais intenso, em vista da exploração em grande escala da energia eólica, é particularmente vantajoso instalar turbinas eólicas nos locais marinho, e após isto, explorar a energia eólica com parques eólicos offshore.

3.2 ESCOLHA DA ÁREA DO PROJETO

3.2.1 Análise do Potencial Anemológico - Escolha da Macro Área

Concentrando-se portanto na costa brasileira e analisando os dados anemológicos identificados no parágrafo anterior, os quais, são confirmados por análises anemológicas detalhadas realizadas in situ, que serão discutidos mais adiante neste estudo, é feita uma primeira escolha entre as duas macro áreas mencionadas anteriormente em relação à costa:

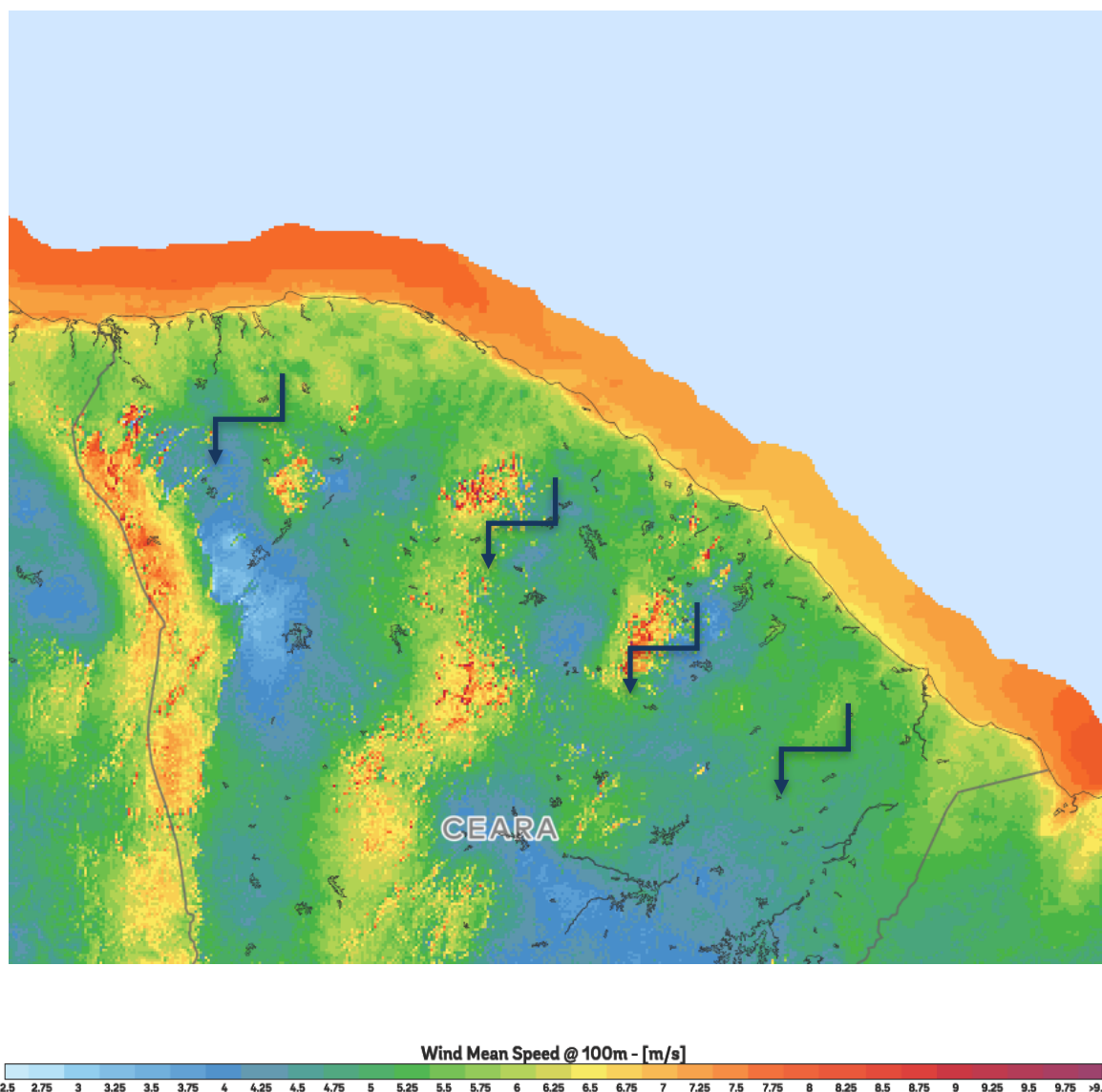
- A- Macro-Área 1: Costa Nordeste
- B- Macro Área 2 : Costa Sul-Sudeste

Entre as duas macro áreas, a escolha inicial para se concentrar o projeto eólico offshore foi relacionada a costa da Macro Área 1, em particular na costa do Estado do Ceará.

Optamos por nos concentrar na costa do estado do Ceará, seja pelo óbvio potencial anemológico, mas também pela atenção das instituições locais em relação às fontes renováveis, e pela morfologia particular do fundo do mar e parte da costa que tornam interessante a construção de um parque eólico offshore.

O estado do Ceará, como podemos ver em na figura 3.2.1.1, tem um alto potencial na faixa costeira, que tende a diminuir em direção ao seu interior.

Figura 3.2.1.1 - Mapa eólico para detalhes sobre o estado do Ceará com intenso vento na costa.



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019

Após o levantamento anemométrico realizado, foi possível notar que o território costeiro do Estado do Ceará é interessante do ponto de vista da disponibilidade de recursos eólicos. O passo seguinte foi identificar, entre as várias áreas costeiras, a que é adequada para a instalação de um parque offshore.

A seguir é descrito o processo pelo qual chegamos à definição do local de Caucaí, zona metropolitana de Fortaleza, capital do Ceará, como uma área adequada para a construção do parque eólico proposto.

3.3 METODOLOGIA PARA DEFINIR A ESCOLHA DO LOCAL

3.3.1 Motivações do Projeto

A escolha da área do projeto destinada ao offshore, foi desenvolvida levando-se em consideração um sistema de indicadores sociais, ambientais e territoriais, que permitiu avaliar os efeitos das obras na área territorial considerada, observando o cumprimento integral dos objetivos de salvaguarda, proteção e melhoria da qualidade do ambiente, da saúde humana e utilização prudente e racional dos recursos naturais.

A metodologia utilizada para determinar a área escolhida para o projeto se desenvolve em duas fases sucessivas, que são:

Fase 1: identificação gráfica de áreas adequadas

Nessa fase, as áreas adequadas para a instalação de uma usina eólica offshore são selecionadas graficamente, analisando aspectos da morfologia do fundo e aspectos que podem ser definidos como um tipo de restrição.

Em particular, serão identificados na cartografia:

Aspectos e características geo-morfológicas

- Fundo marinho com indicações das linhas batimétricas;
- Tipo de costa, identificando os fenômenos de erosão em andamento na costa;
- Densidade antrópica na costa;

Infraestruturas existentes

- Rotas de navegação – Carta náutica;
- Áreas de extração e transporte de gás e petróleo – Carta náutica;

- Presença na costa de estradas ou percursos para a passagem das linhas de cabos;
- Possíveis pontos de conexão em terra;

Aspectos restritivos

Os aspectos restritivos devem ser tratados tanto na esfera terrestre quanto marítima, em particular são analisados:

- Áreas Protegidas, reservas marinhas e áreas vinculadas ao MMA;
- Interferência em áreas de importância biológica, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (Ministério do Meio Ambiente) e em áreas legalmente protegidas;
 - Interferências em terras indígenas, projetos habitacionais, comunidades quilombolas e outras comunidades tradicionais;
 - Florestas públicas e unidades de conservação;
 - Áreas de IBA (Important Bird Area) com atenção específica aos fluxos migratórios de Albatrozes e Petréis, IBA de aves limícola, IBA regional latino-americana;
 - Áreas de interesse cultural e arqueológico (Iphan);
 - Intercepção de áreas urbanas;
 - Interferência no património espeleológico, arqueológico, histórico e cultural;
 - Interferência em corpos de água.

Aspectos socioeconômicos e também relacionados a melhorias ambientais

- Aumento do trabalho em escala local a curto e longo prazo;
- Aumento do turismo com atividades relacionadas o implanto;
- Intervenções de proteção costeira, para a recuperação do litoral do fenômeno erosivo.

Uma vez verificados os diferentes componentes, diferentes alternativas de área são identificadas para o posicionamento do parque eólico offshore.

- Fase 2: Determinação Matricial Numérica: Ambiental – Sócioeconômica

A área do projeto é, portanto, escolhida entre as diferentes alternativas que resultam da análise gráfica, predispondo em uma fase subsequente de análise (fase 2), uma matriz comparativa onde para cada alternativa, é avaliada uma série de parâmetros para ao qual será atribuído um peso (magnitude), que será maior quanto mais as operações impactarem no meio físico, biótico e socioeconômico para um componente específico.

Os três sistemas são indicados na matriz como meio biótico (MB), físico (MF) ou socioeconômico (MF) e quando eles são afetados por cada componente.

Uma vez identificados os parâmetros e definidos os pesos (a magnitude dos impactos), será escolhida a solução com menor peso, portanto a que envolver menos impacto e o máximo desempenho para o trabalho.

Na prática, parâmetros relacionados aos diferentes componentes ambientais, sociais e econômicos descritos abaixo, foram individualizados e cada parâmetro receberá um peso crescente baseado no maior impacto determinado ou não por um único componente. A partir de uma comparação das matrizes construídas, a área mais adequada será escolhida a partir do menor impacto ambiental e maiores benefícios socioeconômicos.

Alguns parâmetros foram escolhidos, com vista a avaliar o peso do impacto negativo.

Os parâmetros tomados como referência são:

- Potencial Eólico: Áreas anemologicamente adequadas com alto potencial na costa;
- Áreas Naturais Protegidas: Interferência das operações em áreas marinhas naturais e protegidas;

- Áreas delicadas da avifauna: interferência das operações com essas áreas;
- Áreas com presença de atividades de mineração e presença de infraestruturas marinhas ;
- Áreas de interesse arqueológico;
- Existência de áreas urbanizadas na costa com uma presença antrópica significativa e a possibilidade de atravessamento das infraestruturas de conexão elétrica;
- Características do fundo marinho: profundidade;
- Distância da costa;
- Fenômeno de erosão de costeira;
- Gestão durante a operação: possibilidade de intervenção para manutenção;

Para estes parâmetros, portanto, através das matrizes indicadas abaixo, os pesos foram atribuídos aos componentes indicados (impacto nulo, baixo, médio ou alto, aos quais vários pesos estão associados, como impacto nulo = 0, baixo impacto = 1, impacto médio = 2, e finalmente alto impacto = 3). O peso é atribuído levando em consideração o impacto complessivo no sistema, avaliando o impacto no meio físico, biótico e socioeconômico.

Para cada solução escolhida, haverá, portanto, um peso complessivo, ou seja, um impacto maior e que, portanto, representa a melhor solução predisposta, ou seja, aquela que envolve um melhor equilíbrio entre os fatores acima e menor impacto, como modelo adotado indicado pelo exemplo ilustrado nos quadros 3.3.1.1 e 3.3.1.2:

Quando 3.3.1.1 - Matriz solução 1

	MF	MB	MS	Impacto (magnitude complessiva)
Componente 1	x			0,1, 2,o 3
Componente 2		X	X	0,1, 2,o 3
Soma dos impactos				n

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Quando 3.3.1.1 - Matriz solução 2

	MF	MB	MS	Impacto (magnitude compressiva)
Componente 1		x		0,1, 2,o 3
Componente 2	x	x		0,1, 2,o 3
Soma dos impactos				m

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Matriz solução: São descartadas as matrizes com valores mais altos e com maior impacto compressivo.

O número que dá a somatória mais elevada, é aquele que, como um todo tem, o maior impacto negativo, de fato, entre as matrizes. Aquelas com maior peso total serão descartadas e, a solução cuja matriz apresenta menos peso, será escolhida.

Nota-se, no entanto, que a escolha será orientada não apenas levando em consideração os impactos negativos gerais, mas também a distribuição desses impactos para cada solução escolhida e também com base em parâmetros socioeconômicos.

3.4 ESCOLHA DO LOCAL

Entre as soluções possíveis, a mais funcional foi identificada, de modo a:

- Minimizar a interferência em áreas de valor ambiental, paisagístico e arqueológico;
- Criar o menor inconveniente possível para a comunidade;
- Criar novas oportunidades de emprego direto (mão de obra e trabalho intelectual relacionado ao trabalho) e indireto (aumento do turismo);
- Criar o menor impacto possível com espécies faunísticas e florísticas no mar e em terra;

- Não determinar aumentos nos fenômenos de instabilidade (erosão marinha);
- Permitir a operação e manutenção regulares do parque eólico e dos dutos de cabos;

Para a escolha do projeto, considerou-se a presença de restrições existentes, que expressam situações de tutela referentes a emergências territoriais, paisagísticas e ambientais.

A definição do layout adotou, portanto, os seguintes critérios de projeto:

- Limitar o impacto com restrições presentes no território, interferindo nas mesmas apenas na ausência de alternativas plausíveis;
- Evitar envolver centros habitados, bem como assentamentos urbanos e rurais, levando em conta também quaisquer transformações e expansões urbanas planejadas ou previstas, em particular para o traçado dos cabos;
- Limitar, na medida do possível, a visibilidade dos pontos significativos sujeitos a presença antrópica.

A consulta dos elementos cartográficos e uma análise cuidadosa das restrições, determinou, juntamente com levantamentos detalhados, a identificação entre as alternativas do projeto aquela que apresenta o menor impacto.

3.5 Alternativas Do Projeto

As diversas alternativas do projeto estão ilustradas a seguir, indicando também a alternativa Zero, ou seja, aquela em que o trabalho não é realizado, avaliando ao final os efeitos e impactos positivos e negativos, que a escolha de cada alternativa comporta.

3.5.1 Alternativa Zero – Hipótese de Não Execução do Projeto

Uma vez tomada a decisão de conduzir o processo de licenciamento, observando-se os benefícios e as adversidades da implantação do Parque Eólico

Offshore Caucaia, a hipótese de não execução deste projeto infere no não aproveitamento de diversos benefícios pela comunidade.

A alternativa zero consiste em renunciar à realização do projeto, com o intuito de preservar as áreas sob exame, como o fundo marinho, não permitindo explorar plenamente a capacidade do local, que se caracteriza por um elevado potencial eólico.

Deve-se considerar que o uso da tecnologia eólica é bem adequado para o contexto que se propõe, uma vez que as ocupações de área são limitadas, reduzindo consideravelmente o uso de combustíveis convencionais com duas importantes consequências ambientais:

- economia em fontes de energia não renováveis;
- redução das emissões globais de CO₂.

A alternativa zero está absolutamente em contraste com os objetivos internacionais e nacionais de descarbonização na produção de energia e apoio à difusão de fontes renováveis na produção de energia.

A implementação do empreendimento prevê a necessidade de recursos humanos, tanto durante a fase de construção, quanto no manejo da planta, agregando oportunidades de trabalho em todo processo. Esta oportunidade é ainda mais importante se considerarmos que as áreas afetadas pela construção se caracterizam por estar entre aquelas que têm níveis muito elevados de desemprego.

Em última análise, a não realização do trabalho, possibilitaria a manutenção do estado atual, sem acrescentar novos elementos ao território, mas, ao mesmo tempo, limitaria a exploração dos recursos disponíveis na área e as consideráveis vantagens associadas ao uso da tecnologia eólica, tais como:

- produção de energia a partir de fontes renováveis condizente com as ações de apoio que vários governos, inclusive o local, continuam promovendo também sob a pressão de organismos supranacionais que identificaram em algumas FERs, como a energia eólica, uma alternativa concreta ao uso fontes de energia fóssil, cujas reservas, embora em tempos médios, estão destinadas a esgotar-se;

- impacto econômico no território afetado pelo parque eólico em termos de emprego, especialmente durante a construção e descomissionamento do parque;
- possibilidade de criar novas figuras profissionais ligadas à gestão técnica do parque eólico durante a fase operacional.

No que diz respeito a quaisquer impactos relacionados, estes são muito dependentes das escolhas projetuais feitas e das modalidades com as quais o trabalho é inserido no contexto. Por esta razão, como será melhor explicado nos capítulos seguintes, muita atenção tem sido demonstrada na seleção dos critérios de inserção do projeto, a fim de reduzir ou limitar, na medida do possível, a ocorrência de quaisquer impactos.

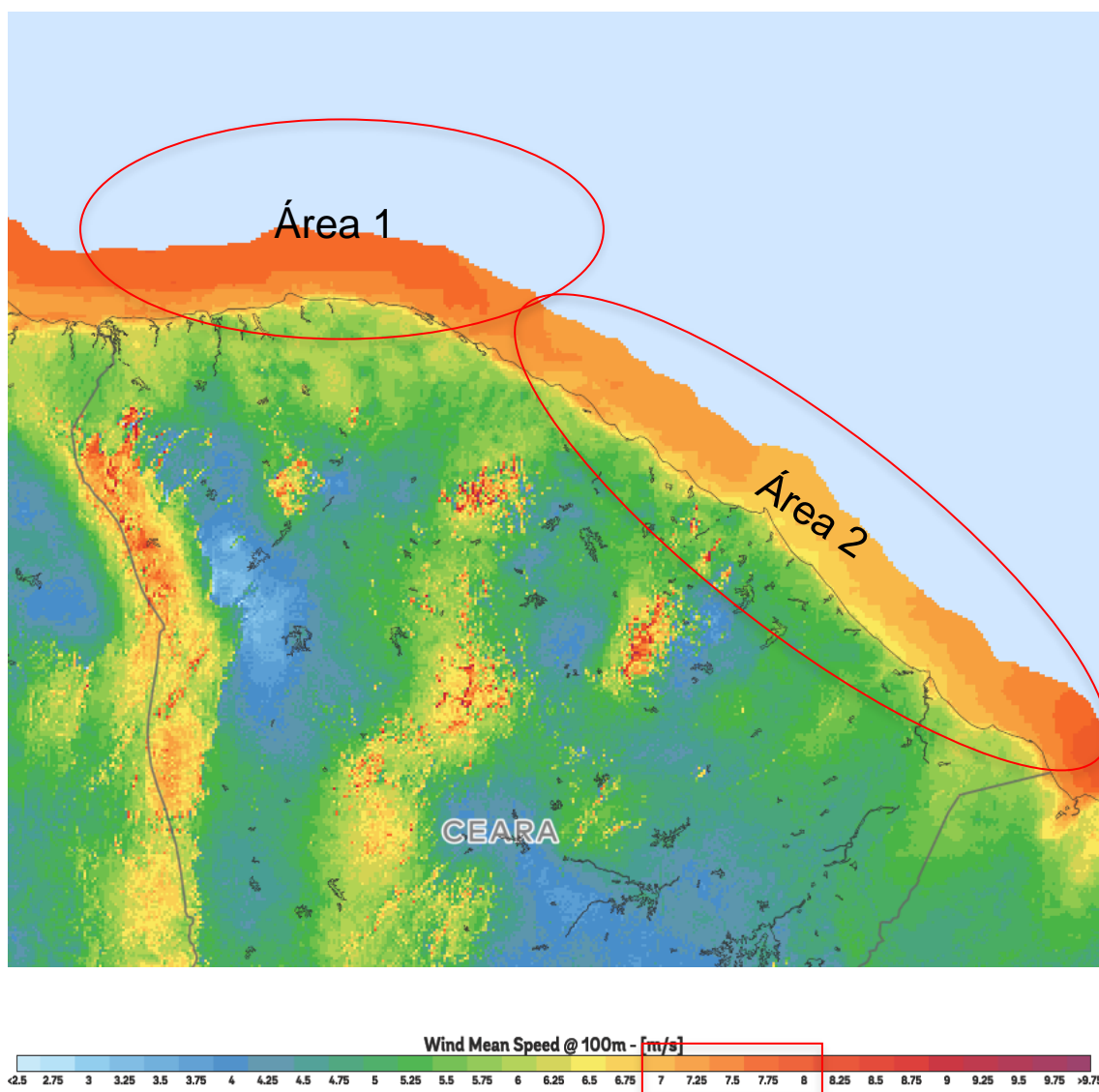
Portanto, como já foi ressaltado, muita atenção foi dada à seleção dos critérios de projetuais de inserção, a fim de reduzir ou limitar, na medida do possível, a ocorrência de possíveis impactos.

3.5.2 Fase 1 – Identificação de Áreas Idôneas para Offshore

3.5.2.1 Potencial Anemológico

O primeiro passo abordado é a avaliação da anemologia na costa do estado do Ceará. Como já mencionado nos parágrafos anteriores, toda a costa brasileira apresenta um alto potencial anemológico, confirmado através de análises in loco do vento, que será apresentado no decorrer desse estudo.

Figura 3.5.2.1.1: Identificação de áreas anemologicamente adequadas



Fonte: Global Wind Atlas, 2019.

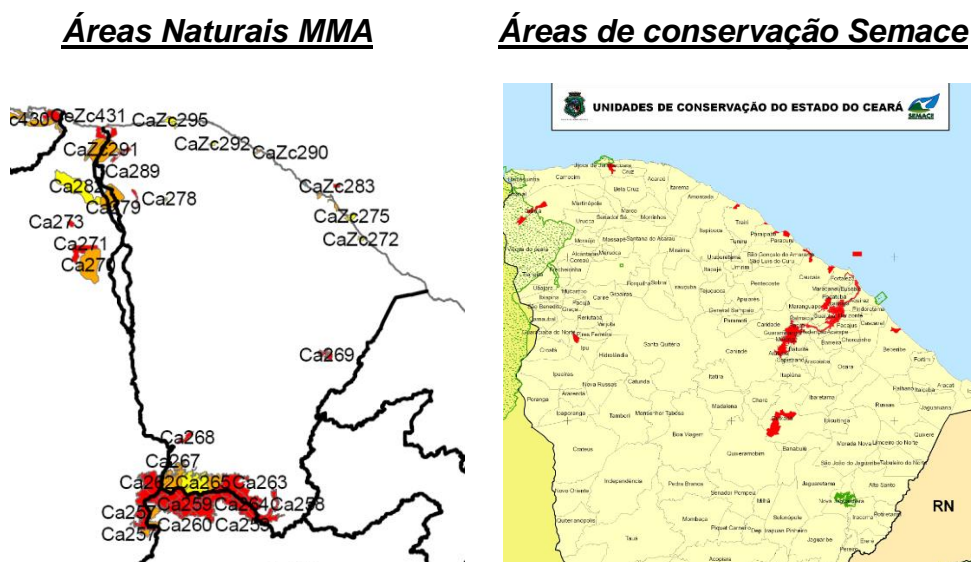
Como se observa, no mar, próximo a costa, os valores para velocidade do vento são estimados de forma preliminar entre 7 e 8 m/s. Em particular, a área 1 tem um potencial maior, estimado em aproximadamente 7,75 - 8 m/s ao longo da costa, a cerca de 20 km da mesma, enquanto nas áreas próximas a costa os valores do vento são ligeiramente inferiores. Na área 2 os valores estão entre 7-7,5 m/s, sendo, de fato, bastante elevados (Figura 3.5.2.1.1).

