
ESTALEIRO EISA ALAGOAS S/A

**ESTUDO DE MODELAGEM NUMÉRICA PARA ANÁLISE DA
ALTURA DE ONDAS INCIDENTES NAS ÁREAS PRÓXIMAS AO
SÍTIO PROPOSTO PARA A INSTALAÇÃO DO NOVO LAYOUT DO
ESTALEIRO EISA ALAGOAS S/A, MUNICÍPIO DE CORURIBE,
ALAGOAS**



Junho, 2013

SUMÁRIO

1. EQUIPE TÉCNICA.....	1-5
2. INTRODUÇÃO.....	2-6
3. METODOLOGIA.....	3-9
3.1. MODELAGEM NUMÉRICA	3-9
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	4-20
4.1. Modelagem de Ondas	4-20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	5-29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	6-30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo, mostrando grande parte do litoral do Município de Coruripe, AL.	2-6
Figura 2. Localização da área de instalação do Estaleiro EISA Alagoas S/A, com detalhe da área de terra, bacia de evolução e canal de acesso.	2-7
Figura 3. Ilustração dos Cenários modelados, com detalhes para as áreas A e B, sem proteção e com proteção, respectivamente.	2-8
Figura 4. Fluxograma esquemático da simulação morfodinâmica realizada para o presente estudo de modelagem.	3-10
Figura 5. Grade numérica local utilizada para executar o modelo hidrodinâmico e o modelo de ondas na região costeira de Coruripe, AL.	3-12
Figura 6. Batimetria interpolada na grade local <i>wave</i> e do modelo hidrodinâmico.	3-12
Figura 7. Localização da desembocadura do rio Coruripe, nos limites das praias do Pontal do Coruripe e Barreiras, em Coruripe, AL.	3-14
Figura 8. Perfis de vento para a região costeira do Município de Coruripe (inverno (superior) e verão (inferior) para o ponto -10S e -36W, reanálise do NCEP/NCAR NOAA para o período de 01/01/2003 e 01/01/2013.	3-15
Figura 9. Tabela de componentes harmônicas de maré da FEMAR para a estação do Pontal do Coruripe.	3-16
Figura 10. Localização dos pontos onde foram coletados os dados de onda com equipamentos AWAC's para a entrada do modelo.	3-17
Figura 11. Rosa direcional de Hs (m) para o ponto 26°07'15''S e 48°28'40''W.	3-18
Figura 12. Gráfico de comparação entre os dados de nível de água medido pelo ADCP AWAC e o nível de água modelado, para a área de estudo.	3-19
Figura 13. Gráfico de dispersão entre o nível de água medido <i>in situ</i> e o nível de água modelado, para a área de estudo.	3-19
Figura 14. Altura de onda para o Caso 1 sem a estrutura de proteção contra ondas.	4-22
Figura 15. Altura de onda para o Caso 1 com a estrutura de proteção contra ondas.	4-22

Figura 16. Altura de onda para o Caso 2 sem a estrutura de proteção contra ondas.	4-23
Figura 17. Altura de onda para o Caso 2 com a estrutura de proteção contra ondas.	4-23
Figura 18. Altura de onda para o Caso 3 sem a estrutura de proteção contra ondas.	4-24
Figura 19. Altura de onda para o Caso 3 com a estrutura de proteção contra ondas.	4-24
Figura 20. Altura de onda para o Caso 4 sem a estrutura de proteção contra ondas.	4-25
Figura 21. Altura de onda para o Caso 4 com a estrutura de proteção contra ondas.	4-25
Figura 22. Variação na altura de onda na área adjacente à bacia de evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas para o Caso 1.	4-27
Figura 23. Variação na altura de onda na área adjacente à bacia de evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas para o Caso 2.	4-27
Figura 24. Variação na altura de onda na área adjacente à bacia de evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas para o Caso 3.	4-28
Figura 25. Variação na altura de onda na área adjacente à bacia de evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas para o Caso 4.	4-28

1. EQUIPE TÉCNICA

Nome	Formação	Área de atuação	Registro IBAMA	Registro Profissional
João Thadeu de Menezes, Dr.	Oceanógrafo	Modelagem Ambiental	282673	AOCEANO 782
Bruna Calloni, BSc.	Oceanógrafa	Modelagem Ambiental	5562702	AOCEANO 2005
Marina Garcia Pacheco, BSc.	Oceanógrafa	Modelagem Ambiental	5347429	AOCEANO 1358
Thelma Luiza Scolaro, BSc.	Oceanógrafa	Modelagem Ambiental	5000357	AOCEANO 1906

2. INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por objetivo analisar, através de estudo de modelagem numérica hidrodinâmica, a variação na altura de ondas incidentes na área próxima à localização proposta para a construção do novo *layout* do Estaleiro EISA Alagoas, no litoral do Município de Coruripe, sul do Estado de Alagoas (

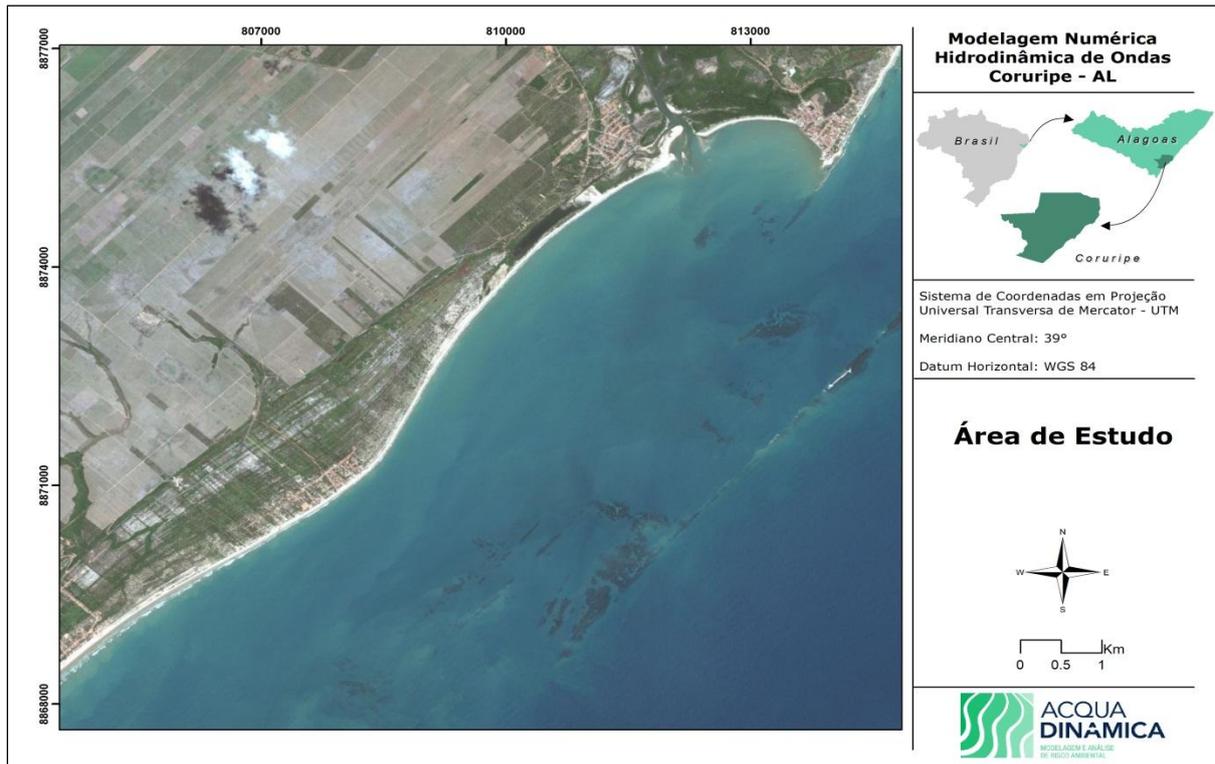


Figura 1).

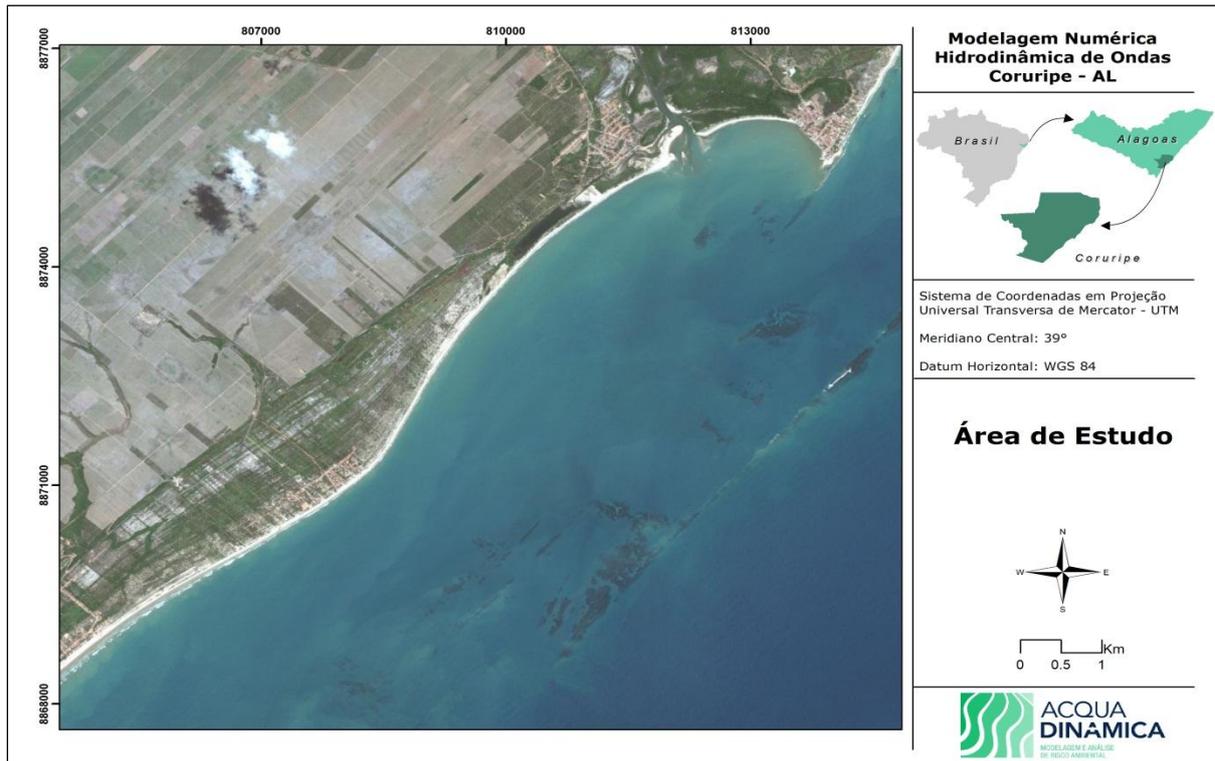


Figura 1. Localização da área de estudo, mostrando grande parte do litoral do Município de Coruripe, AL.

Para atingir o referido objetivo foi desenvolvido um estudo de modelagem numérica dos processos hidrodinâmicos e de propagação de ondas na região costeira do Município de Coruripe, AL. O estudo contempla a análise da altura de ondas, principalmente na área que se refere à localização da bacia de evolução proposta no projeto de instalação do estaleiro, com foco principal no interior

desta

estrutura.

