

---

**Ports Developed By Shiphandlers**  
**– PDBS –**

---

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES  
HIDRODINÂMICAS E  
MORFOLÓGICAS EM DECORRÊNCIA  
DA INSTALAÇÃO DO TERMINAL  
TURÍSTICO BC PORT**



Setembro de 2016

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	v
EQUIPE TÉCNICA.....	vi
1. Introdução.....	1-7
2. Metodologia .....	2-11
2.1. Modelagem Numérica .....	2-11
2.2. Dados de Entrada do Modelo .....	2-16
2.3. Cenários Modelados.....	2-19
2.4. Validação do Modelo Numérico.....	2-20
3. Resultados e Discussões.....	3-23
3.1. Resultados para o <i>Cenário Atual</i> .....	3-23
3.2. Diferença entre os resultados do <i>Cenário 03</i> e <i>Cenário Atual</i> .....	3-32
3.3. Diferença entre os resultados do <i>Cenário 04</i> e <i>Cenário Atual</i> .....	3-38
3.4. Diferença entre os resultados do <i>Cenário 05</i> e <i>Cenário 02</i> .....	3-44
3.5. Diferença entre os resultados do <i>Cenário 06</i> e <i>Cenário 02</i> .....	3-50
4. Considerações finais .....	4-56
5. REFERÊNCIAS .....	5-58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo, praia Central do Município Balneário Camboriú-SC. ....	1-7
Figura 2. Localização da área de estudo com detalhe do Terminal Turístico BCPort. ....	1-8
Figura 3. Área de estudo com detalhe na área de alimentação artificial prevista para a Praia Central de Balneário Camboriú. ....	1-9
Figura 4. Fluxograma esquemático da simulação morfodinâmica realizada para o presente estudo. ....	2-12
Figura 5. Grade numérica local para executar o modelo hidrodinâmico na Praia Central de Balneário Camboriú e adjacência. ....	2-14
Figura 6. Grades numéricas intermediária e regional para executar o modelo de propagação de ondas. ....	2-15
Figura 7. Batimetria interpolada na grade numérica local do modelo hidrodinâmico. ....	2-16
Figura 8. Maré morfológica calculada para a região de Balneário Camboriú. ...	2-18
Figura 9. Equipamento AWAC® utilizado no fundeio já fixado em estrutura piramidal. ....	2-20
Figura 10. Posição de fundeio do ADCP - AWAC. ....	2-21
Figura 11. Comparação entre os dados de maré medidos pelo ADCP e os dados modelados, para a área de estudo. ....	2-22
Figura 12. Comparação entre os dados de maré (m) medidos pelo ADCP e os dados modelados, para a área de estudo. ....	2-22
Figura 13. Velocidades máximas de maré enchente (A) e vazante (B) em quadratura, para a condição do <i>Cenário Atual</i> para a área de estudo. ....	3-25
Figura 14. Velocidades máximas de maré enchente (A) e vazante (B) em sizígia para a área de estudo, para a condição do <i>Cenário Atual</i> . ....	3-27
Figura 15. Resultados da simulação de ondas nas direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D), para o <i>Cenário Atual</i> . ....	3-29
Figura 16. Variação morfológica de curto (A) e longo (B) período para o <i>Cenário Atual</i> . ....	3-31
Figura 17. Diferença das velocidades de corrente entre o <i>Cenário 03</i> e <i>Cenário Atual</i> na enchente (A) e vazante (B) da maré de sizígia. ....	3-33

Figura 18. Diferença entre os resultados de ondas para as direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D) entre o <i>Cenário 03</i> e <i>Cenário Atual</i> . ....	3-35
Figura 19. Diferença de resultados de variação morfológica de curto (A) e longo (B) período entre o <i>Cenário 03</i> e <i>Cenário Atual</i> . ....	3-37
Figura 20. Diferença das velocidades de corrente entre o <i>Cenário 04</i> e <i>Cenário Atual</i> na enchente (A) e vazante (B) da maré de sizígia. ....	3-39
Figura 21. Diferença entre os resultados de ondas para as direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D) entre o <i>Cenário 04</i> e <i>Cenário Atual</i> . ....	3-41
Figura 22. Diferença de resultados de variação morfológica de curto (A) e longo (B) período entre o <i>Cenário 04</i> e <i>Cenário Atual</i> . ....	3-43
Figura 23. Diferença das velocidades de corrente entre o <i>Cenário 05</i> e <i>Cenário 02</i> na enchente (A) e vazante (B) da maré de sizígia.....	3-45
Figura 24. Diferença entre os resultados de ondas para as direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D) entre o <i>Cenário 05</i> e <i>Cenário 02</i> .....	3-47
Figura 25. Diferença de resultados de variação morfológica de curto (A) e longo (B) período entre o <i>Cenário 05</i> e <i>Cenário 02</i> . ....	3-49
Figura 26. Diferença das velocidades de corrente entre o <i>Cenário 06</i> e <i>Cenário 02</i> na enchente (A) e vazante (B) da maré de sizígia.....	3-51
Figura 27. Diferença entre os resultados de ondas para as direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D) entre o <i>Cenário 06</i> e <i>Cenário 02</i> .....	3-53
Figura 28. Diferença de resultados de variação morfológica de curto (A) e longo (B) período entre o <i>Cenário 06</i> e <i>Cenário 02</i> . ....	3-55

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Vazão estimada do rio Camboriú. ....	2-17
Tabela 2. Constantes harmônicas de maré para Balneário Camboriú. ....	2-17
Tabela 3. Casos de ondas simulados. ....	2-19

**EQUIPE TÉCNICA**

<b>Nome</b>	<b>Formação</b>	<b>Área de atuação</b>	<b>Registro IBAMA</b>	<b>Registro Profissional</b>
Fernando Luiz Diehl, MSc.	Oceanógrafo	Coordenador Geral	198583	AOCEANO 104
João Thadeu de Menezes, Dr.	Oceanógrafo	Coordenador Técnico Modelagem Numérica Ambiental	282673	AOCEANO 782
Daniel Becker Salles, BSc.	Oceanógrafo	Modelagem Numérica Ambiental	5879404	AOCEANO 2157
Marina Garcia Pacheco, BSc.	Oceanógrafa	Modelagem Numérica Ambiental	5347429	AOCEANO 1358
Thelma Luiza Scolari, MSc.	Oceanógrafa	Modelagem Numérica Ambiental	5000357	AOCEANO 1906

## 1. INTRODUÇÃO

A Aquadinâmica Modelagem e Análise de Risco Ambiental foi contratada pela Ports Developed By Shiphandlers (PDBS) para a realização de um estudo das possíveis alterações hidrodinâmicas e morfológicas geradas pela instalação de um terminal marítimo turístico (BC Port) conectado ao molhe do rio Camboriú, na Praia Central do Município de Balneário Camboriú, litoral centro-norte do Estado do Santa Catarina (Figura 1 e Figura 2).

