

5 ANÁLISE INTEGRADA

5.1 METODOLOGIA

Fundamentado nas ideias de Tricart (1977), que envolvem tanto a sensibilidade natural quanto a ambiental, foi mensurada a sensibilidade das unidades geoambientais da área de estudo considerando a relação entre os processos de morfogênese e pedogênese, a partir da análise integrada da rocha, do solo, do relevo (geomorfologia / declividade) e da vegetação

Para a realização desta análise, os temas citados acima foram sobrepostos em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), por meio de álgebra de mapas, subsidiando o processo de análise dos dados. Vale ressaltar que não entram no cálculo da vulnerabilidade os espelhos d'água e as áreas antropizadas (não se aplica).

5.2 CARACTERIZAÇÃO GLOBAL DA ÁREA DE ESTUDO

O item de análise integrada tem como finalidade subsidiar dados para avaliar e identificar os impactos decorrentes do Parque Eólico Offshore Caucaia, bem como a qualidade ambiental futura da região em que o empreendimento estará localizado.

Com os resultados dos diagnósticos elaborados para as áreas de influência direta e indireta do Parque Eólico Offshore Caucaia, para os meios físico, biológico e antrópico, é possível destacar as características que determinam a qualidade ambiental das áreas em estudo.

A área do empreendimento situa-se em terreno de topografia suave, o que determina a incidência direta dos ventos vindos do oceano Atlântico. A precipitação da área de estudo engloba características típicas de regime tropical com a máxima no outono e a mínima no inverno. A precipitação média anual é entorno de 1.000 mm (sede municipal de São Gonçalo do Amarante). O desvio positivo máximo (precipitação acima da média histórica) foi de 78% e o desvio máximo negativo (precipitação abaixo da média histórica) foi de 51%, comprovando a irregularidade

pluviométrica típica do semi-árido que ocorre principalmente no setor sul. Apresenta geralmente quatro meses chuvosos concentrados no final do verão, começo do outono, entre os meses de fevereiro, março, abril e maio.

Assim, o tipo climático dos municípios analisados, resultante da ação das massas de ar descritas, da marcha estacional das precipitações, da temperatura média estimada e do balanço hídrico é classificado em sua maior parte como Tropical Quente Semi-árido Brando. No entanto, Caucaia também apresenta as seguintes classificações: Tropical Quente Sub-úmido e Tropical Quente Úmido, presente nas proximidades da Serra de Maranguape (IPECE, 2017). Já de acordo com a classificação de Koppen, a área integra a região climática do tipo AW. Segundo esta classificação, o tipo climático corresponde ao clima quente e úmido, com chuvas de verão e outono.

Quanto aos aspectos geomorfológicos, o substrato geológico da área é bastante diversificado, espelhando diferentes formas de relevo. Neste contexto, pode-se afirmar que a área analisada é composta pelas seguintes unidades geomorfológicas: faixa de praia, planície de deflação, dunas fixas e móveis, planície fluvial, flúviomarinha e lacustre, tabuleiros costeiros, depressão sertaneja e os maciços residuais e inselbergs.

Os municípios da área de influência do empreendimento (São Gonçalo do Amarante e Caucaia), bem como o seu entorno também exibem uma diversidade de solos em função da sua diversidade litológica, compartimentação do relevo, hidroclimatologia e cobertura vegetal natural variada. Desta forma, tendo como base o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, foram encontrados na região os seguintes tipos de solo: Neossolo Quartzarênico, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico, Gleissolo Sáfico, Argissolo Vermelho Amarelo, Planossolo, Luvisso, Vertissolo, Plintossolo.

A área estudada localiza-se na bacia Metropolitana, abriga o mais importante centro consumidor de água do Estado, que é a região Metropolitana de Fortaleza. Essa bacia é dividida em um agrupamento de 16 microbacias, distribuídas por 31 municípios cearenses localizados no nordeste do estado, representando um conjunto de bacias das mais diversas formas e tamanho, cobrindo uma área total de 15.085 km², correspondente a 10,18% do Ceará.

As bacias hidrográficas significativas a serem descritas em relação a área do estudo são as Bacias hidrográficas dos Rios Cauípe, Ceará, Gereraú e São Gonçalo

do Amarante, as quais correspondem a 1,8%, 3,7%, 0,8% e 8,8%, respectivamente, da Bacia Metropolitana, totalizando 15,2% desse território

A caracterização dos aspectos antrópicos das áreas de influência, revela a grande importância da área em estudo, localizada na região metropolitana de Fortaleza, constituindo acesso ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP. Situado no município de Caucaia a área de influência direta do empreendimento é fortemente utilizada como acesso marginal a dois núcleos de grande porte (CIPP e Fortaleza).

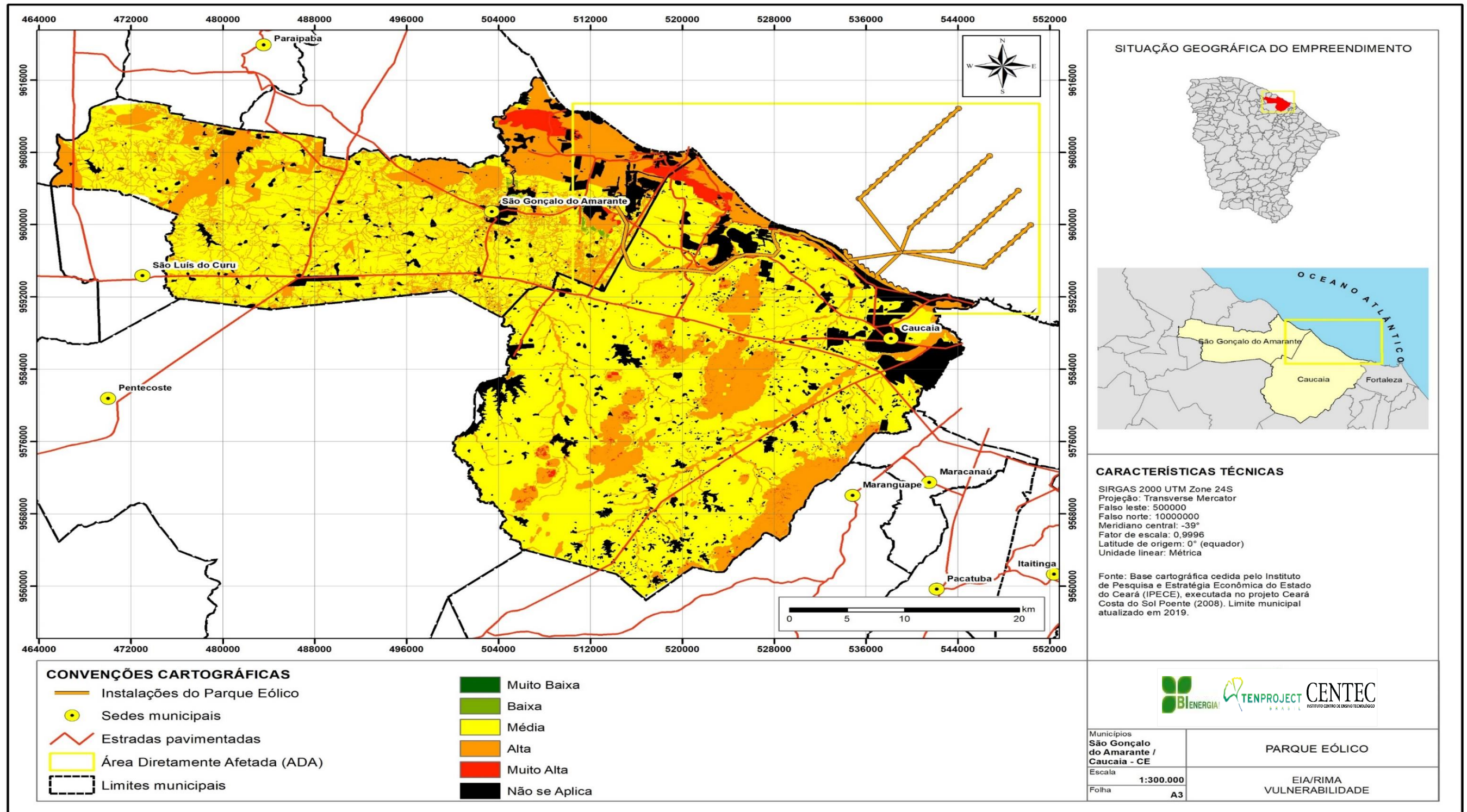
Os núcleos urbanos de Caucaia e São Gonçalo do Amarante têm suas possibilidades físicas de expansão direcionadas ao Complexo Industrial, sendo que a ocupação só não é mais intensa, por utilizar nas atividades industriais já instaladas mão-de-obra regional.

Uma eventual aceleração do crescimento da economia local, intensificado pela produção de energia de fonte renovável, bem como o aumento da arrecadação de tributos irá representar um ganho de qualidade de vida para a população da área de influência, em especial, para aquela residente no entorno imediato ao empreendimento.

Baseado nos resultados acima descritos, foi elaborado um mapa de vulnerabilidade ambiental apresentado abaixo (Mapa 5.2.1).



Mapa 5.2.1– Integração, sensibilidade e restrições ambientais da área de influência direta do empreendimento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Raoni Ceci

5.3 INTER-RELAÇÕES ENTRE OS MEIOS

Observou-se que as áreas de maior sensibilidade são aquelas em que predominam os processos morfogenéticos em detrimento da pedogênese. Aqui se enquadram os ambientes costeiros (alta e muito alta sensibilidade), com declividades que vão do plano (faixa de praia) ao ondulado (dunas), solos incipientes (associações de Neossolo Quartzarênico), complexa dinâmica costeira e com o predomínio do solo exposto. As planícies fluviais, flúvio-marinhas e lacustre também se enquadram na classe de alta sensibilidade. Tais locais apresentam grande pressão antrópica, que, por sua vez, apresentam vegetação ciliar em diferentes níveis de degradação. Com a mata ciliar degradada, suas funções ecossistêmicas também são reduzidas, ocasionando uma menor proteção ao solo e uma instabilidade local nesses ambientes. Predominam aqui os Neossolos Flúvicos e Gleissolos, ambos em ambiente plano.

Os maciços residuais e inselbergs, assim como a zona costeira, também estão na classe de alta a muito alta sensibilidade. Mesmo apresentando, em determinados locais, vegetação de porte arbóreo (Mata Seca e/ou Mata Plúvio-Nebular), as acentuadas declividades (ondulado a escarpado) e a presença de solos pedogeneticamente incipientes (predomínio das associações de Neossolo Litólico) favorecem a elevada sensibilidade destes ambientes. Neste contexto, tais unidades descritas acima podem ser consideradas, conforme Tricart (1977), como ambientes instáveis, onde os processos morfogenéticos predominam em relação aos processos de pedogênese; além disso, nessas unidades pode haver uma certa frequência na ruptura do equilíbrio ecodinâmico.

Já a classe de média vulnerabilidade predomina ao longo da depressão sertaneja. Aqui, a declividade varia do plano ao ondulado, com solos rasos e pedregosos (nos setores de Neossolo) a solos mais profundos e com elevado gradiente textural (setores de argissolo, planossolos, entre outros.). Na geologia, predominam as rochas metamórficas (Complexo Ceará), servindo como substrato para a vegetação de Caatinga, presente em diferentes estágios de conservação em que predomina o porte arbustivo. Desta forma, esta área, pode ser considerada como um ambiente de transição, onde a unidade ambiental é marcada pela presença dos

processos pedogenéticos e morfogenéticos, ambos atuando em níveis de intensidade semelhantes.

Por fim, e em menor expressão, temos os locais de baixa a muito baixa vulnerabilidade. Estes locais estão restritos aos ambientes próximos aos corpos hídricos ou em área de tabuleiro costeiro que apresentam vegetação conservada (pouco alterada pelas ações antrópicas ou há franca regeneração da vegetação secundária, que evolui para condições similares ou próxima às originais). Tal fator, aliado ao relevo plano ou suave ondulado favorece uma estabilidade morfogenética, diminuindo o potencial erosivo da área e, conseqüentemente, sua vulnerabilidade. As áreas de cada classe descrita acima podem ser visualizadas no quadro abaixo.

O quadro 5.3.1 contempla as classes de sensibilidade ambiental, com suas respectivas áreas e porcentagens, referentes a área de influência direta do empreendimento.