A

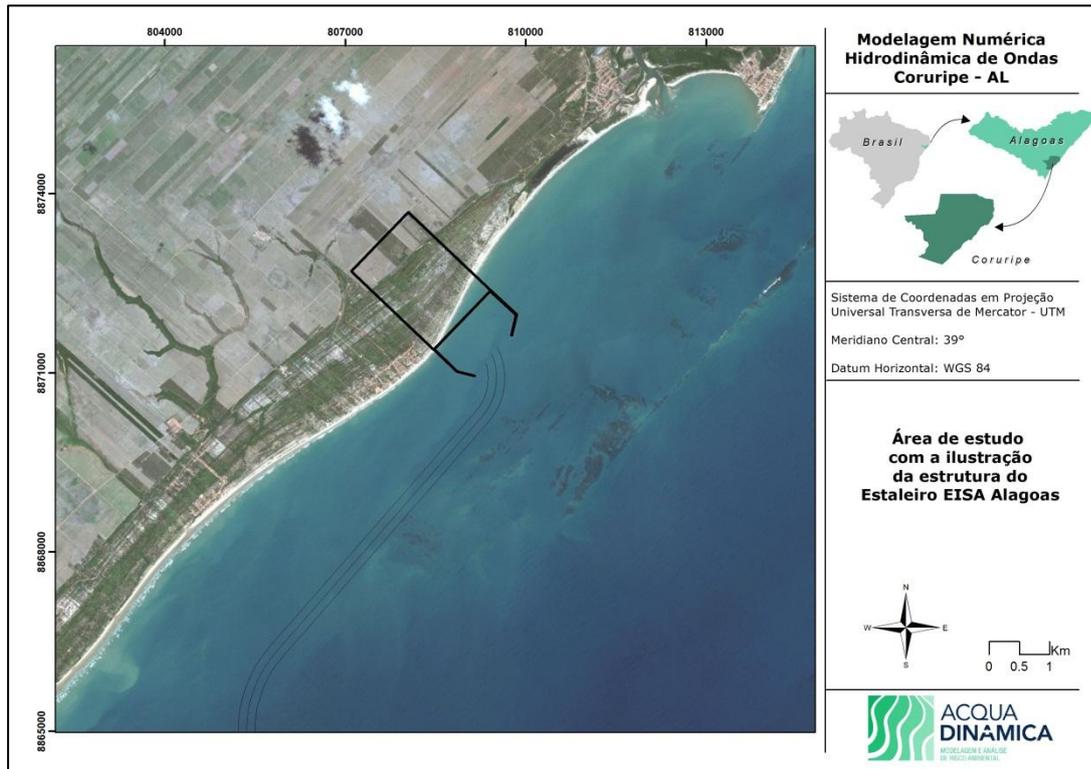


Figura 2 ilustra a exata localização proposta para a edificação do estaleiro, com detalhe para a área em terra, bacia de evolução e o canal de acesso.

Para tanto, foram analisados o cenário Atual, que corresponde à condição atual da enseada e o cenário Protegido, que corresponde à condição da enseada após a construção de uma estrutura de proteção à incidência das ondas, ou seja, a instalação de um quebra-mar na linha dos arrecifes naturais presentes na região costeira de Coruripe (Figura 3).

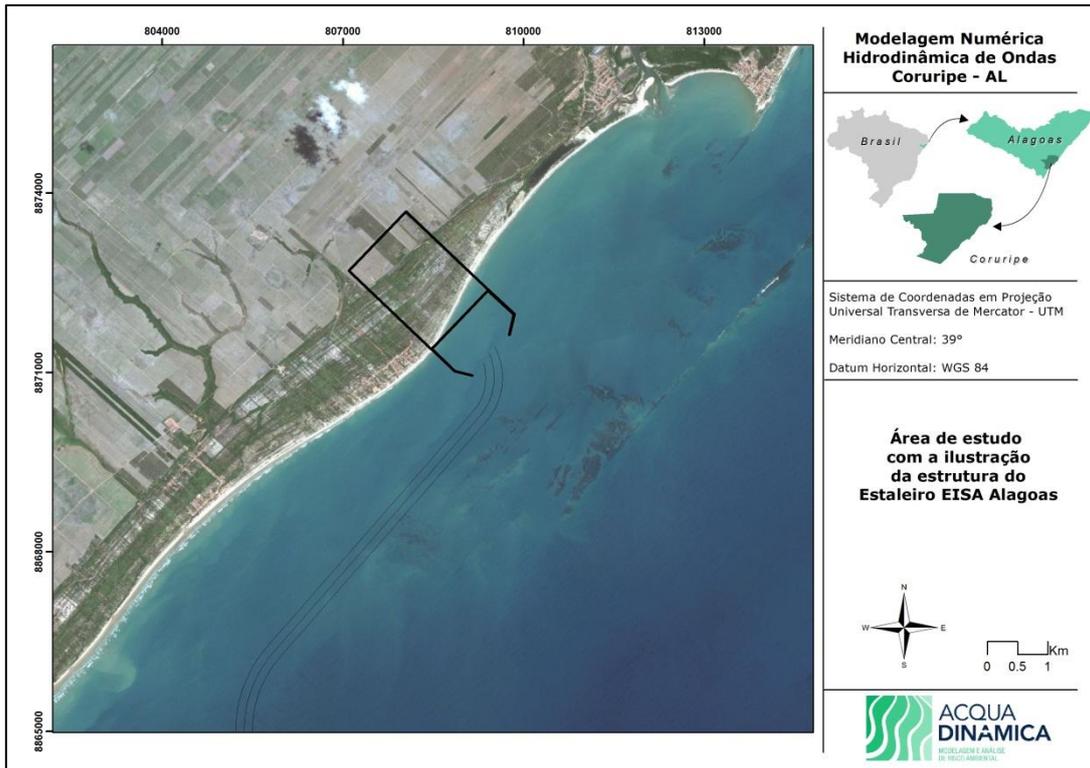


Figura 2. Localização da área de instalação do Estaleiro EISA Alagoas S/A, com detalhe da área de terra, bacia de evolução e canal de acesso.

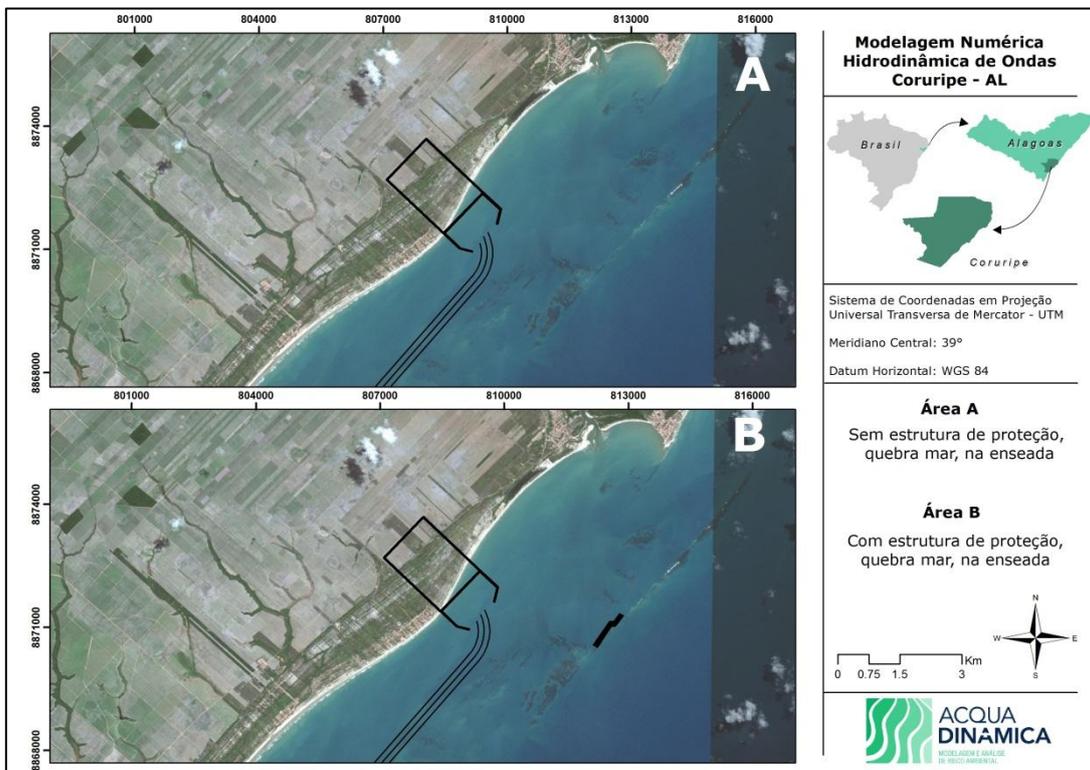


Figura 3. Ilustração dos Cenários modelados, com detalhes para as áreas A e B, sem proteção e com proteção, respectivamente.

3. METODOLOGIA

3.1. MODELAGEM NUMÉRICA

O modelo numérico **Delft3D**, desenvolvido pela **Deltares**[®], em Delft, Holanda, foi utilizado para a execução destes trabalhos. O **Delft3D** constitui-se em um avançado sistema de modelos numéricos 2D/3D (duas e três dimensões) que inclui vários módulos que possibilitam a simulação de processos costeiros complexos, tais como: geração e propagação de ondas; circulação hidrodinâmica; transporte de sedimentos; e mudanças da morfologia litorânea (erosão e deposição sedimentar e variação da posição da linha de costa) (Figura 4). Para este estudo foram utilizados dois módulos do DELFT3D, o módulo DELF3D-Flow responsável pela modelagem hidrodinâmica e o DELFT3D-Wave que resolve os processos de propagação de ondas em águas rasas, ambos possuem a versão *open source* disponível desde janeiro de 2011.

3.1.1. Modelo Hidrodinâmico Delft3D-Flow

O **Delft3D-Flow** consiste em um módulo para resolver as equações hidrodinâmicas do escoamento e do transporte de substâncias para os casos bidimensionais e tridimensionais, em águas rasas. Dentre as várias aplicações deste modelo estão: a intrusão salina em estuários; escoamentos fluviais e descargas de água doce em baías; estratificação térmica em lagos e mares; transporte de material dissolvido e poluentes; e ação das marés de sizígia, quadratura e meteorológica. Em sua robusta formulação destacam-se algumas funções, como: inclui a força aparente de Coriolis; resolve gradientes de densidade; considera a viscosidade e difusividade vertical turbulenta; resolve processos de interação onda-corrente; inclui tensão de cisalhamento e fricção do vento; calcula células inundadas e secas; e simula descargas térmicas, inundações de planícies e transporte de partículas passivas.

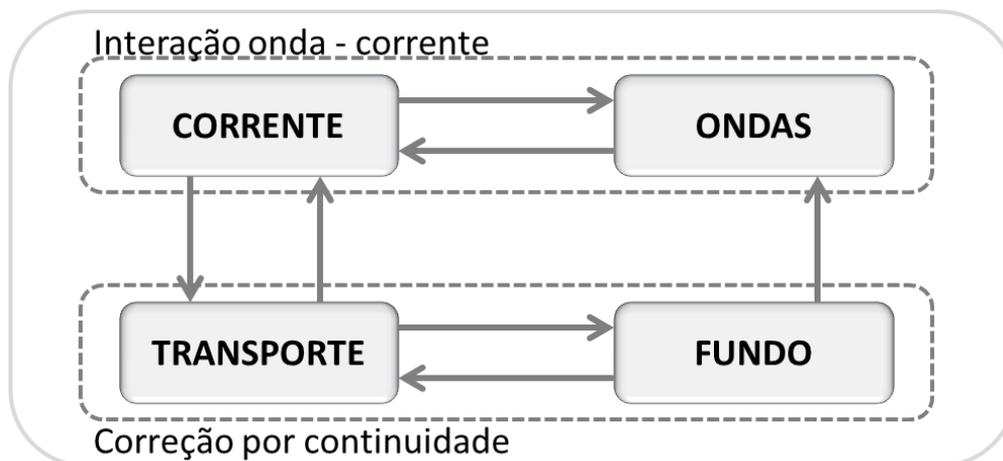


Figura 4. Fluxograma esquemático da simulação morfodinâmica realizada para o presente estudo de modelagem.

Este modelo foi extensivamente calibrado e validado, pela equipe da Deltares, responsável pelo desenvolvimento do modelo, através de experimentos de campo e de laboratório e é considerado o “estado-da-arte” em modelagem hidrodinâmica.