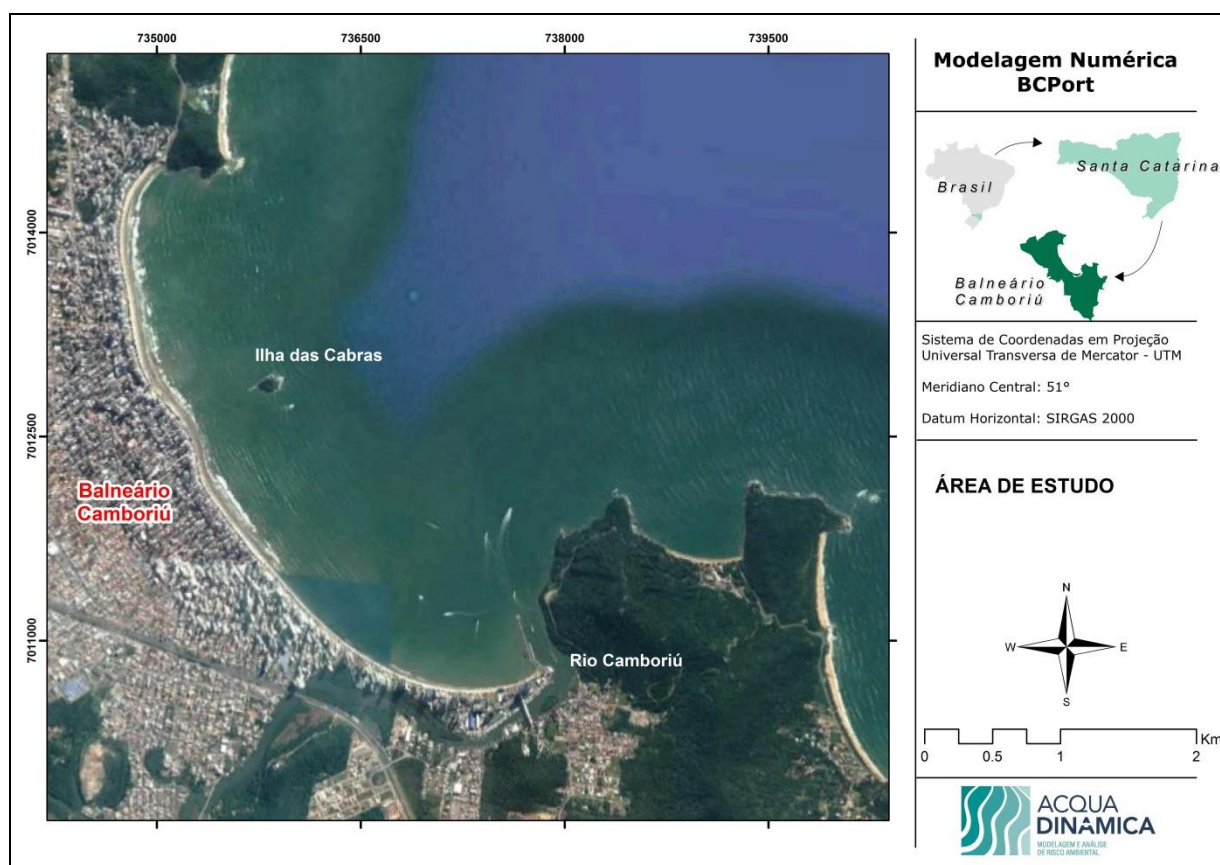


Figura 1. Localização da área de estudo, Praia Central do Município Balneário Camboriú - SC.

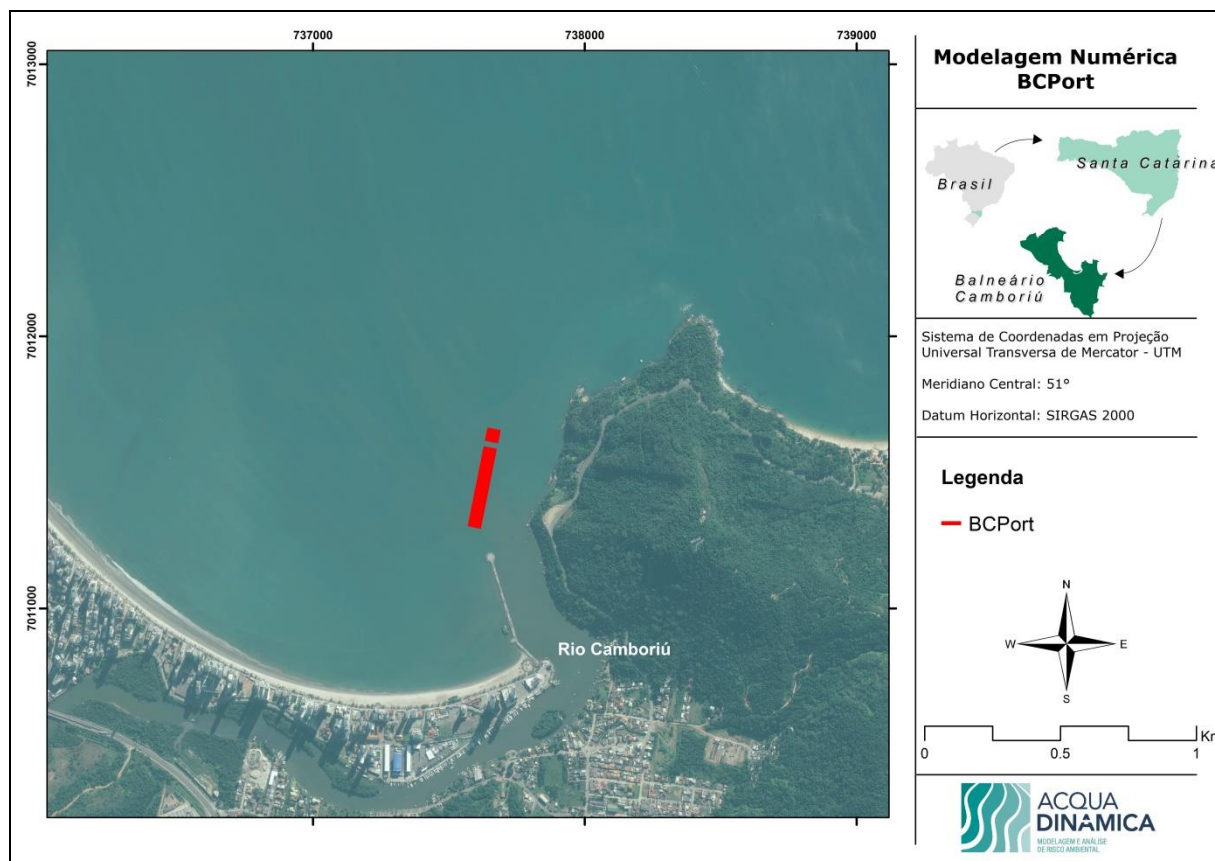


Figura 2. Localização da área de estudo com detalhe do Terminal Turístico BC Port.

A Praia Central está localizada no litoral centro-norte de Santa Catarina, distante 80 km da capital do Estado Florianópolis. Segundo Temme *et al.* (1997), a praia possui 5.838 metros de extensão, largura média de 17 metros e orientação NW-SE. A praia é delimitada por promontórios rochosos, sendo a Ponta das Laranjeiras ao Sul e a ponta da Preguiça ao Norte. Apresenta uma forma de arco e possui uma ilha (Ilha das Cabras) em sua porção centro-norte.

Schettini *et al.* (1996) descreveram a presença de dois rios na enseada, o rio Camboriú, que se encontra na porção sul da praia, e que possuía, à época, extensa planície de maré, sendo amplamente utilizado para navegação; e o canal do Marambaia, que se localiza no extremo norte da área de estudo.

Quanto à sedimentologia, o ambiente praial é composto por areia fina a muito fina, com declividade da praia de 0,85 a 2,80 graus, sendo classificada como uma praia dissipativa, com diâmetro médio de grão de 0,16 mm (TEMME *et al.*, 1997). A zona de surfe varia de 5 a 100m, sendo maior na porção norte da praia.



A praia, quanto à sua estabilidade em planta, encontra-se em equilíbrio dinâmico, sendo que a porção norte sofre processos erosivos episódicos, enquanto que a porção sul apresenta processos erosivos pela não contribuição de sedimentos arenosos através do rio Camboriú (MENEZES, 2008).

Após a década de 1970, o Município de Balneário Camboriú sofreu uma grande expansão imobiliária, sendo considerado hoje, o maior balneário do sul do País. Entretanto, o grande desenvolvimento não foi conduzido de forma ordenada, nomeadamente na faixa costeira, com a construção de vias e edificações, sem respeitar os limites do sistema praial, acarretando problemas aos residentes e frequentadores (BEAUMORD & DIEHL, 2006; POLETTE & RAUCCI, 2003). Em virtude destes problemas, a Prefeitura Municipal desenvolveu o projeto de alimentação artificial na Praia Central do município. Esse projeto tem por objetivo conter possíveis problemas erosivos, bem como ampliar o espaço físico da área de lazer, desenvolvendo o setor do turismo. A Figura 3 ilustra a área de estudo com a realização da obra de alimentação artificial da praia, que prevê 2.400.000 m<sup>3</sup> e aproximadamente 100 metros de largura de faixa de areia.