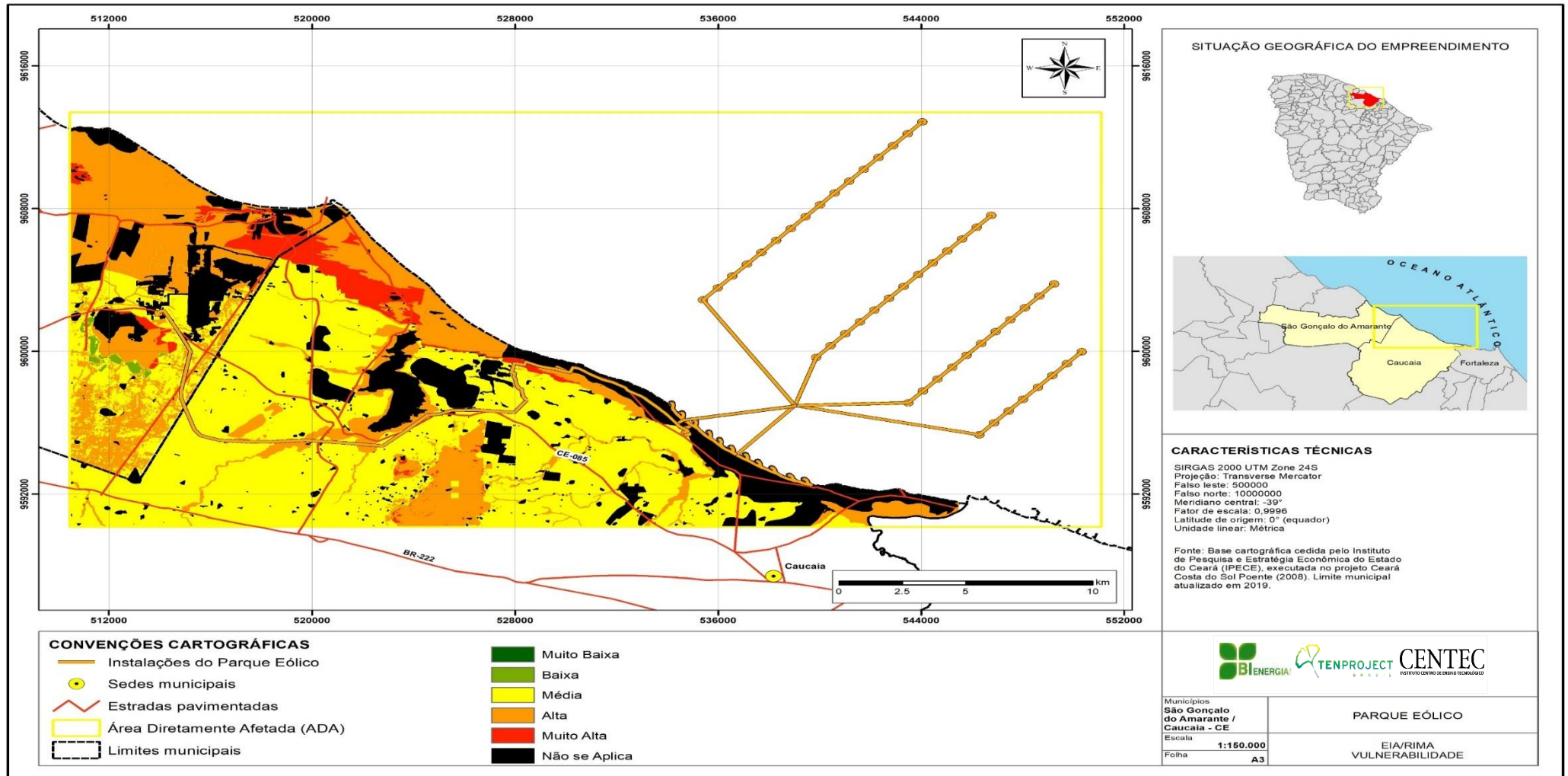
Quadro 5.3.1 – Classes de sensibilidade ambiental discriminada por áreas

TIPO	ÁREA (Km ²)	%
Muito Baixa	1,59	0,08
Baixa	5,35	0,28
Média	1313,8	69,63
Alta	515,84	27,34
Muito Alta	50,12	2,66
TOTAL	1886,7	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O mapa 5.3.1 contém a integração, sensibilidade e restrições ambientais da área diretamente afetada pelo empreendimento, em que enquadra a vulnerabilidade ambiental da mesma em: muito baixa, baixa, média, alta muito alta e não se aplica. A partir daí, podendo fazer as devidas inter-relações necessárias ao estudo.

Mapa 5.3.1– Integração, sensibilidade e restrições ambientais da área diretamente afetada pelo empreendimento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Raoni Ceci

5.4 INTER-RELAÇÕES DO MEIO BIÓTICO, ABIÓTICO E SOCIOECONOMICO

As inter-relações entre os meios biótico, abiótico e socioeconômico, apresentadas a seguir, foi realizada a partir da compartimentação geoambiental das unidades existentes na área do empreendimento. A mesma está organizada em forma de tabela e apresenta os seguintes aspectos: unidade/subunidade geoambiental; características naturais dominantes; risco e indicadores de degradação; potencialidades e limitações; e ecodinâmica (Quadro 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3, 5.4.4, 5.4.5, 5.4.6, 5.4.7, 5.4.8, 5.4.9).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.1 – Faixa praial

UNIDADE AMBIENTAL: PLANÍCIE LITORÂNEA / SUBSISTEMA: Faixa Praial					
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE		
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA
Faixas de praias com larguras diferenciadas. Área plana ou com declive muito suave para o mar, resultante de acumulação marinha.	<ul style="list-style-type: none"> - Desmonte do transporte de sedimentos por ocupação desordenada; - Desequilíbrio no balanço de sedimentos; - Poluição dos recursos hídricos; - Trânsito de areias; - Perda de atrativos turísticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação desordenada; - Poluição; - Fixação do sedimento e impermeabilização do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimônio paisagístico; - Atrativos turísticos; - Ecoturismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação viária; - Loteamentos; - Baixo suporte para edificação; - Ecodinâmica desfavorável; - Restrições legais. 	Ambientes fortemente instáveis e com alta vulnerabilidade à ocupação.

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.2 – Dunas móveis

UNIDADE AMBIENTAL: PLANÍCIE LITORÂNEA / SUBSISTEMA: Dunas Móveis					
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE		
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA
Campos de dunas móveis trabalhadas por ações eólicas e com feições transversais e longitudinais.	<ul style="list-style-type: none"> - Desmonte do transporte de sedimentos por ocupação desordenada; - Desequilíbrio no balanço de sedimentos; - Poluição dos recursos hídricos; - Trânsito de areias; - Perda de atrativos turísticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação desordenada; - Poluição; - Fixação do sedimento e impermeabilização do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimônio paisagístico; - Atrativos turísticos; - Ecoturismo; - Recursos hídricos subterrâneos; - Recarga de aquíferos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação viária; - Loteamentos; - Baixo suporte para edificação; - Ecodinâmica desfavorável; - Restrições legais. 	Ambiente fortemente instável.

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.3 – Dunas fixas

UNIDADE AMBIENTAL: PLANÍCIE LITORÂNEA / SUBSISTEMA: Dunas Fixas					
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE		
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA
Campos de dunas fixas pertencentes a gerações mais antigas, semi-edafizadas e recobertas por vegetação do complexo litorâneo.	<ul style="list-style-type: none"> - Desmonte de dunas por desmatamento; - Retomada dos processos de erosão e de sedimentação naturais; - Mineração de areias no entorno de lagoas costeiras podem conduzir a rupturas do equilíbrio hidráulico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação desordenada; - Desmatamento; - Fixação do sedimento e impermeabilização do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimônio paisagístico; - Atrativos turísticos; - Ecoturismo; - Recursos hídricos subterrâneos; 	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação viária; - Loteamentos; - Baixo suporte para edificação; - Ecodinâmica desfavorável; - Restrições legais. 	Ambientes de moderada a fortemente instáveis.

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.4 – Planície flúviomarinha

UNIDADE AMBIENTAL: PLANÍCIE LITORÂNEA / SUBSISTEMA: Planície Flúviomarinha					
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE		
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA
Desembocaduras fluviais revestidas ou não por manguezais com superfícies planas e parcialmente encharcadas e com solos indiscriminados de mangues, decorrentes de processos combinados de origem fluvial e marinha.	<ul style="list-style-type: none"> - Degradação de manguezais; - Diminuição da produtividade biológica; - Poluição dos recursos hídricos; - Perda da biodiversidade; - Despejo de efluentes e resíduos sólidos; - Aterramento; - Implantação de salinas; 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação desordenada; - Desmatamento; - Poluição. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extrativismo vegetal; - Pesquisa científica; - Ecoturismo; - Educação ambiental; - Pesca artesanal; - Patrimônio paisagístico; - Lazer; - Carcinicultura; - Preservação da biodiversidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Restrições a mineração; - Solos excessivamente drenados e com baixa fertilidade natural; - Agricultura; - Impedimento à mecanização; - Salinidade e alagamentos. - Restrições legais. 	Ambientes instáveis, com alta vulnerabilidade à ocupação.

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.5 – Tabuleiros costeiros

UNIDADE AMBIENTAL: TABULEIROS COSTEIROS					
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE		
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA
Superfície de topo plano ou suavemente ondulado e com larguras variadas, composta por material arenoso e/ou areno-argiloso inconsolidado, seccionada por vales abertos e de fundo plano.	<ul style="list-style-type: none"> - Poluição dos recursos hídricos; - Despejo de efluentes e resíduos sólidos; - Comprometimento da recarga dos aquíferos (urbanização); - Impermeabilização do solo; 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação desordenada; - Desmatamento; - Poluição. - Fixação do sedimento e impermeabilização do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Expansão urbana; - Relevo estabilizado; - Baixo potencial para ocorrência de movimento de massa; - Pouco restritiva ao uso e ocupação urbano e de determinadas atividades como a agricultura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiência hídrica em períodos de estiagem. 	Ambiente estável a medianamente estável.

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.6 – Planície fluvial

UNIDADE AMBIENTAL: VALE / SUBSISTEMA: Planície Fluvial						
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE			
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA	
<p>Predomínio de materiais inconsolidados transportados pela ação fluvial. As superfícies são planas, geradas através de processos de deposição. Em sua maioria são rios intermitentes sazonais e são periodicamente inundáveis. O principal bioindicador é a carnaúba.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Assoreamento; - Inundações nas áreas de ocupação desordenada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desmatamento; - Rios poluídos; - Processos erosivos desencadeados pela remoção da Mata Ciliar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos Hídricos; - Oferta hídrica de subsolo; - Agroextrativismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Restrições legais decorrentes do Código Florestal; 	<p>Ambientes de transição.</p>	

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.7 – Planície lacustre

UNIDADE AMBIENTAL: VALE / SUBSISTEMA: Planície Lacustre					
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE		
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA
Lagoas litorâneas de origem fluvial ou freática e planícies ribeirinhas com material inconsolidado, revestidas por matas ciliares.	<ul style="list-style-type: none"> - Degradação de mata ciliar; - Mineração descontrolada; - Despejo de efluentes e resíduos sólidos; - Poluição do solo e dos recursos hídricos; - Salinização dos solos; - Ampliação das áreas inundáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação desordenada; - Desmatamento; - Poluição. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimônio paisagístico; - Recursos hídricos superficiais; - Recreação e turismo; - Pesca artesanal; - Agroextrativismo controlado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiente legalmente protegido; - Inundações periódicas; - Alto tempo de permanência da água (baixa taxa de renovação); - Mineração descontrolada. 	Ambientes instáveis.

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.8 – Depressão sertaneja

UNIDADE AMBIENTAL: DEPRESSÃO SERTANEJA					
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE		
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA
Superfícies de aplainamento – em níveis altimétricos inferiores a 400 m – em que o trabalho erosivo truncou indistintamente os mais variados tipos de rochas, tendo sua morfologia exposta por sedimentos que se inclinam desde a base dos maciços residuais e dos inselbergs, com caimento topográfico feito no sentido dos fundos dos vales e do litoral.	<ul style="list-style-type: none"> - Poluição dos recursos hídricos; - Despejo de efluentes e resíduos sólidos; - Comprometimento da recarga dos aquíferos (urbanização); - Impermeabilização do solo; 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação desordenada; - Desmatamento; - Poluição. 	<ul style="list-style-type: none"> - Expansão urbana; - Instalação viária - Relevo estabilizado; - Baixo potencial para ocorrência de movimento de massa; - Baixo potencial para ocorrências erosivas; - Pouco restritiva ao uso e ocupação urbano-industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiência hídrica em períodos de estiagem. 	Ambiente estável a medianamente estável, com baixa vulnerabilidade à ocupação.

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

Quadro 5.4.9 – Maciços residuais e inselbergs

UNIDADE AMBIENTAL: MACIÇOS RESIDUAIS E INSELBERGS					
CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	PROBLEMAS AMBIENTAIS		CAPACIDADE DE SUPORTE		
	RISCOS	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	ECODINÂMICA
Ocorrem de maneira pontual ao longo da depressão sertaneja e são derivados de processos de erosão diferencial em setores de rochas muito mais resistentes que as do seu entorno. Sua origem e evolução favorecem a formação de relevos rochosos, de solos rasos e pedregosos, acentuadas declividades e fortes limitações à ocupação antrópica. Estão em cotas superiores aos 400 m.	<ul style="list-style-type: none"> - Intensificação de ações erosivas; - Desestabilização de vertentes; - Elevado potencial para ocorrência de movimentos de massa; 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação desordenada; - Desmatamento; 	<ul style="list-style-type: none"> - Educação Ambiental; - Paisagismo; - Turismo; - Recuperação Ambiental; 	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação de obras em geral; - Mineração; - Restrições legais em áreas de elevado declive ou topo de morro. 	Ambiente de transição, tendendo a instabilidade e de elevada vulnerabilidade à ocupação.

Fonte: Adaptado de Souza (2007; 2009).