3.1.2. Modelo de Propagação de Ondas Delft3D-Wave (SWAN)

O módulo de onda **Delft3D-Wave** pode ser utilizado para simular a evolução de ondas geradas por vento em águas costeiras (estuários, desembocaduras, ilhas-barreiras com planícies de maré, canais, etc). Este módulo calcula a propagação de ondas, a geração de ondas pelo vento, interações e dissipação onda-onda não-lineares, variação da batimetria, variação do nível de água e campo de correntes em águas profundas, intermediárias e rasas (WL | Delft Hydraulics, 2010).

O modelo **SWAN** (Delft3D-Wave) é baseado na equação de conservação da ação de onda e é totalmente espectral (todas as direções e frequências), o que significa que pode resolver um campo de ondas de cristas curtas, randômico, propagando-se simultaneamente a partir de diferentes direções (WL | Delft Hydraulics, 2010).

O modelo calcula os processos de geração de ondas pelo vento, dissipação por “white-capping”, fricção com o fundo e com a quebra da onda induzida pela profundidade, além de interações não-lineares onda-onda (*quadruplets* e *triads*), com equações que representam o “estado-da-arte” em modelagem de ondas. O *SWAN* tem sido validado e verificado com sucesso em uma gama de experimentos complexos de campo e laboratório (RIS *et al.*, 1999; WL | DELFT HYDRAULICS, 1999, 2000)(WL | Delft Hydraulics, 2010).

O *SWAN* foi desenvolvido pela Delft University of Technology e é especificado como padrão em estudos de modelagem de ondas e proteção costeira. Por este motivo, a WL | Delft Hydraulics integrou o modelo *SWAN* no pacote de modelos ***Delft3D*** (WL | Delft Hydraulics, 2010).

3.1.3. Grades Numéricas e Batimetria

A criação das grades numéricas para a execução da modelagem de ondas e modelagem hidrodinâmica, foram desenvolvidas com as ferramentas *RGFGRID* e *QUICKIN* disponíveis na suíte do ***Delft3D***. Com a primeira ferramenta é possível a criação das grades numéricas, e com a segunda, é possível interpolar os dados batimétricos nas grades numéricas.

A grade numérica utilizada no presente estudo foi construída através de uma malha retangular para a propagação de ondas e para a modelagem hidrodinâmica. (Figura 5). Quanto à batimetria, foram utilizados dados coletados em campo através de ecobatímetro digital e posicionamento por sistema de posicionamento global de alta precisão (DGPS-RTK), para a área próximo da costa e, também, dados digitalizados de cartas náuticas fornecidas pela DHN para o local (litoral de Alagoas) sendo elas Carta nº 60, Carta nº 920, Carta nº 1.000, Carta nº 1.003 e Carta nº 22.200. A batimetria interpolada na grade numérica é apresentada na Figura 6.

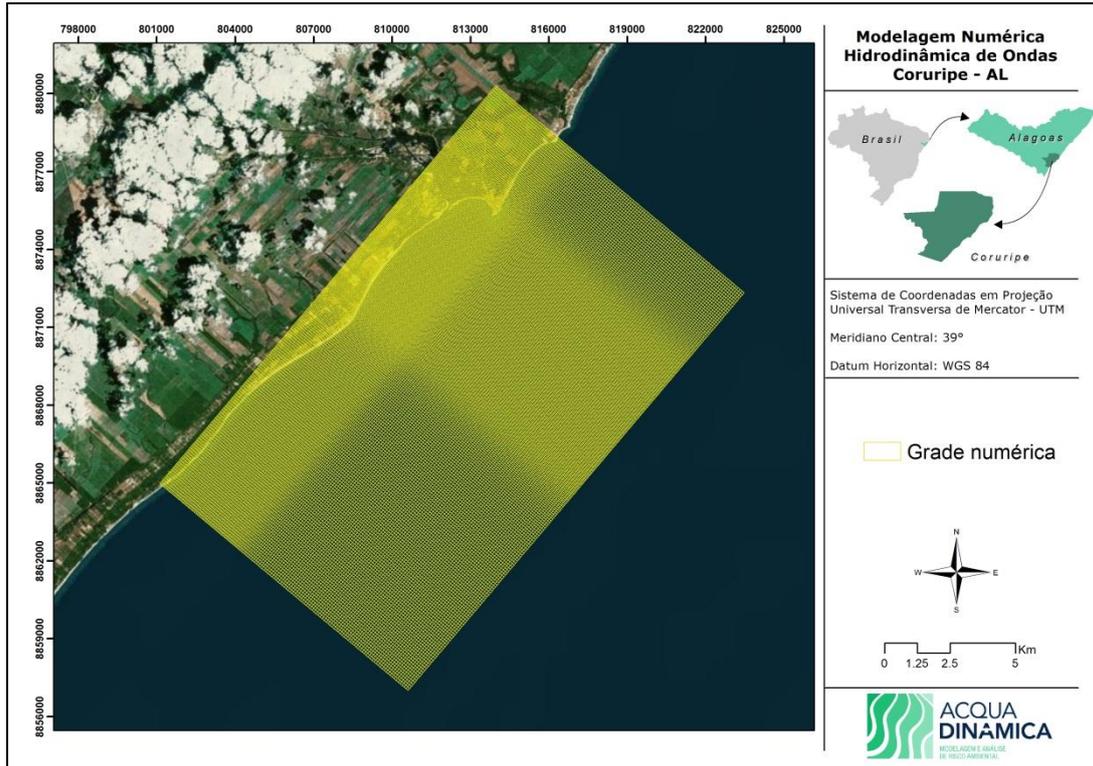


Figura 5. Grade numérica local utilizada para executar o modelo hidrodinâmico e o modelo de ondas na região costeira de Coruripe, AL.

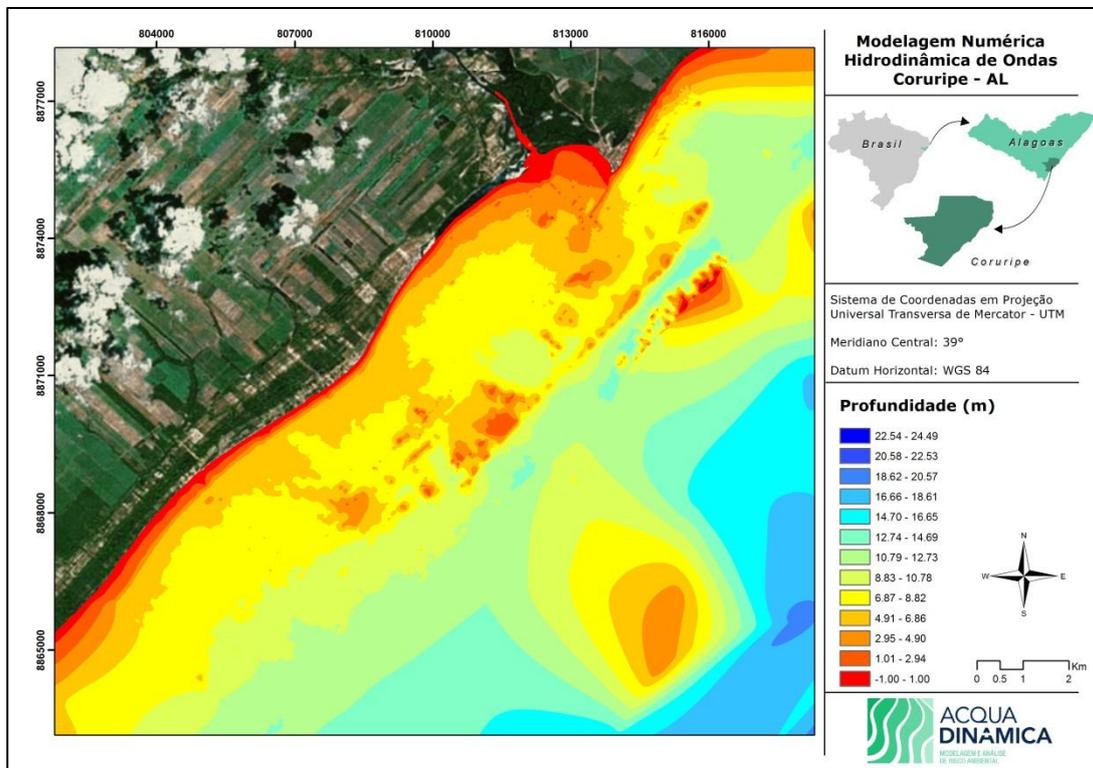


Figura 6. Batimetria interpolada na grade local wave e do modelo hidrodinâmico.

3.1.4. Dados de Entrada do Modelo

Para a execução do modelo, dados como vazão fluvial, ventos, marés e ondas foram utilizados para que o mesmo pudesse ser calibrado e representasse de uma maneira mais fidedigna possível as condições ambientais presentes na área de estudo. Os dados de onda e ventos foram coletados através de equipamentos instalados em campo e os dados de vazão fluvial e marés foram obtidos de forma secundária através de dados disponibilizados na literatura científica.

3.1.4.1. Descarga Fluvial de Afluentes

Para a área de estudo existe apenas um sistema fluvial, o rio Coruripe, que deságua nos limites das praias do Pontal do Coruripe e Barreiras. A bacia hidrográfica do rio Coruripe possui uma área de 1.562 km², sendo formada pelos rios Conduípe, Adriana e Riacho da Barra, além do próprio rio Coruripe (Figura 7).

Os dados de descarga fluvial utilizados no presente estudo foram obtidos junto ao site da Agência Nacional de Águas – ANA, sendo que foi utilizada uma velocidade média de vazão para o período de simulação de 7,05 m/s.

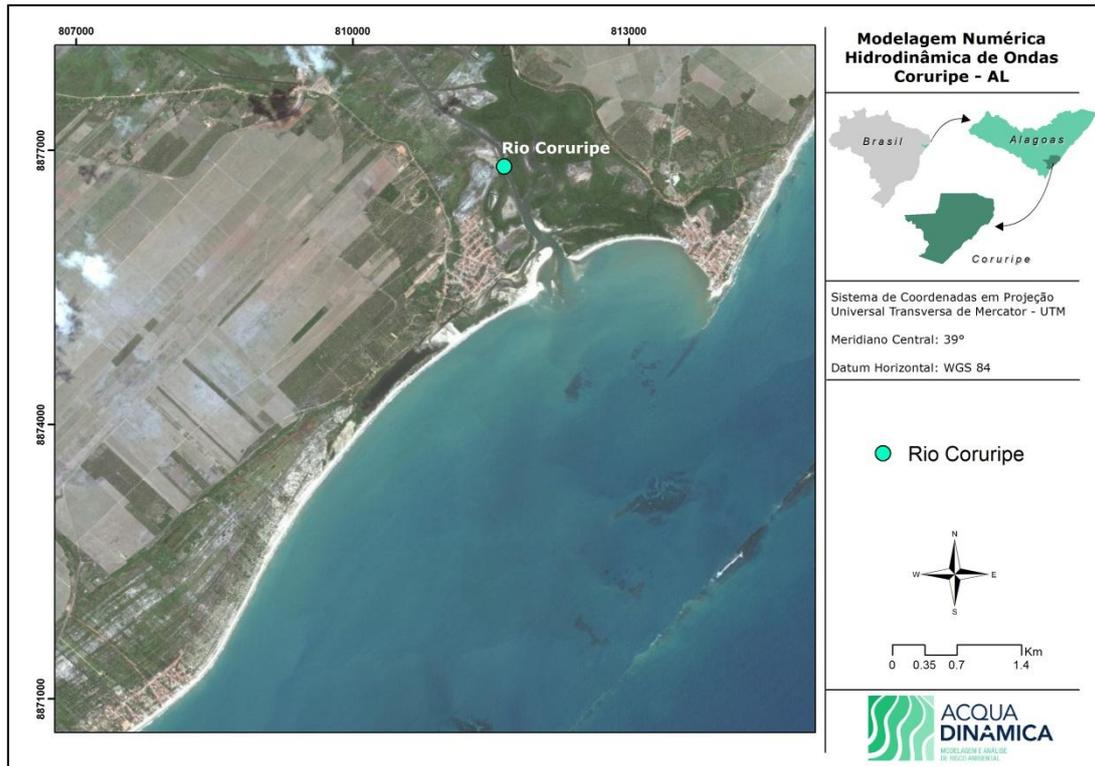


Figura 7. Localização da desembocadura do rio Coruripe, nos limites das praias do Pontal do Coruripe e Barreiras, em Coruripe, AL.