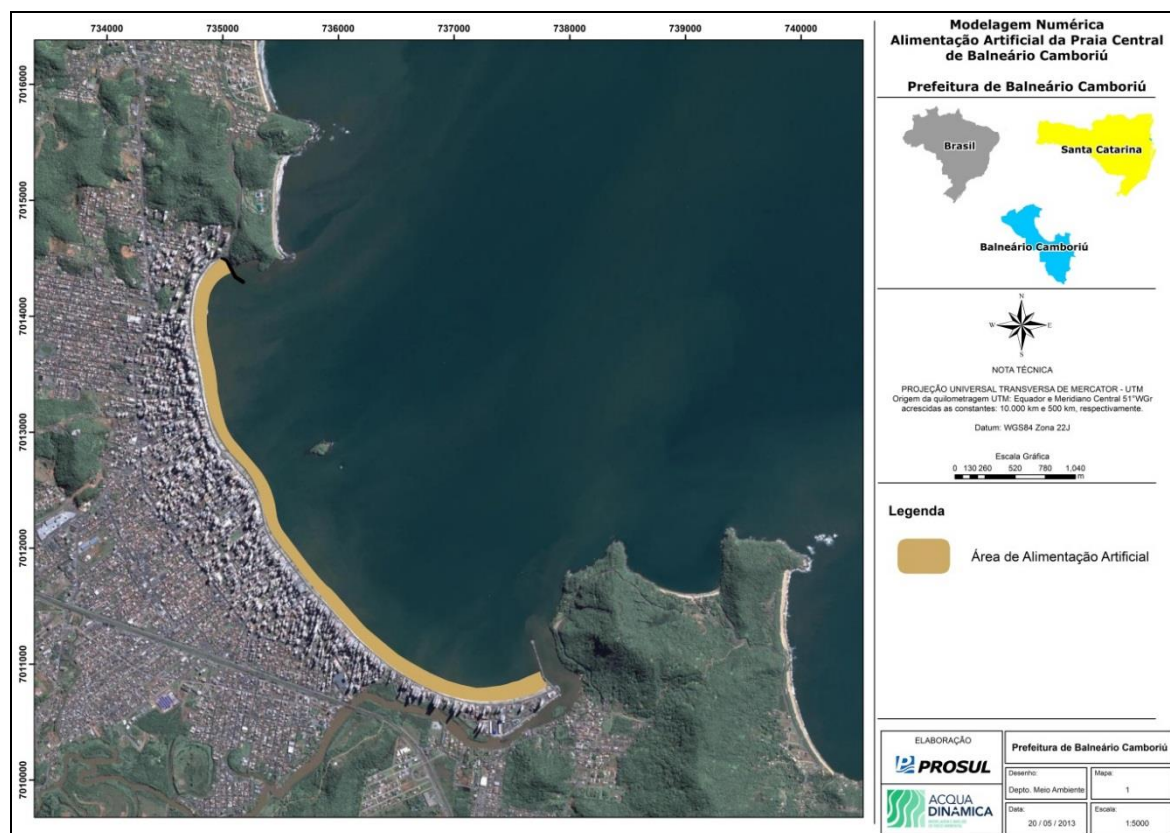


Figura 3. Área de estudo com detalhe na área de alimentação artificial prevista para a Praia Central de Balneário Camboriú.

O Município de Balneário Camboriú é um famoso destino turístico, englobando um mix de entretenimento entre as belezas naturais e a cidade moderna. E por contar com essa infraestrutura e atrativo, a empresa Ports Developed by Shiphandlers (PDBS) propõe a construção de um terminal turístico para navios de passageiros na região da Barra Sul, junto ao molhe do rio Camboriú

Para atingir o referido objetivo foi desenvolvido um estudo de modelagem numérica para avaliar os processos hidrodinâmicos, de propagação de ondas e de mudanças morfológicas (transporte de sedimentos) na região da Praia Central e região adjacente.

Como forma de se analisar os possíveis impactos advindos da instalação do BC Port, todos os modelos hidrodinâmicos (ondas e correntes) e morfológicos (6 meses e 1 ano) foram simulados considerando um ou dois navios de cruzeiro com comprimento de 361,6 metros, calado de 9,3 metros e LOA de 60,5 metros, atracados. Tais cenários potencialmente poderão incorrer nas maiores alterações e impactos sobre as correntes de maré, vazão e variações morfológicas. Desta forma, foram simulados os seguintes cenários:

- **Cenário 1:** atual;
- **Cenário 2:** condição atual com a praia central engordada;
- **Cenário 3:** condição atual com BC Port instalado e 1 navio atracado no berço esquerdo;
- **Cenário 4:** condição atual com o BC Port instalado e 2 navios atracados;
- **Cenário 5:** praia com engordamento e BC Port instalado com 1 navio atracado no berço esquerdo; e,
- **Cenário 6:** praia com engordamento e BC Port instalado com 2 navios atracados.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. 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), sendo para esta modelagem utilizada a versão *open source* disponível desde janeiro de 2011.

O modelo se baseia nas equações 3D de águas rasas, equações 3D de difusão-advecção para concentrações em suspensão (*suspended transport*) e uma equação separada para transporte de fundo (*bed-load transport*). O modelo é capaz de integrar o transporte de sedimentos e as alterações do fundo, a cada passo de tempo de cálculo, e é altamente recomendado para o desenvolvimento de estudos em ambientes costeiros. Isso porque possibilita o acoplamento direto com o modelo espectral de ondas *SWAN*, calculando também os processos de interação onda-corrente, além de incorporar uma técnica robusta de cálculo de células inundadas e secas (*flood and dry cells*). Vários outros processos, tais como fricção do vento e correntes de densidade, também são incluídos na formulação (WL | Delft Hydraulics, 2010).

Para possibilitar uma eficiente avaliação dos potenciais impactos do projeto de instalação do terminal turístico BCPort, sobre as correntes de maré e ondas, assim como consequentes modificações morfológicas, foi realizada uma simulação para cada cenário com as mesmas condições hidrodinâmicas. Foi realizada uma simulação por um período de 15 dias visando cobrir um ciclo completo de marés de sizígia e de quadratura. Entretanto, para a caracterização da variação morfológica na área de estudo, foi realizada a análise de curto (6 meses) e longo período (1 ano).

#### 2.1.1. Modelo Hidrodinâmico/Morfológico Delft 3D-Flow (Mor)

O módulo hidrodinâmico **Delft3D-Flow** resolve um sistema de equações de águas rasas em modo bidimensional (ou integrado em vertical) e tridimensional. O sistema de equações consiste nas equações horizontais de movimento (*momentum*), na equação de continuidade, equações de transporte para constituintes conservativos, e um modelo de

fechamento turbulento. A equação vertical de *momentum* é reduzida à relação de pressão hidrostática e as acelerações verticais são assumidas como sendo pequenas em relação à aceleração da gravidade. Isso faz com que o **Delft3D-Flow** seja adequado para a predição de fluxos em mares rasos, áreas costeiras, estuários, lagos, rios e lagoas.

Acoplado ao modelo hidrodinâmico está o módulo morfológico **Delft3D-Mor**, elaborado para simular o comportamento morfodinâmico de rios, estuários e áreas costeiras, na escala de dias a anos, resolvendo o complexo processo de interação entre as ondas, correntes, transporte de sedimentos e batimetria. A conexão entre os módulos envolvidos no processo (*Waves/Ondas-Flow/Corrente-Transport/Transporte-Bottom/Fundo*) ocorre via acoplamento dinâmico (Figura 4).

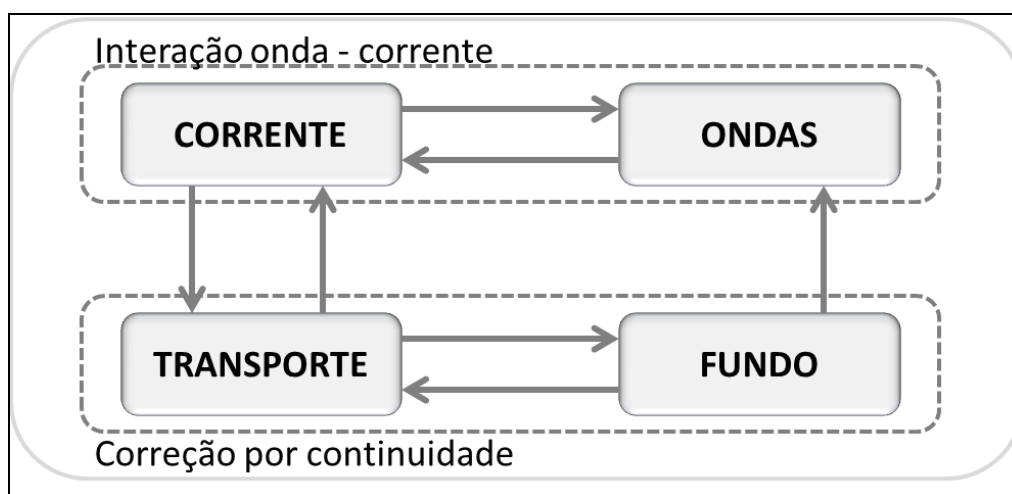


Figura 4. Fluxograma esquemático da simulação morfodinâmica realizada para o presente estudo.

O modelo numérico DELFT 3D foi extensivamente calibrado e validado através de experimentos de campo e de laboratório e é considerado o “estado-da-arte” em modelagem hidrodinâmica.