Raoni Ceci

5.5 OCORRÊNCIA DE INTERCEPTAÇÃO PELO EMPREENDIMENTO EM ÁREAS DE INTERESSE AMBIENTAL

No contexto estadual encontram-se duas Unidades de Conservação (UC) de proteção integral: a Estação Ecológica do Pecém, cujo território apresenta-se subdividido em duas áreas (Estação Ecológica do Pecém 1 e 2) e o Parque Estadual Botânico do Ceará, além de três de uso sustentável: a Área de Proteção Ambiental (APA) do Pecém, a APA do Lagamar do Cauípe e a APA do Estuário do Rio Ceará. Ressalta-se, ainda, a existência na região de uma UC de âmbito municipal, o Jardim Botânico de São Gonçalo.

O empreendimento proposto não ocasionará intervenções diretas nas Unidades de Conservação da área em estudo. Ressalta-se que a linha de transmissão aérea que compõe o as obras complementares do Parque Eólico que será instalado em paralelo ao traçado da CE-085 cruzará a APA do Lagamar do Cauípe. Tal posicionamento é factível por este tratar-se de um empreendimento imprescindível para o desenvolvimento regional de geração de energia de fonte renovável, fator propulsor de desenvolvimento.

5.6 INTERFERÊNCIA DO EMPREENDIMENTO EM ROTAS DE NAVEGAÇÃO

5.6.1 Navegação marítima e riscos de colisão

A implantação de um parque eólico offshore, traduz a inserção de novos elementos que podem ocasionar obstáculos potenciais a navegação na área.

O uso de embarcações específicas, durante as fases que compreendem o licenciamento do parque, seja para construção, manutenção ou reparos, constituem um risco adicional de colisão. Visto isso, os centros de controle de tráfego naval desempenham um papel primordial, devendo monitorar e regular todo tráfego na área do parque eólico offshore.



Durante a operação do parque eólico, os barcos usados para verificações operacionais, manutenção e reparo constituem um risco adicional de colisão. Nessas situações, os centros de controle de tráfego naval desempenham um papel primordial, os quais são responsáveis por monitorar e regular todo o tráfego na área do parque eólico offshore.

Para reduzir o risco de colisões a longo prazo, irão ser utilizadas tecnologias modernas, assim como sistemas de navegação e comunicação, além do treinamento adequado para todos os membros da tripulação.

A distância de segurança de um parque eólico offshore das rotas marítimas de navegação é determinada por influências náuticas e legais: do ponto de vista náutico, sempre deve haver uma superfície de trânsito suficientemente grande, nas bordas externas das áreas de separação do tráfego e das rotas de navegação.

O quadro 5.6.1.1 contempla os navios presentes nas rotas diretamente afetada pelo empreendimento, no porto do Pecém, bem como suas características dimensionais.

Quadro 5.6.1.1 - Rotas e características dimensionais das embarcações Porto do Pecém

Tipo de Navio	Quantidade Anual	Comprimento Mínimo	Comprimento Máximo	Boca Mínima	Boca Máxima	Calado Chegada Mínimo	Calado Chegada Máximo	Calado de Saída Mínimo	Calado de Saída Máximo
Navio de Carga Geral	80	119,8	212,5	16,5	32,32	4,89	14	5,24	12
Navio Full Contêiner	392	175,54	304,07	27,71	48,2	5,1	14,4	8	14
Navio Gazeiro	16	280,57	294,9	43,4	49,84	12	13	10	13
Navio Graneleiro	217	124,56	258,9	21,2	43	3,8	14,5	3,63	13
Rebocador/ Empurrador	13	28,25	39,8	5,28	11	1,5	5	1,5	5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A Figura 6.5.1.1 expõe os tipos de embarcações que potencialmente podem estar presentes na área de influência direta do empreendimento, complementando o quadro 6.5.1.1.



Figura 6.5.1.1. – Tipos de embarcações



Fonte: Marinha, 2019.

Quadro 5.6.1.2 - Rotas e embarcações entre Pecém e Mucuripe

Tipo de Navio	Quantidade Anual	Comprimento Mínimo	Comprimento Máximo	Boca Mínima	Boca Máxima	Calado Chegada Mínimo	Calado Chegada Máximo	Calado de Saída Mínimo	Calado de Saída Máximo
Navio de Carga Geral	50	119,8	212,5	16,5	32,32	4,89	10	5,24	10
Navio Full Contêiner	15	195	228	29,8	37,3	8	10	8	10
Navio Graneleiro	58	139,92	229	23	32,27	3,8	10	3,63	10
Rebocador/ Empurrador	12	28,25	39,8	5,28	11	1,5	5	1,5	5

Fonte: Elabora pelo autor, 2019.

Se considerarmos a limitação do porto de Mucuripe, que permite o trânsito apenas para embarcações que tenham no máximo 10 m de calado (parte submersa), as rotas em que realmente é possível a navegação entre os dois portos e as embarcações envolvidas são claramente em menor número aos destacados, existindo, aproximadamente, 135 rotas possíveis entre os dois portos. As embarcações de potencial interesse para o empreendimento são descritas no quadro 5.6.1.2.

As rotas indicadas referem-se principalmente a embarcações de médio e grande porte cujas dimensões variam entre:

- Dimensões mínimas: 16.5 x 119.8 m (para Navio de carga)– Dimensões máximas. 228 x 37.3 m (para navio cargeiro - Navio Full container)

Considerando as barcaças que podem ser usadas durante a construção, e sendo conservador, considera-se que as grandes embarcações, que poderiam passar entre os dois portos, têm uma área ocupada não superior a 50 x300 m.

O total de rotas, indicadas no quadro, são de 135, das quais cerca de 12 são para barcos menores (Rebocador / Empurrador).

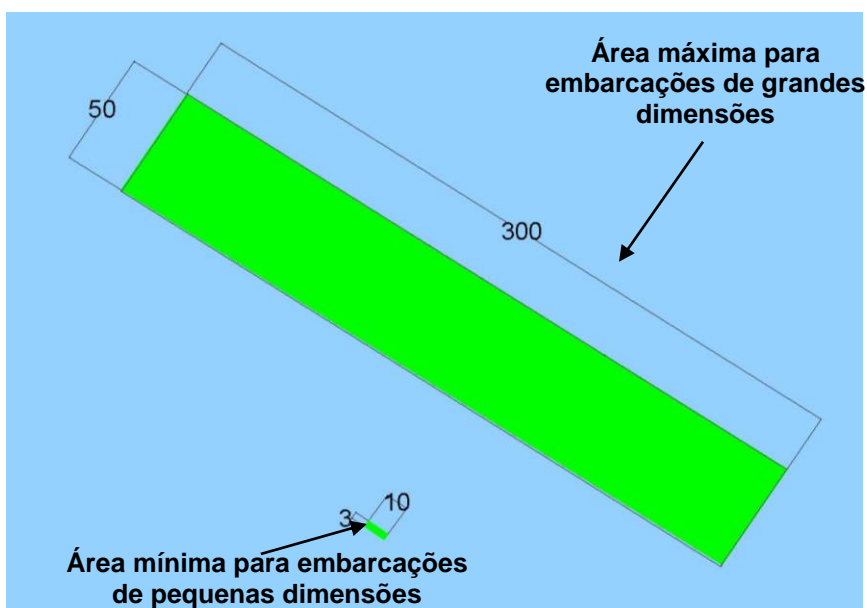
5.6.2 Área ocupada pelas embarcações

A partir da análise das tabulações relacionadas às embarcações, observa-se que as dimensões máximas podem ser consideradas aproximando-as, avaliando também as barcaças que serão utilizadas, por exemplo, no canteiro de obras, em torno de 50 x 300 m, enquanto que as embarcações de menor porte possuem dimensões máximas não superior a 3 x 10 m.

Os navios de grandes dimensões que normalmente navegam têm uma área ocupada contida nos 50 x 300m (Figura 5.6.2.1).



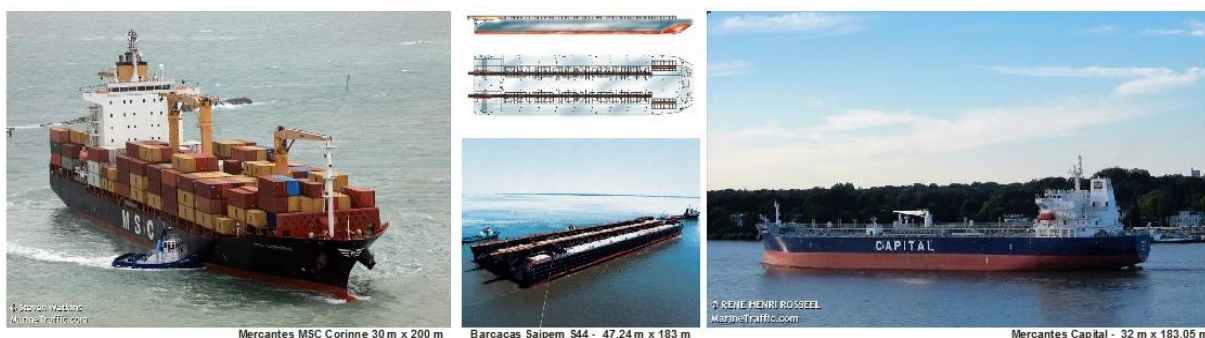
Figura 5.6.2.1 – Comparação das dimensões máxima e mínima para barcos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

São mostradas a seguir algumas embarcações (incluindo aquelas usados no canteiro de obras) que poderiam passar entre os portos do Pecém e Fortaleza (Figura 5.6.2.2).

Figura 5.6.2.2 – Embarcações de grandes dimensões



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Raoni Ceci

Os navios de pequenas dimensões são, principalmente, aqueles dedicados à pesca, pequenos navios mercantes e rebocadores. As dimensões mínimas indicadas estão relacionadas a barcos locais, como Jangada, ou pequenos barcos de pesca para pesca local (Figura 5.6.2.3)

Figura 5.6.2.3 – Embarcações de médias e pequenas dimensões



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Como mencionado, o trânsito de embarcações entre os portos do Pecém e Mucuripe está relacionado aos seguintes importantes aspectos:

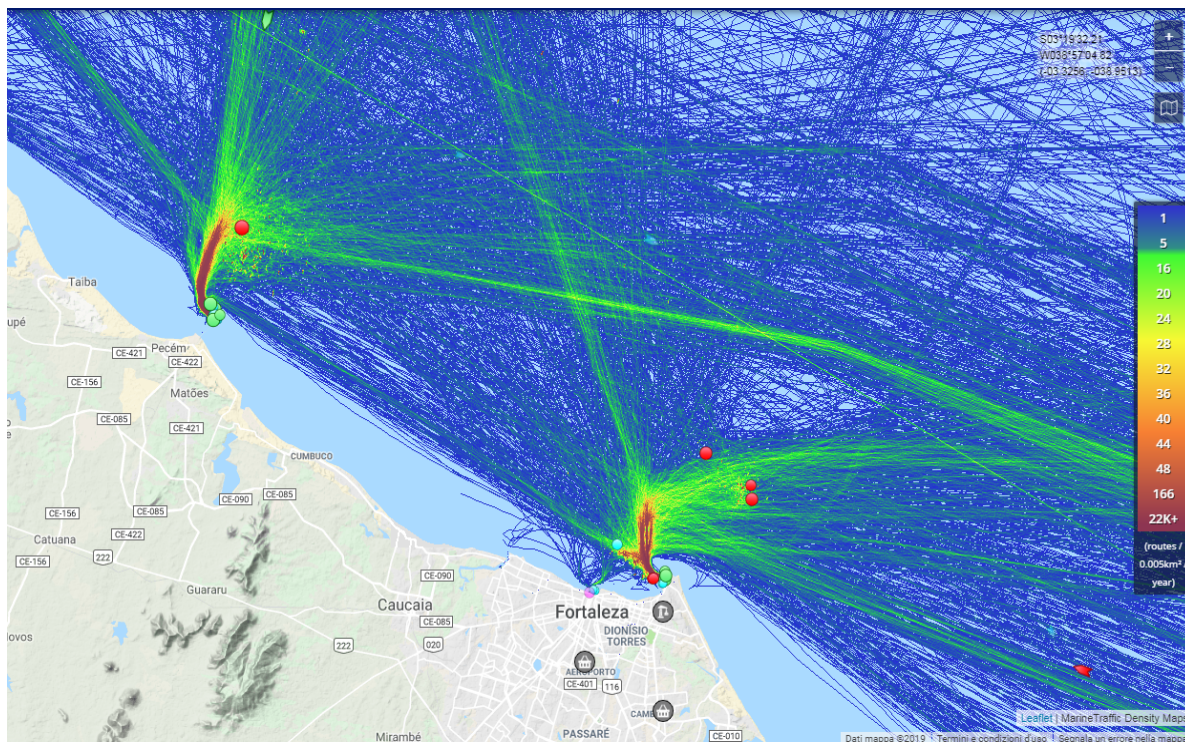
- Batimetria;
- Altura da parte imersa dos barcos (calado);
- Limitações presentes nos canais de entrada dos portos.

A batimetria, relativa às áreas do parque, varia entre 10 e 23 m, de modo que o trânsito dos grandes barcos com alta profundidade de imersão ainda não são realizados nas áreas da usina. Além disso, a entrada no porto de Mucuripe é limitada a embarcações que apresentam uma parte imersa (calado) de até 10m.