Conclui-se que toda a costa do Estado do Ceará tem um alto potencial eólico e é adequado para instalações Offshore. Os outros parâmetros que orientaram a escolha da área do projeto são agora considerados.

3.5.2.2 Áreas Naturais Protegidas: MMA – Unidades de Conservação (Semace)

Consideramos agora as restrições relacionadas às áreas naturais protegidas, definidas pelo MMA e implementadas pela SEMACE sequencialmente mapeadas (Figura 3.5.2.2.1).

Figura 3.5.2.2.1 - Identificação das áreas adequadas com relação as áreas naturais.

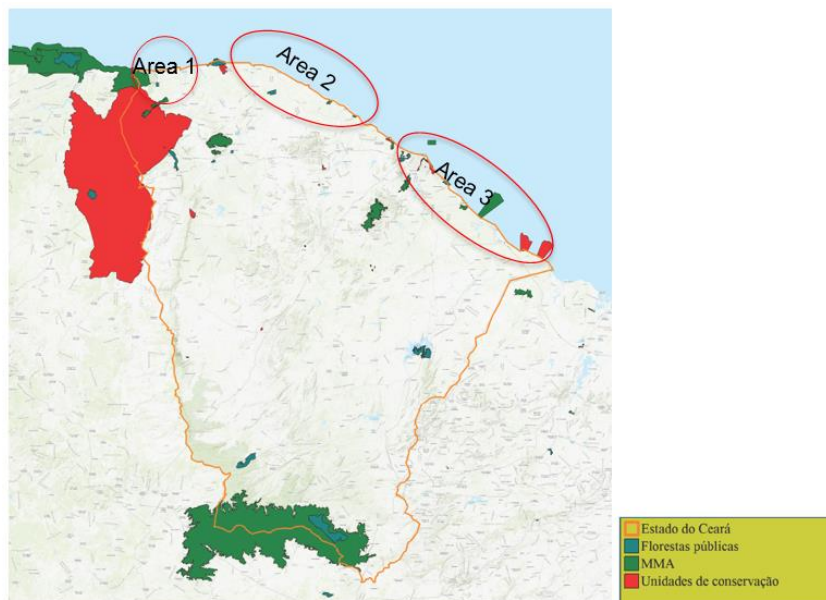


Fonte: Mapas MMA – Semace, 2019.

Raoni Ceci

Figura 3.5.2.2.2: Identificação das áreas adequadas com relação as áreas naturais

Mapa das Áreas Naturais e Florestas Públicas



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

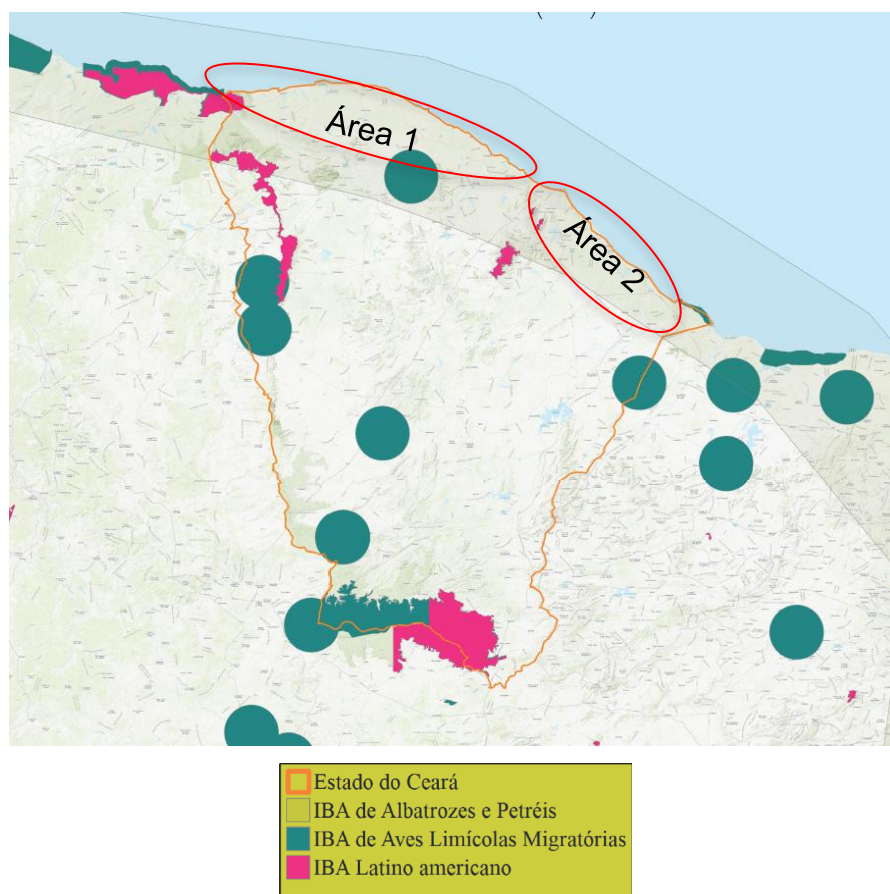
Como observado, três áreas foram identificadas, em particular as áreas 1 e 2, são externas ao perímetro de áreas naturais protegidas, resultando portanto adequadas para as instalações (Figura 3.5.2.2.2).

Com relação à área 3 ao sul de Fortaleza, podemos observar a presença fracionada de várias áreas naturais próximas ao litoral e de duas áreas de reserva marinha, portanto a área 3 é apenas parcialmente adequada nas regiões do território marinho.

3.5.2.3 Áreas de Interesse para Avifauna (Áreas IBA)

Os aspectos ligados à avifauna são agora avaliados, observando-se as áreas mais delicadas para os diferentes grupos taxonômicos identificados na figura 3.5.2.3.1 cumulativo das restrições do IBA, identificadas abaixo.

Figura 3.5.2.3.1: Áreas adequadas para corredores de avifauna e áreas de IBA



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Toda a costa, como observado, é afetada por um corredor de trânsito ecológico para albatroz e gaivotas, por uma faixa de mais de 30 km do litoral e que também vai para o interior. O IBA mapeado relativo ao trânsito de Abatroz e Petréis não é evitável.

Todas as precauções para evitar colisões serão adotadas, tais como as interdistâncias apropriadas entre as turbinas e a coloração opaca das mesmas.

No entanto, deve-se notar que existem várias áreas tróficas (mapeadas como IBA de aves limícolas e migratórias) que, como demonstraremos durante o estudo, tenderão a orientar os fluxos migratórios em alguns trechos da costa e do interior.

Em todo caso, mesmo para as espécies locais, que se deslocam da costa para o mar seguindo fluxos diversos, como observado por numerosos estudos em parques

Raoni Ceci

eólicos offshore existentes, em particular na Europa (Holanda), as instalações são geralmente bem aceitas pela avifauna local.

De acordo com a pesquisa "Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone" (estudo holandês realizado no parque eólico Windpark Oweza, na costa do Mar do Norte, na Holanda, que produz energia para cerca de 100 mil residências), em que os resultados foram publicados pela revista Environmental Research Letters, observa-se que o parque eólico atua como um novo tipo de habitat gerando o benefício de uma maior biodiversidade para alguns organismos, com uma maior presença de bentos, peixes, mamíferos marinhos e algumas espécies de aves encontradas em tais áreas de repouso e áreas tróficas.

Do estudo emerge também que nos céus da área é possível admirar várias espécies de Gaivotas e um grande número de Cormorões. De acordo com os estudiosos, na verdade, pode-se supor que o parque eólico oferece uma espécie de oasis de descanso para a fauna longe da costa caótica dos Países Baixos, e não foi observado um número significativo de colisões.

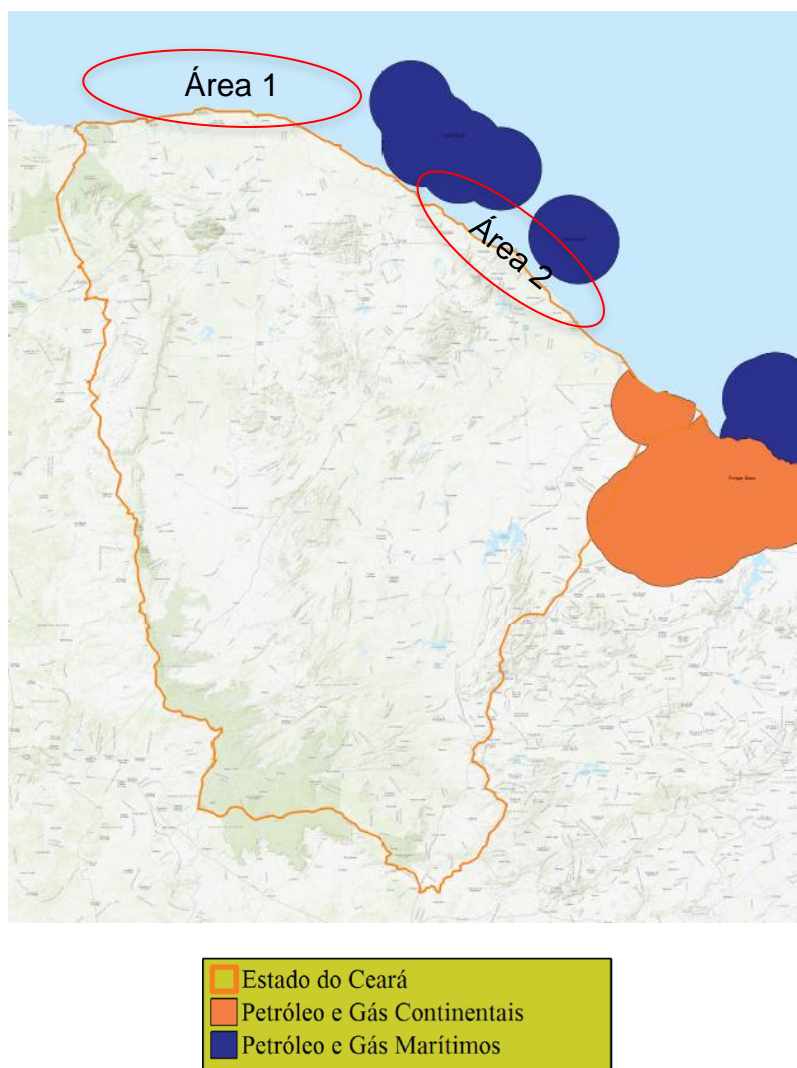
A partir destas considerações, observa-se que as espécies avifaunísticas se adaptam ao elemento eólico offshore, que se torna parte integrante do habitat, representando um importante ponto de descanso e alimentação.

Tudo o que precede a Área 1, apresenta fluxos mais orientados para a costa em comparação com a Área 2, que apresenta um retorno da avifauna migratória na costa.

3.5.2.4 Áreas Extrativistas (Petróleo e Gás)

As áreas relacionadas com as atividades de extração são agora identificadas, em particular relacionadas com os pontos de extração ao longo da costa e na própria costa.

Figura 3.5.2.4.1 - Identificação das áreas adequadas em relação aa áreas extrativistas

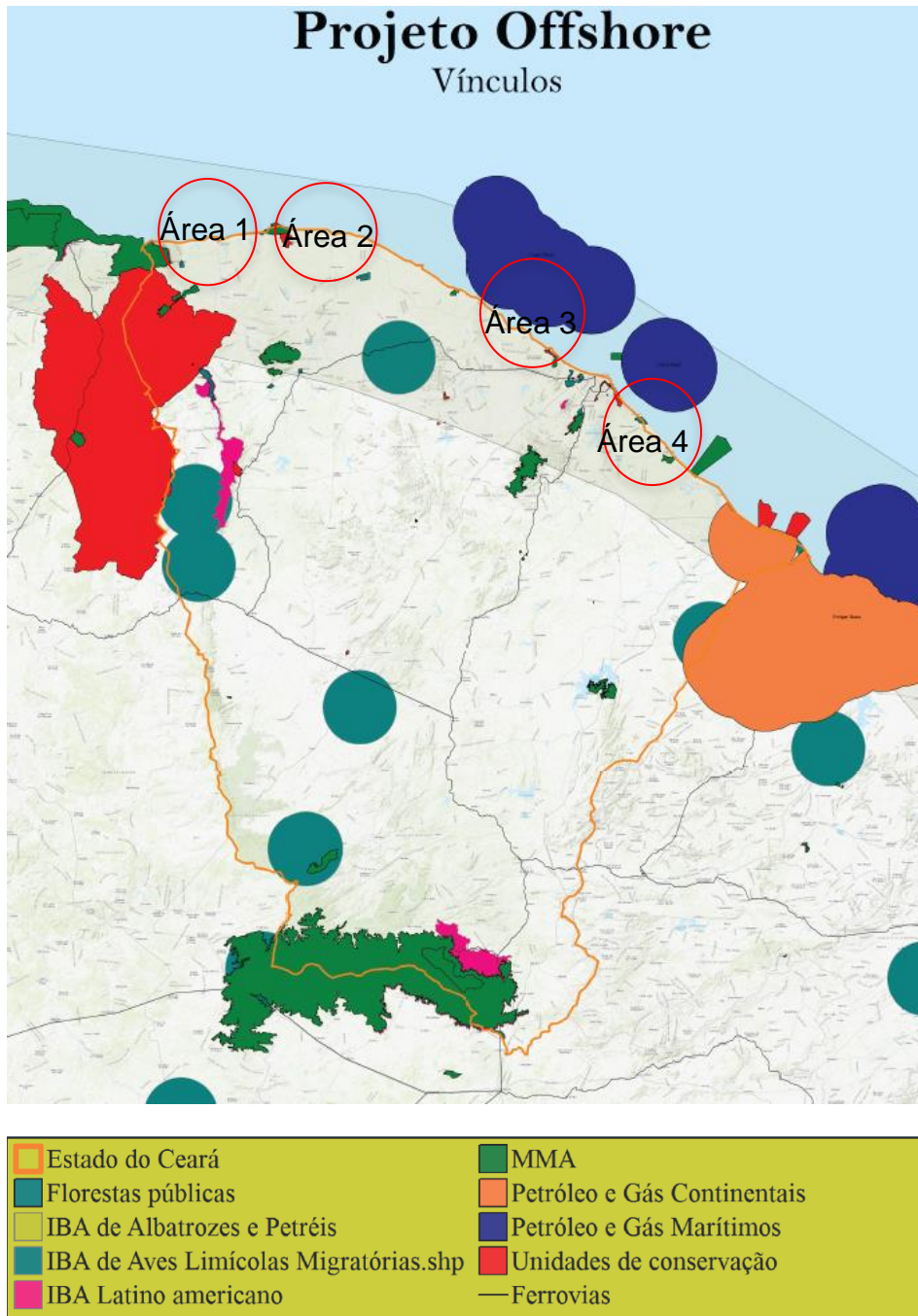


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

As áreas 1 e 2 são adequadas, em particular, considera-se a área 2 adequada até cerca de 15 km da costa. Na sequência da carta náutica, observamos as infraestruturas marítimas presentes, a fim de definir, em maior detalhe, as áreas adequadas para a instalação de um parque eólico offshore.

3.5.2.5 Mapa Representativo das Restrições

Figura 3.5.2.5.1 - Mapa cumulativo de restrições e identificação das áreas adequadas

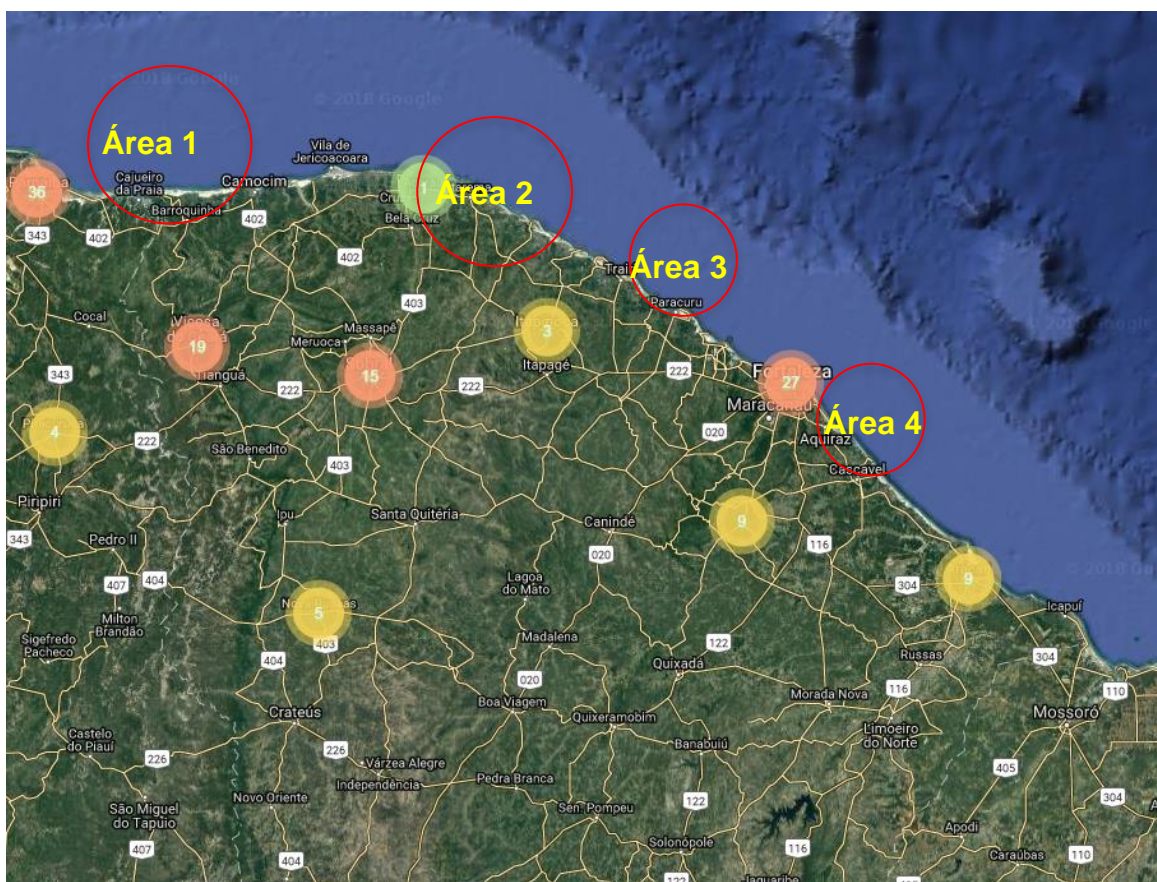


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Ao comparar todas as restrições destacadas, as áreas evidenciadas são adequadas para a implementação de um parque eólico offshore.

3.5.2.6 Mapa patrimônio cultural e arqueológico do – Iphan

Figura 3.5.2.6 - Mapa áreas Iphan



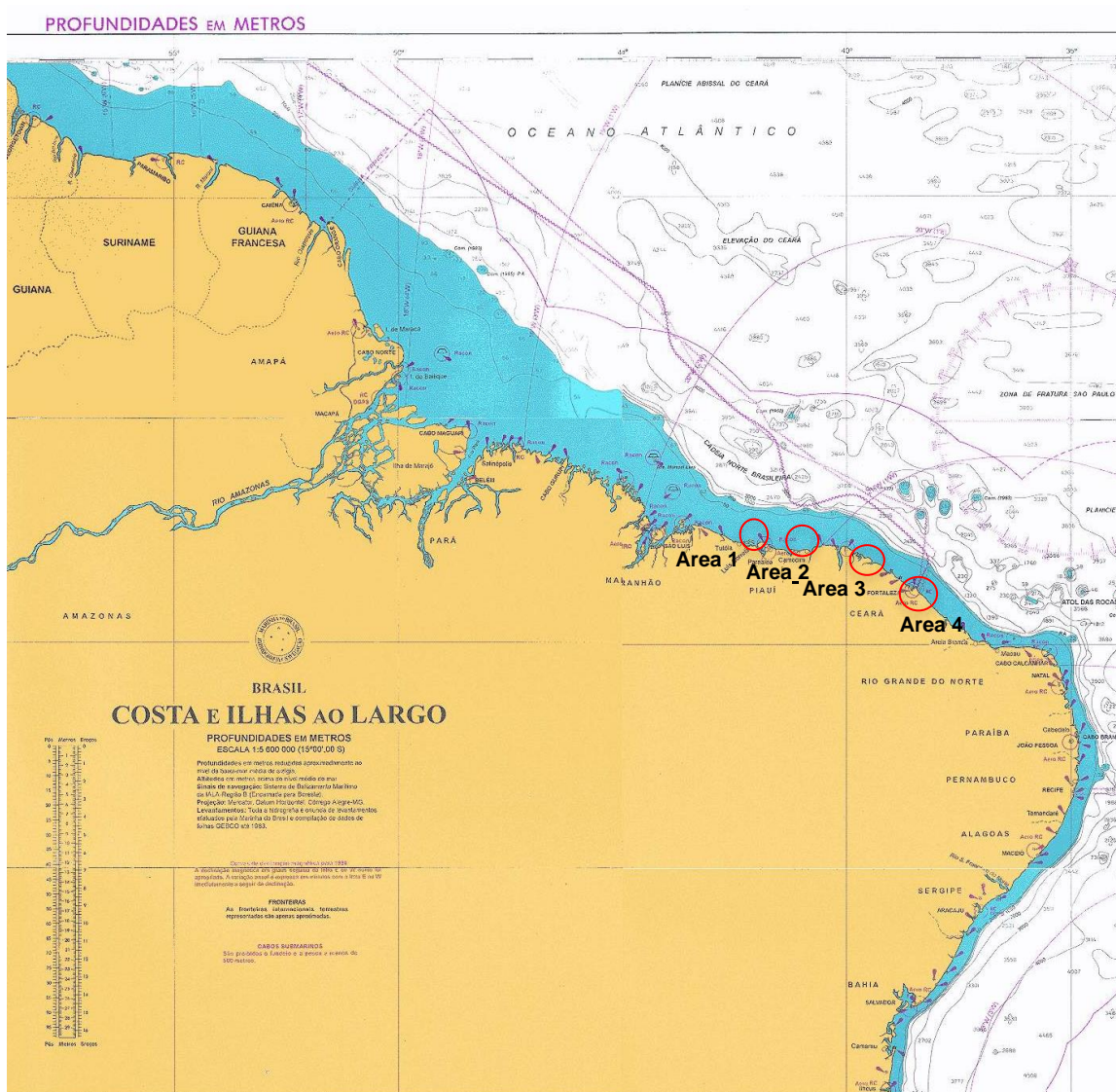
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

As áreas de interfaces culturais intercaladas pelo Iphan, estão concentradas principalmente perto dos principais centros urbanos espalhados pelo litoral, em particular a área 2 é identificada na costa do Acaraú, onde os interesses culturais estão dentro do centro habitado e não interferem com as áreas identificadas.