### 2.1.2. Modelo de Propagação de Ondas Delft 3D-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, variações batimétricas, campo de vento, o nível de água, e campo de correntes em águas profundas, intermediárias e rasas (WL | Delft Hydraulics, 2010).

O módulo *SWAN* é baseado na equação de conservação da ação de onda e é totalmente espectral (todas as direções e frequências), o que significa que o *SWAN* pode acomodar 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*” (carneirinhos), fricção com o fundo e 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).

### 2.1.3. Grade Numérica e Batimetria

A criação da grade numérica (Figura 5) para a execução da modelagem hidrodinâmica e morfológica foi realizada no módulo *RGFGRID* do sistema *Delft3D*, em configuração curvilinear ortogonal para toda a Praia Central e adjacências, com detalhamento refinado na região sul da praia, onde se pretende-se instalar o BC Port.

Para a modelagem de propagação de ondas outra duas grades numéricas (Figura 6) foram desenvolvidas no módulo *RGFGRID* do sistema *Delft3D*, uma Intermediária cobrindo boa parte da região centro norte do Estado de Santa Catarina, e outra Regional, cobrindo desde o sul de Florianópolis até o norte da baía da Babitonga.

Quanto à batimetria, foram utilizados dados digitalizados de cartas náuticas fornecidas pela DHN para o local, dados batimétricos cedidos pelo cliente para a região adjacente, e para a região de maior detalhamento foram utilizados diferentes dados batimétricos para cada um dos cenários modelados. Para o cenário atual, foram utilizados dados provenientes de medições batimétricas, e na elaboração dos cenários futuros a batimetria da região dos berços e do canal de acesso foi editada para 10 metros, além do engordamento praiar nos cenários 2, 5 e 6.

Os dados batimétricos foram interpolados sobre a grade numérica no módulo *QUICKIN* do sistema Delft3D e estão apresentados na Figura 7.

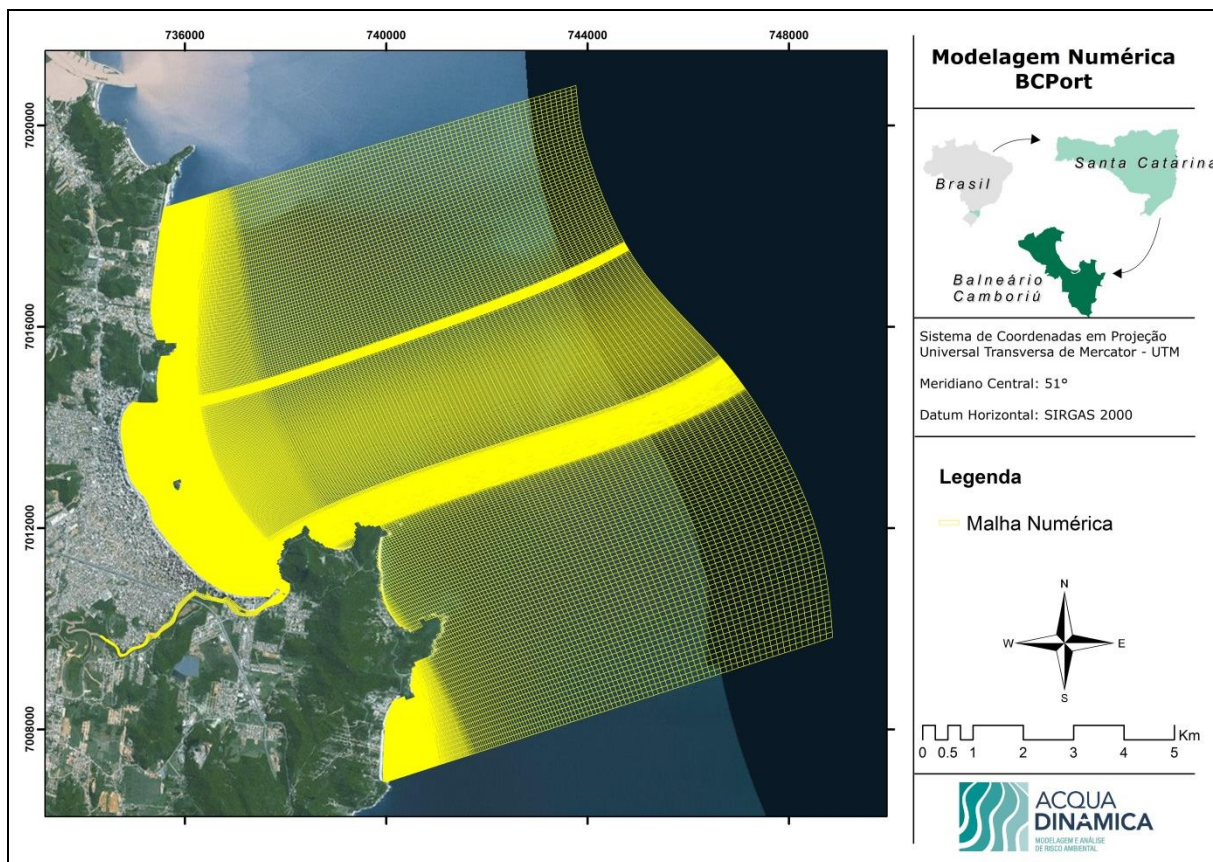


Figura 5. Grade numérica local para executar o modelo hidrodinâmico na Praia Central de Balneário Camboriú e adjacência.



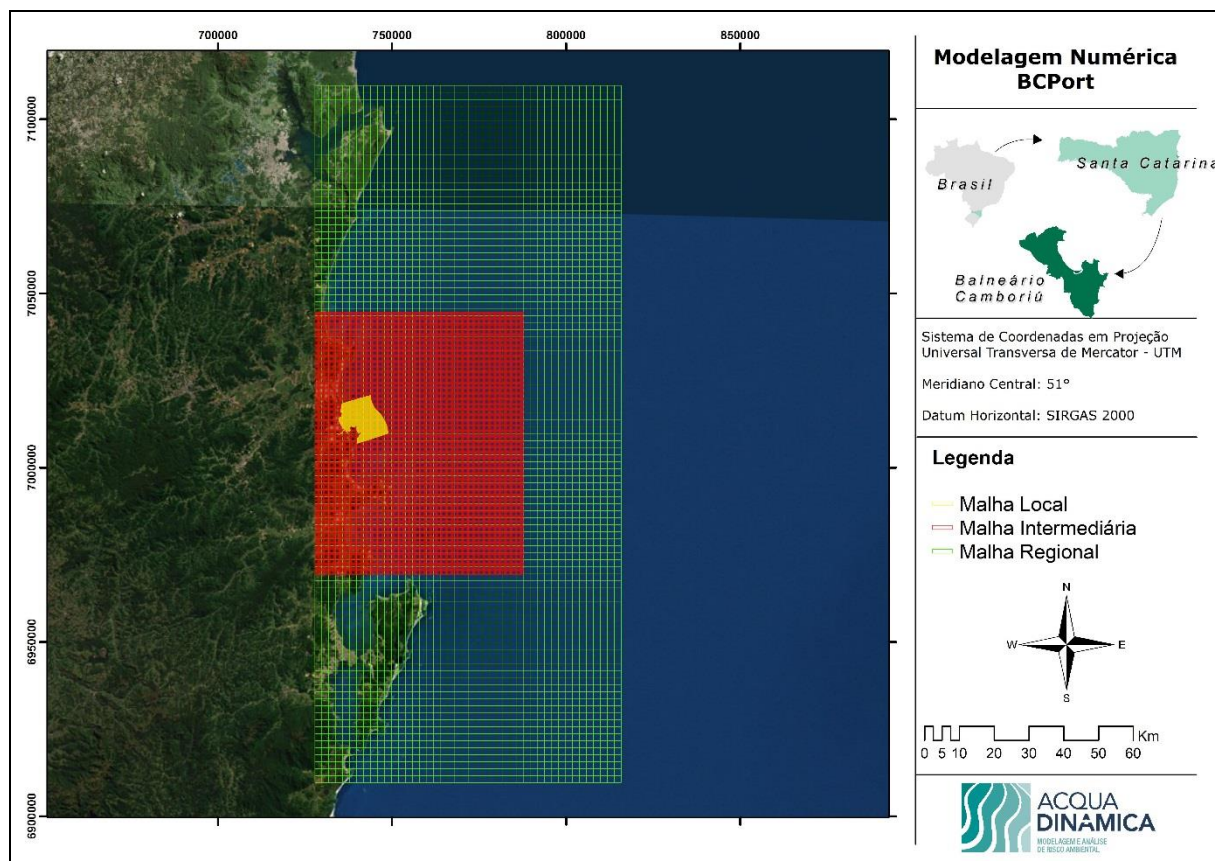


Figura 6. Grades numéricas intermediária e regional para executar o modelo de propagação de ondas.