De fato, essas condições determinam um tráfego marítimo pouco significativo entre os dois portos, que, conforme indicado acima, é estimado em cerca de 135 trânsitos / ano.

Apresenta-se agora, uma indicação cartográfica das rotas que se desenvolvem entre os dois portos (Figura 5.6.2.4)

Figura 5.6.2.4 - Indicação das rotas entre Fortaleza e Pecém



Fonte: Adaptado de Marinha, 2019.

As rotas mostradas em azul são individuais, que se desenvolvem entre os dois portos e que, devido à batimetria, envolvem pequenas embarcações.

O trânsito de pequenas embarcações, compõe-se de pequenos rebocadores, barcos de pesca e pequenos navios mercantes. As dimensões variam entre o mínimo de 3 x 10 m até tamanho dos navios (ver tamanho médio dos navios) fino a 10 x 30m. Esses barcos medem entre 10x30 e 25x50m.

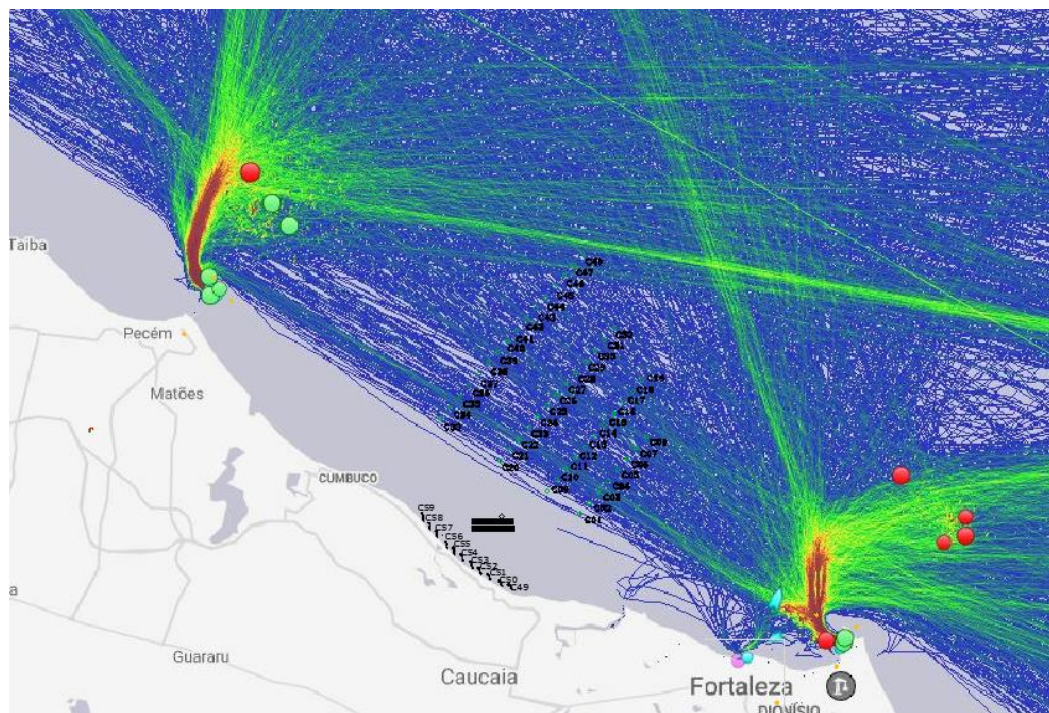
5.6.3 Navegação comum e navegação para as obras

No que diz respeito à navegação, aquela que normalmente ocorre na área, deve ser diferenciada, necessária para a construção do parque.

Raoni Ceci

Como já destacado, a área da planta está localizada entre os portos do Pecém e de Fortaleza em uma posição central (Figura 5.6.3.1).

Figura 5.6.3.1 Indicação de rotas entre Fortaleza e Pecém e a planta proposta



Fonte: Adaptado de Marinha, 2019.

A partir dos dados mencionados, percebe-se que, devido ao efeito da batimetria entre as duas áreas portuárias e às restrições de entrada no canal de Mucuripe (somente navios com a parte submersa máxima, definida como calado, não superior a 10 m podem entrar), o trânsito entre os dois portos ocorre com um número baixo de rotas, estimamos cerca de 135 rotas por ano, envolvendo navios mercantes, embarcações comerciais e pequenas embarcações.

Como pode ser visto entre os dois portos, muitas rotas individuais são desenvolvidas, e estão relacionadas a embarcações simples de tamanho pequeno e que podem transitar na presença de batimetrias não muito altas.

Grandes embarcações com profundidade do casco não superior a 10 m (limite de calado que entra no Mucuripe) passarão principalmente pelas rotas indicadas em verde, para a conexão entre os dois portos.

Raoni Ceci

As limitações de entrada no porto do Mucuripe e as limitações relacionadas à batimetria determinam um trânsito, no entanto, não significativo entre os dois portos.

Em essência, pode-se deduzir que a navegação comum, que se desenvolve no espelho d'água entre Mucuripe e Pecém, ocorre principalmente ao longo das rotas paralelas ao litoral (muito raramente na direção ortogonal a ele).

A navegação paralela é, portanto, relativa aos movimentos entre os dois portos, e envolve principalmente embarcações de pequeno ou médio porte (barcos de pesca, rebocadores, pequenos navios mercantes) e mais raramente barcos grandes (como barcas, navios, alguns navios mercantes).

A navegação para construção envolve embarcações de médio ou grande porte e se desenvolverá das áreas portuárias às áreas da planta.

As considerações expostas acima foram levadas em consideração para determinar o layout e a localização do parque eólico; de fato, o mesmo está localizado em áreas com baixa batimetria, entre 10 e 23 m (somente em algumas torres marginais atinge valores acima de 20 m de batimetria), de modo a não afetar as rotas relativas as grandes embarcações (Figura 5.6.3.2).

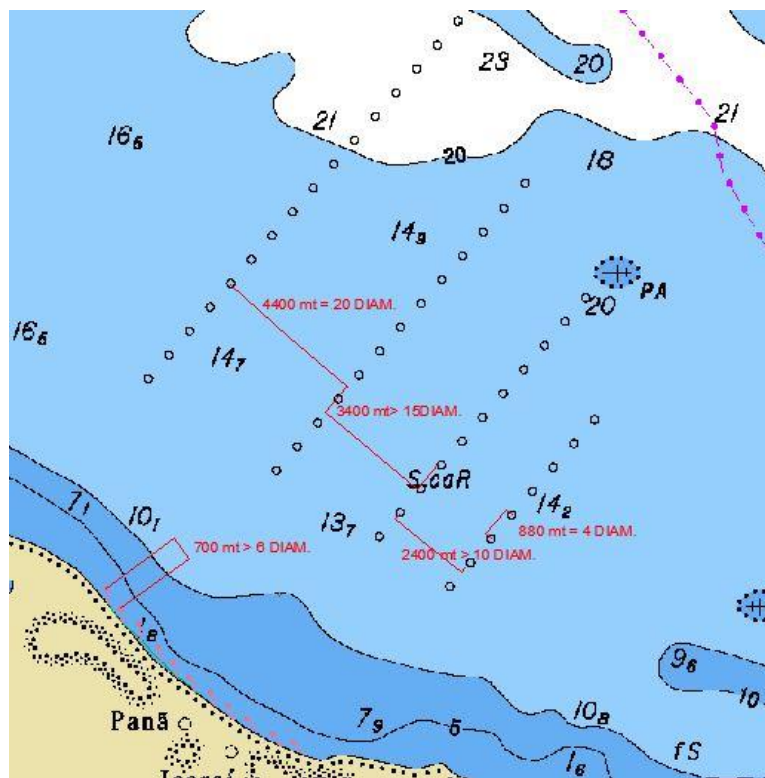
Como pode-se observar, o parque eólico está localizado em uma área onde predominantemente rotas individuais são realizadas e onde as batimetrias são contidas.

As instalações, de fato, interferem nas rotas, mas a configuração específica e a escolha da posição de cada uma das turbinas permitirão estabelecer rotas apropriadas, que não se diferem das rotas comuns.

As condições de navegação previstas para as fases de construção e operação da usina são examinadas abaixo e os critérios das melhores práticas/técnicas serão adotadas com referência às indicações do PIANC e à prática adotada em nível internacional nos países produtores de energia eólica offshore.

 Raoni Ceci

Figura 5.6.3.2 - Parque eólico e batimetria



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5.6.4 Navegação durante a fase de instalação

Para a realização do parque, em correspondência com as áreas de trabalho, a fim de evitar a colisão entre veículos de construção, que serão particularmente concentrados, e a navegação comum, espera-se, de acordo com a autoridade portuária, limitar, para o tempo necessário, à criação de áreas de trabalho individuais com amortecedores de aproximadamente 500m das áreas de intervenção, consistentemente com aqueles que são os endereços internacionais e os limites aplicados na Europa para parques construídos na Inglaterra, Alemanha e Dinamarca (normativa UNCLOS).

Dependendo das áreas envolvidas pelas obras, pode-se prever a limitação das embarcações, que normalmente transitam no mar, ao redor das turbinas, da estação marítima e das áreas de disposição dos cabos, por partes das áreas onde o trabalho é realizado. Na prática, a navegação é limitada em partes da planta.

Raoni Ceci

A seguir, é apresentado um esquema com as porções das áreas parcialmente ocupadas durante os trabalhos e as possíveis trajetórias a serem seguidas durante a construção.

Deve-se notar que, na fase de projeto executivo, o trabalho pode ser realizado em uma ordem diferente, com base nos recursos disponíveis do contratado mas, no entanto, será possível prever as áreas precisas dos trabalhos nas quais a navegação é interrompida apenas por curtos períodos e por alguns porções do espelho marinho.

A seguir, são apresentados alguns esquemas possíveis de limitação para as fases de processamento.

Na fase de construção, as etapas detalhadas dos trabalhos são especificadas e um Plano de Gerenciamento de Tráfego Marítimo apropriado será elaborado, assistido por um responsável designado, que, de acordo com Capitania dos Portos, fornecerá uma atualização contínua das áreas temporariamente fechadas para tráfego marítimo e a duração, início e fim dos trabalhos.

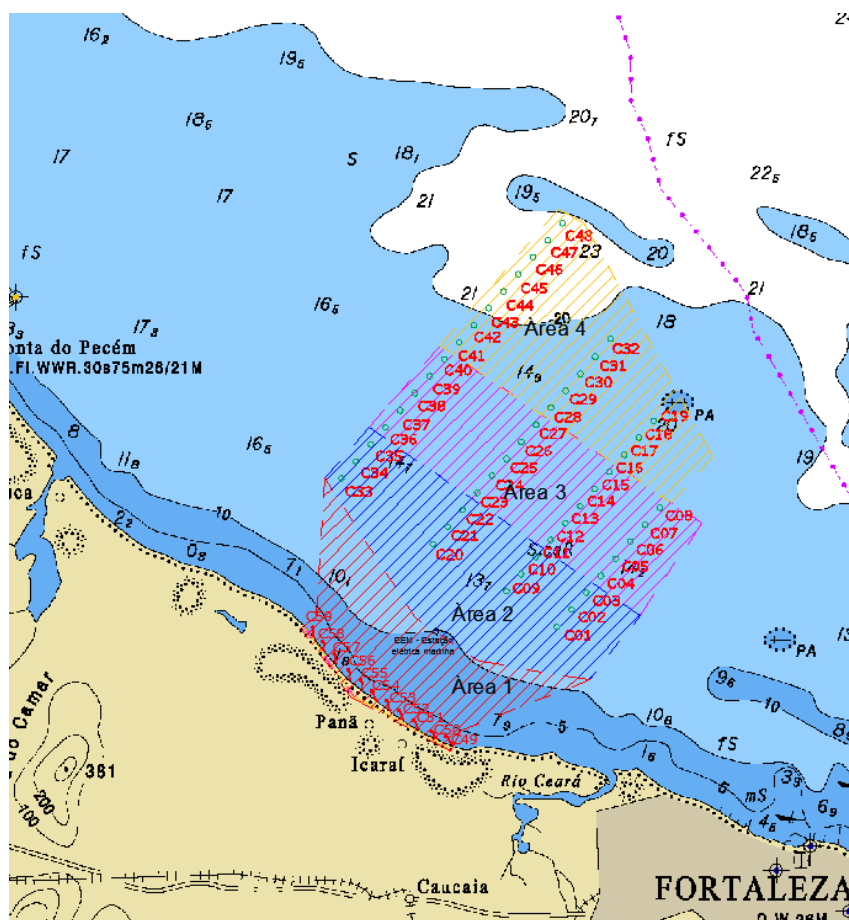
A capitania fornecerá as rotas a serem seguidas, periodicamente, para os barcos que normalmente trafegam nas áreas do parque.

Para delimitar temporariamente as áreas excluídas para trânsito temporário, serão utilizados auxílios físicos diretos adequados, como bóias leves e coloridas, em conformidade com as normas brasileiras do Normam 17 (capítulo 3, seções 1 e 2, anexo A_B) e internacionais da IALA (MBS. R1001).

Também é possível que sejam adotados sistemas de comunicação do tipo radar, rádio ou sinalização acústica que avisem os barcos próximos às zonas de limitação e que sejam ativados no caso de exceder a distância de segurança definida (os sensores estarão localizados adequadamente em bóias e barcos do canteiro de obras).