3.1.4.2. Dados de Vento

Os dados de vento utilizados nesta simulação foram obtidos através de dados de reanálise de ventos disponibilizados pelo NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) da NOAA (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov>) para o período entre 1/1/2003 e 1/1/2013, e para a localização -10°S e -36°W . Foram caracterizados dois perfis de vento que caracterizam os ventos predominantes e prevaletentes para a área de estudo (Figura 8).

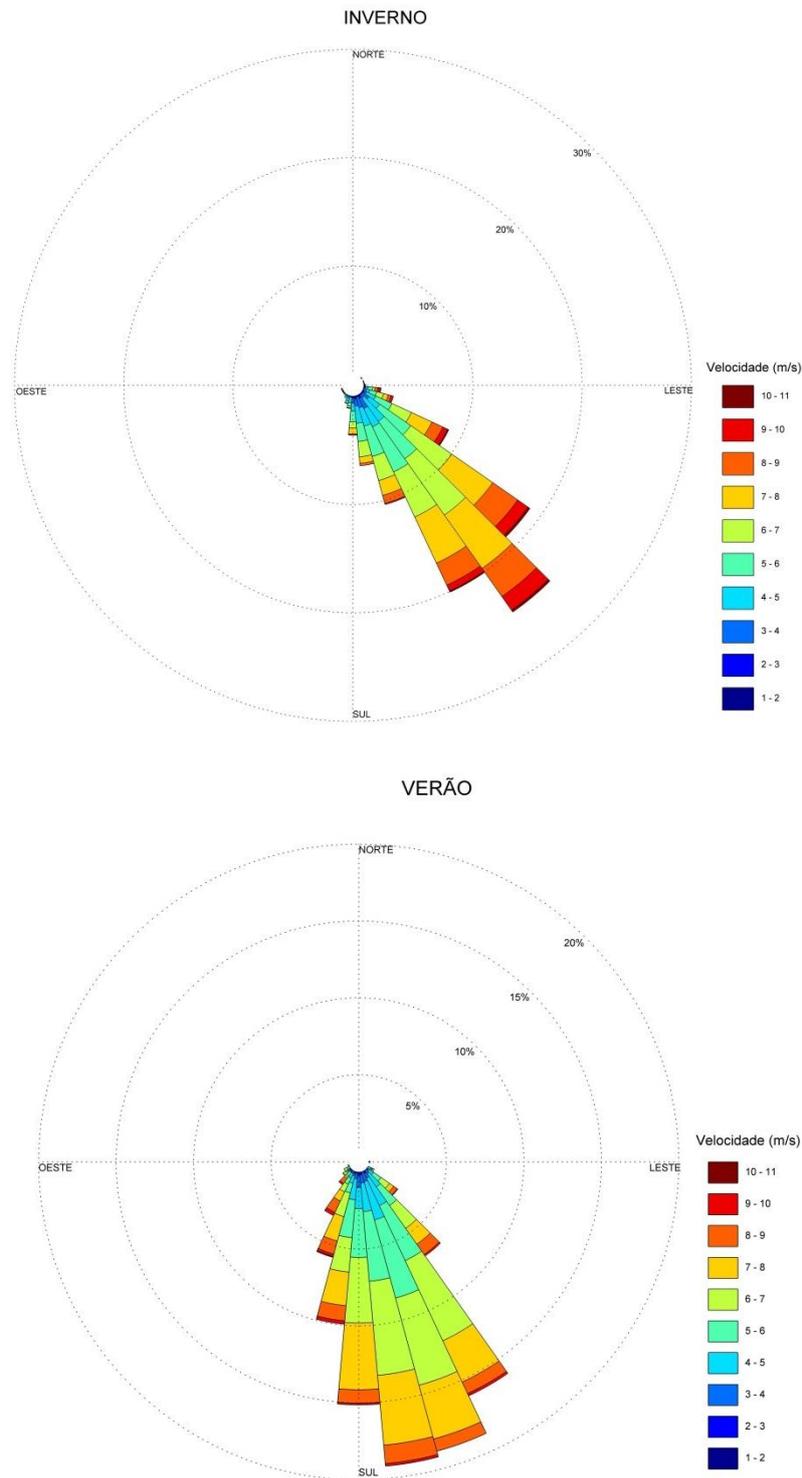


Figura 8. Perfis de vento para a região costeira do Município de Coruripe (inverno (superior) e verão (inferior) para o ponto -10S e -36W, reanálise do NCEP/NCAR NOAA para o período de 01/01/2003 e 01/01/2013.

3.1.4.3. Dados de Maré

O regime de maré no Pontal do Coruripe pode ser classificado como micromaré com predominância de "semidiurna". A altura média de maré é de aproximadamente 1,7m, com mínima de 0,17m e máxima de 1,97m, durante o período de sizígia (FEMAR, 2011).

Os dados referentes à maré, inseridos no modelo numérico, foram obtidos da tabela de constantes harmônicas disponibilizada pela Fundação de Estudos do Mar - FEMAR para o Pontal do Coruripe, Coruripe/AL (Figura 9).

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR <i>Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras</i>					
Nome da Estação :		PONTAL DO CURURIFE – AL			
Localização :		Em frente ao Farol de Coruripe			
Organ. Responsável :		DHN			
Latitude :		10° 09,6' S	Longitude :		36° 09,0' W
Período Analisado :		16/04/77 a 17/05/77		Nº de Componentes : 36	
Análise Harmônica :		Método Tidal Liverpool Institute			
Classificação :		Maré Semidiurna.			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		IV H 23 min	Nível Médio (Zo):		107 cm acima do NR.
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		197 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :		155 cm acima do NR.
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		17 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :		58 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi- amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi- amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	4,2	033
Ssa	-	-	N ₂	11,3	076
Mm	6,9	312	NU ₂	2,2	080
Mf	-	-	M ₂	69,3	107
MTM	-	-	L ₂	8,1	009
Msf	5,5	026	T ₂	1,2	128
Q ₁	1,9	013	S ₂	20,7	129
O ₁	4,1	160	K ₂	5,6	131
M ₁	2,4	211	MO ₃	0,8	052
P ₁	1,0	112	M ₃	2,9	064
K ₁	3,1	108	MK ₃	4,5	283
J ₁	5,2	092	MN ₄	0,5	178
OO ₁	5,9	270	M ₄	0,7	328
MNS ₂	4,2	034	SN ₄	1,2	080
2N ₂	1,5	045	MS ₄	0,6	351
Referências de Nível: RN-1 implantada na base do farol Cururipe					
Obs: Não há referências a outros períodos					
Código BNDO: 30761					

Figura 9. Tabela de componentes harmônicas de maré da FEMAR para a estação do Pontal do Coruripe.

3.1.4.4. Dados de Onda

Para a caracterização do clima de ondas em águas rasas próximo à praia de Coruripe/AL e para ajudar na calibração e validação do modelo numérico foram fundeados dois ADCP's na região de estudo, sendo um Nortek Aquadopp, instalado na região mais rasa, próximo ao local das futuras instalações do estaleiro, e outro, modelo Nortek AWAC, instalado em uma região mais afastada da linha de costa (Figura 10). Os dados foram coletados entre 8 de agosto e 3 de setembro de 2012.

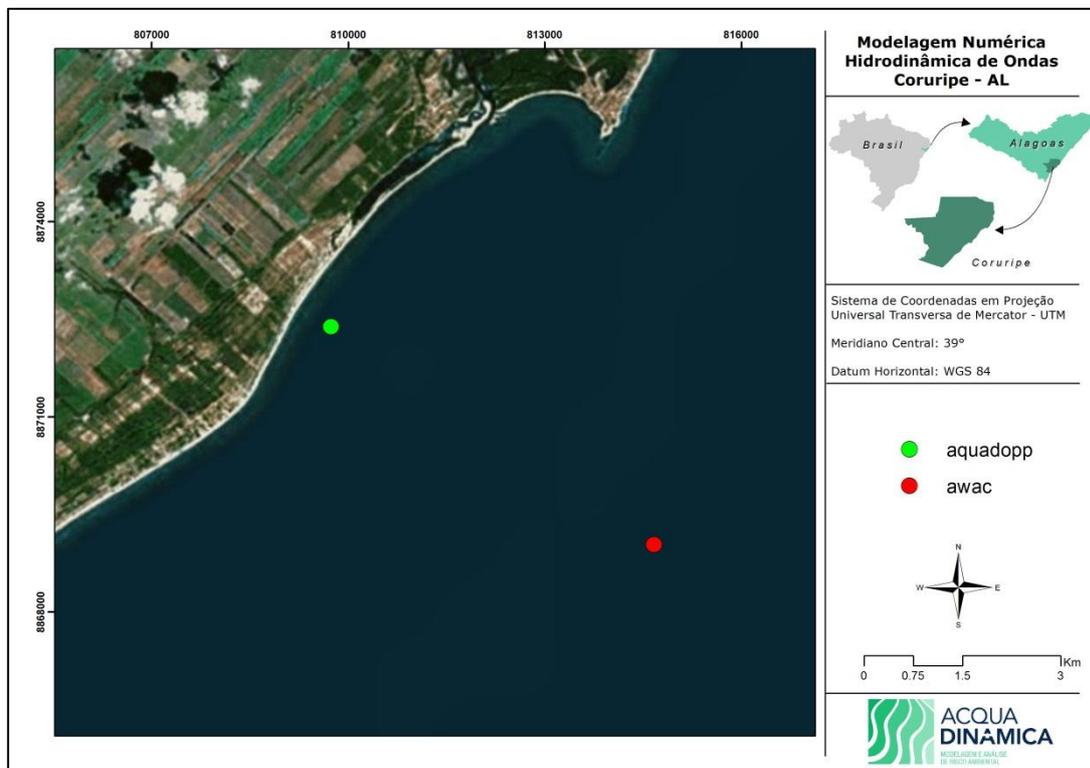


Figura 10. Localização dos pontos onde foram coletados os dados de onda com equipamentos AWAC's para a entrada do modelo.

A Figura 11 apresenta a rosa direcional de Altura Significativa de Onda. As ondulações mais frequentes são provenientes do quadrante leste-sudeste (ESE), com 75% das direções predominantes, seguido do quadrante leste-nordeste, com 20% das direções. Entretanto, as ondulações de maior altura significativa são provenientes do quadrante E-SE, com alturas que atingem 2,6 metros.

Para a simulação de cada caso, espectros de onda do tipo *Jonswap* (*Joint North Sea Project*) foram inseridos nas fronteiras do modelo numérico de propagação, através da especificação dos seguintes parâmetros: altura significativa de onda (H_s); período de pico do espectro (T_p); direção associada ao pico do espectro (Dir); e espalhamento direcional (Spr).

A gravidade foi configurada como $g=9,81 \text{ m/s}^2$, enquanto que a densidade da água como 1025 kg/m^3 . A quebra de ondas induzida pela profundidade utilizou o modelo de Battjes & Jansen (1978), com parâmetros $\alpha=1$ e $\gamma=0,73$. Foram habilitados os processos de difração, refração induzida pelo fundo e por interação onda-corrente, interações onda-onda do tipo *triads* e *frequency-shift*.