3.5.2.7 Interferência das áreas com carta náutica

A partir da carta náutica geral, da costa do estado do Ceará, observamos a presença das principais rotas de navegação e de linhas batimétricas em relação à profundidade do fundo marinho próximo costa.

Figura 3.5.2.7.1 - Mapa Naval do Brasil em grande escala



Fonte: Mapa Náutico – Marinha do Brasil, 2019.

Raoni Ceci

O mapa indica as profundidades do leito do mar (faixa azul) que atinge uma profundidade máxima de 50 m a cerca de 30 km da costa (Figura 3.5.2.7.1).

No mapa também são identificadas as principais rotas navais, áreas de mineração, bem como específicas reservas de peixes presentes.

Especifica-se que em relação a costa do estado do Ceará, existem situações morfológicas muito variáveis, com a presença de falésias e enseadas na parte norte da costa e a presença de falésias intercaladas com praias muito largas da parte central da costa, até a parte sul. Observa-se as peculiaridades orográficas do território, a fim de definir, de acordo com as áreas identificadas, aquela adequada para a inserção do parque eólico offshore.

3.5.2.8 Caracterização Territorial das Áreas - Morfologia Costeira, Hidrologia e Erosão

Os aspectos geomorfológicos relacionados a cada uma das áreas identificadas são agora examinados detalhadamente.

Referindo-se a uma análise mais cuidadosa do fenômeno da erosão, ressalta-se que todo o litoral não só do estado do Ceará, mas de todo o Brasil, apresenta processos erosivos, mais ou menos acentuados, na sua zona costeira. Muitas vezes as intervenções, às vezes previstas, especialmente no costa das grandes cidades têm, parcialmente trechos protegidos do litoral, ou às vezes até mesmo causando uma aceleração do fenômeno nas áreas imediatamente próximas, em detrimento de outras partes da costa. Existem, portanto, diferentes tipos de costa que podem apresentar características muito distintas:

-Tipo 1: Costas irregulares (tipo rochoso), onde a ação erosiva dos ventos caracteriza a área com numerosas enseadas e falésias muito recortadas. Estas áreas são típicas da zona costeira do Norte, onde o fundo marinho pode chegar a 20m (Figura 3.5.2.8.1).

Figura 3.5.2.8.1 - Costa Tipo 1



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

-Tipo 2: Costas que consistem em falésias próximas, às quais pequenas extensões arenosas as vezes se desenvolvem. Neste tipo de linha costeira, há uma contínua erosão das paredes e o recuo das paredes verticais das falésias próximas às áreas urbanizadas. Muitas vezes, os sinais de falhas na estrada são evidentes e o recuo da costa é geralmente muito rápido, o que pode gerar acidentes para a população. Esse tipo de costa está frequentemente presente nas proximidades dos centros urbanos da região (Figura 3.5.2.8.2).

Figura 3.5.2.8.2 - Costa Tipo 2



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

-Tipo 3: Costas constituídas por extensões arenosas. Estas são as áreas que apresentam a mais rápida evolução do fenômeno da erosão e que requerem intervenções de salvaguarda iminentes, até mesmo para proteger a saúde pública (Figura 3.5.2.8.3).

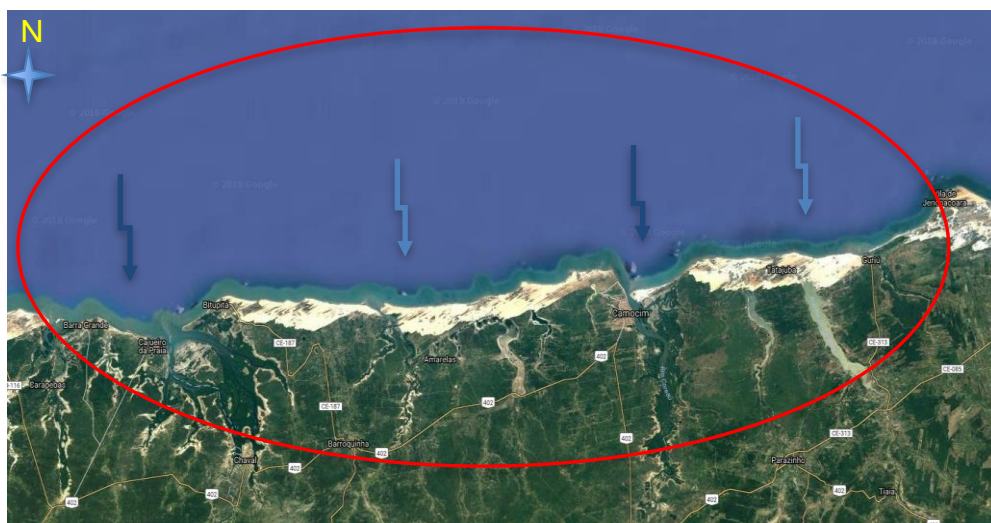
Figura 3.5.2.8.3 - Costa Tipo 3



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Tudo isso pressupõe que as áreas identificadas apresentam as seguintes características geomorfológicas:

Figura 3.5.2.8.4 - Área 1



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

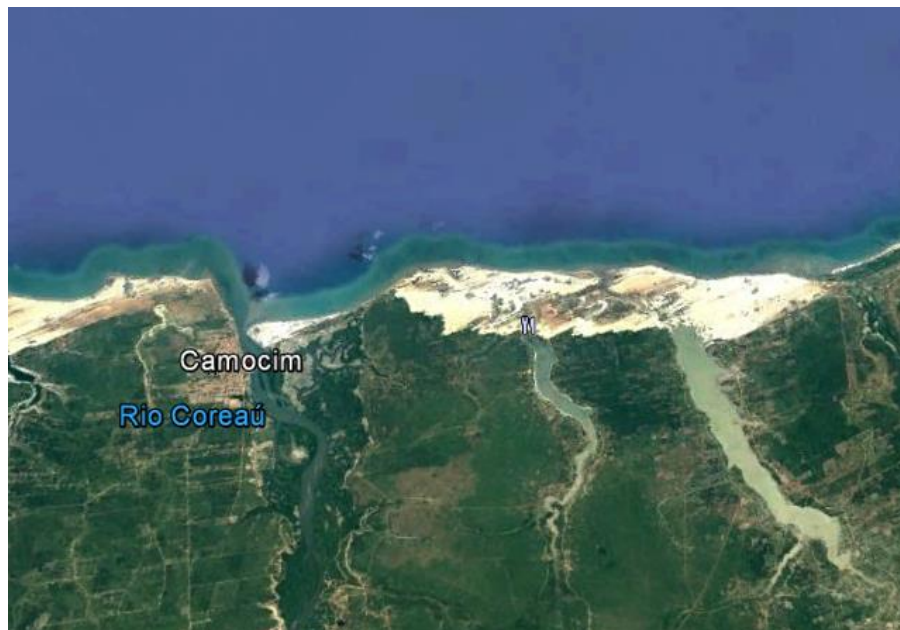
Na costa relacionada à Área 1, representada na figura 3.5.2.8.4, há evidências da presença de falésias e inúmeros cursos d'água (litoral tipo 1), onde a presença antrópica está evidente na foz dos rios, como, por exemplo, em Camocim (Figuras . 3.5.2.8.5 e 3.5.2.8.6). Com exceção das áreas urbanas, há uma presença escassa de infraestruturas viárias e ferroviárias em direção à área costeira do interior. Além disso, a costa particularmente recortada, faz qualquer operação de acesso da terra para o mar ser muito complicada.

Figura 3.5.2.8.5 - Costas irregulares (tipo rochoso)



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.5.2.8.6 - Foz Rio Coreau



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.5.2.8.7 - Área 2



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A costa da Área 2 é quase totalmente afetada pela foz do rio Acaraú (Figura 3.5.2.8.7). A costa está em plena evolução e o fundo marinho instável é extremamente variável, até vários quilômetros da costa (do tipo 3, a leste do rio Acaraú de notável valor ambiental e paisagístico). Uma situação completamente diferente ocorre a oeste do Rio Acaraú, onde as costas são estáveis, e onde existem outros parques eólicos, que são então excluídos a priori para evitar efeitos de sobreposição (Figura 3.5.2.8.8).

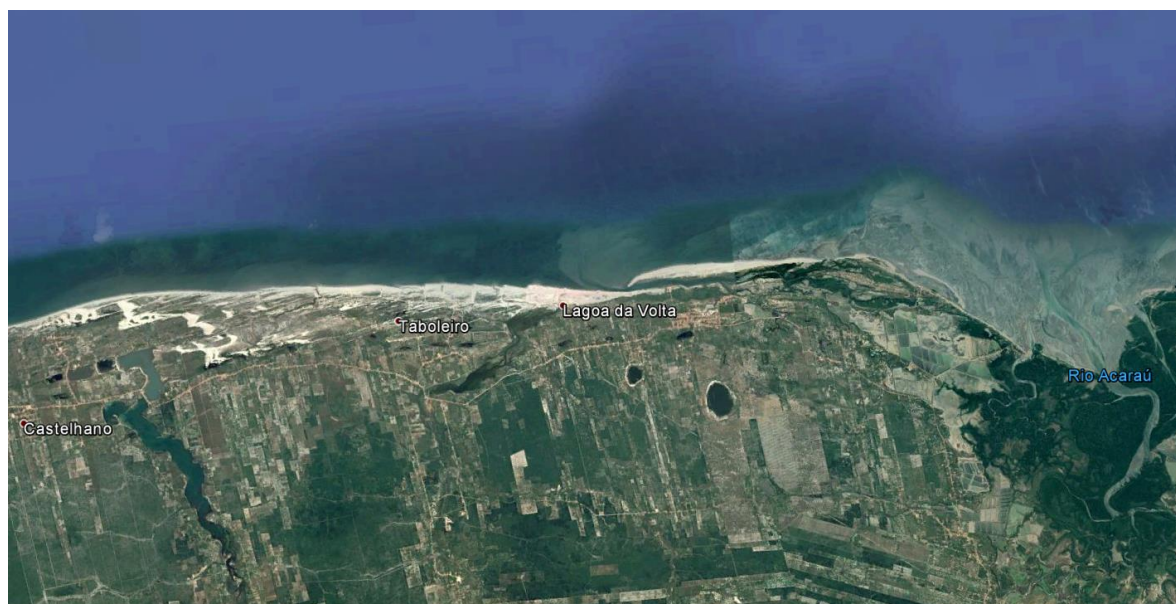
Figura 3.5.2.8.8 - Parte do território a ser excluído devido à presença de outros parques eólicos



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Raoni Ceci

Figura 3.5.2.8.8 - Área com presença de usina eólica.

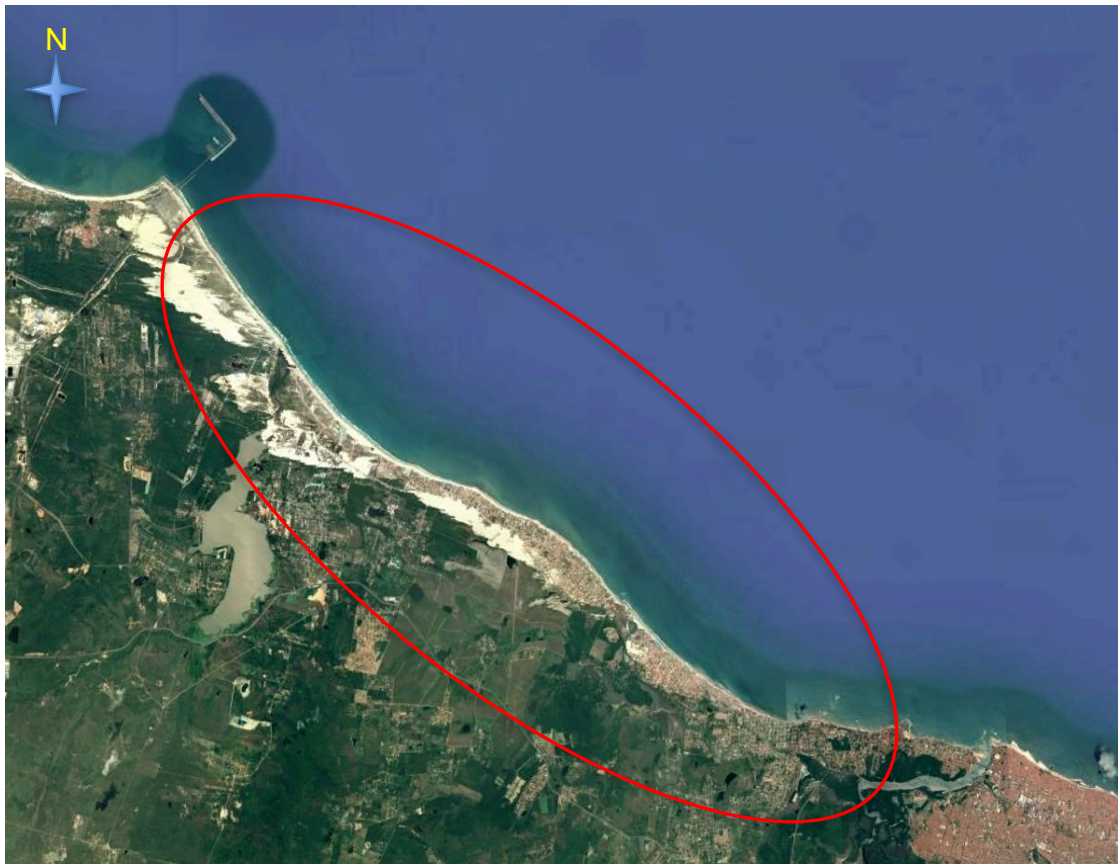


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A área 3 apresenta diferentes tipos de costa que se alternam, entre os tipos 2 e 3, e sobre as quais um grau acentuado de urbanização é evidente (Figura 3.5.2.8.9). A figura 3.5.2.8.10 abaixo detalha através de seções, representadas, como a linha de costa varia.

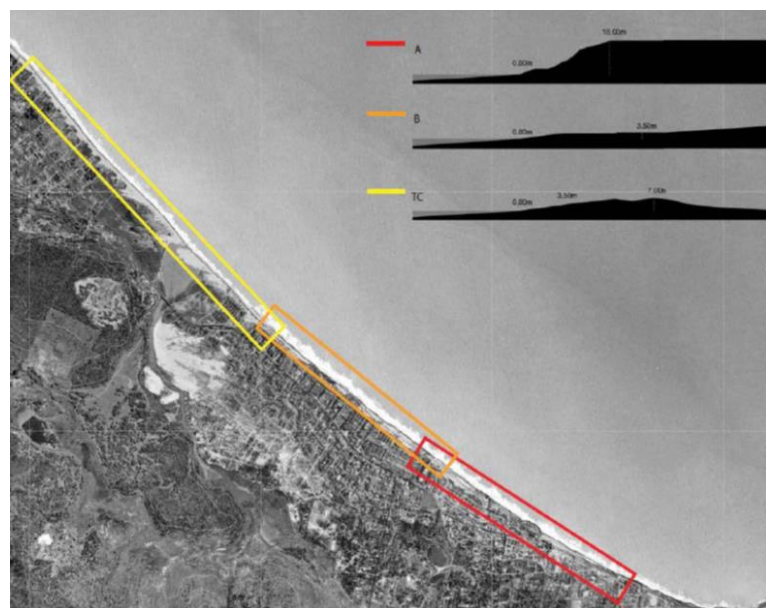
Raoni Ceci

Figura 3.5.2.8.9 - Área 3



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.5.2.8.101 - Área com erosão costeira.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Na costa, é evidente que o fenômeno da erosão é particularmente marcado, como pode-se observar na figura 3.5.2.8.11, 3.5.2.8.12 e 3.5.2.8.13.

Figura 3.5.2.8.11 - Costa com falésias (A)



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.5.2.8.12 - Costa em evolução (B)



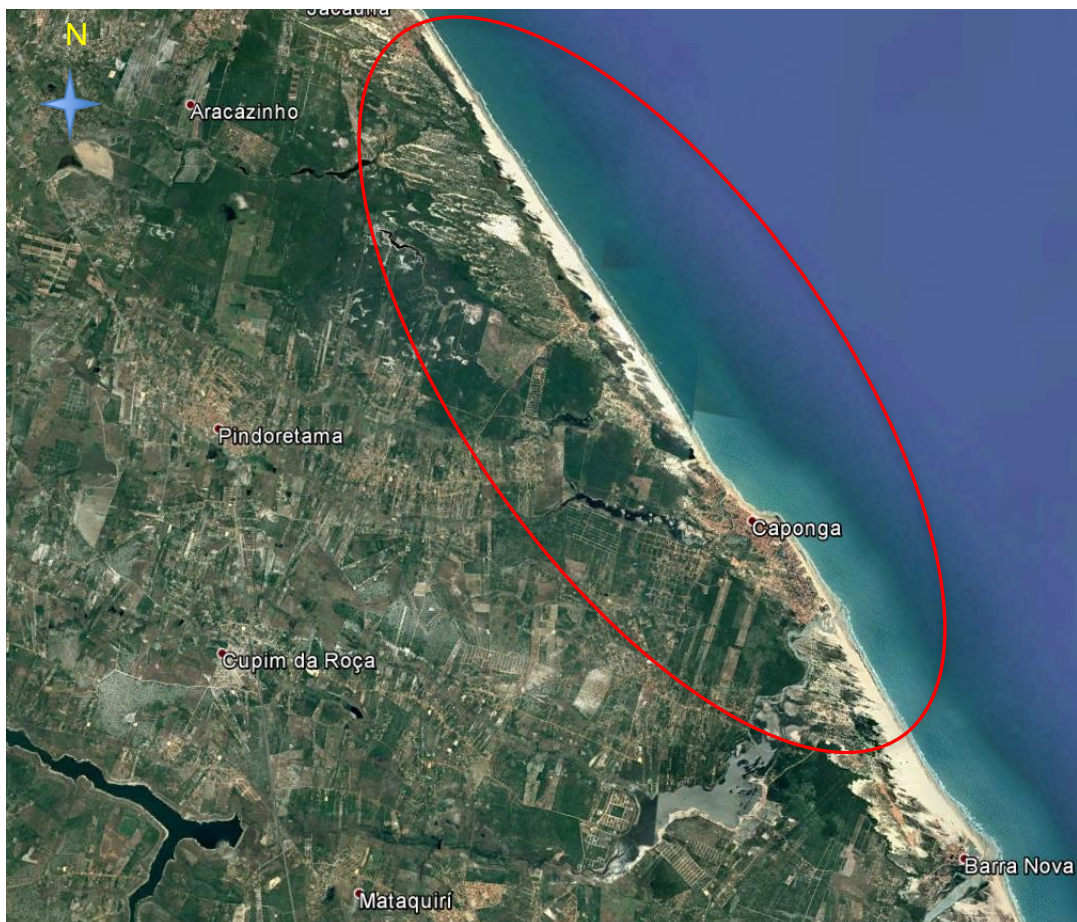
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.5.2.8.13 - Costa arenosa (C)



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.5.2.8.14 - Área 4



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A área 4 apresenta um tipo de costa arenosa e erosiva do tipo 3 e um evidente grau de urbanização se torna evidente, muitas vezes, se estendendo próximo à praia (Figuras 3.5.2.8.14 e 3.5.2.8.15).

Figura 3.5.2.8.15 - Costa arenosa e um evidente grau de urbanização



Fonte: INPH, 2010.

3.5.3 Fase 2 : Determinação da Matriz Ambiental Numérica

Com base no que foi exposto, 4 alternativas de áreas são possíveis. Neste momento passamos para a fase de seleção, construindo, para cada alternativa, uma

matriz ambiental e socioeconômica que leve em conta os parâmetros explicados abaixo:

- Potencial Eólico: áreas anemologicamente adequadas com alto potencial na costa ;
- Áreas Naturais Protegidas: Interferência com áreas marinhas naturais protegidas;
- Áreas sensíveis para avifauna: interferência das obras com tais áreas;
- Áreas com presença de atividades extrativistas e presença de infraestruturas marinhas ;
- Áreas de interesse cultural e arqueológico ;
- Presença de áreas urbanizadas na costa com uma presença antrópica marcante e a possibilidade de passagens para infraestruturas de conexão de elétrica;
- Características morfológicas da costa;
- Fenômeno de erosão Costeira.

Para estes parâmetros, um peso é atribuído em função do impacto (zero, baixo, médio ou alto impacto) associados da seguinte forma: impacto zero = 0, baixo impacto = 1, impacto médio = 2 e finalmente impacto alto = 3.

Para cada solução escolhida, haverá, portanto, um peso global, ou seja, um impacto maior e, portanto, a melhor solução será preparada, ou seja, aquela que envolve um melhor equilíbrio entre os fatores acima expostos e o menor impacto.

O número que dá a maior soma é o que tem o maior impacto negativo no geral, então a solução será escolhida onde a matriz apresentar o menor peso.

No entanto, deve-se notar que a escolha será orientada, não apenas considerando o impacto negativo geral, mas também a distribuição de tais impactos para cada solução escolhida, motivada também, pelos parâmetros socioeconômicos.

Observa-se que, para o potencial eólico, é atribuído um peso zero para todas as alternativas, o que significa que todas as áreas têm um alto potencial anemológico. Com base nisso, são identificadas as alternativas que foram detalhadas a seguir (Quadros 3.5.3.1, Quadro 3.5.3.2, Quadro 3.5.3.3 e Quadro 3.5.3.4).

Quadro 3.5.3.1 - Alternativa 1 - Área 1

Componente	Sistema			Peso do impacto
	MF	MB	MS	
Potencial eólico	X			0
Áreas Naturais Protegidas		X		2
Áreas sensíveis para avifauna		X		2
Áreas extrativistas	X			0
Áreas de interesse cultural e arqueológico	X			0
Áreas urbanizadas			X	0
Características morfológicas da costa	X			3
Erosão costeira	X		X	2
Peso global				9

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A área que está interposta entre as áreas protegidas, mapeadas pelo MMA e as zonas especiais de conservação, mesmo que não sejam áreas marinhas, podem ser impactadas, significativamente, pela realização das obras e, portanto, onde é atribuído um alto peso, mesmo para o avifauna.

Não é encontrada presença antrópica na costa, portanto nenhum impacto é detectado mesmo durante a fase de construção.

A costa é muito irregular, o que dificulta tanto a realização das obras quanto a gestão das mesmas, por esse motivo, é atribuído um alto peso. Já a erosão, relacionada com a rugosidade, dificulta as ligações entre o mar e a terra.

Quadro 3.5.3.2 - Alternativa 2 - Área 2

Componente	Sistema			Peso do impacto
	MF	MB	MS	
Potencial eólico	X			0
Áreas Naturais Protegidas		X		1
Áreas sensíveis para avifauna		X		1
Áreas extrativistas	X			0
Áreas de interesse cultural e arqueológico	X			
Áreas urbanizadas			X	1
Características morfológicas da costa	X			3
Erosão costeira	X		X	2
Peso global				9

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A região fica próxima à foz do Rio Acaraú e, mesmo que não esteja localizada em áreas marinhas, as obras podem determinar certos impactos, inclusive para a avifauna.