Um possível esquema de construção é aquele que prevê que o trabalho no mar possa começar nas áreas de instalação dos molhes (consulte a figura sucessiva Área 1) e, ao mesmo tempo, nas áreas da estação marítima e das primeiras turbinas (consulte a figura sucessiva Área 2), prevendo, portanto, a exclusão das áreas de navegação por um primeiro período ou por dois períodos sucessivo (5.6.4.1).

Figura 5.6.4.1 - Possível desenvolvimento de áreas de construção no mar.



Fonte: Adaptado de Marinha, 2019.

Nesse caso, portanto, as rotas podem prosseguir de acordo com o diagrama mostrado na figura 5.6.4.2, impedindo as áreas 1 e 2 pelo tempo necessário para realização dos trabalhos.

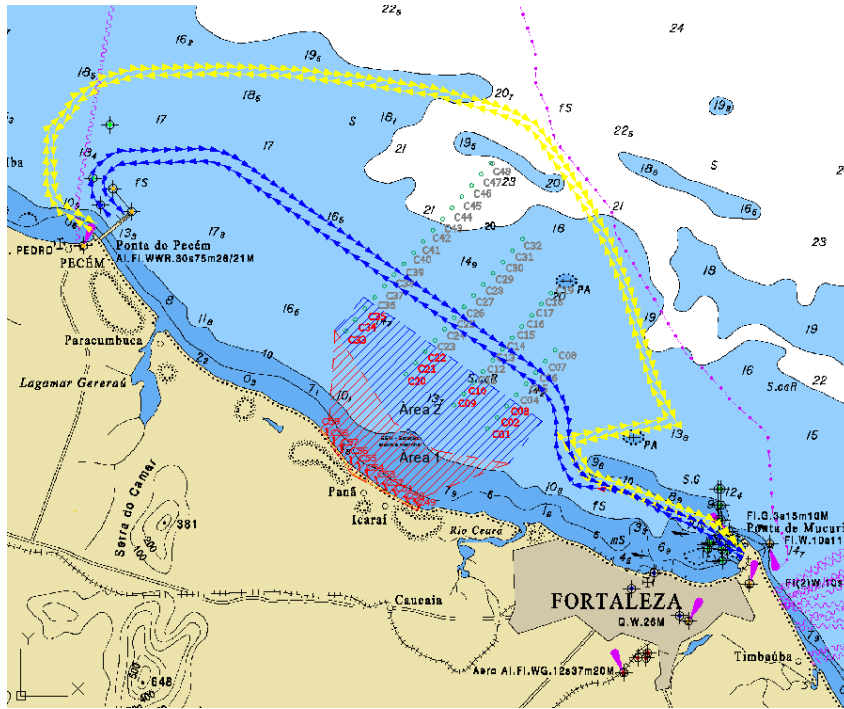
Ao final dos trabalhos nas áreas 1 e 2, prosseguimos com o trabalho nas áreas 3 e 4, de maneira simultânea ou sequencial (Figura 5.6.4.3)

Neste caso, portanto, está previsto o regime de trânsito proposto, que impede a navegação nas áreas 3 e 4 durante a duração das obras.

Visto isso, a navegação é planejada para as áreas já concluídas e pode ser mantida durante a fase de exercício, de forma consistente com a prática internacional usada, por exemplo, no Japão, perto das áreas portuárias, mas apenas para pequenos barcos. Os grandes barcos seguirão rotas fora do parque, de acordo com as indicações do PIANC e as distâncias estabelecidas pelo COLREG.

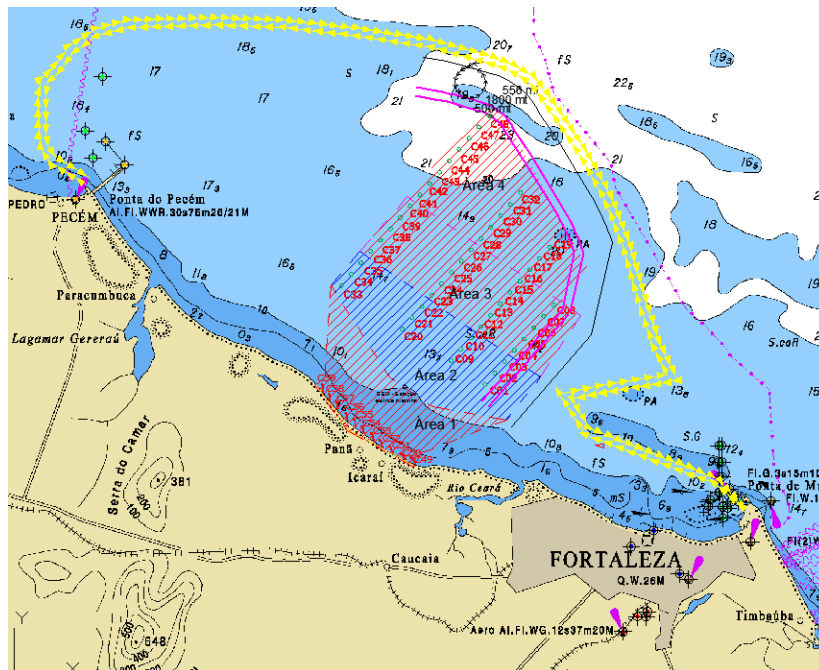
Raoni Ceci

**Figura 5.6.4.2 - Possível desenvolvimento de áreas das construção no mar.
Áreas de exclusão 1 e 2 para o arco temporal de construção.**



Fonte: Adaptado de Marinha, 2019.

Figura 5.6.4.3 - Possíveis rotas durante os trabalhos na área 3 e 4



Fonte: Adaptado de Marinha, 2019.

Raoni Ceci

5.6.5 Navegação Durante a Fase de Operações

Durante a fase de operação, a inter-distância entre as turbinas ao longo da mesma linha (880 m) e ao longo das linhas paralelas (3300m, 4400m e 5500m) e as dimensões das embarcações que normalmente transitam pelas áreas, além daquelas necessárias para gerenciamento e manutenção da usina, possibilita o trânsito de embarcações entre as turbinas e ao longo dos corredores, entre as várias linhas.

A referência para o trânsito, em correspondência com o parque eólico, conforme previsto no parágrafo anterior, são as indicações do COLREGs e a prática internacional (Japão) mencionada no relatório PIANC.

A planta está localizada em uma área de navegação que não é particularmente intensa, principalmente, para barcos grandes ou com um calado superior a 10m (limite para o porto de Mucuripe).

As indicações relatadas no PIANC especificam que não são ferramentas prescritivas, mas representam uma ferramenta de aplicação muito válida para a definição do layout do projeto, garantindo as seguintes condições:

- distância mínima segura entre a rota de navegação e o parque eólico (indicações Colreg e práticas adotadas pelos países produtores de energia eólica no mar);
- técnicas de operação para evitar interferência eletromagnética nas comunicações por radar e rádio;
- adequada sinalização cromática e luminosa das turbinas;
- condições de segurança e gerenciamento das emergências;

Na fase executiva, um plano de avaliação de riscos é preparado para emergências, avaliando os eventos ou circunstâncias que podem dar origem à sua realização e que determinam o risco, identificação das medidas preventivas de mitigação que podem ser implementadas para controlar o risco.

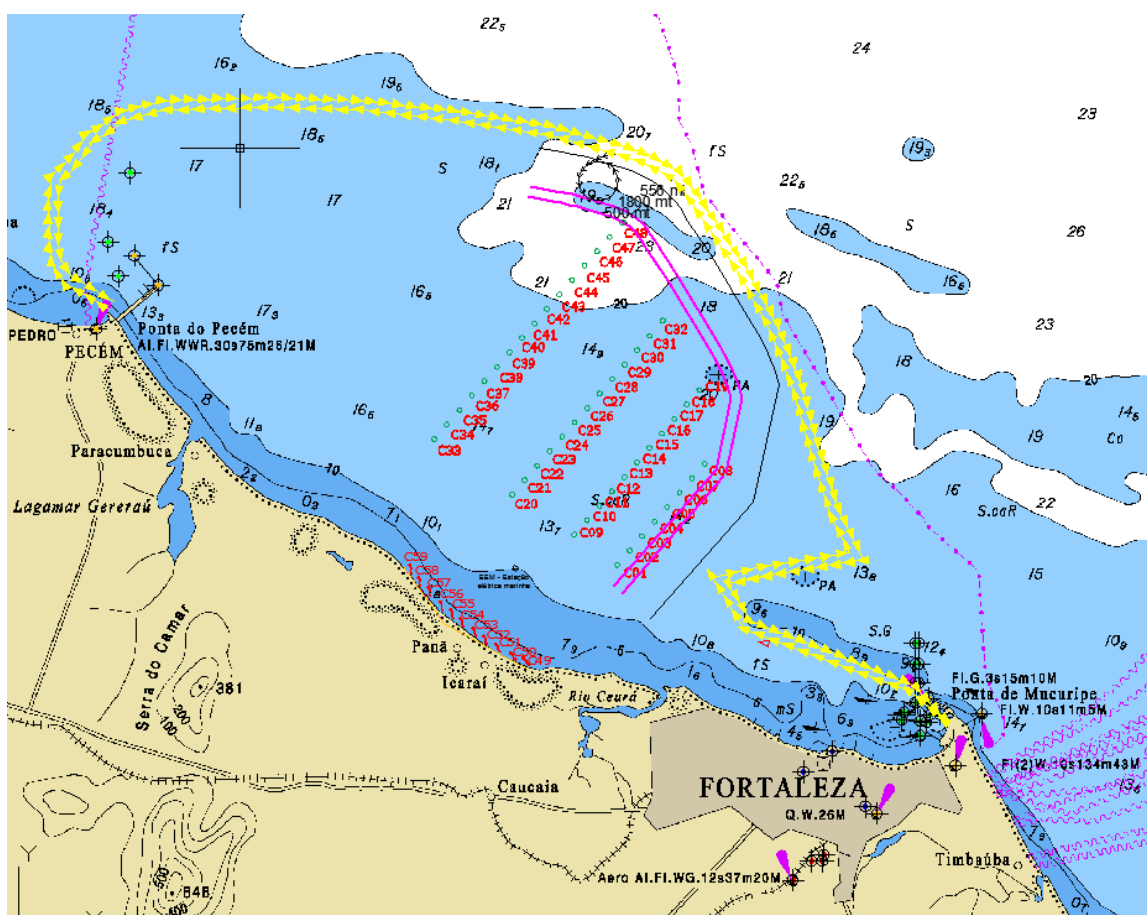
A verificação dessas condições é, no entanto, contextualizada aos detalhes específicos do parque.



As especificidades de cada um dos locais (fatores locais ou condições no seu entorno) ou os requisitos nacionais / regionais (legais) podem levar a diferentes considerações em comparação com as diretrizes apresentadas no relatório do PIANC.

Diante do exposto, o seguinte esquema de rota é proposto para navegação, durante a fase de operação (Figura 5.6.5.1).

Figura 5.6.5.1- Rotas durante a fase de exercício



Fonte: Adaptado de Marinha, 2019.

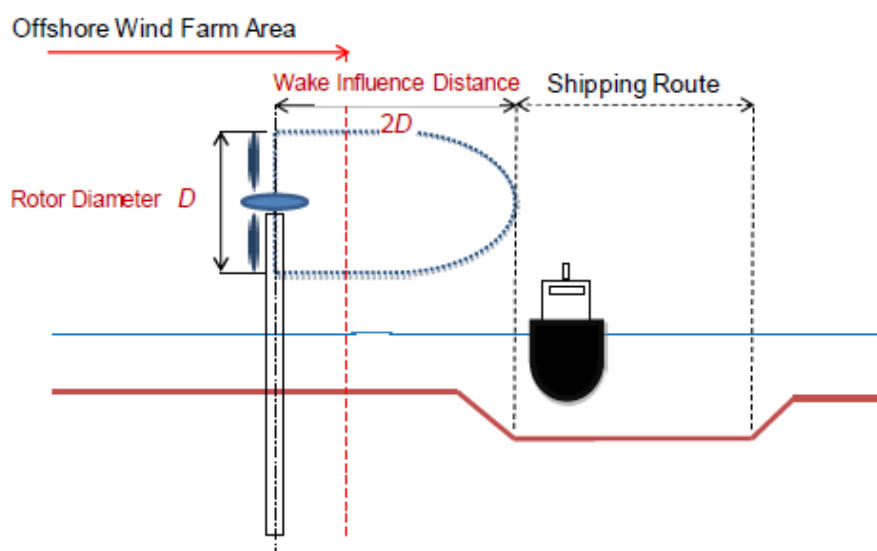
O esquema proposto, em resumo, considera a possibilidade de trânsito de embarcações entre as turbinas eólicas, na mesma linha, para barcos pequenos ou modestos, respeitando a prática adotada no Japão (indicado no documento PIANC), onde o trânsito é permitido se dois requisitos fundamentais para a rota forem respeitados:

Raoni Ceci

- Que a rota seja feita a uma distância de pelo menos 2 vezes o diâmetro para evitar possíveis efeitos de esteira entre o barco e a turbina ($2D$);
- Que a distância de segurança seja respeitada em caso de falha da estrutura ou que a embarcação não seja diretamente afetada pelo colapso de uma usina de geração eólica offshore (H_f).