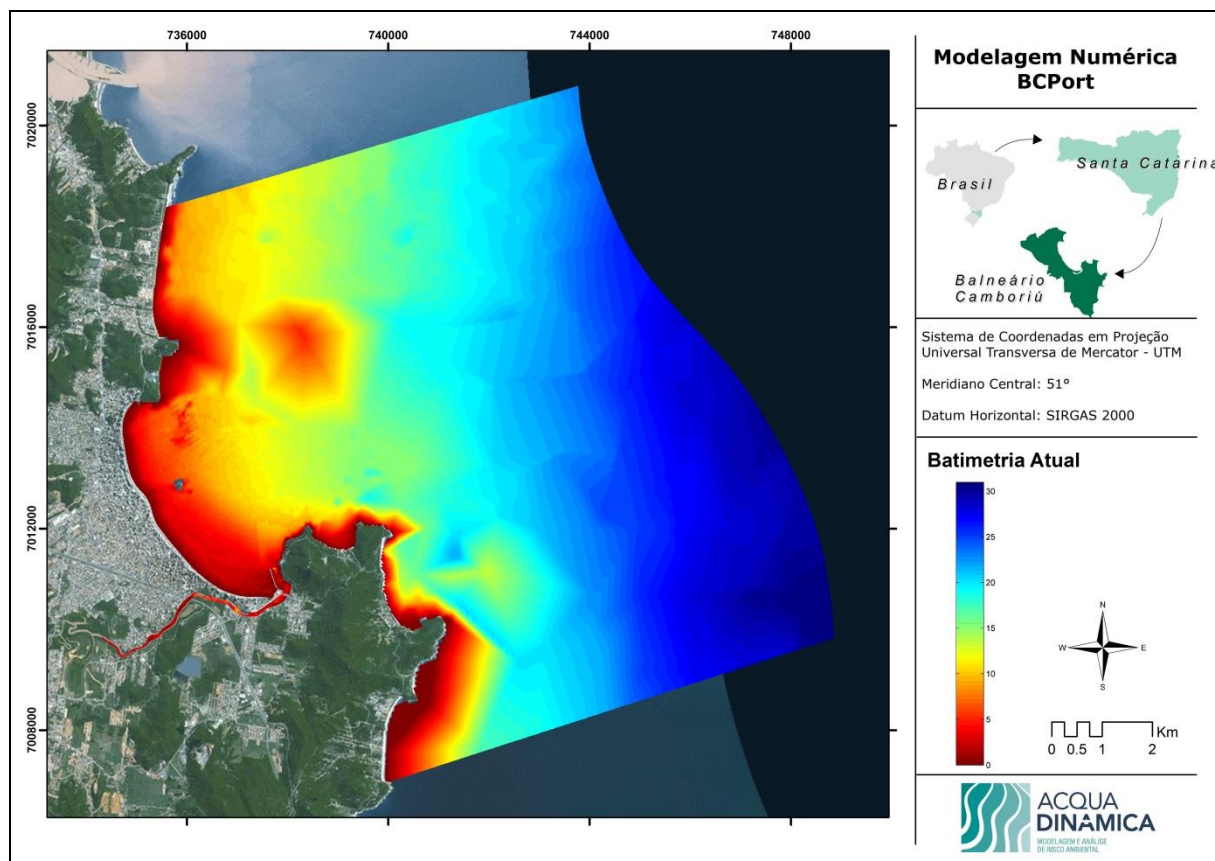


Figura 7. Batimetria interpolada na grade numérica local do modelo hidrodinâmico.

## 2.2. Dados de Entrada do Modelo

Para a execução do modelo, diversos dados de descarga fluvial, ventos, marés e ondas foram utilizados para que o mesmo pudesse ser calibrado, e desta forma pudesse representar de uma maneira mais fidedigna as condições ambientais presentes na área de estudo.

### 2.2.1. Descarga Fluvial de Afluentes

O rio Camboriú (Figura 1), com aproximadamente 40 km de extensão, drena uma bacia de aproximadamente 200 km<sup>2</sup>, compreendendo dois municípios, Camboriú e Balneário Camboriú. As principais atividades nas áreas de entorno da Bacia são aquelas vinculadas à agricultura. Silva & Schettini (1997) calcularam uma vazão média para o rio Camboriú de

3,0

m<sup>3</sup>/s

(



Tabela 1).

Tabela 1. Vazão estimada do rio Camboriú.

<b>Estação</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>
rio Camboriú	3,0

### 2.2.2. Dados de Vento

Os dados de vento utilizados nesta simulação foram obtidos através de uma estação do INMET para a região de Balneário Camboriú. Para tanto, foi utilizada uma série de dados correspondente ao período de simulação, coletada em uma estação meteorológica automática.

### 2.2.3. Dados de Maré

Os dados referentes a maré inseridos no modelo numérico e descritos na Tabela 2 foram obtidos através de análise e determinação das constantes harmônicas a partir dos dados de maré medidos para o local.

Esta determinação das constantes harmônicas de maré para Balneário Camboriú foi realizada através do programa PACMARE, desenvolvido por Franco (2000). O programa faz a análise dos diferentes constituintes da maré ou da corrente de maré oriundos dos dados medidos de maré e determina as correspondentes constantes harmônicas para o local.

Tabela 2. Constantes harmônicas de maré para Balneário Camboriú.

<b>Constante</b>	<b>Amplitude (m)</b>	<b>Fase (graus)</b>
MSf	0.0023	272.27
O1	0.0459	89.67
K1	0.0407	131.95
M2	0.2433	87.20
S2	0.1263	76.03
M3	0.0409	210.96
SK3	0.0086	234.45
M4	0.0598	153.38
MS4	0.0364	236.98
S4	0.0089	234.91
2MK5	0.0131	33.12
2SK5	0.0085	15.13
M6	0.0026	233.54
2MS6	0.0077	272.61
2SM6	0.0041	258.63
3MK7	0.0033	16.79

M8	0.0004	170.86
----	--------	--------

### 2.2.3.1. Maré Morfológica

Para estudos morfológicos com utilização de Fator de Aceleração Morfológica (MORFAC) indica-se a utilização de maré morfológica (LESSER, 2009), esta maré é uma redução simplificada da maré complexa que ocorre na natureza. A maré morfológica tem como objetivo produzir o mesmo transporte de sedimento residual e padrão de variação morfológica da maré real pelo período de tempo de interesse, porém, reduzindo o esforço computacional e variações imprecisas causadas pela variação sizígia-quadratura na maré.

A maré morfológica utilizada (Figura 8) foi gerada a partir média da Médias das Preamares (MHW) e Média das Baixa-Mares (MLW), oscilando em torno do nível médio, com período e fase equivalente à constante harmônica M2, a componente de maior relevância na região de interesse, conforme apresentado na tabela de constantes harmônicas desenvolvido por Franco (2000) (Tabela 2).

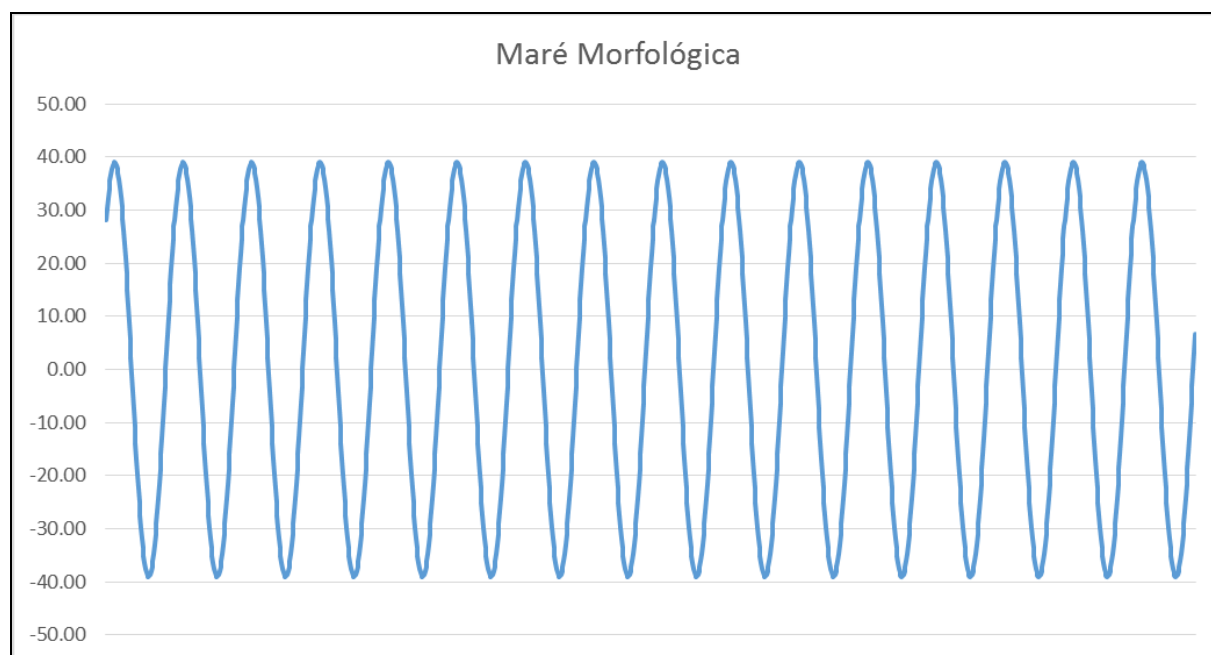


Figura 8. Maré morfológica calculada para a região de Balneário Camboriú.