Encontra-se na costa, uma presença de atividades antrópicas, o que mesmo em condições suaves, poderia determinar um impacto sobre este componente.

A costa tem leitos marinhos instáveis e depósitos aluviais ao longo da costa, por vários quilômetros, o que teria um impacto significativo na morfologia.

Quadro 3.5.3.3 - Alternativa 3 - Área 3

Componente	Sistema			Peso do impacto
	MF	MB	MS	
Potencial eólico	X			0
Áreas Naturais Protegidas		X		0
Áreas sensíveis para avifauna		X		1
Áreas extrativistas	X			1
Áreas de interesse cultural e arqueológico	X			0
Áreas urbanizadas			X	1
Características morfológicas da costa	X			1
Erosão costeira	X		X	2
Peso global				6

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Não existem áreas protegidas impactadas pelas obras na costa, no entanto, a avifauna que presente em toda a costa pode ser afetada mesmo que de forma pouco significativa, levando em consideração os parâmetros mencionados.

Há uma presença antrópica marcada na costa e, mesmo que de forma leve, pode ter um impacto sobre o componente durante as fases de instalação e operação do empreendimento. Quanto a região de litoral, o mesmo apresenta de forma marcante o fenômeno da erosão.

Quadro 3.5.3.3 - Alternativa 4 - Área 4

Componente	Sistema			Peso do impacto
	MF	MB	MS	
Potencial eólico	X			0
Áreas Naturais Protegidas		X		2
Áreas sensíveis para avifauna		X		2
Áreas extrativistas	X			1
Áreas de interesse cultural e arqueológico	X			0
Áreas urbanizadas			X	2
Características morfológicas da costa	X			1
Erosão costeira	X		X	1
Peso global				9

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A região é próxima de áreas marinhas protegidas e possui um alto componente antrópico, portanto, são significativos os impactos, que poderiam ser determinados com relação ao componente das áreas naturais protegidas. Também com relação a avifauna, que nesta área, devido às ações tróficas presentes, tende a se alocar na costa, acredita-se que o impacto possa ser significativo. Finalmente, a costa, como já argumentado, é arenosa e também conta com a presença de fenômenos erosivos, mesmo se mais moderados.

3.5.4 Escolha da Alternativa do Projeto

A partir da sobreposição cartográfica e do cálculo da matriz ambiental, observa-se que a alternativa mais adequada para a realização do parque eólico offshore é a alternativa 3, referente à área 3.

Para o meio físico, pode-se observar que a alternativa 3 é aquela menos impactante, porque a costa apresenta características morfológicas mais adequadas, uma vez que as outras alternativas possuem uma costa muito irregular, rochosa e de difícil acesso. A alternativa escolhida é caracterizada também por um processo erosivo acentuado, para o qual está previsto um interveno com a instalações de molhes (barreiras) de proteção.

Para o meio biótico a área escolhida, não apresenta áreas de conservação ou áreas sensíveis para a fauna/flora, em comparação com as outras alternativas, em que apresentam áreas de importância biológica nas suas proximidades.

Para o meio socioeconômico os impactos são considerados equivalentes para todas as alternativas. Porém, além dos aspectos positivos ligados a geração de energia limpa pelo parque offshore, a necessidade de combater o fenômeno erosivo da área 3, e o inserimentos dos molhes, criará novas alternativas para geração de emprego e para o desenvolvimento do turismo e da pesca.

Portanto, a área 3 é, atualmente, considerada a mais adequada para a instalação.

A área, para implantação do parque eólico offshore, está portanto, localizada nas águas marítimas do município de Caucaia, no estado do Ceará.

Observa-se, especificamente, os parâmetros mais críticos relacionados à seleção feita para identificar, com precisão, a área efetiva do projeto, são agora identificados.

Os parâmetros que devem ser cuidadosamente detalhados e avaliados são:

- *Fenômeno da erosão costeira ;*
- *Áreas extrativas e infraestruturas marinhas;*
- *Fundo do mar.*

O estudo destes aspectos torna-se de fundamental importância, para a inserção do trabalho no contexto territorial, levando em consideração o desenvolvimento sustentável.

Erosão Costeira

A erosão costeira, na área 3, é um fenômeno particularmente presente e marcante. Observa-se que a costa da área escolhida apresenta um aspecto como indicado na figura 3.5.4.1.

Figura 3.5.4.1 - Diagrama de Transformação da Costa

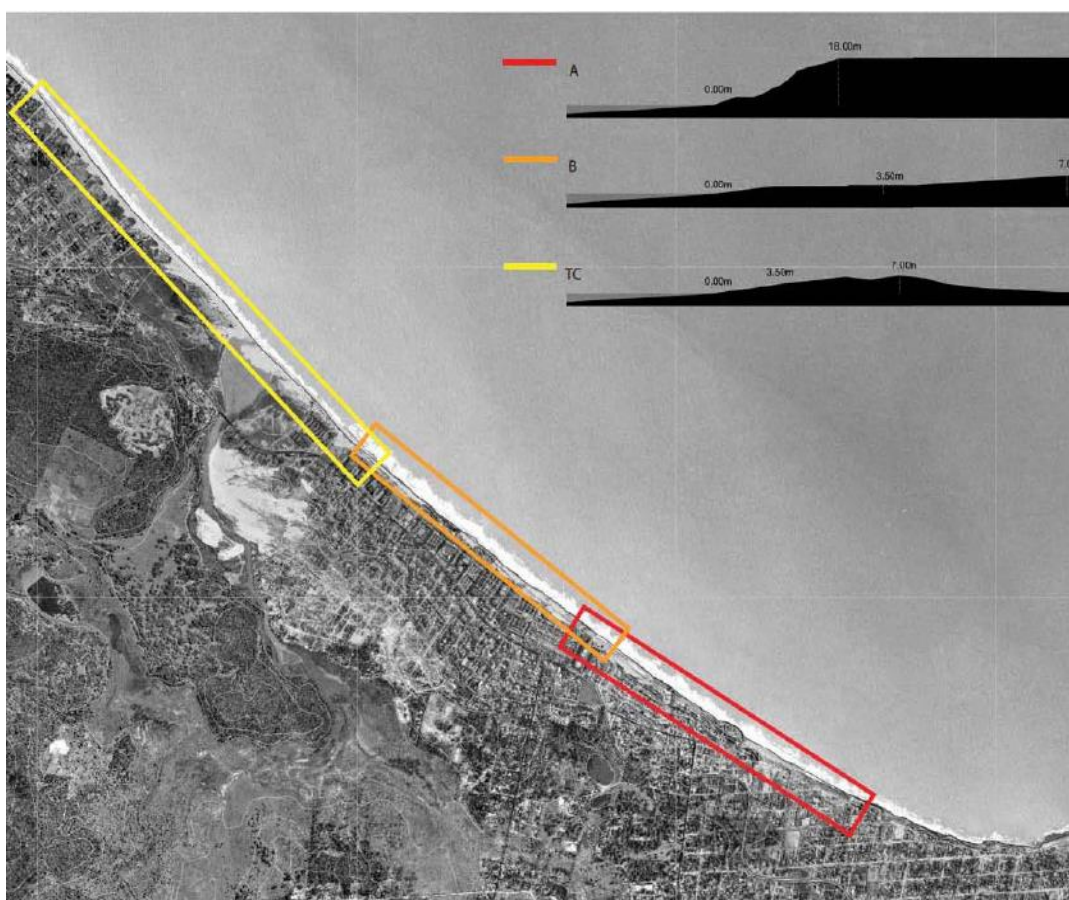


DIAGRAMA DE TRANSFORMAÇÃO DA COSTA

área A

Erosão muito grave, seção muito íngreme com desnível de até 15m

área B

Erosão média, desnível de 3,50m até 7,00m

área C

Erosão baixa, dunas de proteção

Fonte: INPH, 2010.

A resultante da direção de onda varia de 30 ON de Fevereiro a Abril, até 90 ON de Julho a Setembro, no verão as praias tendem para uma orientação de equilíbrio, que é diferente da orientação de equilíbrio no inverno.

O transporte anual líquido de sedimento na área do projeto é da ordem de 200.000 m³/ano, dirigido para Oeste (potencial de transporte). Contudo, esta taxa fica fortemente reduzida, devido à ausência de areia na zona litorânea de Caucaia. Numa escala regional a erosão na linha de costa em Caucaia é causada pelo bloqueio do transporte litorâneo de sedimentos, pelas intervenções humanas existentes entre Mucuripe e a foz do Rio Ceará.

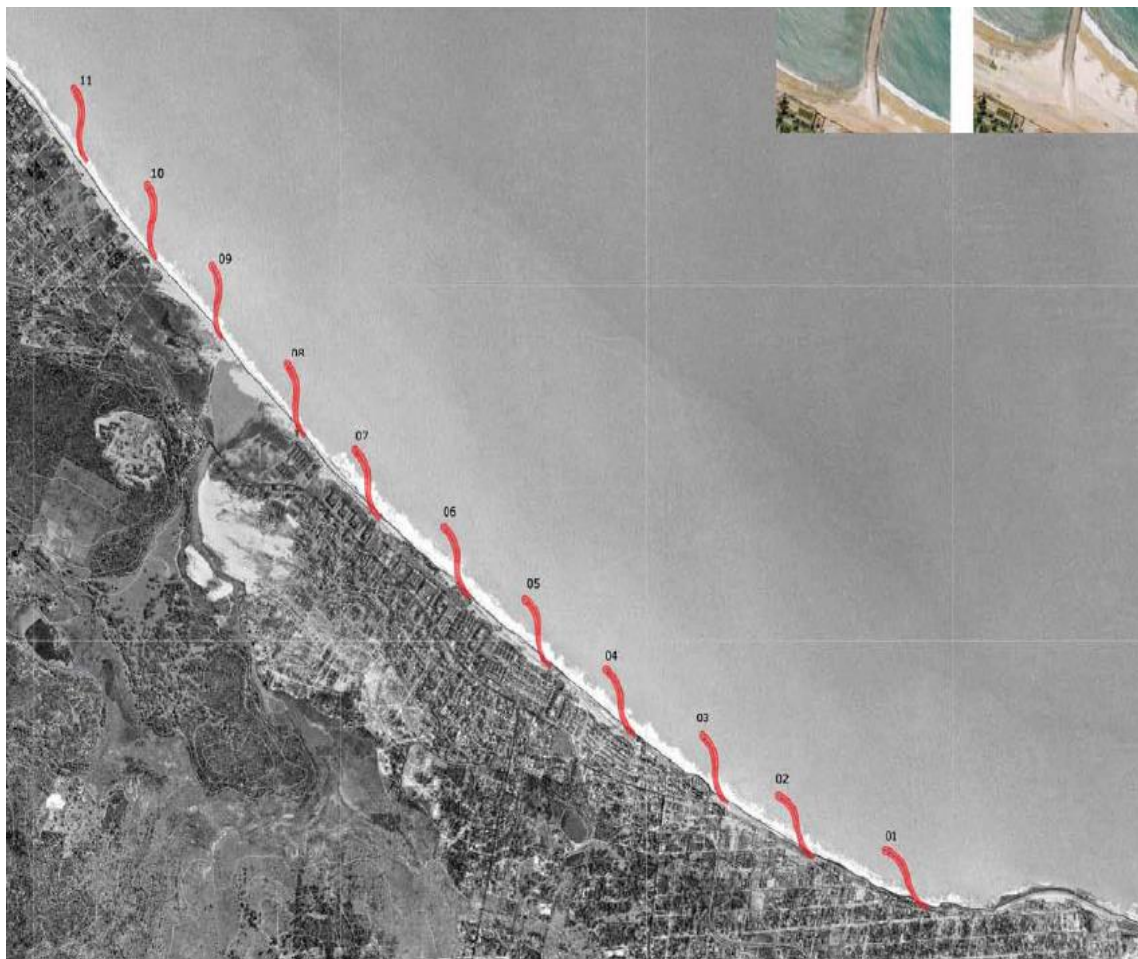
Foi então realizado um estudo cuidadoso e definido sobre a costa com um projeto para contenção da erosão e restauração da região costeira do Município de Caucaia – CE

A área escolhida e mais adequada para a instalação é a faixa B, adotando um sistema de proteção em terra com barreiras de quebra-mar, criando as condições necessárias para absorver o fenômeno da erosão e eliminar, completamente, esse aspecto crítico, criando as condições adequadas para o inserimento do parque eólico no mar. As barreiras, por sua vez, se tornam, também, uma base para a instalação de outras turbinas na costa (Figura 3.5.4.2).

Devido à falta de suprimento de areia do Leste, e à tendência de transporte de sedimentos para Oeste, a solução para a proteção da costa de Caucaia requer a implantação de estruturas costeiras e engorda artificial de praia. Prevê-se a construção de 11 barreiras quebra-mar curvos. Em cada barreira será instalada uma turbina eólica, com capacidade de 2 MW, para uma potência total instalada de 22 MW semi offshore.

Concepção da planta para o esquema de proteção

Figura 3.5.4.2 - Esquema de barreira quebra-mar



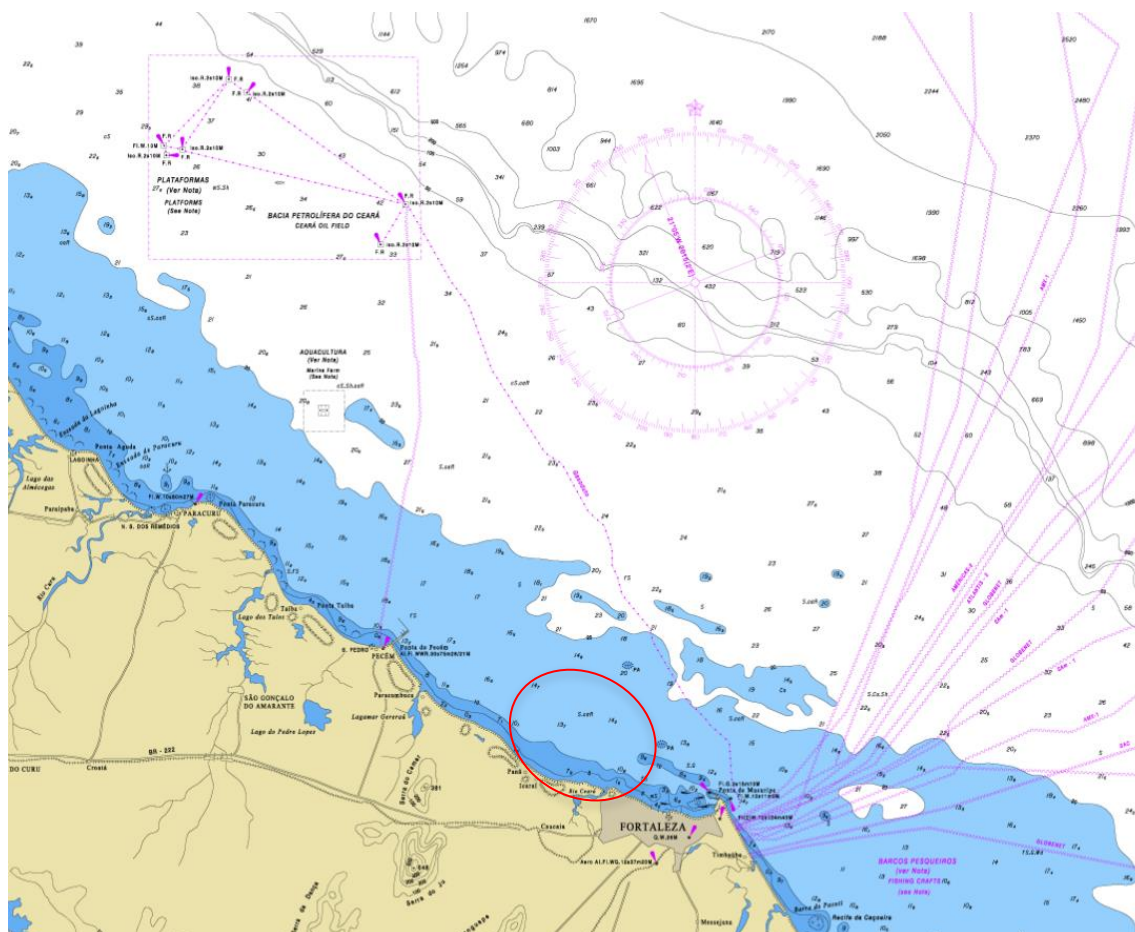
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A solução proposta é baseada em estudos realizados na Universidade de Nápoles Parthenope, na Itália, de acordo com a metodologia estabelecida abaixo.

Áreas de Extração – Batimetria - Infraestrutura Marinha

O instrumento utilizado para a avaliação destes aspectos, é a carta náutica específica para a costa de Caucaia, conforme identificado na figura 3.5.4.3.

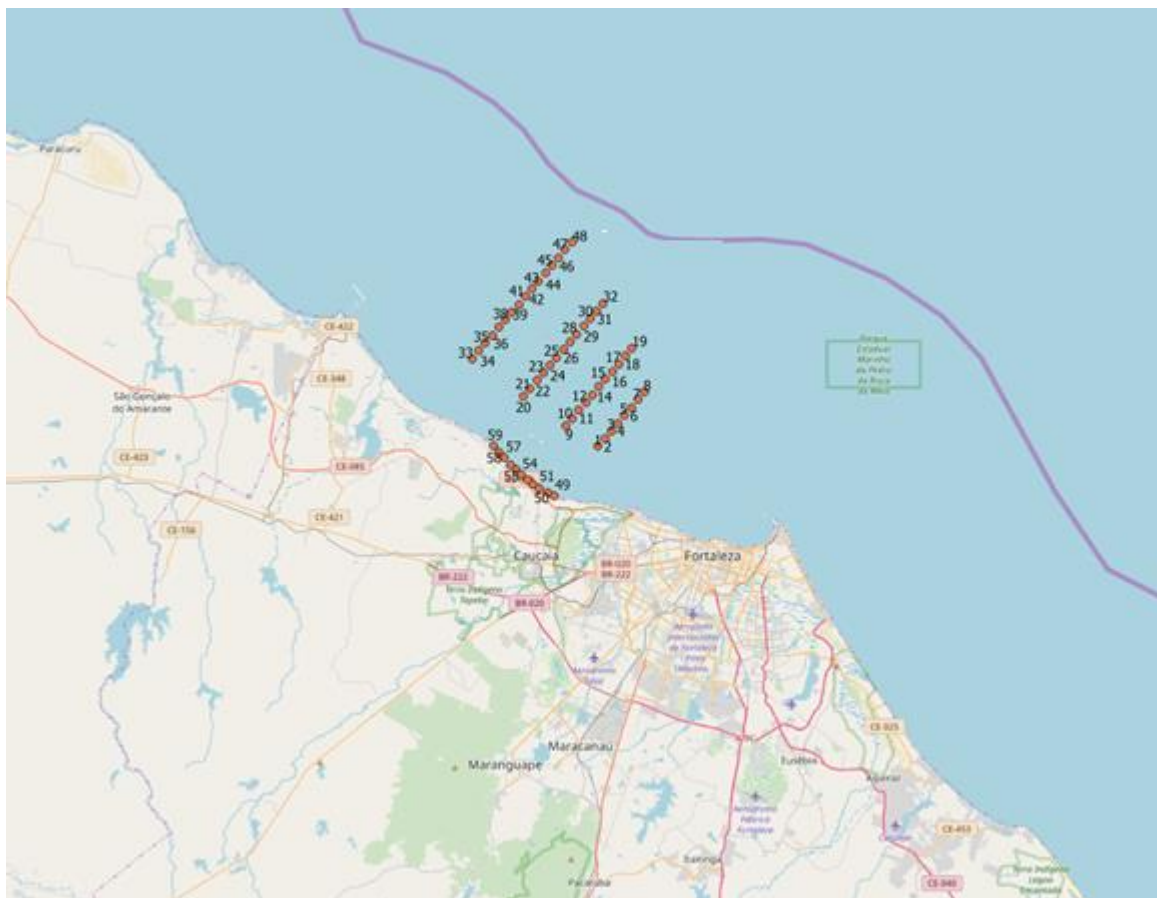
Figura 3.5.4.3 - Carta náutica - Ceará –Caucaia



Fonte: Adaptado de Mapa náutico Marinha do Brasil, 2019.

Como pode ser observado a área especificada, a partir das considerações anteriores, no litoral de Caucaia, apresenta alguns cenários que se desenvolvem a partir da costa e aumentam progressivamente. Considerando as infraestruturas presentes e a profundidade de, pelo menos, 15 m, para permitir o trânsito de veículos de transporte, é especificada a área de inserção do parque eólico offshore e semi offshore a cerca de 5 km da costa (parte mais distante) de acordo com o layout indicado na figura 3.5.4.4.

Figura 3.5.4.4 - Layout da planta em carta técnica



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

3.5.5 Considerações finais em relação a escolha da planta do projeto

Os parques eólicos offshore não produzem apenas energia limpa, mas também ajudam a biodiversidade. É o que emerge de um estudo holandês, realizado no parque eólico Windpark Owez, ao longo das costas do Mar do Norte, que produz energia para aproximadamente 100 mil lares. De acordo com cientistas da Universidade Wageningen UR, do Bureau Waardenburg e do Instituto Real de Pesquisa Marinha da Holanda, Koninklijk Nioz, a usina seria uma verdadeira defesa para o fundo marinho da região e favoreceria o desenvolvimento de novas espécies aquáticas.

A pesquisa "Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone", cujos resultados foram publicados pela revista especializada

Environmental Research Letters, confirmou que os danos ao substrato marinho, o ruído subaquático e a rotação da lâmina têm um impacto negativo totalmente insignificante em comparação com os numerosos efeitos positivos.

Dessa forma, conforme observado, o parque eólico funcionaria como um novo tipo de habitat, em benefício de uma maior biodiversidade de certos organismos, com uma maior presença de bentos, peixes, mamíferos marinhos e algumas espécies de aves. O fundo do mar também é mais protegido, particularmente, rico em organismos como mexilhões, anêmonas e caranguejos. Mas os benefícios não estão limitados apenas às águas. Nos céus da área, podem ser observadas várias espécies de gaivotas e um grande número de cormorões. De acordo com os estudiosos, de fato, pode-se supor, que o parque eólico oferece uma espécie de oásis de descanso para a fauna da região, longe da caótica costa holandesa.

Outro aspecto importante a considerar, é o freio que, indiretamente, a presença do parque constitui para a pesca na área. O Mar do Norte é uma das bacias mais exploradas pelos barcos de pesca europeus, tanto que os ambientalistas estimam que cerca de 62% de todos os peixes capturados neste mar constituem o que se chama de overfishing, ou pescam em excesso em comparação com a demanda do mercado e com as quotas concedidas pela actual política sectorial europeia (PCP).