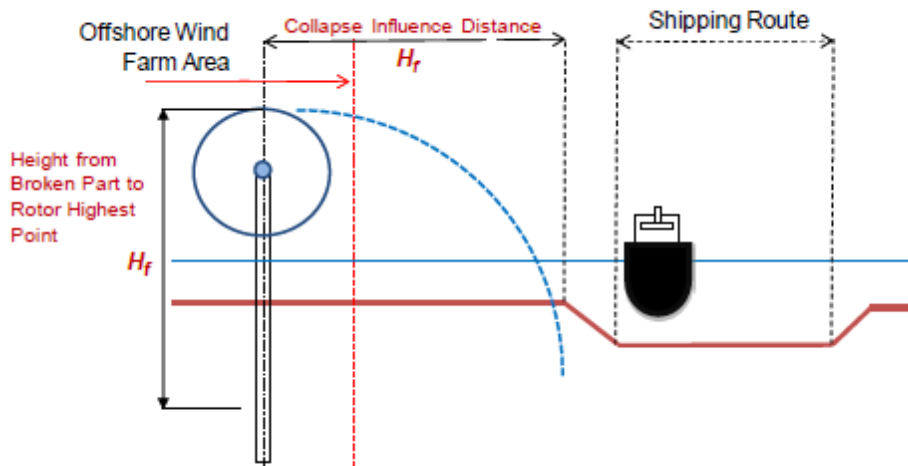
Esquemáticamente, nas figuras 5.6.5.2 e 5.6.5.3, as seguintes condições portanto, devem ser respeitadas.

Figura 5.6.5.2 - Avaliação da distância considerando o diâmetro da turbina (rota a 2 vezes o diâmetro)



Fonte: PIANC, 2018.

Figura 5.6.5.3 - Respeito da distância no caso, remoto, de falha e derrubamento da estrutura



Fonte: PIANC, 2018.

Contextualizando essa condição para o parque eólico, propomos as rotas apresentadas na figura 5.6.5.4 entre as turbinas do parque, garantindo as condições indicadas acima.

Em particular:

- A interdistância ao longo da mesma linha entre as turbinas é: 880m;
- Diâmetro da turbina: 220m Raio da turbina: 110m H hub: 150m H total: 260m;
- 2 Diâmetros : 440m;
- Hf (caída) : 260m.

Portanto, é possível a navegação de pequenas embarcações de acordo com o esquema de navegação proposto abaixo na figura 5.6.5.5, dentro do parque.

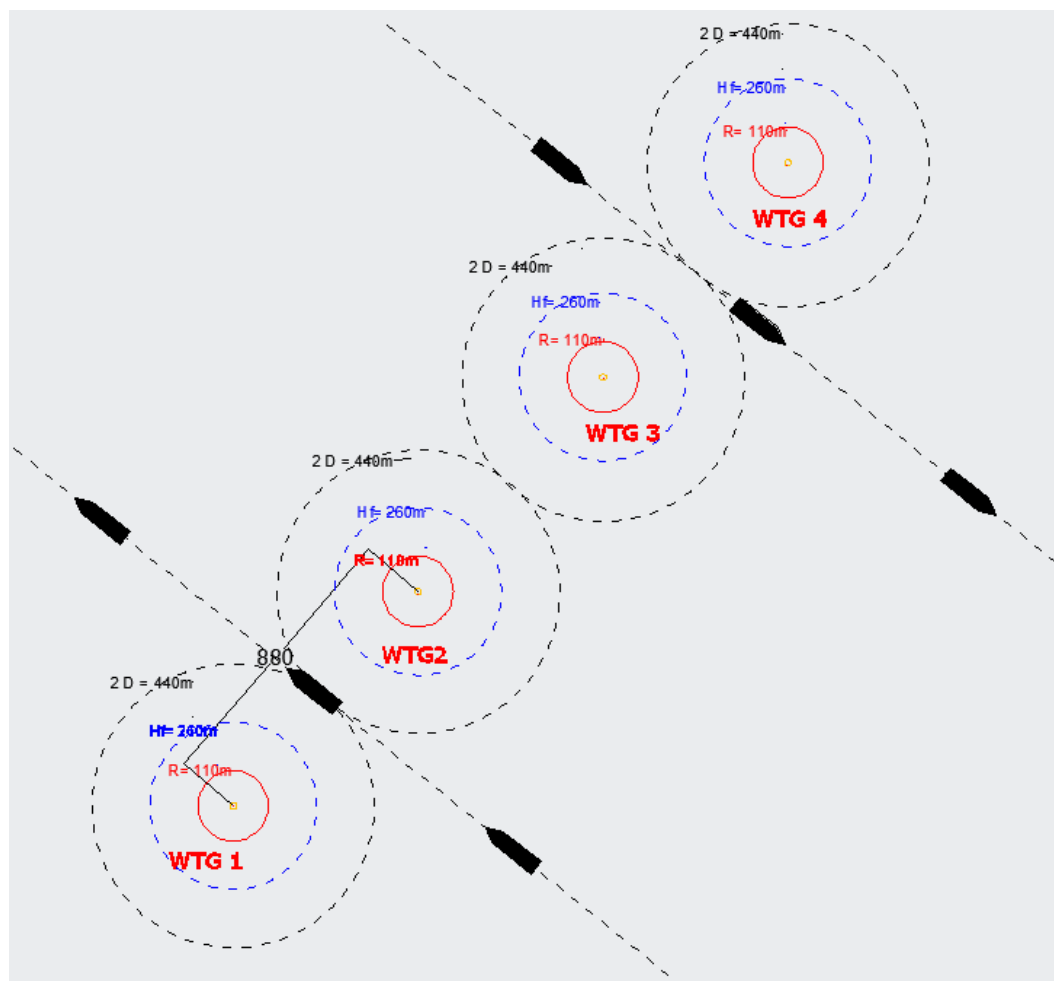
Nas primeiras filas devido à baixa batimetria (entre 10m e 13m), o trânsito pode ser realizado por barcos cujo tamanho, em condições de carga máxima, para a parte submersa, não exceda 5m. Portanto, as rotas serão dedicadas a pequenas

Raoni Ceci

embarcações de pesca, rebocadores ou navios mercantes com uma parte submersa não superior a 5m.

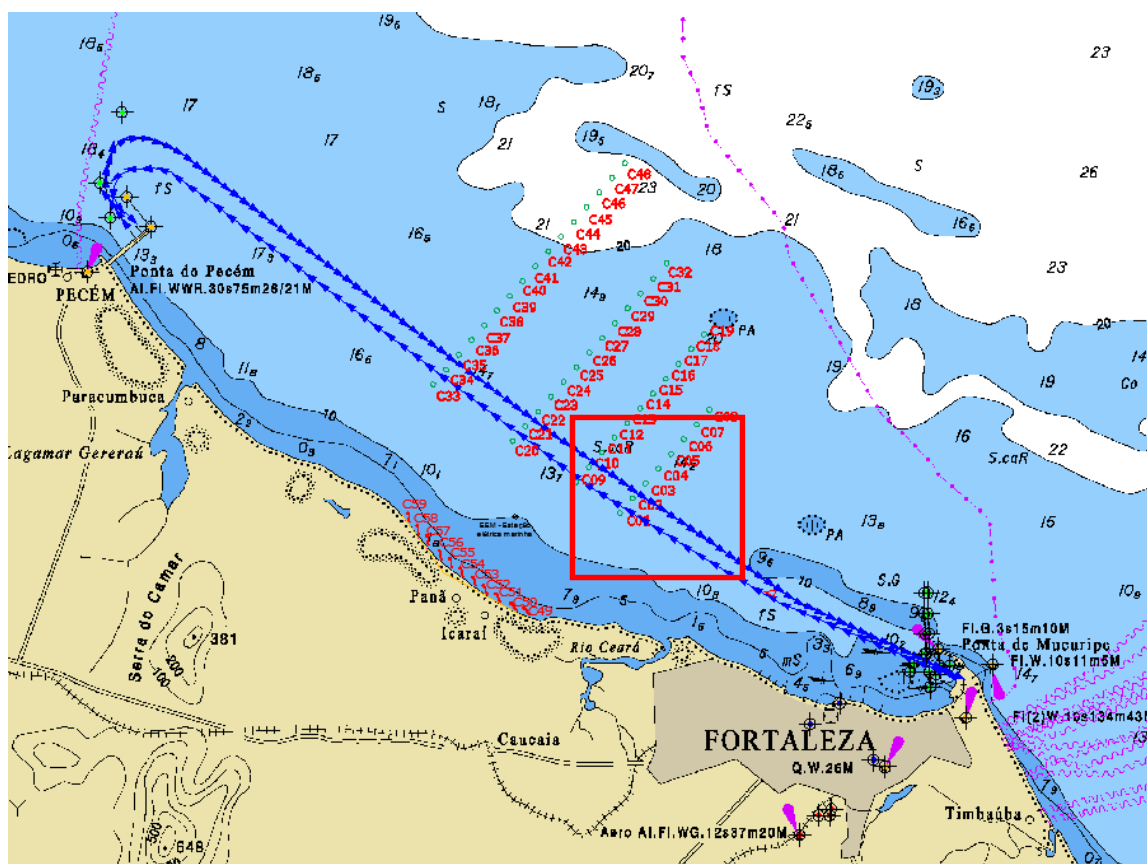
Sem prejuízo dos requisitos de segurança, também podem ser realizados transportes de barcaças, que envolvem o uso de navios-piloto, que os precedem ao longo da rota. Para evitar colisões neste caso, são esperadas rotas com sentidos alternativos.

Figura 5.6.5.4 - Esquema de navegação entre as turbinas, com rotas com o dobro do diâmetro (tampão preto) e a uma distância maior que a possível caída da turbina (buffer blu)



Fonte :Elaborado pelo autor,2019.

Figura 5.6.5.5 - Rotas internas ao parque para navegação de pequeno e médio porte.



Fonte: Adaptado de Marinha, 2019.

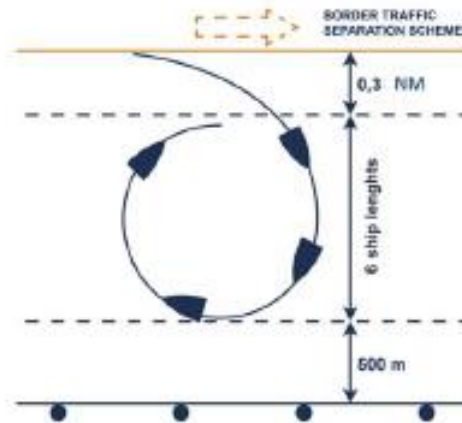
Para embarcações de grande porte que, normalmente, passam do porto do Mucuripe para o do Pecém (cuja parte submersa, no entanto, não excede 10 m), a rota é planejada por fora do parque eólico, respeitando as condições necessárias para evitar colisões com o padrão COLREGs relatado no relatório PIANC.

Na prática, o padrão COLREGs prevê os seguintes diagramas referentes às distâncias mínimas a serem respeitadas para evitar colisões (consulte SCHEMA PIANC -COLREGs).

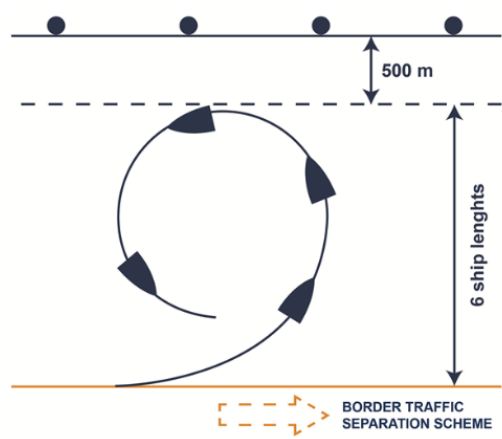
Com base nas diretrizes, disposições e regulamentos discutidos acima, uma distância mínima entre uma rota de navegação e um parque eólico pode ser determinada da seguinte maneira:

Raoni Ceci

- Lado de estibordo (direito) de qualquer rota Lt: 0,3 NM + 6 comprimentos de navio + 500 metros



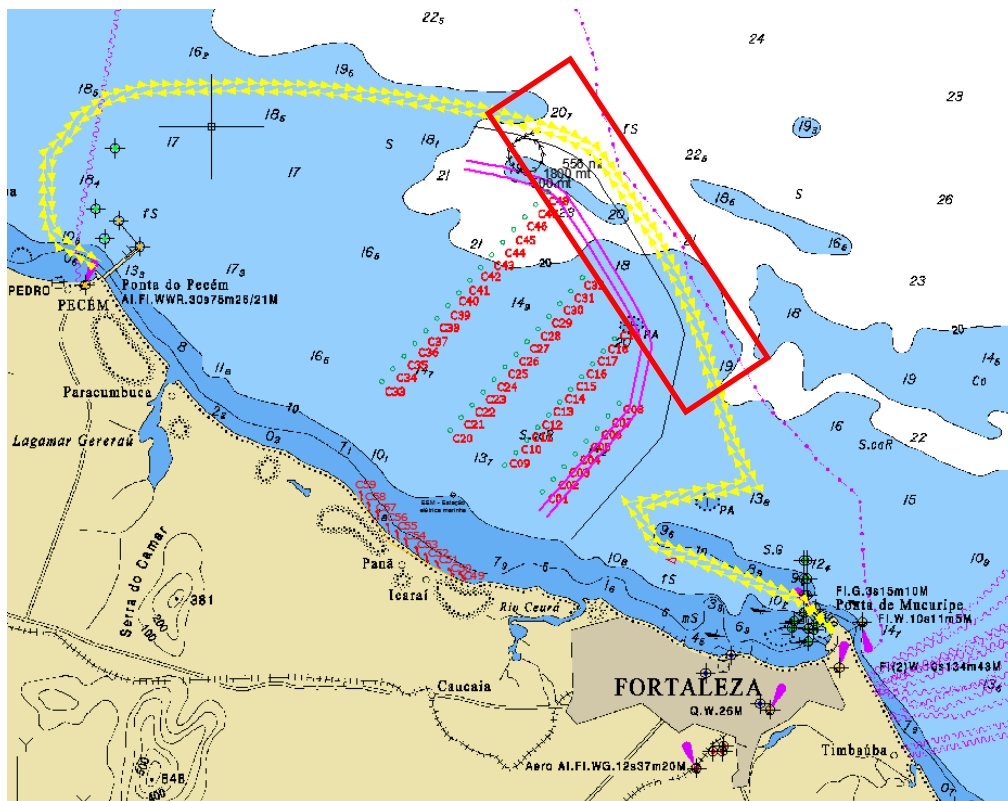
- Lado de bombordo (esquerdo) de qualquer rota Lb: 6 comprimentos de navio + 500 metros



Para navios de dimensões máximas de 300m, existe, portanto, $L_t = 2865\text{m}$ e $L_b = 2300\text{m}$. Para a rota externa para o parque de estibordo a 2865m está prevista, como mostrado no esquema geral das rotas e nos detalhes indicados na figura 5.6.5.6 e 5.6.5.7.