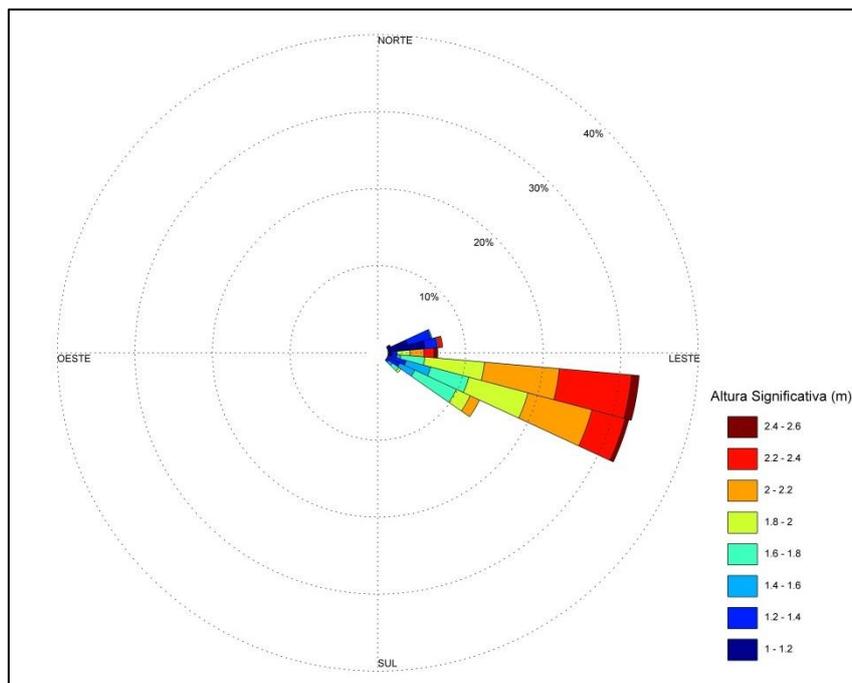


Figura 11. Rosa direcional de H_s (m) para o ponto $26^{\circ}07'15''S$ e $48^{\circ}28'40''W$.

3.1.5. Validação do Modelo Numérico

Para a validação do modelo numérico foram coletados dados de nível do mar, corrente, ondas, temperatura e turbidez por dois perfilhadores acústicos (ADCP's) instalados na região de estudo, um Nortek Aquadopp, na região mais rasa, próximo ao local das futuras instalações do estaleiro, e outro Nortek AWAC, em uma região mais afastada da linha de costa (Figura 10). Os dados foram

coletados entre 8 de agosto e 3 de setembro de 2012. Os dados foram pós-processados em laboratório para posterior comparação com os dados modelados pelo modelo.

A Figura 12 apresenta o gráfico de comparação entre o nível de água coletado *in situ* pelo ADCP AWAC e o nível de água modelado. Verifica-se a existência de uma boa correlação entre os dados medidos e os dados modelados, sendo que os dados obtiveram uma correlação com R^2 superior a 0,93.

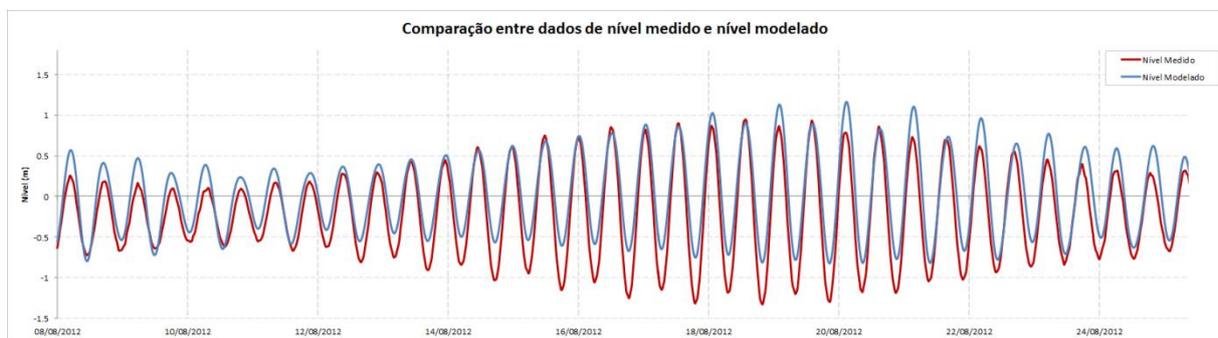


Figura 12. Gráfico de comparação entre os dados de nível de água medido pelo ADCP AWAC e o nível de água modelado, para a área de estudo.

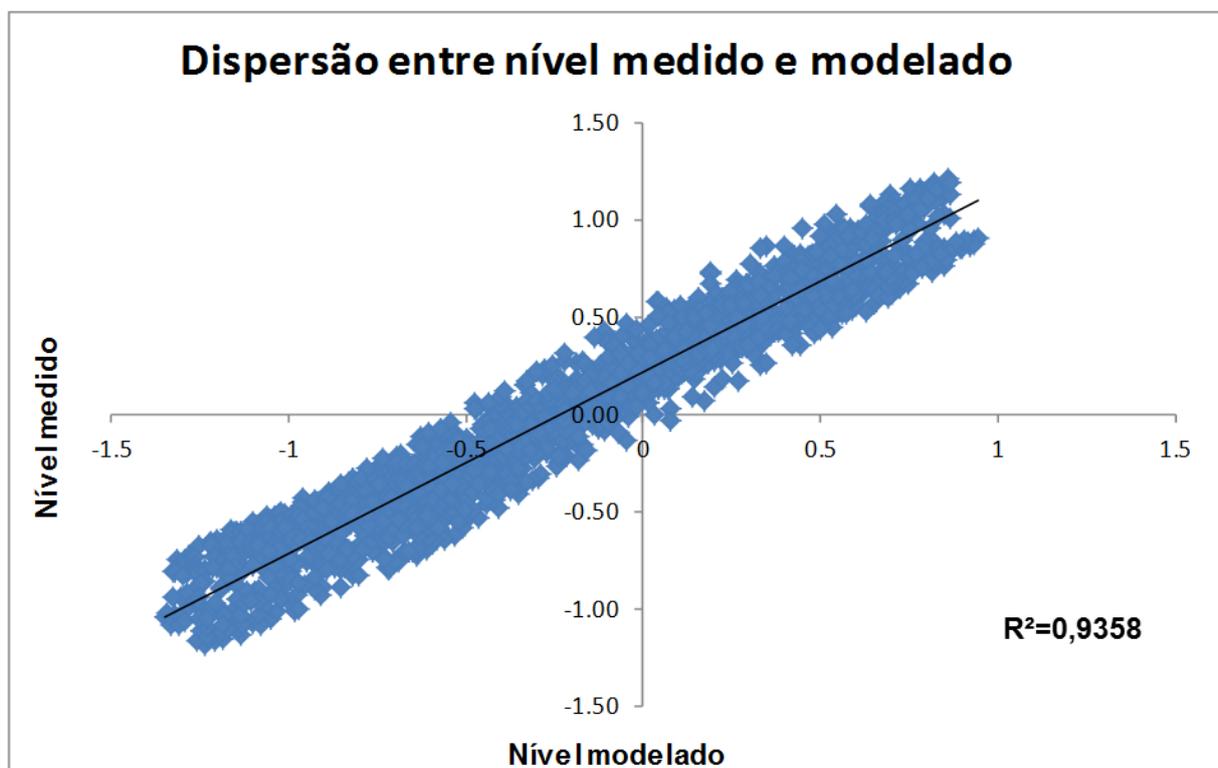


Figura 13. Gráfico de dispersão entre o nível de água medido *in situ* e o nível de água modelado, para a área de estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Modelagem de Ondas

De acordo com a Modelagem Hidrodinâmica de Ondas realizada com o intuito de avaliar a altura das ondas no interior da Bacia de Evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas, serão apresentados todos os resultados para valores de altura de onda para os casos extremos, que são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Casos de onda simulados no modelo morfológico, dispostos na sequência em que foram simulados, contendo informações de altura de onda, período, direção, frequência de ocorrência e quadrante.

CASO	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Frequência Dias/Ano	Quadrante
1	2.14	8.95	107.07	7.55	E-SE
2	2.32	9.05	113.81	6.35	E-SE
3	2.38	10.81	134.67	5.06	SE
4	1.89	11.37	153.86	7.58	S-SE

Os casos de ondas supracitados (Caso 1; Caso 2; Caso 3; e Caso 4) foram escolhidos por se tratarem dos casos mais extremos. Mesmo apresentando baixa frequência de ocorrência, apresentam as maiores alturas de ondas e por este motivo, são os casos que mais influenciariam a dinâmica no interior da Bacia de Evolução do empreendimento, caso ocorram.

4.1.1. Altura de Onda

As alturas máximas de onda sem a presença da estrutura de proteção (Quebra Mar), obtidas através da modelagem numérica, foram da ordem de 1,3m para a área do interior da bacia de evolução. Nos casos simulados com a obra de proteção instalada próximo dos arrecifes, os valores máximos de altura de onda foram de 1 metro.

No que diz respeito ao Caso 1, sem o quebra mar, a altura de onda no interior da Bacia de Evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas atinge valores entre 0,5 e 1,3m, entretanto, o predomínio nesta área é de 1,1m (Figura 14). Observa-se, entretanto, na Figura 15, que a presença do quebra mar ameniza a entrada das ondas, diminuindo suas alturas para valores entre 0,4 e 1m, com valores predominantes de 0,8m. Para o Caso 2, sem a proteção (Figura 16), os valores variam entre 1,2 e 0,5m na área em questão, entretanto, após a instalação da proteção às ondas os valores mais altos ficam próximos de 0,8m (Figura 17).

Com referência ao Caso 3, a Figura 18 ilustra que sem o quebra mar os valores de altura de onda no interior da bacia de evolução variam entre 0,5 e 1,2m. Já a simulação do Caso 3 com a proteção (Figura 19), destacam-se valores entre 0,4 e 1m. O Caso 4 apresentou os valores mais baixos na modelagem hidrodinâmica de ondas para o local referente à bacia de evolução. A simulação sem quebra mar apresentou valores de altura de ondas variando entre 0,4 e 1 metro (Figura 20), entretanto, com a proteção este valor não apresentou modificações, demonstrando que o quebra mar não apresenta influência para as ondas provenientes de S-SE Figura 21.

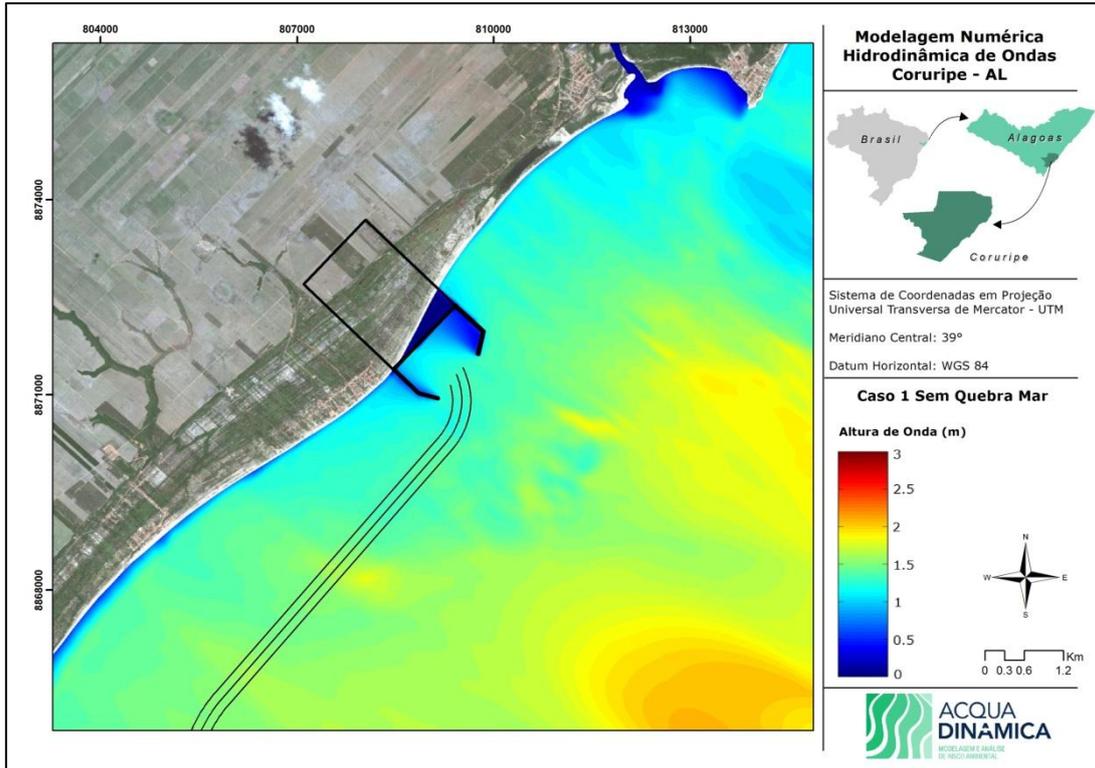


Figura 14. Altura de onda para o Caso 1 sem a estrutura de proteção contra ondas.