A própria estrutura do Windpark Owez, o primeiro parque eólico offshore na Holanda, torna uma vasta área marinha inacessível aos barcos e, assim, termina como uma espécie de reserva natural para muitas espécies de peixes. Dessa forma, haver menos barcos de pesca e embarcações, também significa menos poluição. Definitivamente, uma boa notícia, dado que as costas do Mar do Norte da Bélgica e da Holanda, estão entre as águas mais poluídas da Europa, de acordo com a "Quality of bathing waters 2010", publicada pela Agência Europeia do Ambiente.

São precisamente as usinas offshore que são vistas como o futuro da energia eólica, que segundo estimativas divulgadas pelo estudo em questão, devem atingir 10% das necessidades energéticas mundiais até 2100 (cerca de 44TW). Até o momento, uma das dúvidas sobre o uso de energia eólica em larga escala, é a sua contribuição potencial para o aquecimento global, devido à rotação das enormes pás.

Mas, de acordo com o estudo conduzido pela equipe holandesa, as usinas offshore também reduziriam esse risco, tanto que a instalação de usinas poderia ser aumentada em até 25% das necessidades mundiais de energia em 2010.

Todas as considerações acima, referentes a espécies avifaunísticas e peixes similares, são, de fato, um elemento válido de comparação para afirmar que a iniciativa proposta também contribui para uma melhor acomodação da costa, além dos aspectos ambientais significativos, se inserindo de forma sustentável. Ao mesmo tempo, determinar, como especificado nos capítulos seguintes, enormes melhorias também para a comunidade em termos de emprego e revitalização do turismo.

3.6 ESCOLHA DO TRAÇADO E DA TIPOLOGIA DO CABO DE CONEXÃO

A consulta dos elementos cartográficos e uma análise cuidadosa são os aspectos restritivos que possibilitaram determinar diferentes alternativas de projeto, para a conexão do sistema à rede existente.

Entre as várias hipóteses, foi escolhida a solução que determina o menor impacto no traçado da linha elétrica, entre as turbinas e o ponto de conexão.

No presente parágrafo, são ilustradas as razões e os critérios adotados na base das escolhas feitas para a localização da rota do conduto, o tipo de cabo (aéreo ou subterrâneo) e as estações elétricas.

A escolha do local da instalação é condicionada por requisitos técnicos e de funcionalidade, estritamente conectados ao tipo de instalação, bem como à busca de bons critérios de projeto e inserção paisagística adequada.

Tudo para obter o traçado que menos impacte o meio ambiente e que minimize os custos das obras.

Por esse motivo, além da rota, optou-se por usar um conduto do tipo misto, que é em parte aéreo e em parte subterrâneo, onde:

- Para o traçado que envolve áreas urbanas ou numerosas interferências aéreas, o duto de cabo subterrâneo é escolhido;
- o traçado em áreas agrícolas ou menos urbanizadas é escolhida usando a linha aérea;

Isso tendo em mente os principais objetivos a serem atingidos, como:

- Otimização do traçado: a escolha do percurso deve ser feita com o critério de minimizar a interferência, fornecendo para a parte dos cabos aéreos o menor número e a menor altura possível para as torres de transmissão, e escolhendo para a parte do cabo enterrado, as rotas urbanas ao longo das estradas existentes, com o menor número possível de interferências;
- Melhor escolha para o tipo de traçado (aéreo ou subterrâneo): em qualquer caso, os melhores serviços devem ser garantidos e, em caso de falha, o reparo e a reativação imediata do serviço sempre devem ser possíveis.

3.6.1 Escolhas Locacionais e de Projeto

A escolha da localização das obras do projeto não foi casual e foi aplicado um padrão de projeto que levou em consideração à natureza e realidade dos locais.

As opções abaixo especificadas para a escolha de um sistema de conexão mais adequado foram concebidas com o objetivo de minimizar a interferência nos bens culturais e em áreas sujeitas a proteção, combinando as necessidades de integração paisagística com o atendimento necessário aos requisitos técnicos, funcionais e econômicos, que regulamentam e direcionam o projeto de tais infra-estruturas.

Uma vez escolhida a área do parque e a localização das turbinas offshore e semi-offshore, procedemos à escolha da posição da estação marítima e do sistema de cabos entre as turbinas e a mesma.

O traçado de conexão para a estação terrestre de transição foi então escolhido, cuja posição foi identificada em uma área já limpa, e portanto, sem a necessidade de retirada de vegetação, perto das zonas de proteção costeira.

Uma vez estabelecida a posição inicial da Estação de Transição e conhecida a posição de chegada na estação PECÉM II, a escolha da rota já está de fato endereçada ao longo da rota que une os dois pontos e que menos interfere no meio ambiente e na paisagem.

Em particular, entre os dois pontos pré-estabelecidos, é possível definir um corredor tecnológico, inserido em um contexto em si, já definido pelas principais rotas de comunicação (estradas CE-090 e CE-085), e pelas linhas existentes de transporte de energia e comunicação.

Portanto, a linha do projeto será realizada ao longo deste corredor preexistente, obtendo assim, a vantagem ligada às interferências na paisagem que são, de qualquer forma, limitadas e já resolvidas com relação às infraestruturas existentes, criando os pré-requisitos para cenários de desenvolvimento tecnológico, orientados à produção de energia limpa e benefício ambiental.

Como já mencionado, a definição do traçado da linha elétrica deriva da identificação preliminar dos corredores preferenciais, dentro dos quais avaliar a viabilidade do desenvolvimento da linha.

Em detalhes, por corredor, entendemos uma área que apresenta requisitos ambientais, territoriais e técnicos, de modo a torná-lo adequado para hospedar uma infraestrutura elétrica (principalmente onde é possível localizar a rota de uma linha de energia), em analogia com o que acontece com os corredores de energia e infraestrutura.

Um corredor tecnológico representa:

1. uma área para a qual é identificado a destinação prevista da obra;
2. uma possibilidade de otimizar o desenvolvimento de infraestruturas lineares, em conformidade com as diretrizes estabelecidas para o gerenciamento territorial;
3. um elemento territorial que pode ser implementado por instrumentos de planejamento;
4. uma otimização de todo o processo que vai da fase de planejamento à fase de autorização.

A aplicação desses critérios permitiu, portanto, definir o traçado proposto no projeto em exame.

3.7 ALTERNATIVAS AO TRAÇADO DA LINHA DE TRANSMISSÃO.

Assim como as alternativas de localização para as turbinas eólicas offshore e onshore do parque foram avaliadas, agora prosseguimos com a definição da linha de ligação e das operações de conexão com o parque.

A metodologia utilizada para determinar a área escolhida para a planta é desenvolvida em duas fases sucessivas, que são:

3.7.1 Fase 1: Identificação Gráfica das Áreas Adequadas

Nesta fase, as áreas consideradas idôneas para o traçado da linha, são identificadas graficamente. Em particular, serão apresentadas na cartografia:

Aspectos e características geo-morfológicas

- Mapa da vegetação e uso do solo;
- Rios, lagos e correntes de água;

Infraestrutura existente

- Estradas, ferrovias e linhas de conexão elétrica;
- Áreas urbanizadas;

Aspectos restritivos

- Áreas protegidas pelo MMA;
- Interferência em áreas de importância biológica, áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (Ministério do Meio Ambiente) e em áreas legalmente protegidas;
- Interferências em terras indígenas, projetos habitacionais, comunidades quilombolas e outras comunidades tradicionais;
- Florestas públicas e unidades de conservação;
- Áreas de interesse cultural e arqueológico;

- Interferência no patrimônio espeleológico, arqueológico, histórico e cultural;
- Propriedades privadas;

Muito importantes também são os aspectos relacionados aos meios socioeconômicos e também às melhorias ambientais que, de fato, a realização do projeto proporciona:

- Aumento do trabalho local a curto e longo prazo;
- Aumento do turismo com atividades relacionadas ao projeto;
- Intervenções de proteção costeira, para a recuperação das costas do fenômeno erosivo.

Depois que os diferentes componentes são identificados, as diferentes alternativas são selecionadas para o traçado da linha de conexão elétrica e as estações.

Após identificar graficamente as áreas idôneas para o traçado, prosseguimos para a fase 2, de determinação da matriz para a escolha da solução mais adequada.

3.7.2 Fase 2: Determinação da Matriz Numérica: Ambiental - Socioeconômica

Uma vez identificadas as áreas adequadas para a realização dos trabalhos, o sistema de conexão à rede é, portanto, escolhido entre as diferentes alternativas que resultam da análise gráfica e da subsequente preparação de uma matriz comparativa, onde para cada alternativa é avaliada uma série de parâmetros, nos quais serão atribuído um peso (magnitude), que será maior quanto mais as operações impactarem no meio físico, biótico e socioeconômico para um componente específico.

Os três sistemas são indicados na matriz como meio biótico (MB), físico (MF) ou socioeconômico (MF) e quando eles são afetados por cada componente.

Uma vez identificados os parâmetros e definidos os pesos (a magnitude dos impactos), será escolhida a solução com menor peso, portanto a que envolver menos impacto e o máximo desempenho para o trabalho.

Na prática, parâmetros relacionados a diferentes componentes ambientais, sociais e econômicos foram identificados e estão descritos abaixo, e cada parâmetro receberá um peso crescente com base no maior impacto determinado ou não por cada componente. A partir da comparação das matrizes construídas, a área mais adequada será escolhida com menos impacto ambiental e maiores benefícios socioeconômicos.

Uma vez escolhidos os parâmetros mais significativos, o peso do impacto negativo é avaliado.

Esses parâmetros foram então atribuídos aos componentes indicados por meio das seguintes matrizes (impacto zero, baixo, médio ou alto, às quais vários pesos estão associados, como: impacto zero = 0, impacto baixo = 1, impacto médio = 2, e finalmente alto impacto = 3).

O peso é atribuído levando em consideração o impacto complessivo no sistema, avaliando o impacto no meio físico, biótico e socioeconômico.

Para cada solução escolhida, haverá, portanto, um peso total, que é um impacto maior e, portanto, será escolhida a melhor solução, que envolva um valor menor de peso e, portanto, um melhor equilíbrio entre os fatores acima expostos e menor impacto.

É apresentado, a seguir, o modelo adotado (Quadros 3.7.2.1 e 3.7.2.2):

Quadro 3.7.2.1 - Matriz solução 1

	MF	MB	MS	Impacto (magnitude complessiva)
Componente 1	X			0,1, 2, 3
Componente 2		X	X	0,1, 2, 3
Soma dos impactos				n

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Quadro 3.7.2.2 - Matriz solução 2

	MF	MB	MS	Impacto (magnitude compressiva)
Componente 1		X		0,1, 2,o 3
Componente 2	X	X		0,1, 2,o 3
Soma dos impactos				m

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Matriz solução: São descartadas as matrizes com valores mais altos e com maior impacto compressivo.

O número que dá a somatória mais elevada é aquela que como um todo tem o maior impacto negativo, de fato, entre as matrizes. Aquelas com maior peso total serão descartadas e a solução cuja matriz apresenta menos peso será escolhida.

Nota-se, no entanto, que a escolha será orientada não apenas levando em consideração os impactos negativos gerais, mas também a distribuição desses impactos para cada solução escolhida e também com base em parâmetros socioeconômicos.

3.8 ESCOLHA DO TRAÇADO DO CONDUTO MARINHO E DA ESTAÇÃO MARINHA

A escolha da traçado do conduto marítimo foi feita, considerando a posição das turbinas e a provável posição da estação marítima. O conduto de conexão entre as turbinas é de escolha imediata, dada a disposição das turbinas em fileiras paralelas, o cabo de conexão envolve intuitivamente a escolha de organizar o cabo de conexão entre as turbinas ao longo de suas fileiras.

No entanto, o cabo de cada uma das torres terá como destino final a estação marítima, cujo posicionamento determina a rota adotada.

A partir de cada uma das fileiras, o cabo submarino vai se conectar à estação marítima e, a partir disto, se define a posição da estação, também em função da otimização da abertura de valas dos condutos.

A estação marítima pode ter diferentes alternativas de posicionamento, em particular, para a definição da posição mais adequada. Tais fatores devem ser considerados:

- traçado do conduto mais curto e com menos cruzamentos ou interferências;
- melhor posição em relação ao tráfego marítimo (tanto na fase de construção quanto em fase operacional);
- melhor solução, também em fase de operação, durante o gerenciamento e manutenção do parque;
- possível presença de restrições ambientais e territoriais.

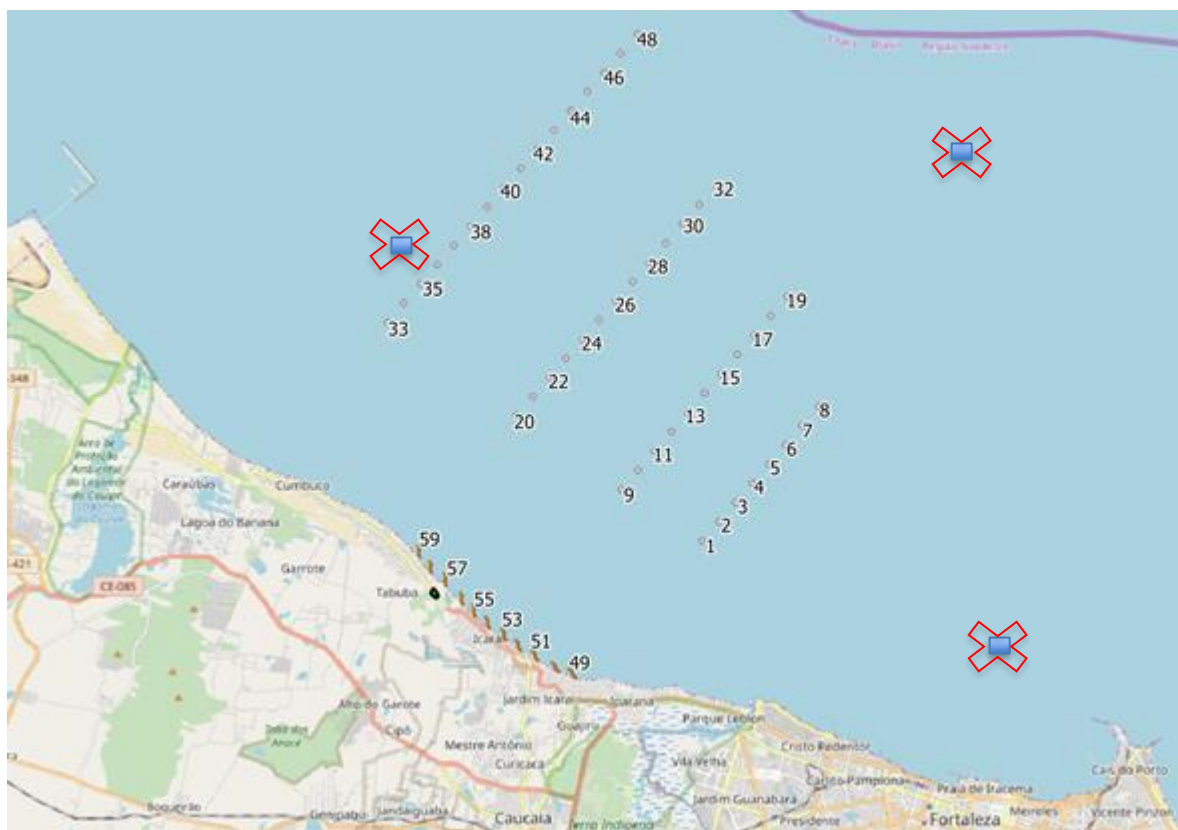
Na escolha, o posicionamento da estação no solo também deve ser levado em consideração, para preparar um ingresso apropriado para o cabo marítimo em terra.

Em relação às restrições, especifica-se que no mar, nas áreas do parque, elas não estejam presentes, bem como áreas de proteção específicas. Portanto, a posição da estação no mar, é determinada, principalmente, pela otimização geral do sistema de cabos marítimos e estações.

Sendo assim, estão previstas duas alternativas possíveis para o posicionamento da Estação Marinha, excluindo a priori a posição fora do perímetro do parque, pois isso implicaria prolongamento desnecessário da disposição dos cabos e interferência entre os cabos das diferentes linhas de aerogeradores.

As áreas descartadas para a posição da estação marítima são indicadas na figura 3.8.1.

Figura 3.8.1 - Áreas descartadas para posição da estação marítima

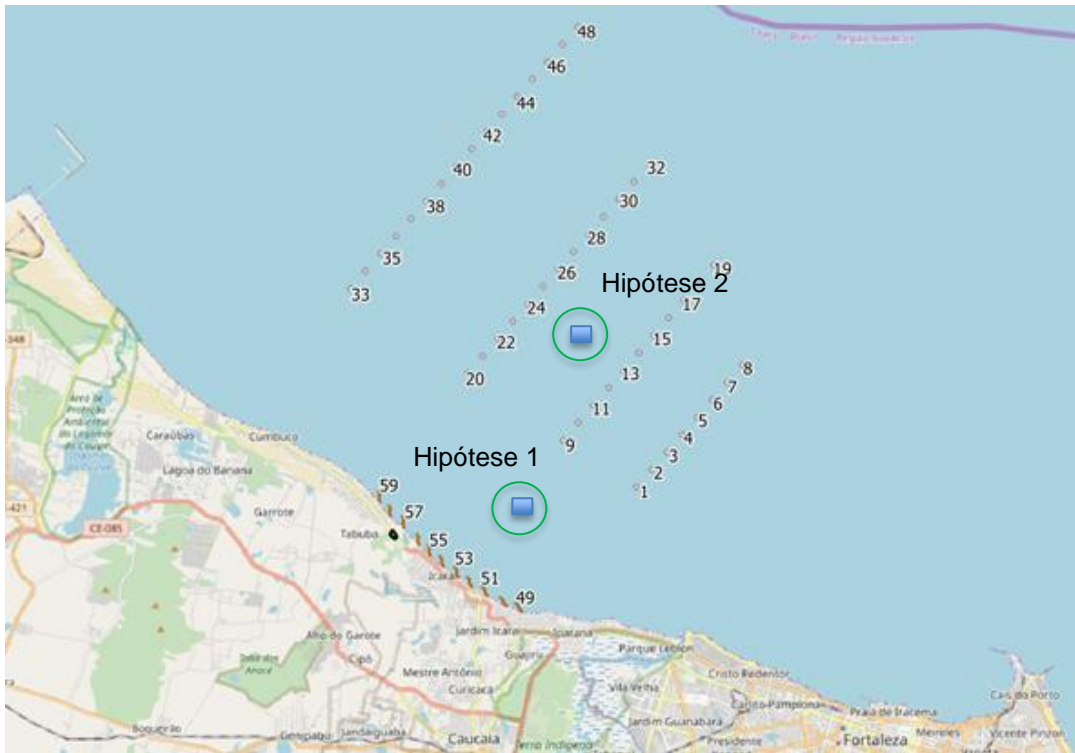


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Essas áreas de posição da estação marítima descartadas envolveriam uma trajetória de cabo muito longa e numerosas interferências, por isso são desconsideradas inicialmente

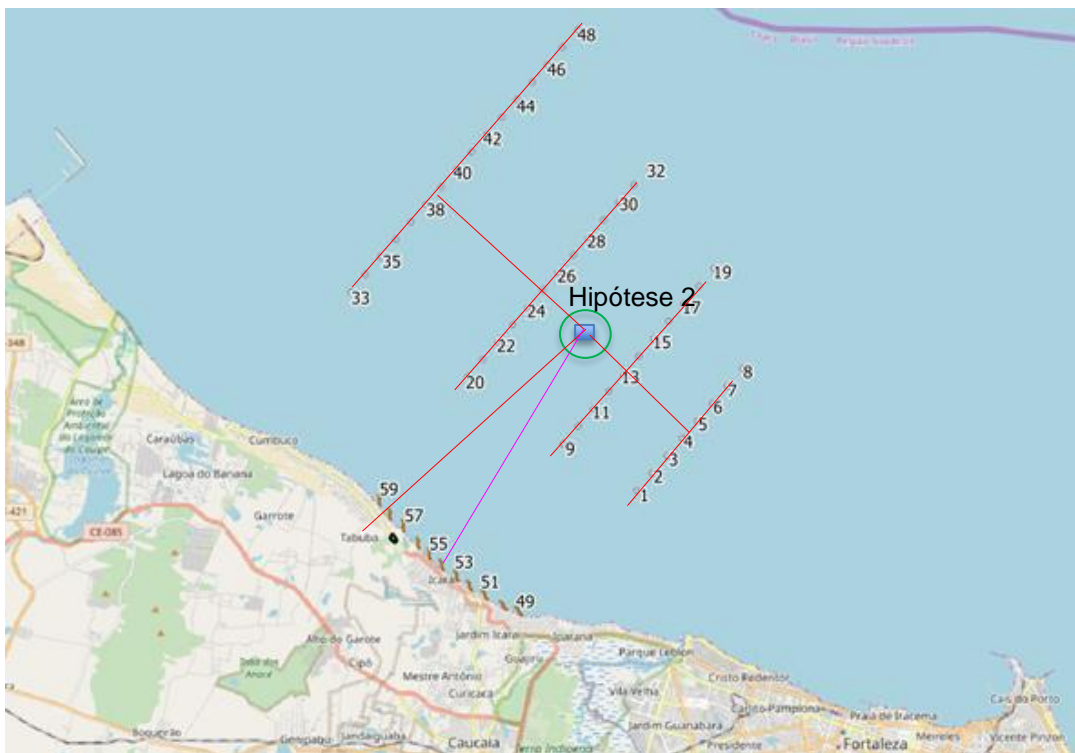
Dessa forma, são avaliadas as possíveis alternativas de posição da estação, considerando como possíveis escolhas, o posicionamento da estação na área interna das turbinas offshore ou na área entre as turbinas offshore e as turbinas semi-offshore (Figuras 3.8.2, 3.8.3 e 3.8.4).