### 2.2.4. Dados de Onda

Os dados de ondas utilizados no presente estudo foram obtidos a partir de estudos prévios realizados pela empresa Coastal Planning and Engineering do Brasil, no ano de 2011. Neste estudo, dados de ondas em águas profundas, provenientes do modelo Wave Watch III – WWIII, foram extraídos para o ponto mais próximo à Balneário Camboriú,

nas coordenadas 27° S e 47,5° W. Os dados foram analisados e propagados para águas rasas através do módulo Delft3D – WAVE. Após a reconstrução da série temporal em águas rasas, através do método do Hipercubo, foram selecionados quatro casos de ondas mais extremos ocorrentes na região, através do método de fluxo de energia.

Tabela 3. Casos de ondas simulados.

Caso	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)
1	2.51	7.69	74.68
2	2.66	8.28	91.97
3	2.85	8.76	114.63
4	3.19	10.44	154.57

### 2.3. Cenários Modelados

Para todos cenários, as simulações foram realizadas sob mesmas condições temporais, climáticas e oceanográficas. As diferenças entre os cenários são: engordamento da Praia Central de Balneário Camboriú; BC Port com navio atracado em um dos berços; e BC Port com navios atracados nos 2 berços.

As simulações foram realizadas para os seguintes cenários:

- **Cenário 1:** atual;
- **Cenário 2:** condição atual com a Praia Central engordada;
- **Cenário 3:** condição atual com BC Port instalado e 1 navio de passageiros atracado;
- **Cenário 4:** condição atual com o BC Port instalado e 2 navios de passageiros atracados;
- **Cenário 5:** praia com engordamento e BC Port instalado com 1 navio de passageiros atracado; e,
- **Cenário 6:** praia com engordamento e BC Port instalado com 2 navios de passageiros atracados.

Para a realização dos resultados os cenários 03 e 04 serão comparados com o *Cenário Atual (01)* por apresentarem a mesma condição da Praia Central sem engordamento; já os cenários 05 e 06 serão comparados com o *Cenário 02*, por apresentarem a condição da Praia Central pós-engordamento.

Os navios utilizados para os cenários 03, 04, 05 e 06 foram navios de cruzeiro com comprimento de 361,6 metros, calado de 9,3 metros e LOA de 60,5 metros.

## 2.4. Validação do Modelo Numérico

Para a validação do modelo numérico, um perfilador acústico de correntes (ADCP), baseado no efeito *Doppler* da marca Nortek, modelo AWAC® 600 kHz (Figura 9), foi fundeado na enseada de Camboriú, nas coordenadas geográficas 26° 59.087' S e 48° 37.033' W (Figura 10), pelo período de 15/11/2012 a 14/12/2012, com medições a cada 10 minutos.



Figura 9. Equipamento AWAC® utilizado no fundeio já fixado em estrutura piramidal.

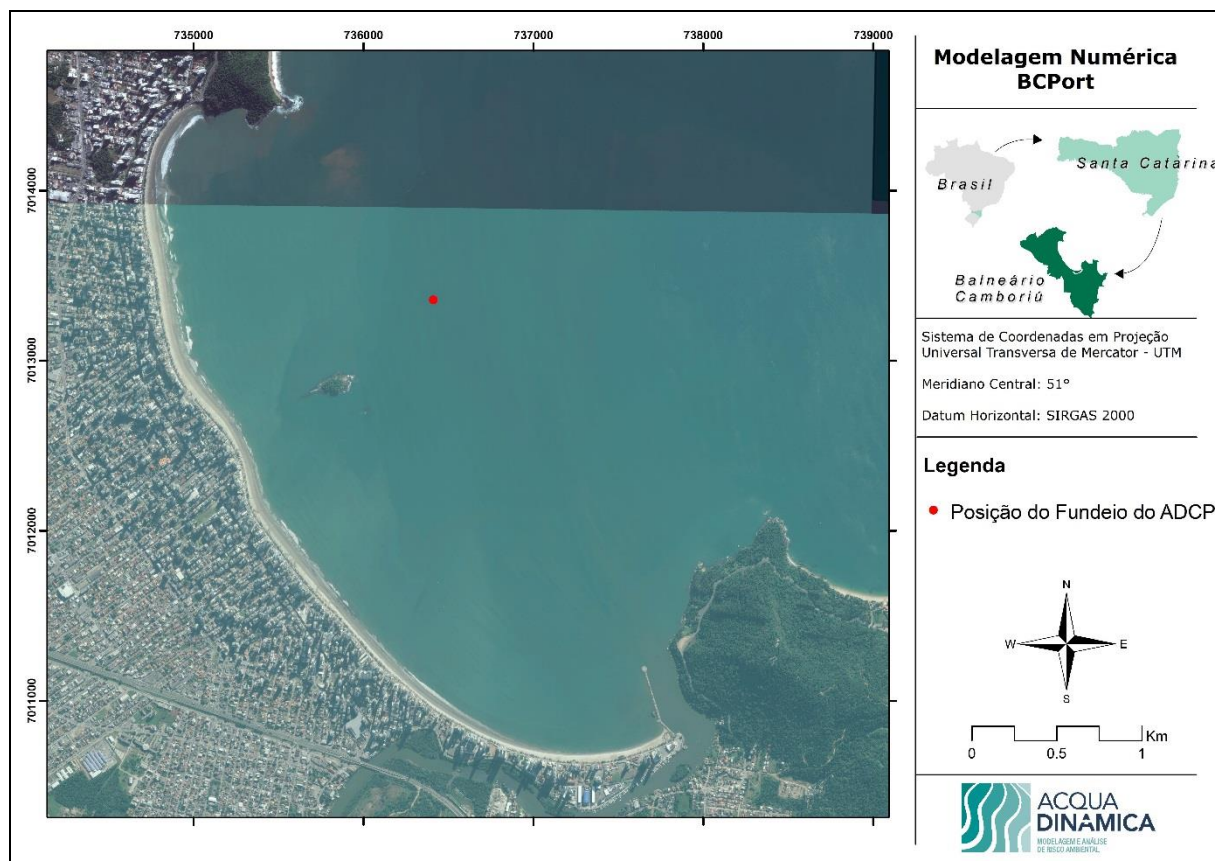


Figura 10. Posição de fundeio do ADCP – AWAC na enseada de Camboriú.

Os dados de corrente, ondas e nível de água foram coletados em escala temporal de 10 minutos, no mesmo período (15 dias) da modelagem realizada, 16/11/2012 a 30/11/2012, possibilitando a comparação entre os resultados e posterior validação do modelo.

Na Figura 11 é apresentado o gráfico de comparação entre os dados de maré medidos e modelados, que demonstra que os resultados da modelagem puderam representar de forma coerente os padrões de maré dominantes no local. Na Figura 12 pode-se observar que a correlação entre os dados é satisfatória com valor de  $R^2$  de 0,74.