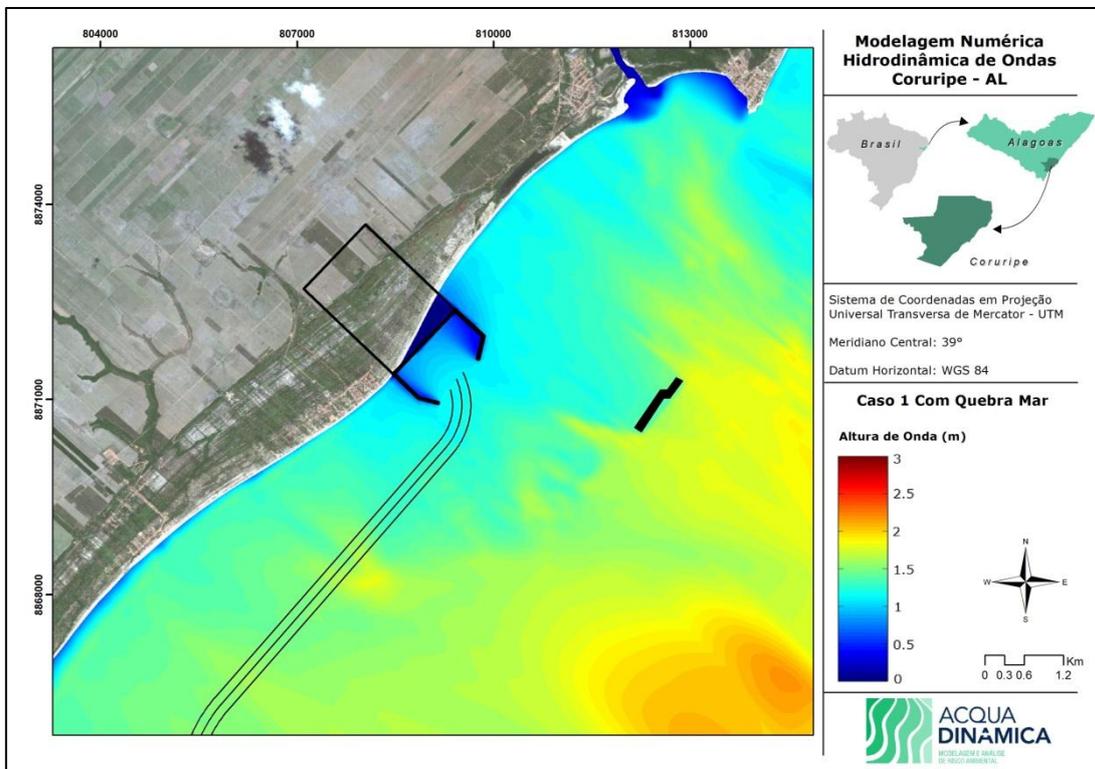


Figura 15. Altura de onda para o Caso 1 com a estrutura de proteção contra ondas.

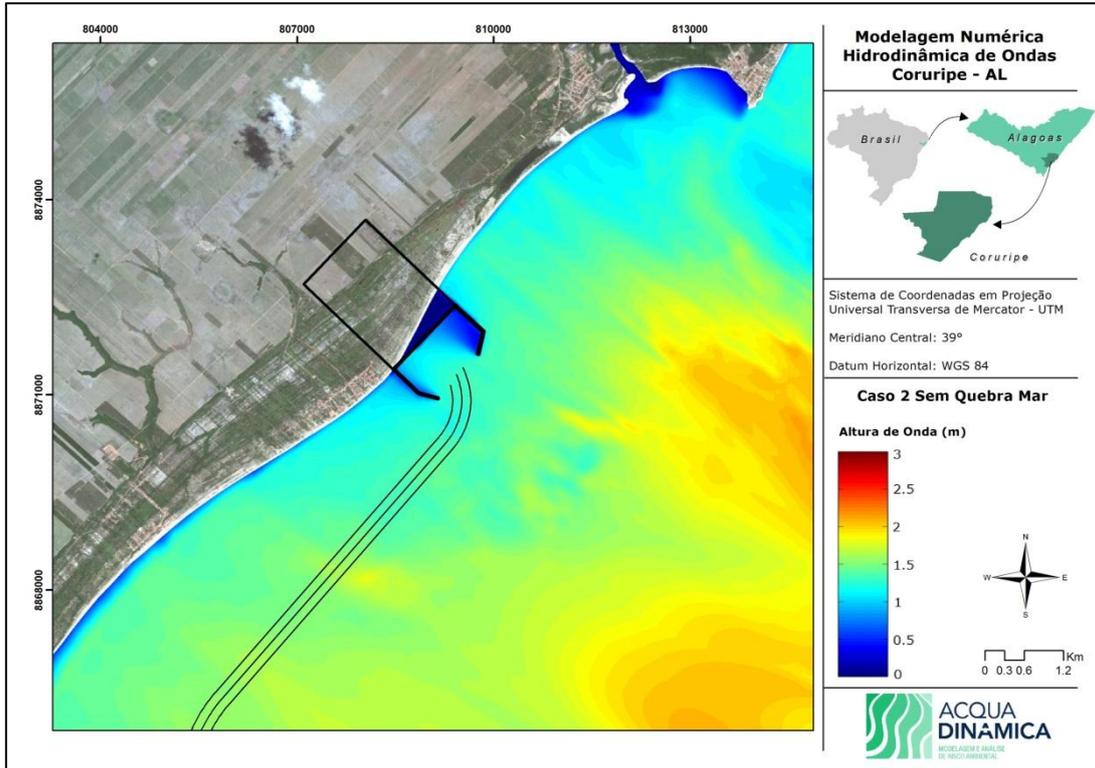


Figura 16. Altura de onda para o Caso 2 sem a estrutura de proteção contra ondas.

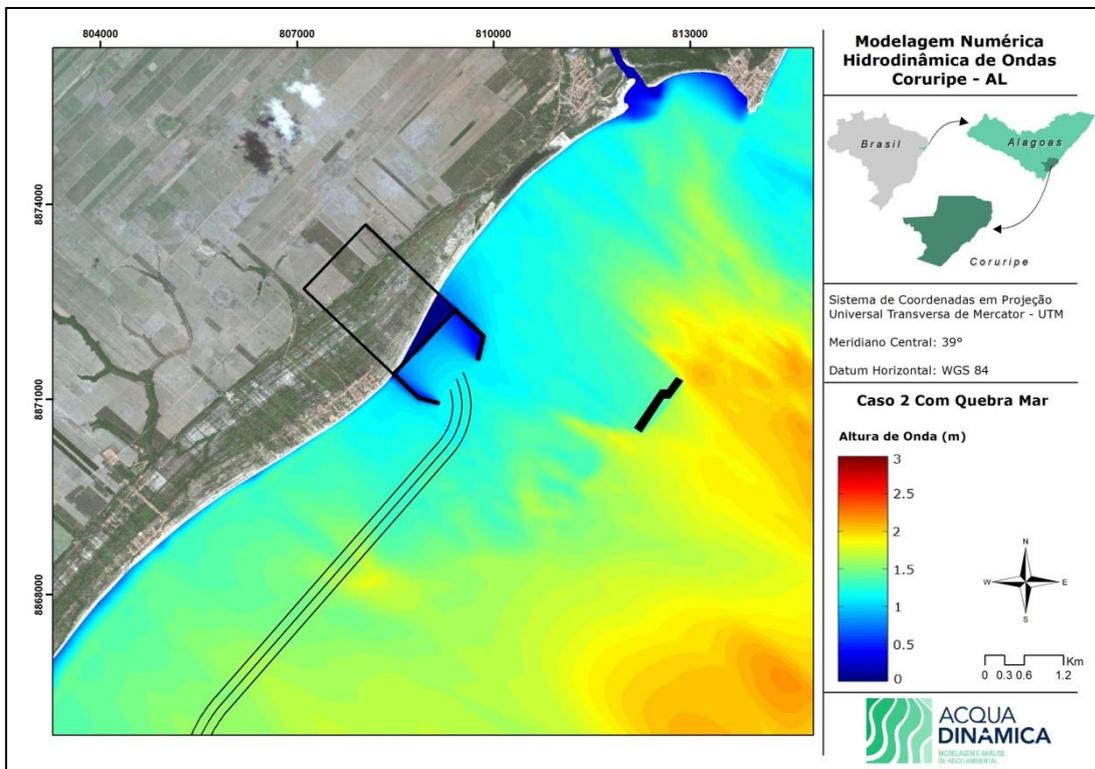


Figura 17. Altura de onda para o Caso 2 com a estrutura de proteção contra ondas.

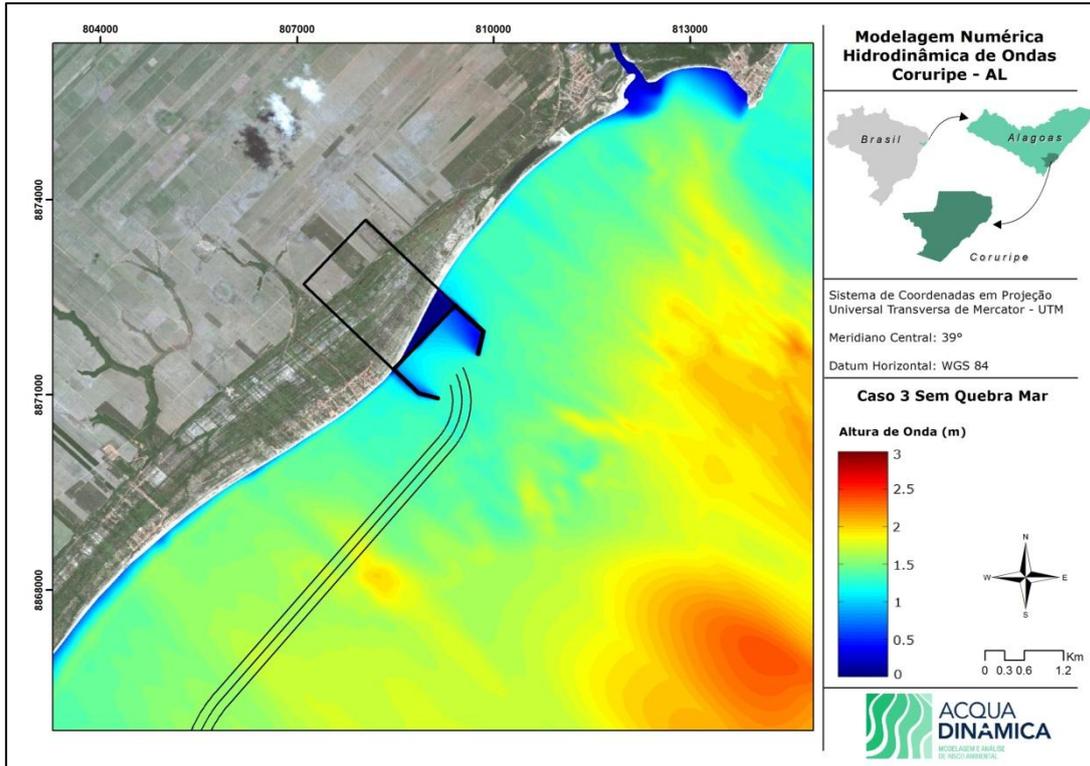


Figura 18. Altura de onda para o Caso 3 sem a estrutura de proteção contra ondas.