Figura 3.8.2 - Possíveis Hipóteses



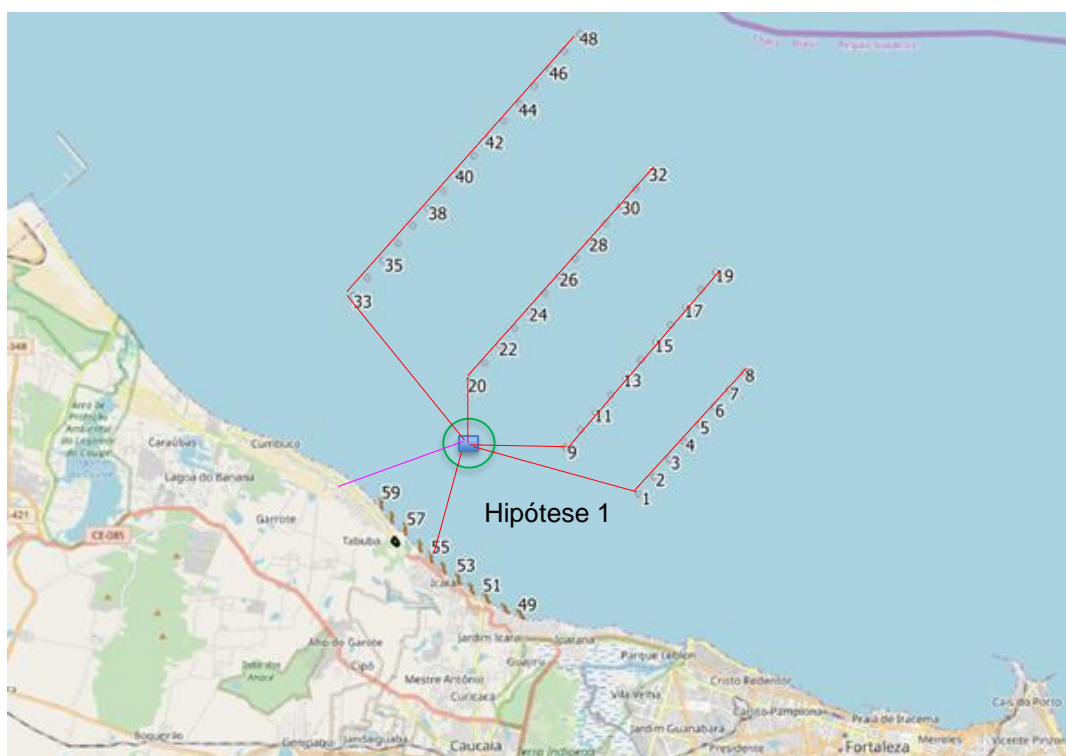
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.8.3 - Possível Hipótese 2



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.8.4 - Possível Hipótese 1



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Uma vez identificadas as possíveis opções, os traçados do conduto são de fato determinados.

Para poder escolher a solução que otimiza as conexões, é construída uma matriz para ambas as hipóteses, identificando os seguintes componentes representativos, também para a avaliação dos impactos (Quadro 3.8.1 e Quadro 3.8.2):

- *Comprimento e interferência entre diferentes seções do conduto de cabo marítimo:* existe um comprimento diferente para as diferentes seções, dependendo do posicionamento da estação e, a solução que envolveria caminhos mais longos é, de fato, aquela que determina um maior impacto, pois determina uma maior interferência no componente físico e biótico, uma vez que afetar uma taxa mais alta de solo é um consequente maior impacto no componente biótico marinho.

O comprimento influencia tanto o meio físico, em relação ao componente do solo, no meio biótico, para as espécies afetadas pelas obras e, no meio socioeconômico, uma vez que a rota de maior comprimento determina um aumento no tempo de trabalho e na mão de obra.

- *Áreas restritas:* o possível envolvimento de áreas restritas ou protegidas, determina um impacto no componente biótico (porém, já foi especificado que não há áreas restritas presentes na área do projeto).
- *Distância da estação marítima à costa:* importante para definir o cabo de conexão marítimo a terra. Interfere nos meios físico, biótico e socioeconômico, uma vez que determina o comprimento do cabo.
- *Interferência no tráfego marítimo:* a posição da estação pode determinar uma maior ou menor interferência no tráfego marítimo durante a construção e operação do parque.

A presença de embarcações influencia todos os sistemas (biótico físico e socioeconômico), já que a intensificação do tráfego, acarreta em uma maior ocupação da superfície do mar, podendo causar maiores distúrbios ao componente faunístico (avifauna e ictiofauna) e, certamente, influencia a matriz antrópica empenhada nos veículos de transporte naval.

- *Interferência nos trabalhos:* o posicionamento das obras também pode determinar implicações importantes no cronograma de desenvolvimento dos trabalhos. Se a localização estiver em uma posição com maior grau de aglomeração, isso determina um impacto maior, pois serão necessários tempos de trabalho mais longos ou maior força de trabalho (mais recursos e pessoas). É principalmente influenciado o sistema socioeconômico durante a fase de construção.
- *Distância dos portos para o gerenciamento das obras durante a fase de operação:* para as operações de gerenciamento e manutenção, uma posição mais afastada das áreas portuárias levará a custos de gerenciamento mais altos.

O sistema socioeconômico é especialmente influenciado para os trabalhos de manutenção e gerenciamento, em fase de operação.

Quadro 3.8.1 - Matriz Hipótese 1

Componente	Sistema			Peso do Impacto
	MF	MB	MS	
Comprimento do conduto de cabo marítimo	X	X	X	1
Interferência em áreas protegidas ou restritas	X	X		0
Distância da estação terrestre	X	X	X	1
Tráfego marítimo	X	X	X	1
Interferência com outros trabalho/atividades			X	1
Distância dos portos para operação e manutenção durante a fase de exercício (operação)			X	1
Peso global				5

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Raoni Ceci

Quadro 3.8.2 - Matriz Hipótese 2

Componente	Sistema			Peso do Impacto
	M F	MB	MS	
Comprimento do conduto de cabo marítimo	X	X	X	2
Interferência em áreas protegidas ou restritas	X	X		0
Distância da estação terrestre	X	X	X	2
Tráfego marítimo	X	X	X	2
Interferência com outros trabalho/atividades			X	2
Distância dos portos para operação e manutenção durante a fase de exercício (operação)			X	1
Peso global				9

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A hipótese 1, aquela em que com a posição da estação marítima esta fora da área de campo offshore, é a que determina menor peso nos componentes examinados, portanto no meio físico, biótico e socioeconômico.

Especificamente, examinando as duas matrizes, temos que, em termos de comprimento, as duas soluções não apresentam grandes diferenças, no entanto, a hipótese 2 (com a estação dentro da área do parque offshore) determina uma diferença substancial em termos de comprimento do cabo que, se inicia na área semi-offshore e vai em direção à estação, e também do cabo que sai da estação e vai para o ponto de conexão com a estação terrestre (sessão em violeta na imagem acima). Além disso, a posição da estação dentro da área offshore, certamente estabelece

Raoni Ceci

uma maior interferência. De fato, os cabos de conexão transversal interferem nos cabos de conexão das fileiras internas das turbinas. Portanto, em termos de comprimento total *do conduto* e interferência, a hipótese 1 é a que demonstra ser menos impactante.

Em termos de *interferência em áreas restritas*, não há restrições específicas, pois não são identificadas áreas restritas no mar.

Em termos de tráfego marítimo e interferência com outras operações, a hipótese 2 apresenta maior interferência, sendo posicionada na área de instalação das turbinas offshore, por isso tem um peso maior para esses componentes.

Finalmente, a posição da estação é escolhida, também em função do posicionamento da estação onshore, pois isso determina o comprimento e a junção do cabo de conexão marítimo entre a estação marítima e o ponto de conexão com um conduto em terra, que vai para a estação terrestre.

A localização do ponto de conexão foi escolhida para permitir a chegada do cabo em áreas que não são delicadas do ponto de vista ambiental, e para permitir a realização do caminho mais curto de conexão para a estação terrestre.

A hipótese 1 permite ter, como já foi dito, um cabo de conexão marítimo em terra de menor comprimento.

Em termos de gerenciamento, as distâncias das possíveis áreas portuárias, nas quais as unidades de gerenciamento serão alocadas, são quase as mesmas para ambas as soluções, no entanto, a solução da hipótese 1 permite um melhor gerenciamento da planta como os cabos, de cada uma das filas, muito bem separados e os cabos de saída da estação já mencionada, serão mais curtos do que na hipótese 2.

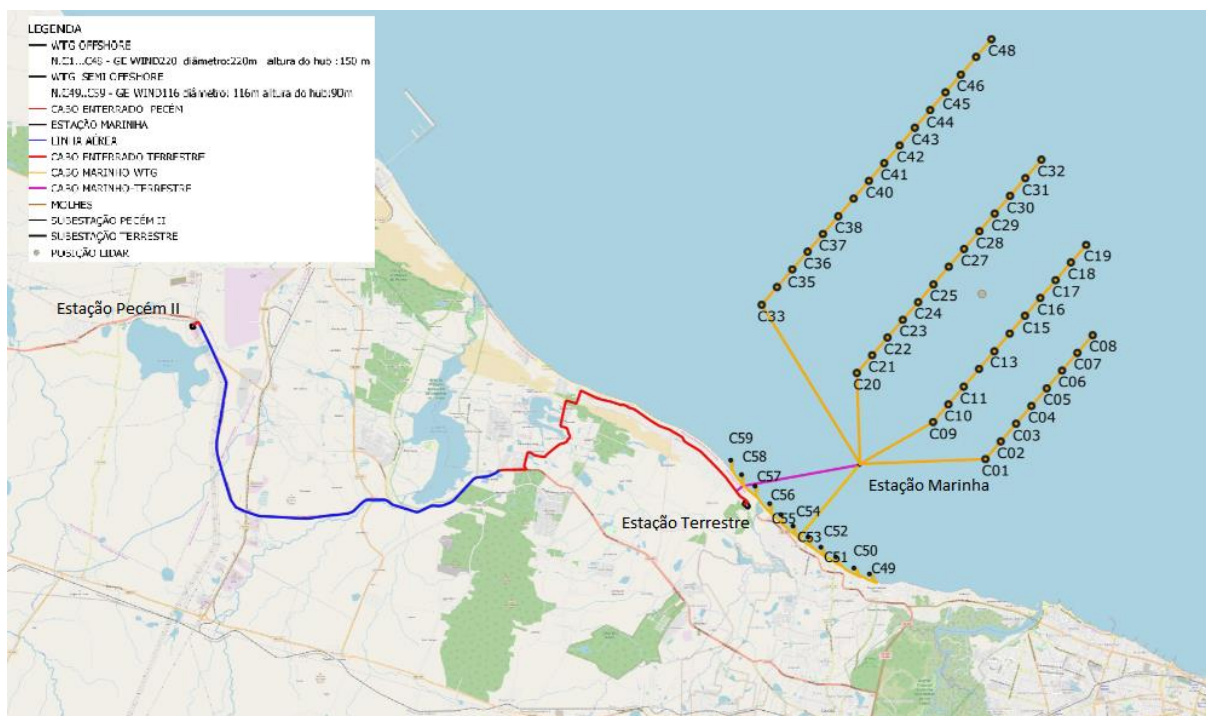
Tudo o que foi dito permite afirmar, na fase preliminar, que o posicionamento da estação em uma área central das instalações offshore e semi-offshore, é o que melhor otimiza todos os aspectos da construção e gestão da obra.

A posição precisa da estação foi avaliada considerando, portanto, a posição baricêntrica no espelho d'água entre a linha costeira e a linha da usina offshore, considerando também a altura média da batimetria, o impacto visual das obras e as condições normais de navegação na área.

A posição barricêntrica identificada para a estação marítima também é particularmente favorável, pois os condutos são otimizados em termos de comprimento e, portanto, as fases construtivas são otimizadas e, conseqüentemente, o tráfego marítimo e o gerenciamento, pois as áreas são mais rapidamente alcançáveis.

Com base nessas considerações, é apresentada na figura 3.8.5, as obras de conexão entre as turbinas e a estação marítima e entre a mesma e a estação terrestre.

Figura 3.8.5 - Obras de Conexão



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Finalmente, deve-se observar, que a estação marítima na fase de projeto executivo, quando serão detalhadamente definidos os cabos e os tipos específicos de turbinas utilizadas, podendo ainda não ser realizada, organizando diretamente os cabos de conexão à estação terrestre e criando os elementos eletromecânicos adequados diretamente na estação terrestre.

Nesse caso, a configuração permanece substancialmente a mesma, exceto para a estação terrestre, e quaisquer componentes eletromecânicos necessários para

Raoni Ceci

a conexão, que serão alocados na área da estação terrestre, sendo esta já compatível do ponto de vista territorial para hospedar novos elementos eletromecânicos.

Em fase preliminar, a construção da estação marítima é incluída, dessa forma, são levadas em consideração, as condições mais conservadoras de avaliação de impacto, principalmente considerando que a estação será avaliada independentemente dos possíveis impactos gerados pela presença da mesma. Impactos que obviamente não estarão mais presentes no caso de não existência da estação.

3.9 ESCOLHA DO TRAÇADO DE CONEXÃO TERRESTRE

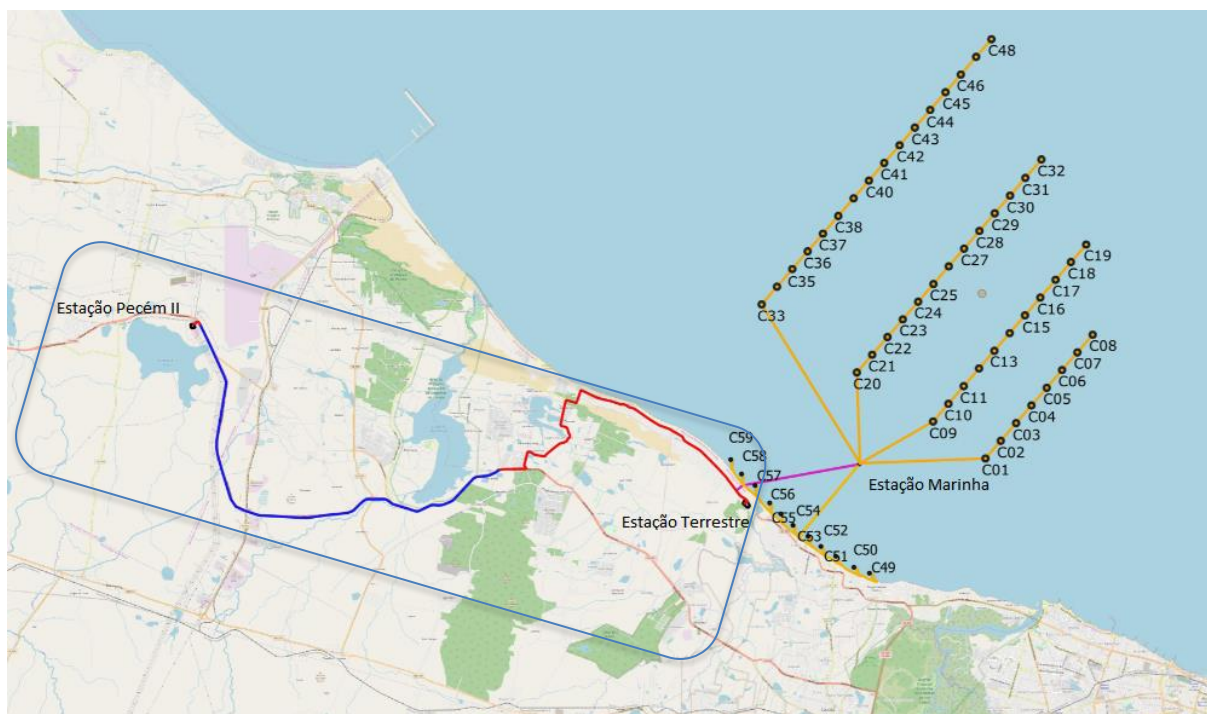
Uma vez conhecida a posição inicial da estação de transição terrestre e a posição de chegada na estação PECEM II, a escolha do traçado já está endereçada ao longo do caminho que une os dois pontos e que menos interfere no ambiente e na paisagem.

Em particular, entre os dois pontos pré-estabelecidos, é definido um corredor tecnológico, que se insere em um contexto já definido pelas principais rotas de comunicação (estradas CE-090 e CE-085) e pelas linhas de transmissão de energia existentes.

Portanto, a linha de transmissão do projeto será realizada ao longo deste corredor preexistente, obtendo a vantagem relacionada às interferências na paisagem que são de qualquer forma limitadas, e já resolvidas devido às infraestruturas já existentes. Portanto, são criadas condições para cenários de desenvolvimento tecnológico orientados para a produção de energia limpa e conseqüente benefício ambiental.

Com relação aos temas identificados na fase de projeto, que definem áreas de exclusão ou aquelas adequadas ao trabalho, identificou-se um corredor tecnológico, no qual foram avaliadas várias hipóteses, analisando aquela que minimiza os impactos e que está alinhada com os obras existente no território.

Figura 3.9.1 - Corredor Tecnológico



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A figura 3.9.1 identifica o corredor no qual pode se inserir a solução do projeto para a conexão entre a estação de transição elétrica e a estação PECÉM II.

A primeira ação realizada foi a de escolher uma rota do tipo misto, em vez de uma rota totalmente aérea ou subterrânea. Tal escolha está relacionada ao fato de, a área próxima à estação terrestre apresentar centros habitados e numerosas aglomerações urbanas, além de casas dispersas para as quais é preferida a passagem no conduto subterrâneo, para limitar os impactos eletromagnéticos e também para evitar inúmeras interferências nos linhas áreas, já presentes em grande quantidade em áreas habitadas.

Depois que o ponto de partida (estação terrestre) e o ponto de chegada (estação Pecém II) foram definidos, várias rotas foram hipotizadas.

O corredor, acima apresentado, foi dividido em duas porções, a primeira ao sudeste, onde serão apresentadas várias alternativas de condutas subterrâneas, devido à presença de vários centros urbanos e inúmeros aglomerados urbanos dispersos (Figura 3.9.2).

A parte mais ocidental está livre de áreas habitadas e, portanto, foram desenvolvidas várias hipóteses de linhas aéreas.

Figura 3.9.2 – Corredores de Linhas de Transmissão



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

As hipóteses a seguir relatadas primeiro para a parte subterrânea e, em seguida, para a parte aérea, levam em consideração todas as áreas restritas próximas ou dentro do corredor.

Os traçados serão, no entanto, escolhidos, evitando interferências com:

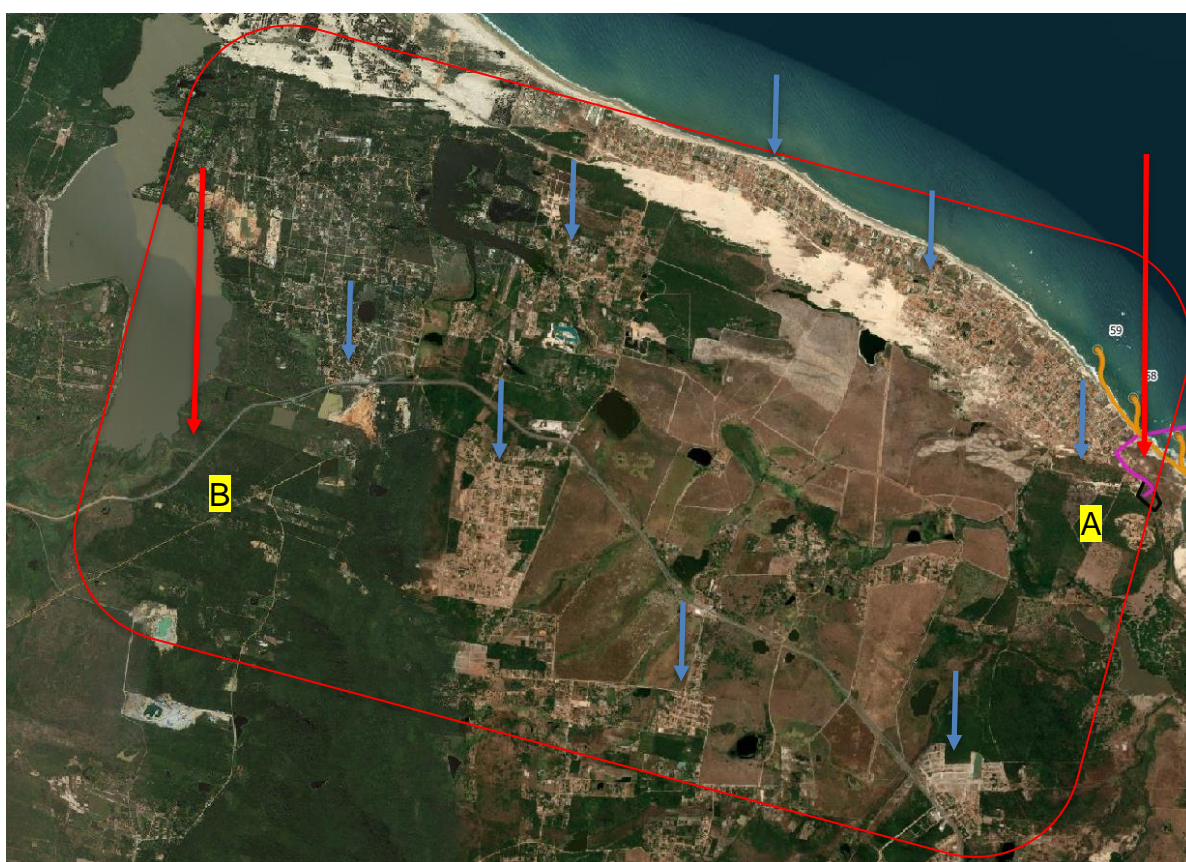
- Áreas de importância e conservação biológica ou áreas legalmente protegidas;
- Terras indígenas, projeto de assentamento, comunidade quilombo e comunidades tradicionais;
- Áreas privadas;

3.10 ESCOLHA DO TRAÇADO DO CONDUTO SUBTERRÂNEO

As possíveis hipóteses para os condutos subterrâneos são agora apresentadas, indicando então todas as soluções com relação às restrições presentes, e às áreas privadas a serem evitadas para a realização do trabalho.

A porção mais a leste do corredor possui um alto grau de urbanização; portanto, nesta primeira parte, serão identificadas 3 alternativas possíveis à rota do conduto, em comparação à qual o projeto foi escolhido.

Figura 3.10.1 – Hipóteses para os Condutos Subterrâneos



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A área urbanizada é mostrada na figura com uma seta em azul. Também indica o ponto de partida (A) (identificado com a posição da estação de transição terrestre) e o ponto de chegada (B) identificado a partir da área em que a densidade da urbanização cai acentuadamente (Figura 3.10.1).

As três hipóteses de projeto diferentes apresentadas abaixo são, portanto, propostas (Figuras 3.10.2, 3.10.3 e 3.10.4).