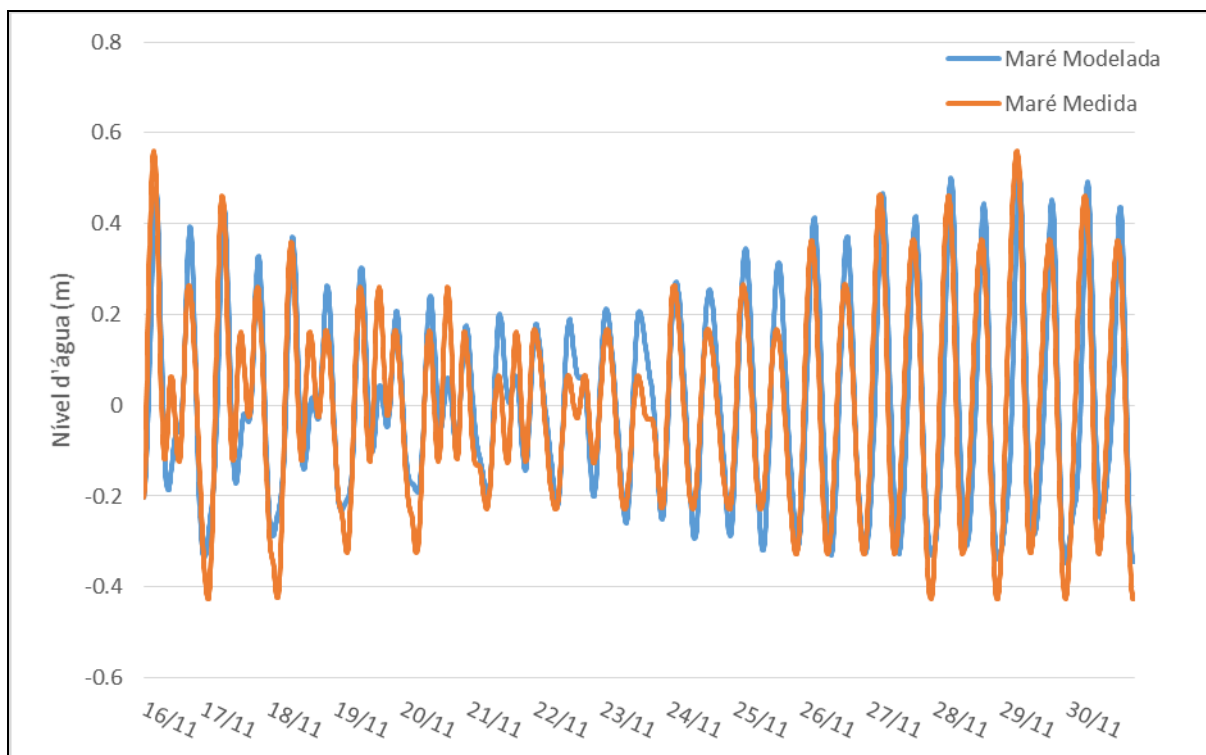


Figura 11. Comparação entre os dados de maré medidos pelo ADCP e os dados modelados, para a área de estudo.

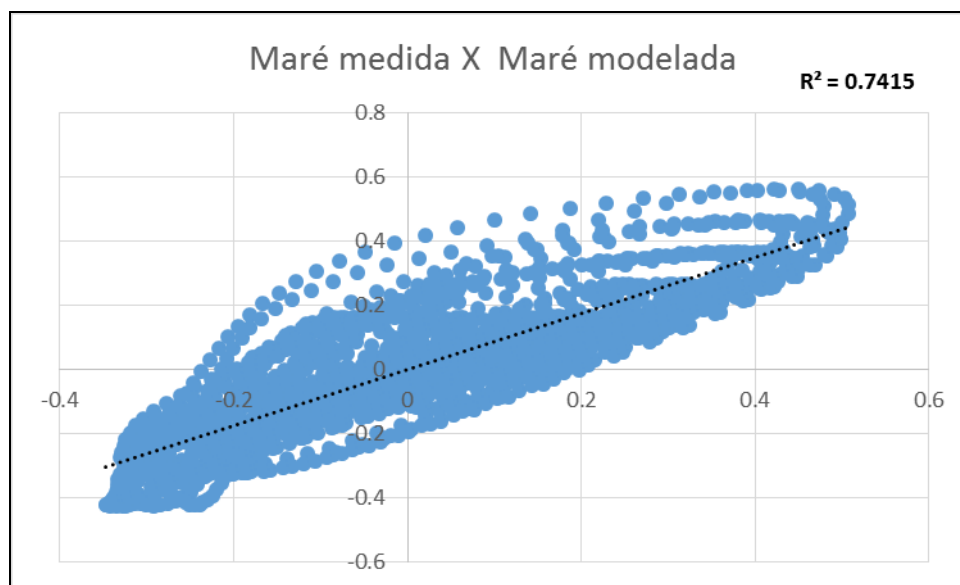


Figura 12. Comparação entre os dados de maré (m) medidos pelo ADCP e os dados modelados, para a área de estudo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para analisar a influência das obras do projeto de instalação do terminal turístico BC Port sobre as alterações hidrodinâmicas e morfológicas da área de estudo, todos os cenários de modelagem (propagação de ondas, hidrodinâmico e morfodinâmico) foram executados sob as mesmas condições meteorológicas e oceanográficas, considerando o cenário atual (*Cenário 01*), cenário atual com engordamento na Praia Central (*Cenário 02*) e os cenários com a instalação do BC Port (*Cenário 03, 04, 05 e 06*). Os mapas de resultados finais foram pós-processados e elaborados em ambiente SIG.

Neste capítulo serão apresentados os resultados hidrodinâmicos, de ondas e variação morfológica para o *Cenário Atual*, assim como a comparação entre os resultados dos *Cenários 03 e 04* com o *Cenário Atual*, os quais foram simulados sem engordamento da Praia Central; e as comparações entre os *Cenários 05 e 06* com o *Cenário 02*, os quais foram simulados com a Praia Central já engordada.

#### 3.1. Resultados para o *Cenário Atual*

Para o *Cenário Atual*, considerando a configuração atual da Praia Central de Balneário Camboriú, serão apresentados todos os resultados para as condições de correntes em condições de maré de quadratura e maré de sizígia, e condições de maré enchente e vazante.

Os resultados de ondas serão apresentados para quatro casos extremos observados nas direções leste-nordeste (ENE), leste (E), leste-sudeste (ESSE) e sul-sudeste (SSE). Já os resultados de variação morfológica serão apresentados para curto (6 meses) e longo período (1 ano), utilizando o fator de aceleração morfológica (MORFAC).

##### 3.1.1. Velocidade de correntes em maré de quadratura e sizígia

As velocidades máximas de enchente em quadratura, obtidas através de modelagem, foram da ordem de 0,1 m/s para toda a área modelada. Na condição de maré enchente, a velocidade de corrente na desembocadura do rio Camboriú, onde se pretende instalar o BC Port, variou de 0,1 m/s a 0,3 m/s com sentido norte-sul (Figura 13A).

Para a condição de maré de quadratura vazante, na condição atual da Praia Central, a velocidade de corrente mantém-se na ordem de 0,1 m/s para quase toda a área



modelada. Na área da desembocadura do rio Camboriú observa-se uma velocidade de corrente variando entre 0,1 a 0,2 m/s com sentido sul-norte (Figura 13B).