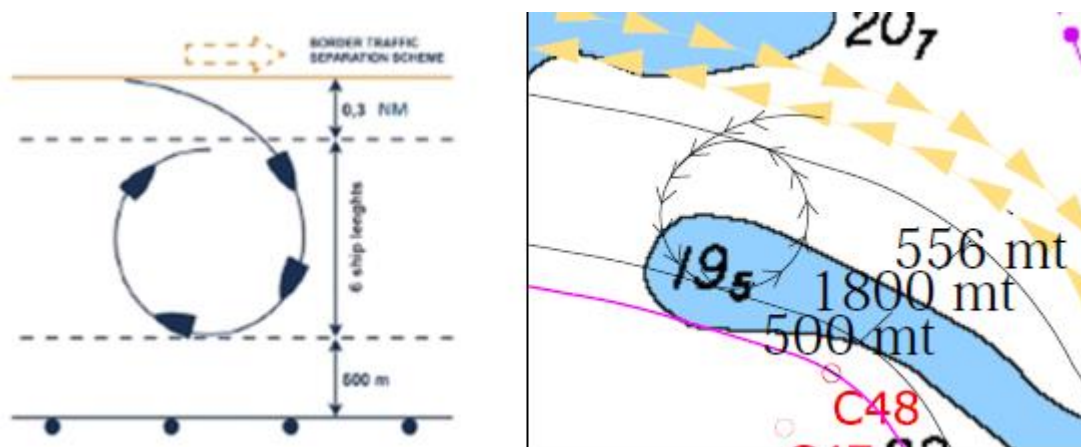
Raoni Ceci

Figura 5.6.5.6 - Rotas externas ao parque para grandes navios, com distância das turbinas de acordo com as indicações COLREGS



Fonte: Adaptado de Marinha,2019.

Figura 5.6.5.7 - Rotas com distância das turbinas de acordo com as instruções do COLREGs, considerando navios de grande porte, com até 300m de comprimento, é possível manobrar para evitar colisões.



Fonte :Elaborado pelo autor, 2019.

Raoni Ceci

Paralelamente à rota indicada, uma rota contrária pode ser executada e, como não há obstáculos com relação à direção do percurso, podem realizar manobras COLREGs, de segurança.

A configuração proposta na fase de exercício, portanto, prevê a travessia de barcos pequenos ou médios, geralmente equipados com comunicação apenas por rádio e sem radar, entre as turbinas a cerca de 440 m entre elas.

Para o trânsito no parque, também está previsto alternar as direções de viagem de forma a sempre evitar colisões. As turbinas poderão, de fato, servir de guia para as embarcações e ser uma referência importante para marinheiros e comandantes de barcos individuais, mesmo à noite, onde o sistema de iluminação fornecido será útil para uma navegação correta.

Para embarcações de grande ou médio porte equipadas com sistema de radar, para evitar interferência eletromagnética nas comunicações, são fornecidas rotas externas ao parque, cumprindo também as indicações do COLREGs.

Para embarcações que vão do Pecém ao Mucuripe, as distâncias de segurança são respeitadas com relação à rota de navegação (no lado estibordo), para evitar colisões, e são próximas a:

- LT: $0,3 \text{ NM} + 6 \text{ comprimentos de navio} + 500 \text{ m}$ (ou seja, para um navio de 300 m de comprimento a uma distância mínima de 2856 m, ou seja, cerca de 1,6 NM);

Na direção oposta, não há obstáculos e podem ser realizadas manobras de emergência no caso de uma possível colisão.

A configuração de rota proposta é considerada com o risco muito baixo de colisão. Evidencia-se que a escolha do layout e rotas descritas, também em termos de interferência eletromagnética, para radar e radiocomunicação, com as escolhas técnicas e as medidas de mitigação a serem adotadas, será de natureza a não apresentar riscos significativos.



5.6.6 Mitigações para Sinais de Radar

Para os radares de bordo, uma importante medida de proteção para limitar as interferências, bem como obter resultados precisos com a operação da função de rastreamento automático de alvos, é ajustar adequadamente seu equipamento de radar.

As rotas propostas fora do parque de acordo com as indicações do COLREGs, para embarcações de grandes dimensões, respeitam essa distância. Hoje, no entanto, é possível evitar interferências intervindo diretamente no material que a turbina é constituída.

Estudos mostraram que é possível usar duas camadas de resina epóxi reforçada com espuma de vidro e plástico na estrutura das turbinas, capazes de refletir e capturar com precisão as ondas e evitar interferências (o sistema é semelhante ao adotado para tornar os aviões de guerra invisíveis aos radares).

Ademais, também mostrou que não é necessário usar material de radar absorvente em toda a turbina eólica. Existem, de fato, pontos cruciais nos quais aplicá-lo, por exemplo, na parte inicial e final das bordas. O aspecto fundamental da pesquisa foi, no entanto, encontrar uma solução econômica e simples a ser incluída nos processos de fabricação existentes, sem comprometer e diminuir a eficiência da turbina.

Essas inovadoras turbinas eólicas serão instaladas no parque eólico de Perpignan e serão a primeira vez, desde que foram concebidas, que se tornarão parte de uma planta real.

Outras soluções estão sendo desenvolvidas, por exemplo, no Reino Unido, o governo alocou fundos para iniciar pesquisas sobre a possibilidade de criar sistemas de radar equipados com um novo software calibrado para distinguir parques eólicos de outros alvos. Além disso, a Cambridge Consulting desenvolveu um sistema holográfico ou, melhor dizendo, um radar tridimensional, capaz de receber e entender a diferença entre um avião e uma turbina eólica, a partir da observação de seu comportamento.

Assim, a pesquisa no setor eólico está em constante crescimento e visa criar estruturas com desempenho cada vez mais alto.

Portanto, se necessário durante a fase de construção, após estudos detalhados sobre as interferências e antes da construção do parque, serão previstas todas as medidas adequadas para mitigar os efeitos de interferência nas comunicações por radar.

Especifica-se, também, que os radares modernos com processamento automático de dados (Automatic radar plotting aid - ARPA) são um instrumento de navegação marítima projetado para evitar colisões no mar e podem ser usados em todos os barcos. O radar ARPA é capaz de distinguir sinais falsos e torna possível distinguir objetos em movimento dos fixos.

A adoção desse sistema possibilita identificar quais são as turbinas pelo movimento das pás e diferenciá-las dos barcos. O uso dessa tecnologia torna as navegações mais seguras, gerenciando bem as interferências e evitando colisões.

5.6.7 Mitigações para Sinais de Rádio

Para interferência de rádio, é possível intervir tanto na fase de construção quanto na fase de operação com as seguintes precauções:

Na fase de construção

- O operador poderia prever, no caso de um sinal ruim dentro do parque eólico offshore, uma ou mais estações VHF adicionais. Cada unidade será composta por um transmissor (Tx) e um receptor (Rx) ativado que operam nas frequências VHF. Essas unidades garantiriam as comunicações relacionadas também situações de risco ou emergência, bem como trânsito marítimo normal.

Na fase de operação

- Durante os meses seguintes ao comissionamento do OWF (offshore wind farm), devem ser tomadas medidas sobre a propagação de sinais no VHF dentro e perto do OWF. Os resultados devem ser comunicados aos serviços envolvidos para o



gerenciamento de emergências e segurança (RCC, VTS ou o escritório dos gestores do porto);

- Durante esta fase de transição e até que os resultados do estudo sejam conhecidos, o equipamento VHF no parque eólico offshore pode ser disponibilizado ao escritório RCC, VTS ou da Capitania dos Portos;

O operador é responsável pelo procedimento de integração e instalação deste equipamento, incluindo antenas.

- Se os estudos revelarem distúrbios, o RCC poderá exigir que o operador instale uma estação de rádio GMDSS costeira, como medidas compensatórias para preservar a integridade da área A1 do mar definida pelo GMDSS. As medidas compensatórias do escritório do VTS ou do VHF podem ser menos rigorosas, pois não estão relacionadas à segurança e resgate;

- Uma base AIS adicional também pode ser necessária em um local apropriado no OWF (offshore wind farm).

- Se nenhuma perturbação for detectada, o requisito operacional deve ser necessário para manter o equipamento avaliado. Caso a estação deva ser mantida por razões operacionais, o RCC ou qualquer outro serviço envolvido deve iniciar um procedimento contratual com o operador para definir a manutenção das estruturas e o acesso aos locais.;

Concluir a melhor prática para identificar as possíveis implicações para a radiocomunicação operando em uma área de parque eólico e realizar um estudo do possível impacto na radiocomunicação é oferecer uma campanha de medição quando o parque eólico for realizado. Isso para confirmar ou não a necessidade de colocar outras estações no OWF ou simplesmente para verificar a cobertura da área marinha afetada pelas obras.

As medições também são importantes para avaliar a necessidade ou não de fornecer outros sistemas de transmissão em terra, se estes forem alterados pela presença do parque eólico; por exemplo, a partir da análise, poderá ser necessário colocar, em terra, outras estações RDF ou GNSS (sinais satélite) que realmente servem para identificar as posições e rotas das embarcações.



Não há experiência com parques eólicos offshore que evidencie que os geradores eólicos, a fixação do fundo do mar, dentro do local, e a produção em terra produzam campos eletromagnéticos que afetam as bússolas e outros sistemas de navegação.

No entanto, durante a navegação, qualquer anomalia será sempre avaliada e o funcionamento correto de todos os auxílios à navegação será verificado.

5.6.8 Considerações Relativas Ao Parque Eólico De Caucaia Em Relação A Emissões Eletromagnéticas

O parque eólico de Caucaia foi projetado apropriadamente com a finalidade de:

- 1) Garantir rotas de navegação seguras durante a construção e operação;
- 2) Garantir que nenhum impacto significativo possa ser gerado nas comunicações por radar, fornecendo rotas dedicadas a distâncias adequadas do parque eólico, para grandes embarcações equipadas com equipamento de radar (na verdade, elas são pouco presentes nas áreas do parque devido à baixa batimetria e limitações em canal de entrada para Mucuripe).

Enquanto dentro do parque são permitidos trânsitos para embarcações de pequeno e médio porte, que são principalmente barcos de pesca, pequenos navios mercantes e rebocadores, ou seja, barcos capazes de transitar com baixa batimetria e que de fato não têm a obrigação de equipamento de radar.

As rotas planejadas durante a fase de operação são tais que não determinam influências significativas em relação aos sistemas de radar das embarcações, pois os navios eventualmente equipados com esses sistemas trafegam para fora do parque a uma distância maior que 1,5 MN (especificamente para 2856 m para respeitar as distâncias do COLREGs).

Além disso, o parque está localizado a mais de 10 km das estações de radar terrestres mais próximas, de modo que estarão fora as áreas protegidas.

De qualquer forma, se, após avaliações detalhadas, possíveis interferências nos sinais de radar forem feitas nas interferências que serão realizadas durante a

execução do projeto, será possível intervir prevendo sistemas de “mascaramento” das turbinas, em material que possa ser atravessado por radares sem criar interferência.

- 3) Garantir uma interferência não significativa com relação a interferência do tipo rádio nas comunicações navio-navio, navio-terra e navio-satélite.

Ainda com relação a esse aspecto, a fim de identificar as possíveis implicações para a radiocomunicação operando em uma área de parque eólico e realizar um estudo do possível impacto na comunicação por rádio, uma campanha de medição será planejada após a construção do parque. Isso para confirmar ou não a necessidade de colocar outras estações no OWF ou simplesmente para verificar a cobertura da área marinha afetada pelo trabalho.