- Hipótese 1 em vermelho;
- Hipótese 2 em azul;
- Hipótese 3 em preto;

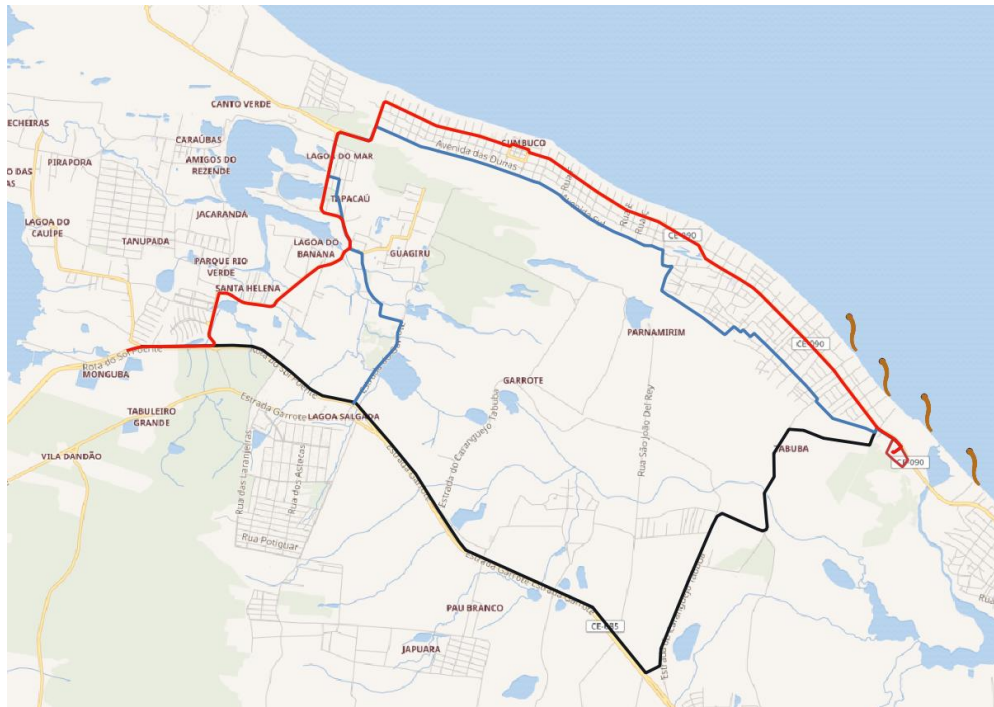
Figura 3.10.2 - Hipótese para o traçado do conduto em ortofoto



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

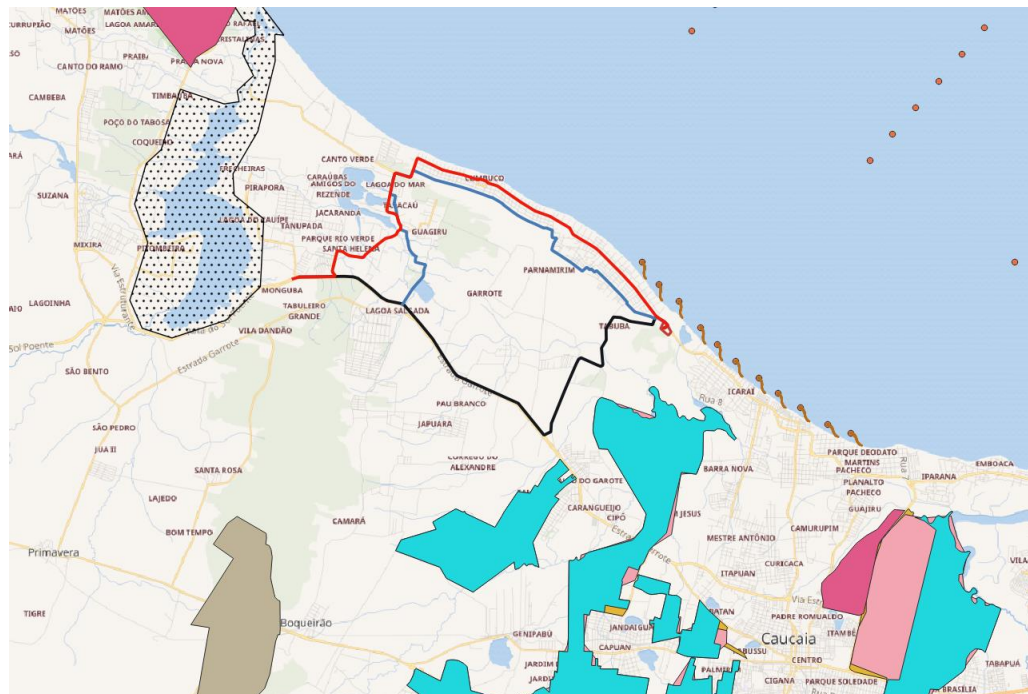
Raoni Ceci

Figura 3.10.3 - Hipótese para o traçado do conduto em um mapa técnico



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.10.4 - Traçados do conduto em relação às restrições



- LEGENDA**
- ASSENTAMENTOS CONSOLIDADO
 - QUILMOMBOLAS
 - FLORESTAS PÚBLICAS
 - Terra_Índigena_A
 - MMA- ÁREA PRIORITÁRIA PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
 - SEMACE-ÁREAS NATURAIS LEGALMENTE PROTEGIDAS
 - BCIM_Unidade_Protecao_Integral_A
 - ÁREAS TRADICIONALMENTE OCUPADA

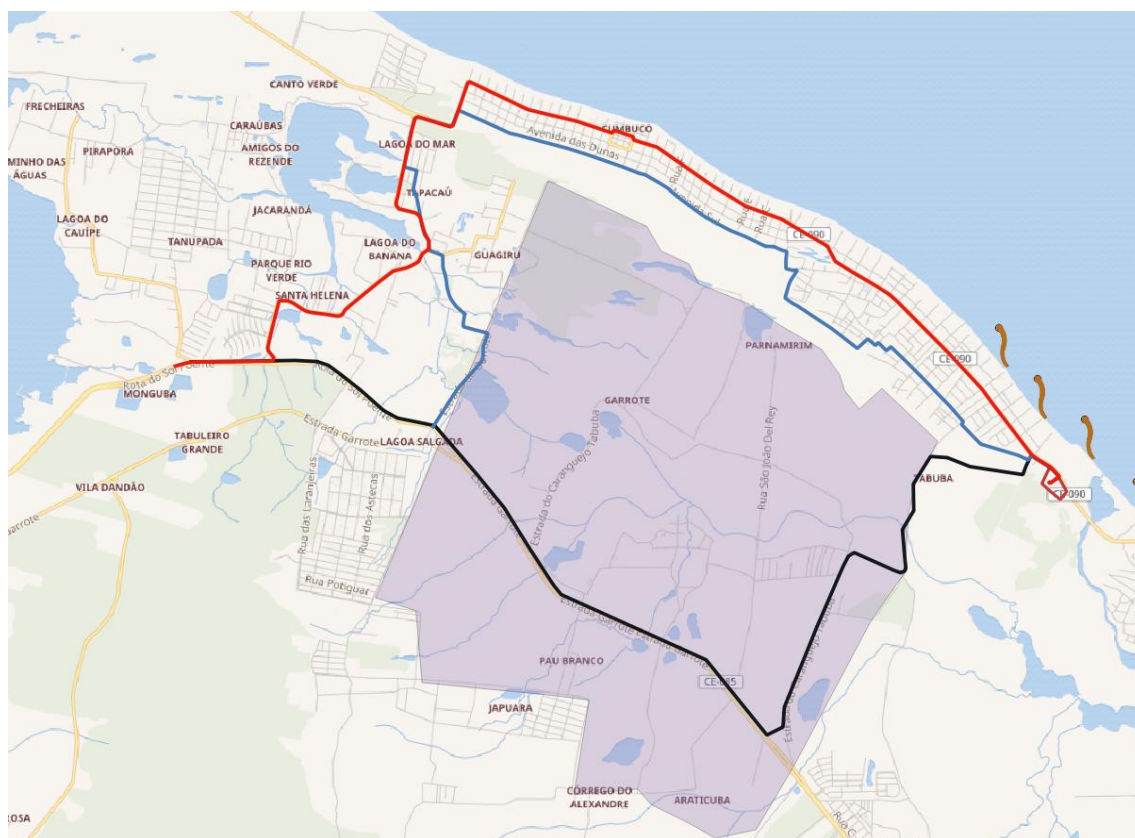
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Como é observado com relação às restrições identificadas, o traçado do conduto é externo as seguintes áreas:

- Áreas de importância e conservação biológica ou áreas legalmente protegidas (MMA, SEMACE, florestas públicas, etc.);
- Terras indígenas, projeto de assentamento, comunidade quilombo e comunidades tradicionais;

No entanto, observa-se que parte das áreas afetadas pelo traçado dos condutos são afetadas por áreas privadas. Inclusive uma delas, muito ampla, é identificada na figura 3.10.5, e está parcialmente afetada com algumas seções das hipóteses apresentadas.

Figura 3.10.5 - Traçado do conduto em relação a grandes áreas privadas



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Uma vez identificados os aspectos cartográficos e restritivos, as matrizes de impacto são preparadas para cada uma das três alternativas.

Os parâmetros que melhor definem os impactos do trabalho em relação aos meios físico, biótico e socioeconômico estão listados abaixo:

1. *A necessidade de abrir novos pontos de acesso e estradas.*

Este parâmetro indica a necessidade, com base no caminho escolhido, de construção de novas estradas ou seções de acesso às áreas do canteiro de obras, que será utilizado para realização das obras de conexão.

Esse parâmetro tem um peso elevado, pois indica a necessidade de realização de muitas obras, o que envolve um significativo uso da terra e, portanto, um alto impacto no meio físico (componente do solo).

Este parâmetro se cruza com aqueles sucessivos nas interferências com o componente biológico ou vegetal e, determina impactos também na matriz natural e, portanto, no meio biótico.

O meio socioeconômico também é afetado, devido as obras que devem ser realizadas para novos acessos.

2. *Interferência em áreas de importância biológica e áreas de conservação biológica ou áreas legalmente protegidas.*

Este parâmetro indica áreas restritas ou áreas particularmente sensíveis, que são delicadas do ponto de vista natural e, portanto, a magnitude (ou peso) atribuída a esse parâmetro avalia o impacto em relação à flora e fauna, possivelmente afetada pelas obras (meio biótico).

3. *Componente paisagístico*

Identifica o impacto visual do trabalho durante a construção e operação (afeta o meio físico).

4. *Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)*

É o parâmetro que avalia a possível subtração da vegetação devido à realização das obras, considerando tanto as fases contrutivas (cuja subtração é temporária e reversível) quanto as fases operacionais.

O meio físico e o meio biótico são afetados por esse componente.

5. *Necessidade de realocação populacional*

É o parâmetro que indica a possibilidade de realocar a população, em caso de interferência e impactos significativos, por exemplo, devido a emissões eletromagnéticas, se forem muito significativas e causarem um impacto negativo no componente antrópico.

6. *Interferência em áreas urbanas*

Este parâmetro avalia a interferência das obras em áreas urbanas, como, por exemplo, a interferência na segurança pública, no regime normal de trânsito, no componente ocupacional e no trabalho. O peso atribuído a esse parâmetro, indica quanto o trabalho determina um impacto negativo na matriz antrópica e, portanto, nos meios socioeconômicos, em correspondência com as áreas urbanas.

7. *Áreas privadas*

Este parâmetro indica até que ponto as propriedades privadas são afetadas, quanto maior as áreas privadas afetadas mais elevado será o peso (magnitude).

Também neste caso, os meios socioeconômicos e físicos relacionados à parte do território em questão serão afetados.

8. *Interferência em terras indígenas*

O parâmetro indica até que ponto se tem interferências em terras indígenas, projeto de assentamento, comunidade quilombo e comunidades tradicionais.

9. *Interferência no patrimônio espeleológico, arqueológico, histórico e cultural*

O parâmetro indica até que ponto há interferência nesses patrimônios, afetando tanto o meio físico quanto o socioeconômico.

10. *Interferência em corpos d'água*

Determina o impacto com o meio físico e, em particular, com o componente hídrico. Quanto maior a interferência, maior o impacto negativo com relação ao meio físico.

A seguir são apresentadas as matrizes determinadas nos parâmetros listados apenas para as diferentes hipóteses de projeto (Quadros 3.10.1, 3.10.2 e 3.10.3).

Quadro 3.10.1 - Hipótese 1

Componente	Sistema			Peso de impacto no componente
	MF	MB	MS	
Necessidade de abertura de estradas de acessos	X	X	X	0
Interferência em área prioritária para conservação da biodiversidade		X		0
Interferência na paisagem	X			1
Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)	X	X		0
Necessidade de realocação populacional			X	0
Áreas urbanas			X	3
Áreas privadas	X		X	0
Interferência em terras indígenas			X	0
Interferência no patrimônio arqueológico histórico e cultural	X		X	0
Interferência em corpos d'água	X			1
Peso total				5

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Quadro 3.10.2 - Hipótese 2

Componente	Sistema			Peso de impacto no componente
	MF	MB	MS	
Necessidade de abertura de estradas de acessos	X	X	X	0
Interferência em área prioritária para conservação da biodiversidade		X		2
Interferência na paisagem	X			2
Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)	X	X		0

Continuação do Quadro 3.10.2

Componente	Sistema			Peso de impacto no componente
	MF	MB	MS	
Necessidade de realocação populacional			X	0
Áreas urbanas			X	2
Áreas privadas	X		X	1
Interferência em terras indígenas			X	0
Interferência no patrimônio arqueológico histórico e cultural	X		X	0
Interferência em corpos d'água	X			1
Peso total				7

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Quadro 3.10.3 - Hipótese 3

Componente	Sistema			Peso de impacto no componente
	MF	MB	MS	
Necessidade de abertura de estradas de acessos	X	X	X	2
Interferência em área prioritária para conservação da biodiversidade		X		3
Interferência na paisagem	X			2
Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)	X	X		2
Necessidade de realocação populacional			X	0
Áreas urbanas			X	1
Áreas privadas	X		X	3
Interferência em terras indígenas			X	1
Interferência no patrimônio arqueológico histórico e cultural	X		X	1
Interferência em corpos d'água	X		X	2
Peso total				17

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Raoni Ceci

Com relação aos parâmetros definidos, pode ser observado os seguintes itens:

1. Necessidade de abertura de novos pontos de conexão e estradas.

Tal necessidade não existe para as hipóteses 1 e 2, que prevêem a construção do traçado nas estradas urbanas existentes. A hipótese 3 prevê que, embora usando traçados em áreas arborizadas, para alcançá-los, certamente será necessário criar novas estradas ou novas pistas; portanto, a terceira hipótese determina um impacto médio nos meios físico, biótico e também socioeconômico.

2. Interferência em áreas de importância biológica e áreas de conservação biológica ou áreas legalmente protegidas.

Entre as soluções propostas, a hipótese 3 resulta sendo impactante para o meio, uma vez que áreas arborizadas são afetadas. A hipótese 2 também apresenta uma magnitude média, pois prevê a passagem do conduto subterrâneo, embora marginalmente, em áreas de dunas.

A hipótese 1 prevê a passagem em estradas urbanas e, portanto, é a que tem o menor impacto sobre os componentes ambientais naturais.

3. Com relação ao componente da paisagem.

A escolha de adotar o conduto subterrâneo por si só, representa uma importante mitigação em relação ao componente da paisagem. Dentre as várias hipóteses propostas, a hipótese 3 apresenta uma alta magnitude na fase de construção, devido à presença de vegetação, portanto, durante os trabalhos, há um impacto significativo na paisagem.

Também a hipótese 2, que inclui o traçado na borda da área com dunas, tem um impacto significativo.

A hipótese 1, uma vez que está completamente na estrada, envolve apenas um impacto mínimo na paisagem, durante a fase de construção.

Na fase de exercício, uma vez que o conduto está enterrado, o impacto é quase zero.

4. Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)

A hipótese 3 é aquela que envolve uma subtração do território afetado pela vegetação. As outras duas hipóteses são desenvolvidas em estradas urbanas ou nas faixas pertinentes, para as quais não há subtração do solo e da vegetação.

5. Necessidade de realocação populacional

Em nenhuma das alternativas examinadas, espera-se remoção da população ou das atividades antrópicas. O conduto subterrâneo não implica riscos à saúde em termos de emissões eletromagnéticas.

6. Interferência em áreas urbanas

A hipótese 1 é aquela que determina um maior impacto nas áreas urbanas, pois são diretamente afetadas pela passagem do conduto de cabos. Note-se, no entanto, que a interferência nas áreas urbanas deve-se principalmente à fase de construção, pois no final da escavação, disposição dos cabos e restauração da estrada, não haverá interferência.

Para as hipóteses 2, a magnitude em termos de impacto é certamente menor, pois as áreas urbanas são afetadas de maneira marginal.

A hipótese 3 determina o impacto menos significativo, pois apenas as habitações e pequenas aglomerações dispersas serão afetadas pela rota.

7. Áreas privadas

A hipótese 1 não determina o envolvimento de áreas privadas pois o traçado será realizado nas vias principais ou nas faixas a elas pertencentes.

A hipótese 2 afeta apenas marginalmente a macroárea identificada na localidade Garrote, enquanto a hipótese 3 afeta essas propriedades, com exceção dos trechos nas estradas principais.

8. Interferência em terras indígenas

Não há interferências particulares para as diferentes alternativas com terras indígenas, projeto de assentamento, comunidade quilombola e outras comunidades tradicionais.

9. Interferência no patrimônio espeleológico, arqueológico, histórico e cultural

Nenhuma particular interferência é encontrada nessas áreas, para as várias hipóteses examinadas.

10. Interferência em corpos d'água

O traçado do conduto subterrâneo interfere, nas diferentes hipóteses, com canais, rios e pequenos curso d'água. As hipóteses 1 e 2 apresentam as mesmas interferências, que são menores que as da hipótese 3.

Por tudo isso, atribuímos os pesos indicados na matriz e fica claro que a matriz com menor magnitude total é a hipótese 1, para a qual é esperado que todas as áreas urbanas sejam cruzadas com um conduto de cabo enterrado.

Como pode ser observado em tal hipótese, o traçado será realizado principalmente na estrada principal ou na estrada inerente à estrada (CE085-CE090), dessa forma não será necessário realizar acessos, pois as obras serão todas na estrada ou, de qualquer forma, alcançáveis pela mesma (Figura 3.10.6).

Não serão afetadas as áreas naturais importantes, áreas de conservação biológica, nem áreas legalmente protegidas.

O traçado urbano será construído inteiramente na estrada principal, evitando interferências em terras indígenas, projeto de assentamento, comunidade quilombolas e outras comunidades tradicionais.

O traçado não incluirá propriedades particulares e não se espera que passe por estradas secundárias, para evitar o desmembramento de áreas privadas.

Figura 3.10.6 - Traçado do conduto subterrâneo escolhido



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Na fase de disposição dos cabos, para minimizar os inconvenientes ao tráfego de veículos local, a terna dos cabos será colocada em fases sucessivas, de modo a preservar pelo menos metade da faixa transitável para o trânsito em geral.

No caso de impossibilidade de realizar a escavação ao ar livre ou devido a impedimentos em manter a vala aberta por longos períodos, por exemplo, em correspondência com estradas de alto fluxo, cruzamentos, travessias de canais e de outro serviço, em que não é permitido a interrupção, as tubulações podem ser instaladas com o sistema de perfuração guiada, que não envolve nenhum tipo de interferência nas estruturas superiores existentes, uma vez que serão cruzadas por uma passagem subterrânea, como indicado nas instruções a seguir, típicas de disposição e passagem de cabos subterrâneos.

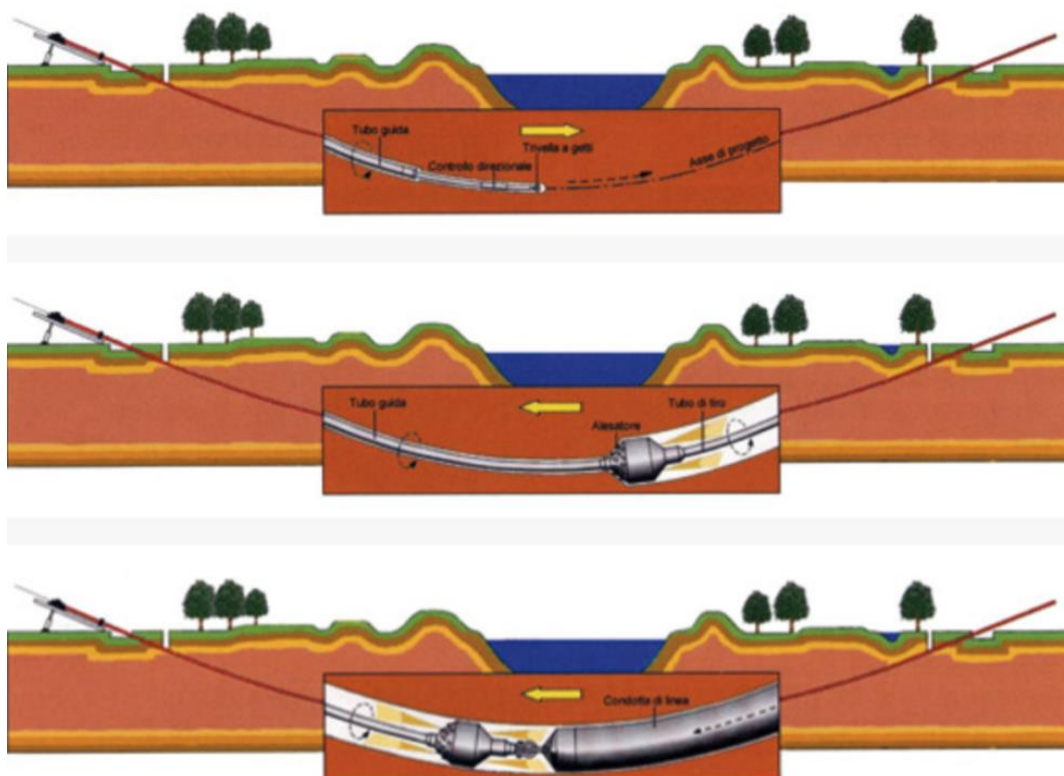
Técnica de Perfuração Dirigida ou HDD (Horizontal Directional Drilling)

No caso de interferências nos canais ou conforme mencionado acima, em que não seja possível executá-los ao ar livre, a técnica de perfuração dirigida (HDD) descrita abaixo pode ser usada.

A técnica é dividida em três fases operacionais:

- EXECUÇÃO DO FURO PILOTO: terá um pequeno diâmetro e será realizado com o uso de ferramentas específicas para furos, cujo avanço dentro do solo é garantido pela máquina de perfuração que transmitirá o movimento rotativo a uma bateria de barras de aço, na qual, em sua "cabeça", está montada a ferramenta de trituração. A posição da ferramenta será monitorada continuamente através do sistema de localização (Figura 3.10.7).

Figura 3.10.7 - Demonstração da Execução do Furo Piloto



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

- PERFURAÇÃO, para ampliar o furo até as dimensões necessárias: assim que o furo piloto for concluído com a saída da ferramenta do furo (ponto de saída), será montada, na parte superior da bateria com hastes de aço, a ferramenta para ampliação do furo piloto, com diâmetro maior que o anterior, e o conjunto é puxado em direção à planta de perfuração (ponto de entrada). Durante a jornada de retorno do sistema de perfuração, o alargador aumentará o furo piloto;

- **DISPARO DO TUBO OU DO CABO DO FURO:** Quando a última fase de mandrilamento estiver concluída, no ponto de saída, a ferramenta para a fase de colocação por tração será montada na parte superior dos tubos a serem assentados, já unidos, e isso será conectado ao alargador. Esta ferramenta tem como objetivo evitar que, durante a fase de imersão, o movimento rotativo aplicado ao sistema pela furadeira não seja transmitido aos tubos. O conduto é puxado em direção ao ponto de saída. Uma vez alcançado o ponto de entrada, a colocação do conduto pode ser considerado concluída.