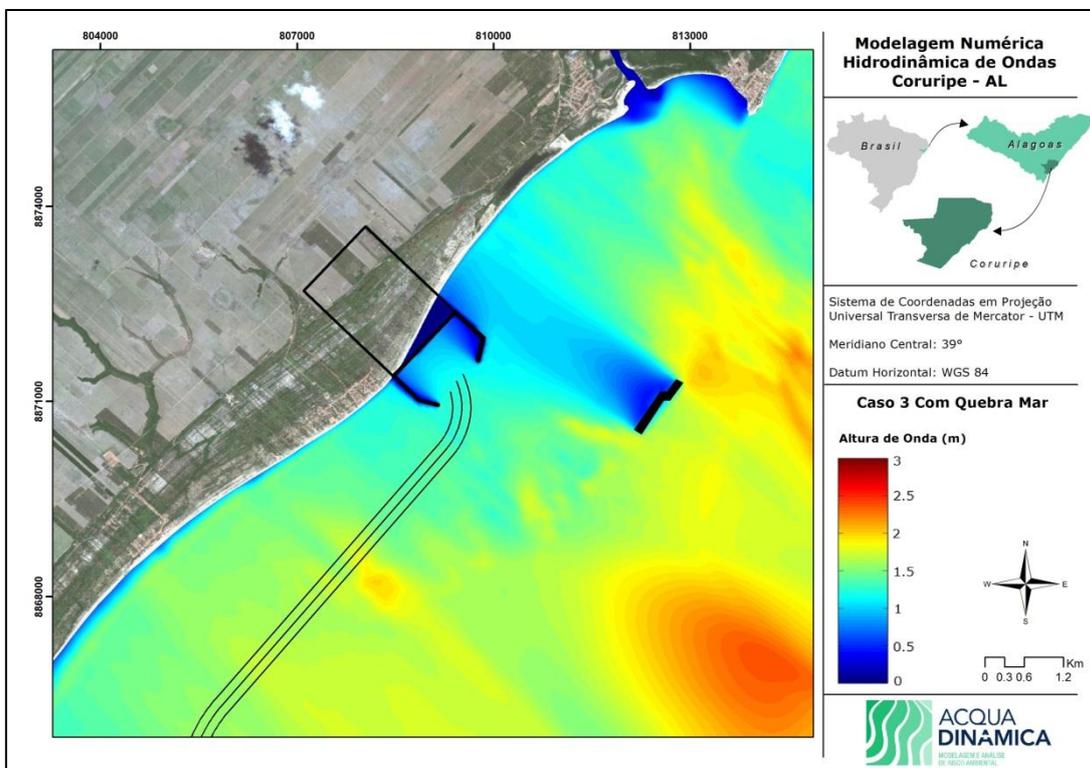


Figura 19. Altura de onda para o Caso 3 com a estrutura de proteção contra ondas.

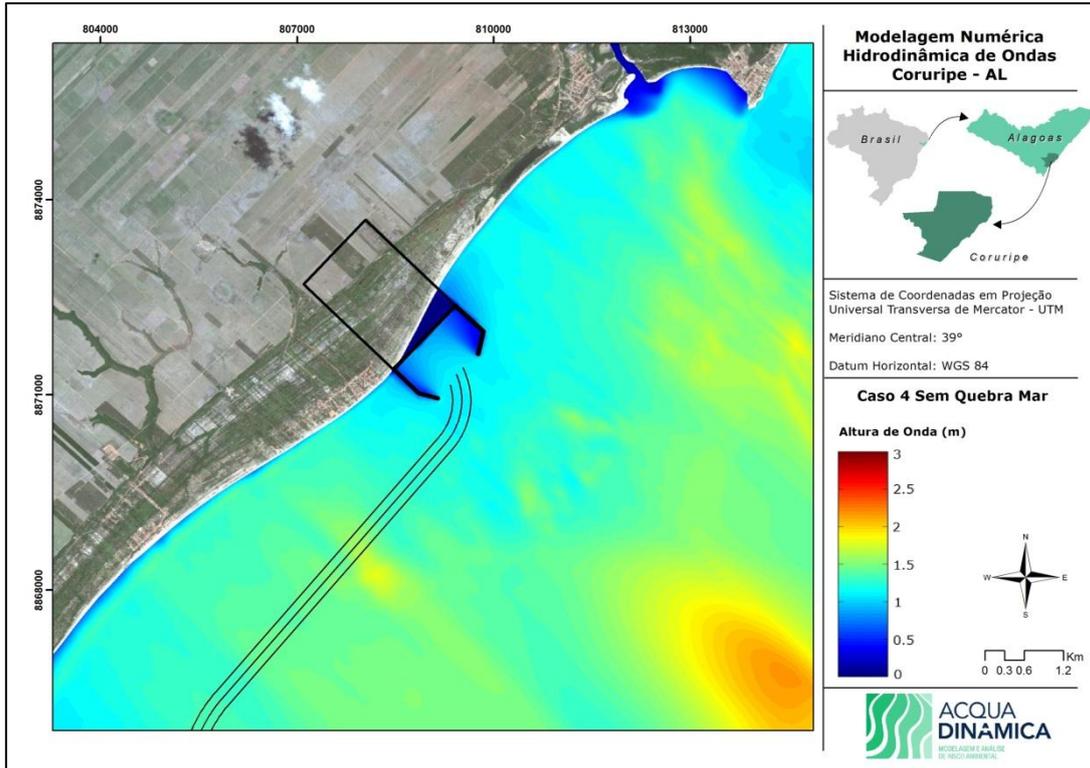


Figura 20. Altura de onda para o Caso 4 sem a estrutura de proteção contra ondas.

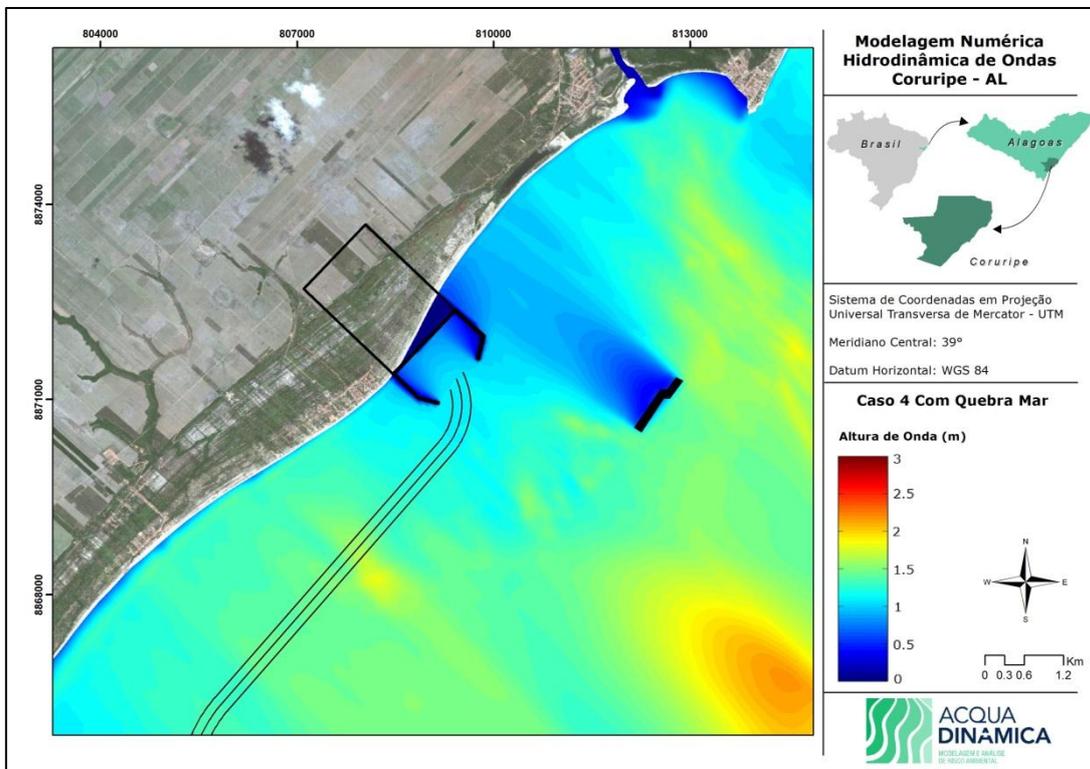


Figura 21. Altura de onda para o Caso 4 com a estrutura de proteção contra ondas.

4.1.2. Alterações decorrentes da instalação da proteção contra ondas

Através da instalação do quebra mar, foi possível observar uma diminuição na altura das ondas incidentes na região proposta para a instalação do Estaleiro EISA Alagoas e, conseqüentemente, no interior da Bacia de Evolução. Para uma melhor visualização destas alterações, foram confeccionados mapas com os valores do quanto exatamente diminui entre um cenário e outro, ou seja, com e sem proteção.

A Figura 22 ilustra o cálculo referente ao Caso 1, onde se destaca uma acentuada diminuição da altura da onda logo após o quebra mar, da ordem de 1,2m, e no interior da Bacia de Evolução se observa uma redução de 0,2m. Com relação ao Caso 2, as alturas de ondas incidentes no interior da bacia de evolução sofreram uma redução de aproximadamente 0,3m (Figura 23).

A representação do Caso 3 na Figura 24 demonstrou que o quebra mar influencia apenas na região do canto esquerdo da Bacia de Evolução, entretanto, ainda assim ocorre uma redução de aproximadamente 0,2m. A variação de altura de onda para o Caso 4 apresentou-se livre da influência da estrutura de proteção, o que significa que tal proteção não impede a entrada de ondas provenientes do quadrante S-SE (Figura 25).

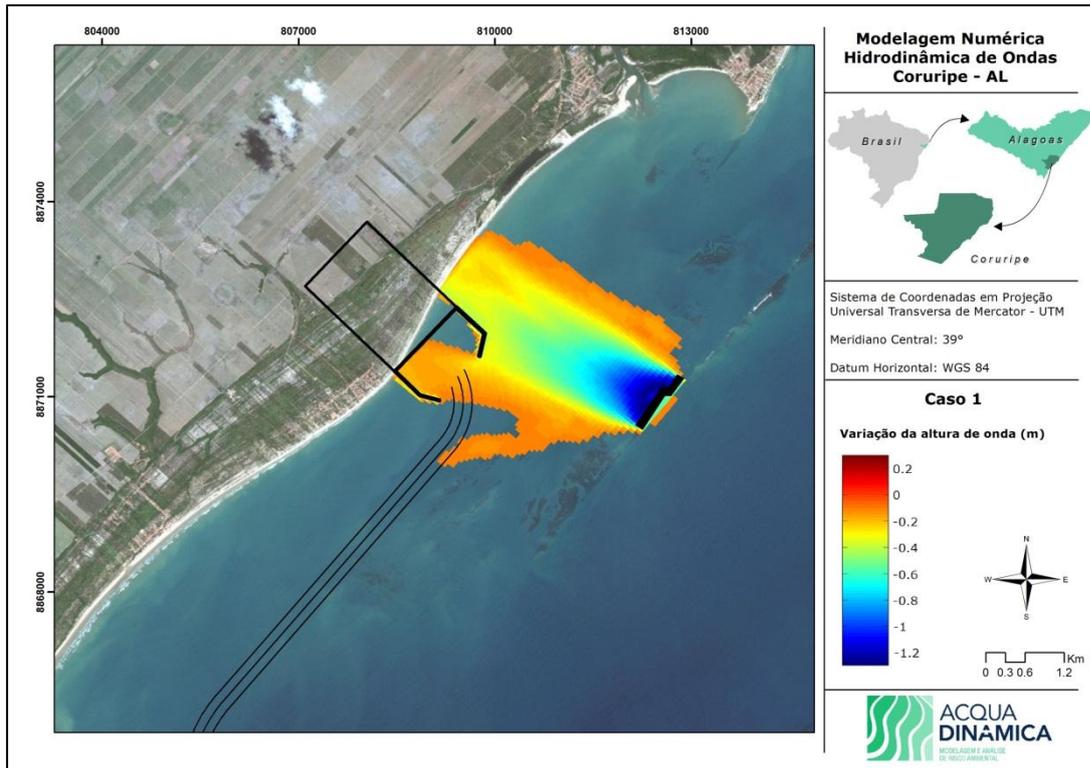


Figura 22. Variação na altura de onda na área adjacente à bacia de evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas para o Caso 1.