Se o sinal do rádio transceptor for fraco ou ruim durante as fases de construção, é planejado inserir repetidores adequados nas áreas do parque, que podem permanecer mesmo depois, na fase de operação.

Pelo exposto, podemos afirmar que a definição do layout do projeto e a localização das turbinas foram projetadas levando em consideração as interferências na navegação e na comunicação. A primeira mitigação é representada precisamente pelas distâncias entre as turbinas e pela batimetria na qual as mesmas estão alocadas. De fato, o parque está localizado em uma posição que interfere apenas nas rotas de embarcações menores, que podem continuar a passar pelo parque mesmo durante a sua operação.

Os veículos equipados com sistemas de radar e tamanhos maiores poderão, na prática, traçar quase as mesmas rotas praticadas antes da construção do parque, ou seja, fora dele, ao longo de uma batimetria mais profunda.

5.6.9 Rotas de Navegação para Pequenas Embarcações

Como é evidente em todas as informações relatadas nos itens anteriores, as rotas de navegação que se desenvolvem na área da usina são principalmente entre os dois portos de Mucuripe e Pecém.



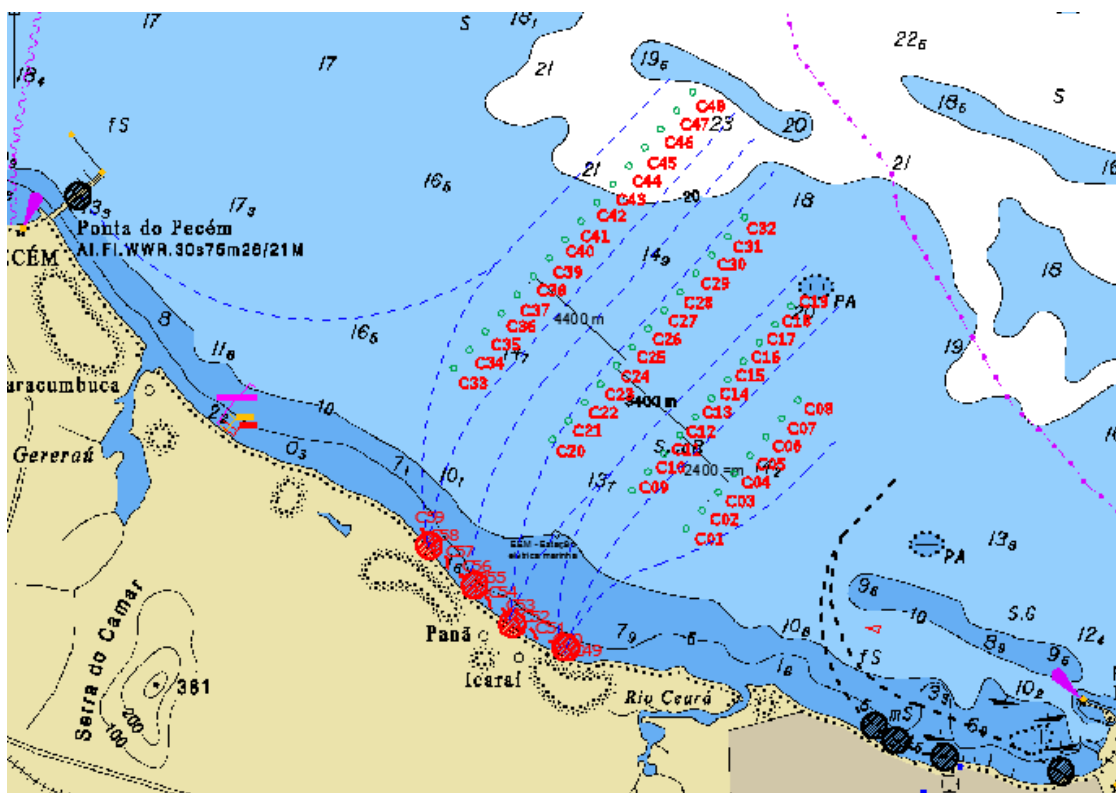
No entanto, pequenos barcos e barcos de pesca, que normalmente passam pelas áreas da planta, principalmente, devido às atividades de pesca, poderão continuar suas atividades mesmo após a construção do parque.

Na realidade, após a construção dos molhes, haverá a possibilidade de inserir novos pontos de atracação e estacionamento para os barcos.

Além disso, a introdução dos molhes permite o desenvolvimento de novas atividades e novas oportunidades de desenvolvimento econômico relacionadas ao setor pesqueiro.

A seguir, são apresentadas algumas rotas possíveis para pequenas embarcações e a indicação de pontos de atracagem para embarcações pequenas (existentes) e novos pontos possíveis para a inserção das obras (Figura 5.6.9.1).

Figura 5.6.9.1 - Rotas para barcos de pesca e pequenas embarcações e pontos de atracagem existentes (em preto) e novos (em vermelho).



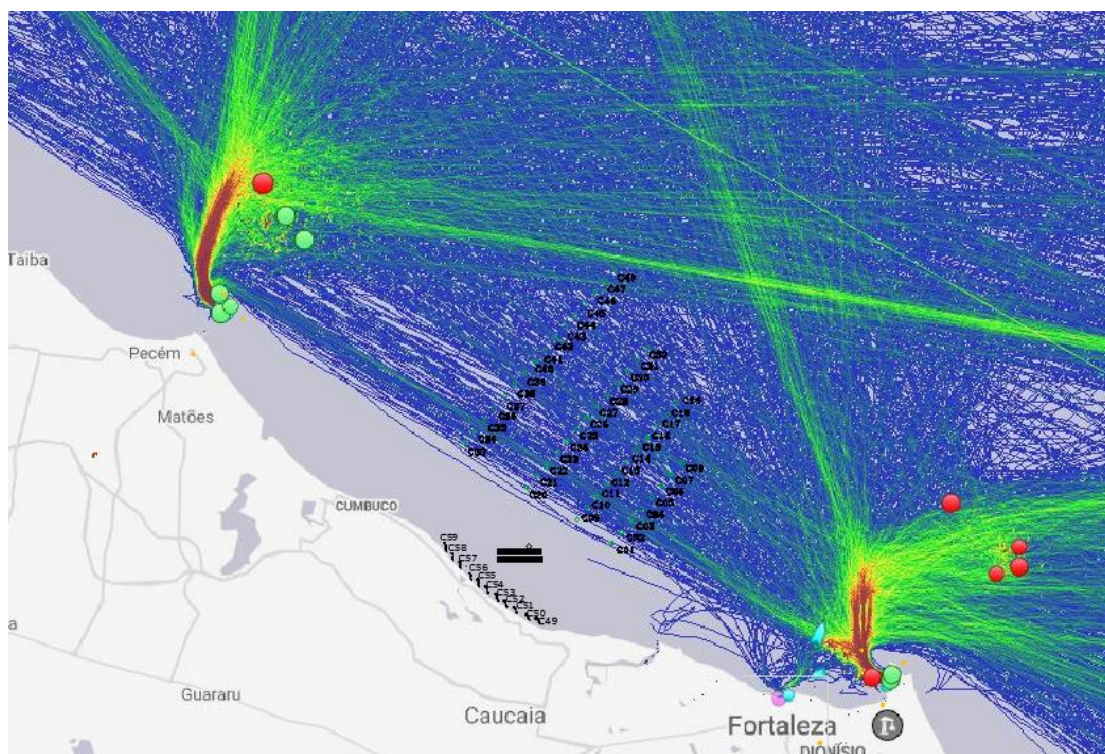
Fonte: Adaptado de Marinha, 2019.

Considerando as interdistâncias, entre as turbinas ao longo das linhas perpendiculares à costa (5500m, 4400m e 3300m) é possível prever o trânsito de embarcações por essas linhas, mesmo que de tamanho modesto. Porém, desde que as rotas partam de áreas costeiras com baixa batimetria, essas rotas serão dedicadas principalmente a pequenos barcos, principalmente barcos de pesca e pequenos barcos turísticos.

As atividades de pesca não são limitadas pelas obras. Nota-se, também, que os amplos espaços entre as fileiras das turbinas tornariam possível o trânsito também de navios de médio e grande porte.

No entanto, as principais rotas para embarcações de grande e médio porte ortogonais ao litoral se desenvolvem principalmente a partir do porto de Pecém e de Mucuripe, procedendo fora das áreas da usina (Figura 5.6.9.2).

Figura 5.6.9.2- Principais rotas para grandes embarcações a partir dos portos de Pecém e Mucuripe (Fortaleza)



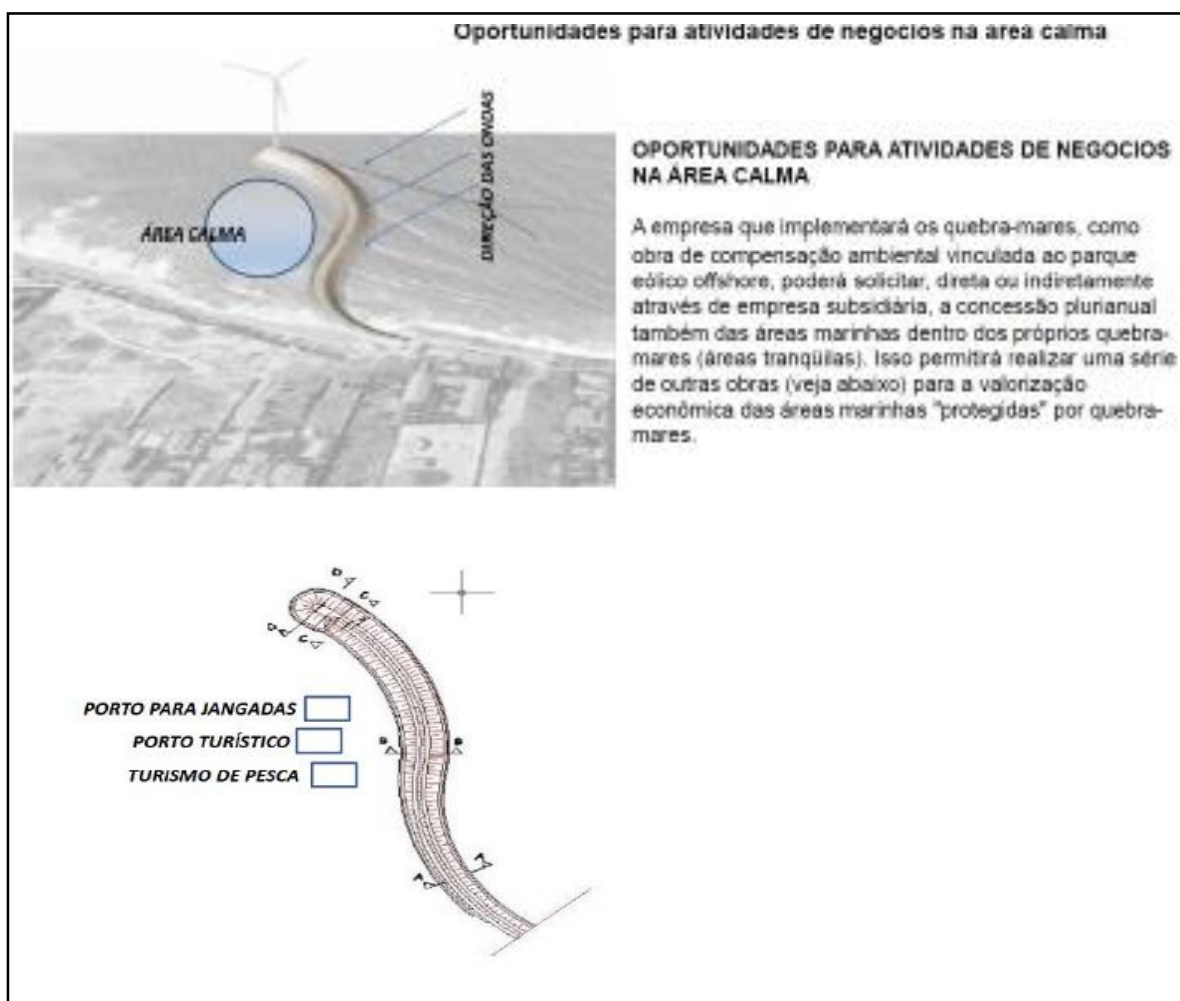
Fonte :Adaptado de Marinha, 2019.

Atualmente, os pequenos barcos que realizam atividades pesqueiras possuem rotas que se desenvolvem a partir das áreas de atracagem localizadas perto dos portos de Mucuripe e Pecém (círculos em preto) e das poucas praias onde é possível fazer a travessia ao mar entre Caucaia-Icarai-Praizinho, onde a forte erosão costeira determina uma atividade pesqueira muito limitada nesse trecho de costa.

A proposta do projeto e a construção dos molhes permitirão, portanto, a inserção de novas áreas de atracagem a partir das quais é possível pescar diretamente em direção às áreas da planta.

Portanto, haverá novas áreas de ancoragem e abrigo marítimo nas áreas dentro dos molhes, o que pode determinar um impulso importante à economia local (Figura 5.6.9.3).

Figura 5.6.9.3 - Novas áreas de atracagem e refúgio para barcos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.