3.11 ESCOLHA DA ROTA DA LINHA AÉREA

Identificada parte do conduto subterrâneo, procede-se então com a escolha da seção da linha aérea. Nota-se que o traçado da linha aérea será disposto entre o final do cabo enterrado e a estação de Pecém II. Em particular, dadas as inúmeras linhas próximas à entrada da estação, é preparada a chegada das linhas fora da área da estação, gerando uma seção final em cabo subterrâneo de aproximadamente 315 m, para evitar tal interferência.

A seguir são apresentadas as diferentes opções de rota aérea entre os pontos definidos. Com o mesmo critério e os mesmos parâmetros usados para escolher a linha subterrânea, a melhor opção para identificar a linha aérea será identificada. Abaixo estão as diferentes rotas alternativas para linha aérea (Figuras 3.11.2, 3.11.3 e 3.11.4).

O ponto de partida (B) é o termino do conduto subterrâneo. Já o ponto de chegada está ao lado da estação PECÉM, em correspondência com a seção subterrânea prevista na entrada da estação (Figura 3.11.1).

Figura 3.11.1 - Corredor para hipótese da linha aérea



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

As três diferentes hipóteses de projeto apresentadas abaixo são, portanto, propostas.

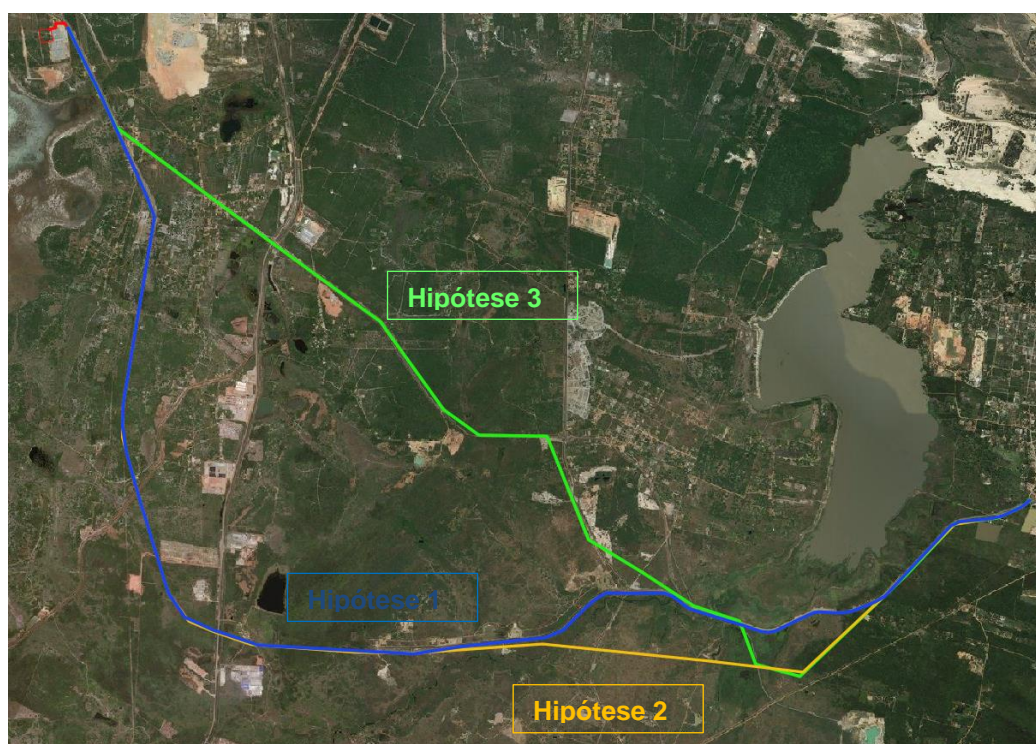
- **Hipótese 1 em azul;**
- **Hipótese 2 em laranja;**
- **Hipótese 3 em verde.**

Figura 3.11.2 - Hipóteses de traçado para o conduto em um mapa técnico



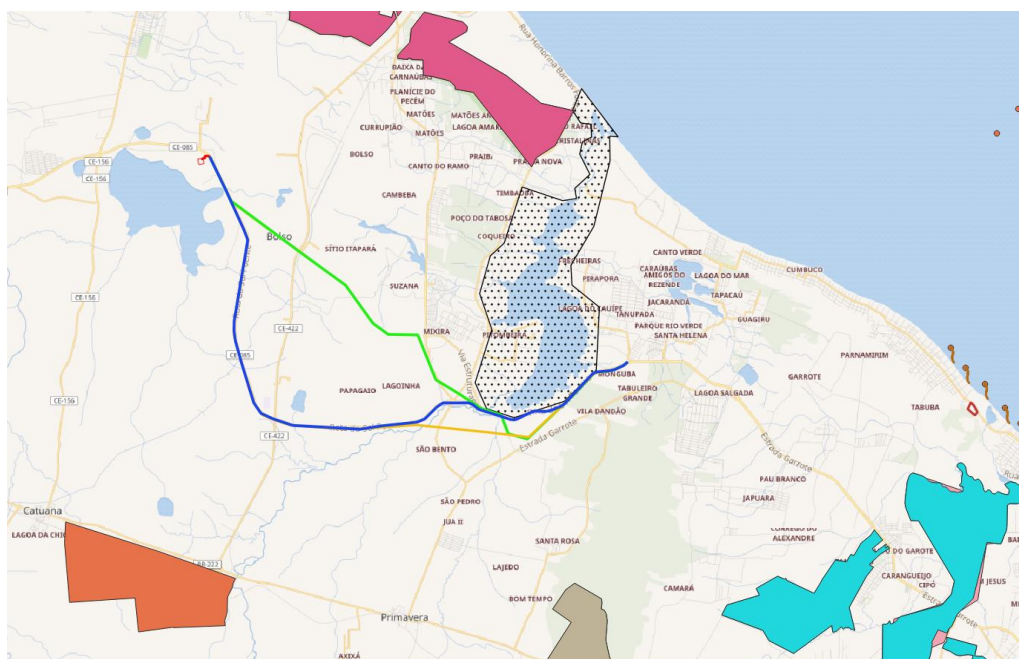
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.11.3 - Hipótese do traçado do conduto em ortofoto



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Figura 3.11.4 - Hipótese do traçado do conduto no mapa de restrições



- LEGENDA**
- ASSENTAMENOS CONSOLIDADO
 - QUILOMBOLOS
 - FLORESTAS PUBLICAS
 - Terra_Indigena_A
 - MMA- ÁREA PRIORITÁRIA PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
 - SEMACE-ÁREAS NATURAIS LEGALMENTE PROTEGIDAS
 - BCM_Unidade_Protecao_Integral_A
 - ÁREAS TRADICIONALMENTE OCUPADA

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Em seguida, procedemos com a construção das matrizes para as diferentes alternativas, considerando os parâmetros já considerados também para a escolha do conduto de cabo enterrado. Se determina, portanto, a solução que envolve um peso menor em comparação com cada um dos componentes que representam o meio físico, biótico e socioeconômico (Quadros 3.11.1, 3.11.2 e 3.11.2).

Quadro 3.11.1 - Hipótese 1 – Em azul

Componente	Sistema			Peso de impacto no componente
	MF	MB	MS	
Necessidade de abertura de estradas de acessos	X	X	X	0
Interferência em área prioritária para conservação da biodiversidade		X		0
Interferência na paisagem	X			1
Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)	X	X		0

Raoni Ceci

Continuação do Quadro 3.11.1

Necessidade de realocação populacional			X	0
Áreas urbanas			X	1
Áreas privadas			X	0
Interferência em terras indígenas			X	0
Interferência no patrimônio arqueológico histórico e cultural	X		X	0
Interferência em corpos d'água	X		X	2
Peso total				4

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Quadro 3.11.2 - Hipótese 2 – Em laranja

Componente	Sistema			Peso de impacto no componente
	MF	MB	MS	
Necessidade de abertura de estradas de acessos	X	X	X	1
Interferência em área prioritária para conservação da biodiversidade		X		0
Interferência na paisagem	X			2
Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)	X	X		2
Necessidade de realocação populacional			X	0
Áreas urbanas			X	1
Áreas privadas			X	0
Interferência em terras indígenas			X	0
Interferência no patrimônio arqueológico histórico e cultural	X		X	0
Interferência em corpos d'água	X		X	1
Peso total				7

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Quadro 3.11.3 - Hipótese 3 – Em verde

Componente	Sistema			Peso de impacto no componente
	MF	MB	MS	
Necessidade de abertura de estradas de acessos	X	X	X	2
Interferência em área prioritária para conservação da biodiversidade		X		0
Interferência na paisagem	X			2
Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)	X	X		2
Necessidade de realocação populacional			X	0
Áreas urbanas			X	1
Áreas privadas			X	3
Interferência em terras indígenas			X	0
Interferência no patrimônio arqueológico histórico e cultural	X		X	0
Interferência em corpos d'água	X		X	1
Peso total				8

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Com relação aos parâmetros definidos, observa-se que:

1. Necessidade de abertura de novos pontos de acesso e estradas.

A hipótese 1 está prevista toda adjacente à estrada CE-085, na faixa próxima à estrada. Para essa hipótese, as torres de transmissão serão localizadas em áreas sem vegetação e, portanto, a necessidade de desmatar ou de abrir acessos específicos de estradas não é previsto. A linha de transmissão é portanto acessível através das estradas existentes e se desenvolverá na faixa de servidão da estrada.

As outras hipóteses, como podem ser observadas nas imagens acima, atingem áreas verdes nas quais é necessário a abertura de estrada para acessar a localização das torres de transmissão. Portanto, as hipóteses 2 e 3 examinadas têm uma magnitude maior e, portanto, determinam um maior impacto em relação ao meio físico e biótico.

2. Interferência em áreas de importância biológica, áreas de conservação e áreas legalmente protegidas.

Não são afetadas, em nenhuma das hipóteses, importantes áreas do ponto de vista biológico e natural.

3. Com relação ao componente paisagístico.

A linha aérea, sendo uma obra visível, diferentemente do conduto de cabo enterrado, apresenta um impacto visual. Especifica-se, no entanto que, as soluções propostas se enquadram em um contexto já caracterizado por obras de infra-estrutura semelhantes às previstas e, portanto, o impacto já será reduzido onde houver obras semelhantes, uma vez que o elemento não representa uma estrutura nova para o território.

Para a hipótese 1, o peso gerado é, certamente, inferior ao das hipóteses 2 e 3, uma vez que essas duas últimas hipóteses envolvem áreas arborizadas, nas quais o impacto paisagístico certamente seria mais significativo.

Portanto, o hipótese 1 é a que menos impacta em relação a este parâmetro.

4. Uso do solo - vegetação (na faixa de servidão)

Na hipótese 1, a subtração do solo, correlato a vegetação, não está prevista para a instalação das torres de transmissão, uma vez que a linha está localizada próxima à estrada, sendo áreas não cultivadas ou marginais da estrada. Não há, portanto, subtração, durante a fase de construção e operação, do solo vegetal.

Nas hipóteses 2 e 3, por outro lado, existem subtrações de áreas arborizadas e vegetação, na fase construtiva, na localização das torres.

5. Necessidade de realocação populacional

Em nenhuma das alternativas examinadas está prevista a remoção da população ou de atividades antrópicas. A linha aérea é sempre colocada a uma distância adequada de residências ou locais com presença antrópica acentuada, em termos de emissões eletromagnéticas.

6. Interferência em áreas privadas

As linhas aéreas das hipóteses 1 e 2 não afetam áreas urbanas. A hipótese 3, porém, afeta a estrada denominada caminho do sol poente, seja em áreas urbanas que em áreas de expansão industrial, determinando, para esta solução, uma alta magnitude em termos de impactos, para este componente.

7. Interferência em terras indígenas

Não há interferências particulares para as diferentes alternativas com terras indígenas, projeto de assentamento, comunidade quilombola e outras comunidades tradicionais estrangeiras.

8. Interferência no patrimônio arqueológico, histórico e cultural

Nenhuma interferência particular nessas áreas é encontrada para as várias hipóteses examinadas.

9. Interferência em corpos d'água.

O traçado aéreo, nas várias hipóteses, interfere com canais, rios e pequenos cursos de água. Contudo, a linha será realizada com as torres sempre externas aos cursos d'água e, em todo caso, em áreas onde outras infraestruturas similares já estão presentes.

De todas as alternativas acima, a hipótese 1 é a solução com o menor impacto sobre os parâmetros considerados.

Portanto, as soluções alternativas 2 e 3, que geram maiores impactos, são descartadas.

A alternativa 1 é, portanto, a solução que menos interfere nas áreas arborizadas, na verdade, ela é realizada marginalmente a estrada CE-085 em áreas não cultivadas ou marginais à estrada, de modo que não é prevista a construção de novas estradas ou acesso para chegar à localização de cada uma das torres, que se encontrarão em áreas desobstruídas.

Para o trecho da linha aérea, os critérios para escolha da linha de transmissão são baseados em:

- definição do corredor com menor área em relação à superfície utilizada;
- definição do corredor com o menor impacto infraestrutural, tanto em termos de extensão quanto de quantidade de torres necessárias;
- definição do corredor que evita propriedades privadas, em particular a hipótese 3, que é evitada, também, porque se refere a uma área de futura expansão industrial;
- definição das obras ao longo das infra-estruturas existentes que estabelecem a viabilidade das mesmas, mitigando o impacto paisagístico;
- definição do corredor evitando edifícios sensíveis ao longo da rota;
- definição do corredor para garantir o menor número de interferências entre a linha do projeto e as linhas existentes;

O traçado escolhido representa aquele mais sustentável do ponto de vista ambiental e paisagístico.

Na fase de planejamento subsequente, ao longo do traçado da linha aérea, a posição das torres será definida com precisão de acordo com os seguintes aspectos:

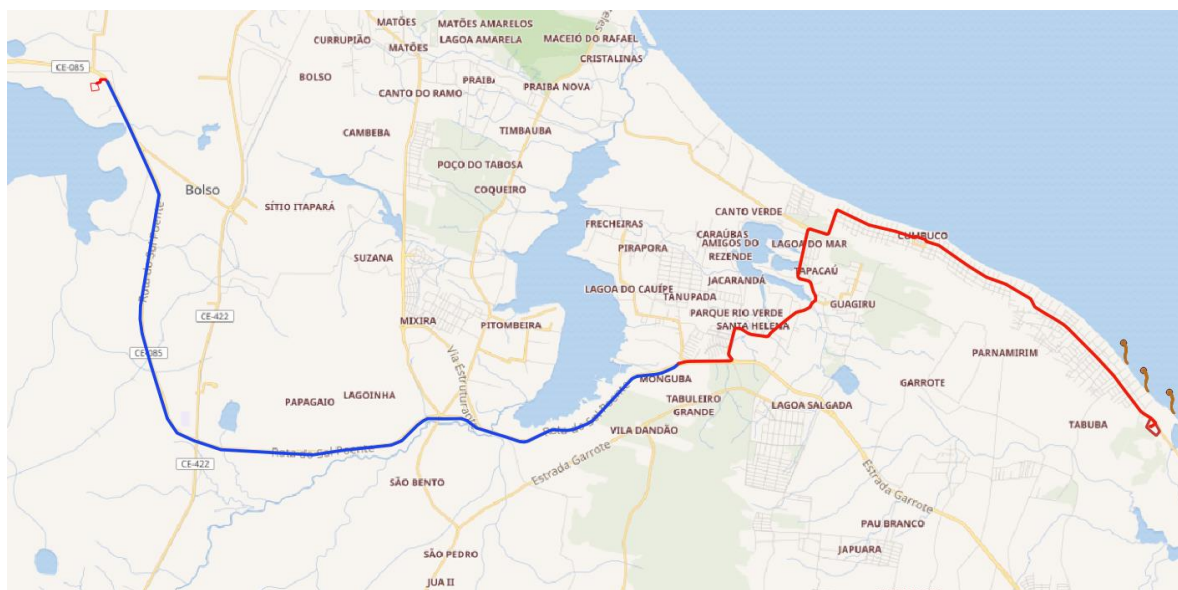
- Localização das torres fora de áreas arborizadas, preferindo colocá-las em terras aráveis;
- Localização das torres fora de áreas inundadas ou deslizantes, colocando-as em terrenos morfologicamente válidos;
- Localização das torres de modo a não interferir na rede hidrográfica;
- Localização e disposição das torres de modo a conter a altura das mesmas;

- Uso de torres em diferentes alturas, de acordo com as áreas envolvidas, para também distanciar os cabos das habitações e garantir que as emissões estejam sempre contidas dentro dos limites da lei;

Por fim, o traçado consistirá em uma linha mista a partir da estação de transição terrestre com (Figuras 3.11.5 e 3.11.6):

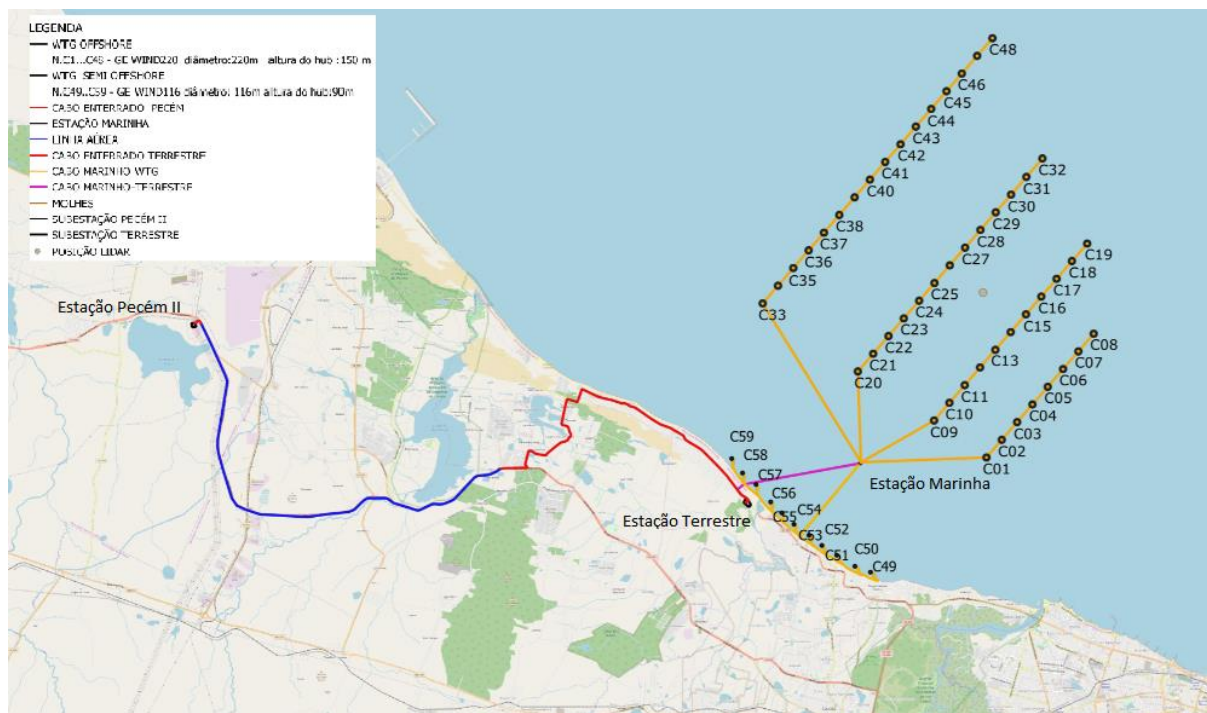
- Traçado de condutos subterrâneos com 14,5 km;
- Linha aérea de 18 km de comprimento;
- Seção final subterrânea de conexão à estação PECEM II de aproximadamente 0,315 km;

Figura 3.11.5 - Traçado definitivo misto, aéreo e enterrado, definido com base nas restrições existentes



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Fgura 3.11.6 – Traçado do Projeto



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Conclusões para todo o traçado

O conjunto de obras de conexão foi, portanto, determinado, escolhendo entre as hipóteses possíveis, aquelas que determinam um menor impacto no meio físico, biótico e socioeconômico. Em particular, para o traçado, como representado, os seguintes objetivos de qualidade técnica e de realização serão estabelecidos:

1. minimização dos impactos nos meios físicos, bióticos e socioeconômicos;
2. menor área ocupada no território em relação à superfície utilizada, preferindo a rota próxima às infra-estruturas rodoviárias, elétricas e de telecomunicações existentes;
3. definição do corredor com o menor número de propriedades envolvidas;
4. definição do corredor, evitando edifícios sensíveis ao longo da rota;

5. definição do corredor, de forma a garantir o menor número de interferências entre a linha do projeto, as linhas existentes e a estação (predispondo a última seção enterrada);
6. O traçado escolhida representa a mais sustentável do ponto de vista ambiental e paisagístico;
7. Localização dos suportes dos cabos aéreos fora de áreas arborizadas ou áreas afetadas pela vegetação, preferindo sua localização em estradas, áreas não cultivadas ou terras aráveis;
8. Localização das torres de transmissão fora das áreas inundadas ou deslizantes, colocando-os em solos morfologicamente válidos;
9. Localização das torres de modo a não interferir na rede hidrográfica;
10. Localização e disposição das torres de modo a conter a altura das mesmas;
11. Uso de torres em diferentes alturas, de acordo com as áreas envolvidas, para também distanciar os cabos das habitações e garantir que as emissões estejam sempre contidas dentro dos limites da lei.

Nota-se que na fase subsequente do projeto executivo, ao longo da rota da linha aérea, a posição das torres será definida precisamente de acordo com as considerações acima mencionadas, e seguindo as instruções técnicas relativas à construção de uma linha elétrica.

Em resumo, os seguintes objetivos foram estabelecidos com as soluções propostas:

Para estação marítima:

Raoni Ceci

- Posição central em relação ao sistema e otimização da distribuição geral das obras no mar;
- Posição intermediária entre costa e o parque, a fim de melhorar também o gerenciamento durante a fase de exercício;
- Ausência de áreas de proteção ou restritas no mar.

Para estação Terrestre

- Posição em área não muito distante do ponto de chegada do cabo marítimo;
- Área livre de restrições;
- Área orograficamente válida;
- Ausência de receptores próximos à área destinada a residências;
- Área acessível a partir da rede rodoviária principal.

Para o conduto marítimo de conexão entre o parque e a estação no mar

- Minimizar o comprimento do cabo no mar;
- Melhor conexão entre as turbinas e a estação;
- Evitar áreas protegidas.

Para as obras de conexão à terra

- Minimizar o percurso entre a estação de transição e o ponto de entrega;
- Evitar áreas restritivas e ambientalmente importantes;
- Evitar áreas de comunidades indígenas, quilombolas, etc;
- Evitar centros urbanos com linhas aéreas (neste caso, utilizar conduto de cabo subterrâneo).