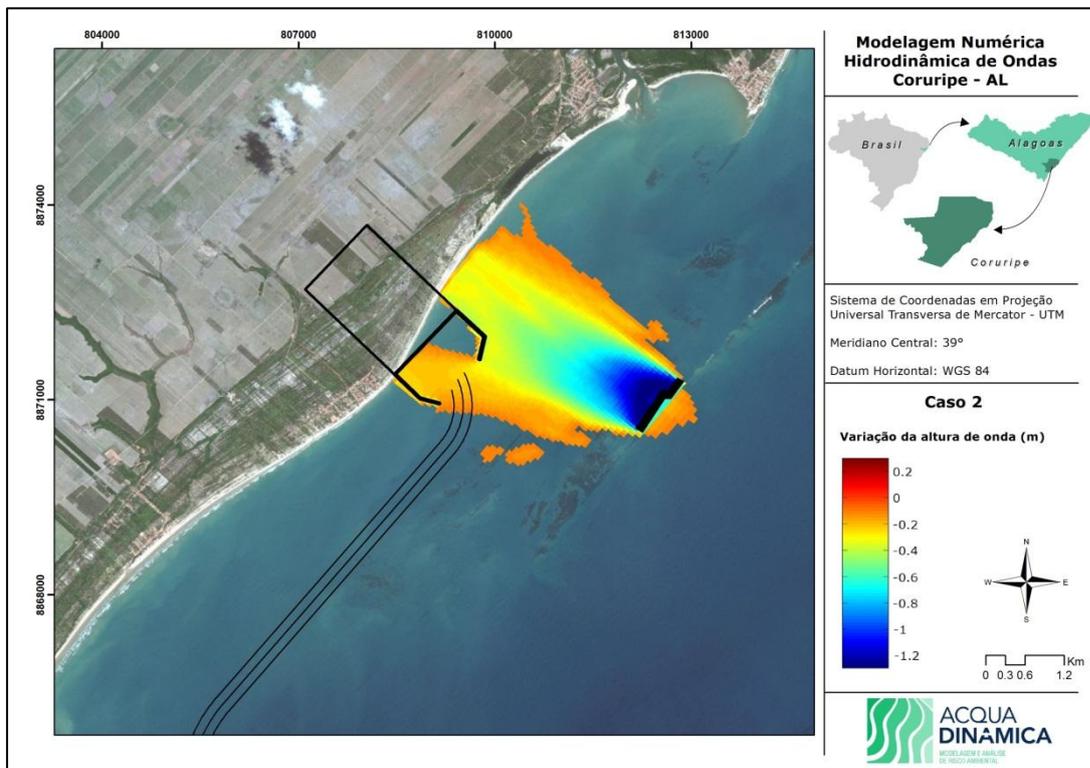


Figura 23. Variação na altura de onda na área adjacente à bacia de evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas para o Caso 2.

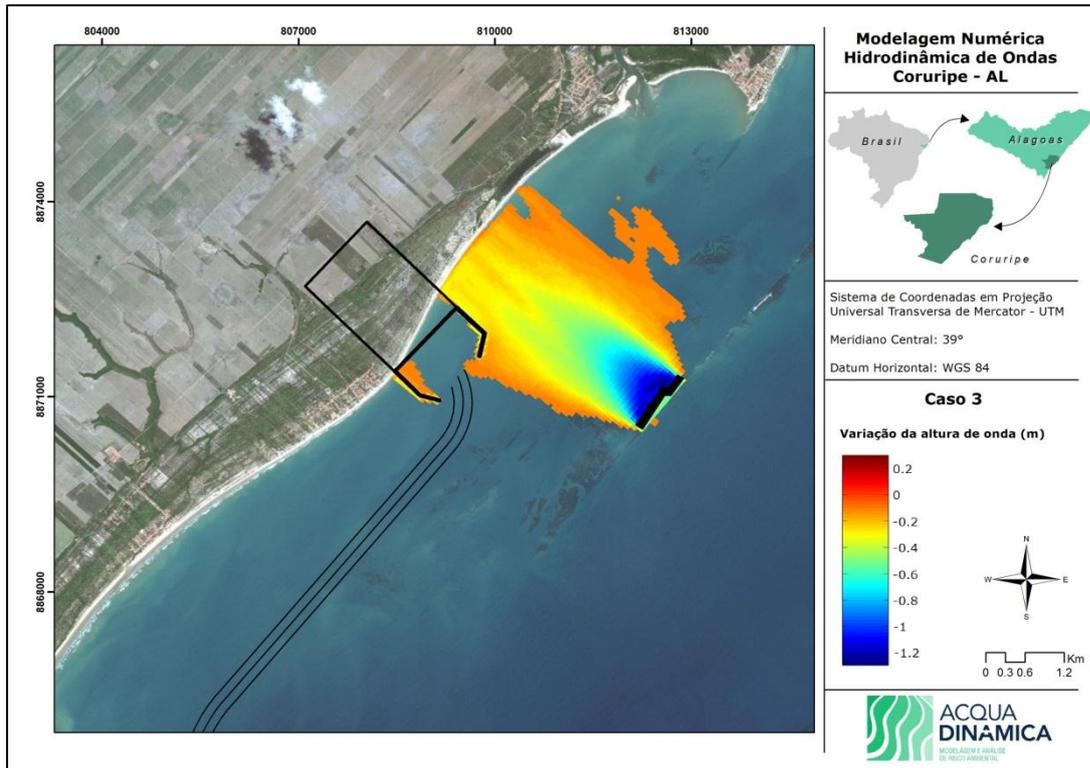


Figura 24. Variação na altura de onda na área adjacente à bacia de evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas para o Caso 3.

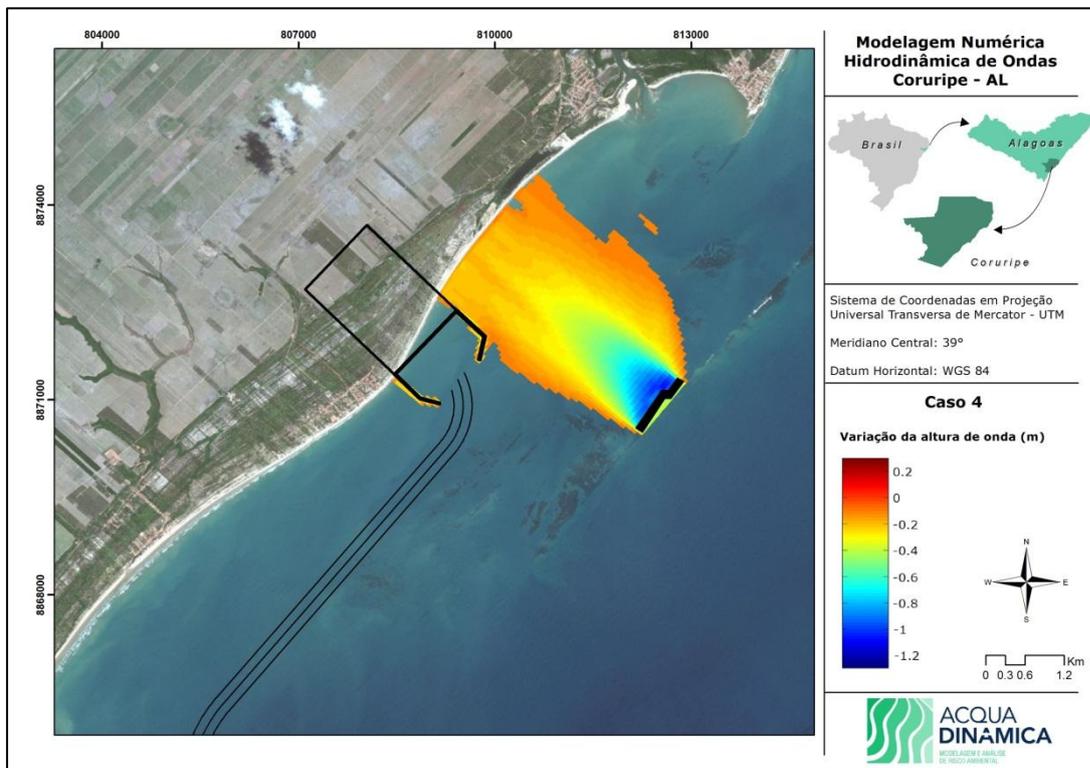


Figura 25. Variação na altura de onda na área adjacente à bacia de evolução proposta no projeto de construção do Estaleiro EISA Alagoas para o Caso 4.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a simulação realizada com o objetivo de avaliar a altura de ondas incidentes na área da Bacia de Evolução do Estaleiro EISA Alagoas, antes e após a possível instalação de um quebra mar a ser localizado na linha dos arrecifes na enseada de Coruripe, para casos extremos de onda, é possível afirmar que a construção do quebra mar ameniza a entrada das ondas mais prejudiciais para a área simulada, no caso, aquelas provenientes de Leste e Sudeste.

A modelagem demonstrou que o quebra-mar a leste é capaz de reduzir em 30% a altura das ondas em casos extremos de ondas, principalmente aquelas provenientes de Leste, entretanto, em algumas situações, foi verificada a altura de onda de aproximadamente 1,0 metro dentro da bacia de evolução. Mesmo estes casos de onda ocorrendo, no máximo 25 dias por ano, sugere-se uma modificação na disposição dos quebra-mares de proteção da Bacia de Evolução com o intuito de se minimizar a entrada das ondas deste quadrante.

Considerando que o Estaleiro irá produzir poucos navios/ano, e também, considerando que não haverá manutenção de navios no empreendimento, o que implicará em reduzido tráfego de navios de saída desde a bacia de evolução e cais de atracação, sugere-se que se possa realizar adequações do layout com a instalação de estruturas móveis de proteção. Tais adequações, além de oferecerem maior proteção à Bacia de Evolução, poderiam, inclusive, reduzir o impacto econômico da construção de quebra-mares destacados na linha de arrecifes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATTJES, J.A. and J.P.F.M. JANSSEN, Energy loss and setup due to breaking of random waves, International Conference on Coastal Engineering, ASCE, 569-587, 1978.

RIS, R. C., N. BOOIJ; L. H. HOLTHUIJSEN, 1999. A third-generation wave model for coastal regions, Part II, Verification, Journal of Geophysical Research. C4, 104, 7649-7666.

WL | DELFT HYDRAULICS, 1999. Modification first-guess SWAN and bench mark tests for SWAN: Report no. H3515, Delft.

WL | DELFT HYDRAULICS, 2000. Physical formulations SWAN and data for validation: Report no. H3528, Delft.

WL | Delft Hydraulics, 2010. Delft3D-Wave User Manual, version 3.04. Disponível em <<http://www.wldelft.nl/>>.