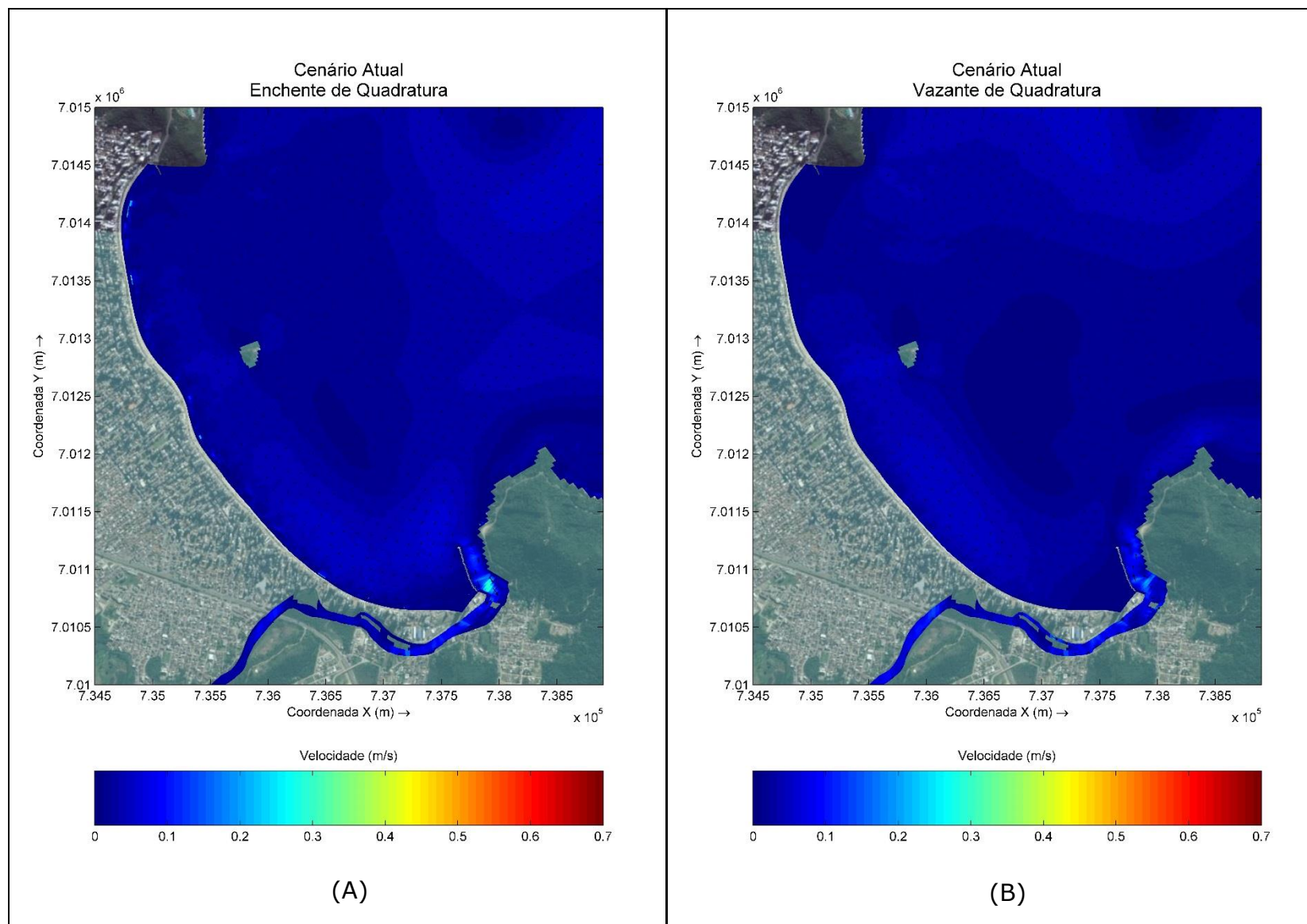


Figura 13. Velocidades máximas de maré enchente (A) e vazante (B) em quadratura, para a condição do *Cenário Atual* para a área de estudo.

As velocidades de correntes de enchente em sizígia máximas foram da ordem de 0,15 m/s. Na condição de maré enchente de sizígia, as velocidades de corrente na região da desembocadura do rio Camboriú variaram de 0,15 m/s a 0,30 m/s, com sentido norte-sul (Figura 14A).

Para a condição de maré vazante de sizígia as velocidades de correntes também foram na ordem de 0,15 m/s para a maior parte da área modelada, porém, na região da desembocadura do rio Camboriú ocorreram as maiores velocidades, alcançando próximo de 0,7 m/s com um sentido sul-norte (Figura 14B).

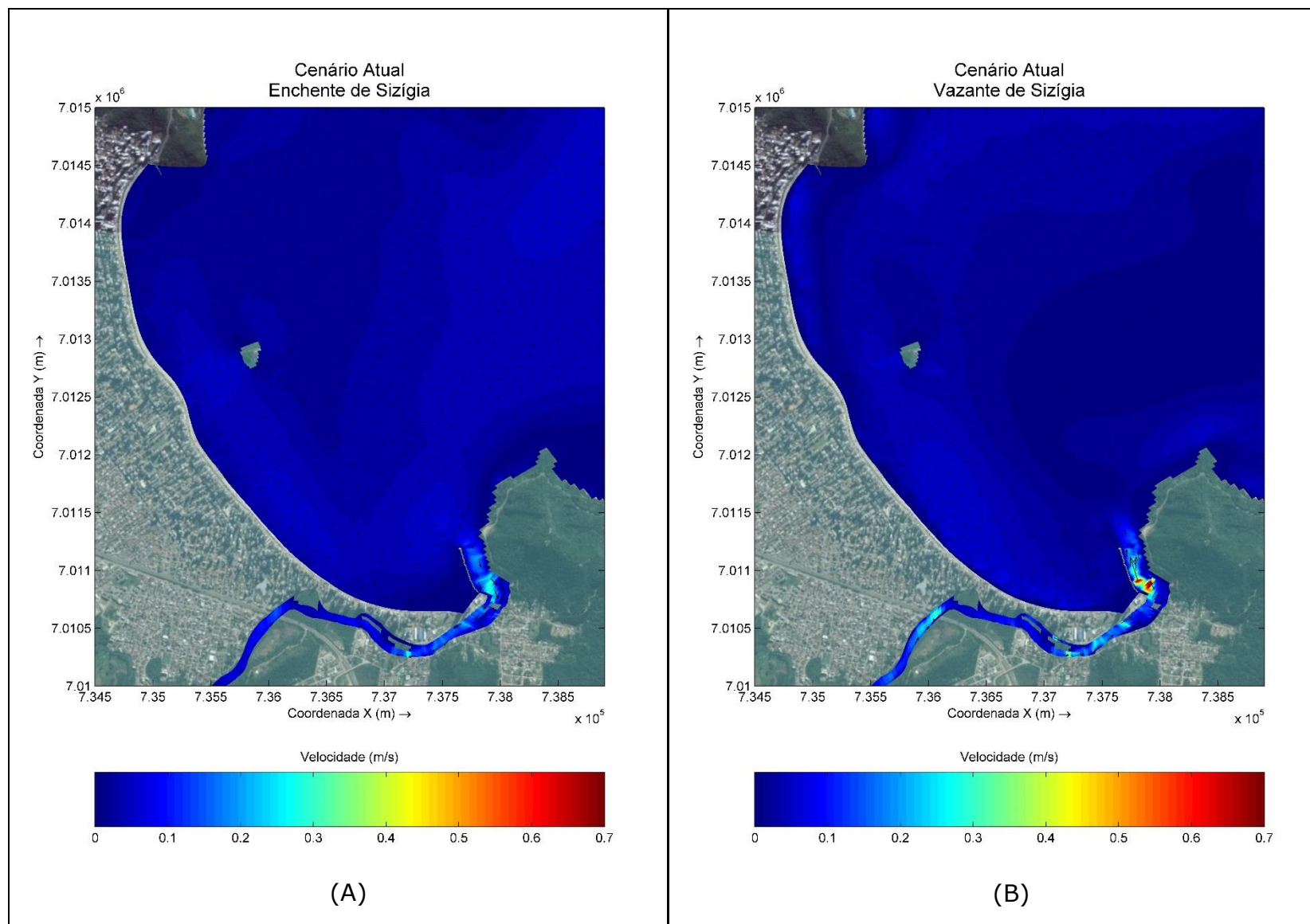


Figura 14. Velocidades máximas de maré enchente (A) e vazante (B) em sизigia para a área de estudo, para a condição do *Cenário Atual*.

### 3.1.2. Ondas

O resultado da simulação de ondas da direção  $74,68^\circ$  (ENE), de período ( $T_p$ ) 7,69 s e altura significativa ( $H_s$ ) 2,51 m (Figura 15A) demonstram que a ondulação atinge as regiões centrais e norte da Praia Central com maior energia, com  $H_s$  de até 2 metros. Já a porção sul da praia e a desembocadura do rio Camboriú apresentam  $H_s$  menores em comparação com as demais áreas, com valor máximo em torno de 0,5 metros.

O caso de onda de direção  $91,97^\circ$  (E),  $T_p$  8,28 s e  $H_s$  2,66 m (Figura 15B), apresentou uma condição similar ao caso com direção ENE. Os focos de maior energia das ondas encontram-se nas regiões centrais e norte da praia, atingindo  $H_s$  máximos de 2,5 metros, principalmente na região norte da praia. Na região sul da Praia Central, onde encontra-se a desembocadura do rio Camboriú, a  $H_s$  máxima observada na região foi 0,5 metros.

O caso 3, com direção  $114,63^\circ$  (ESE),  $T_p$  8,76 s e  $H_s$  2,85 m (Figura 15C), apresenta uma redução na energia de ondas na região central da praia em comparação com os casos anteriores, concentrando o foco principalmente na região norte da praia, alcançando altura significativa máxima de 2,5 metros. A região sul da praia e a desembocadura do rio Camboriú ficam protegidos de ondas desta direção pelo sentido da praia (sudeste-noroeste), causando uma redução na energia das ondas na área, atingindo alturas significativas máximas próximo a 0,25 metros.

O último caso de ondas, com direção  $154,57^\circ$  (SSE),  $T_p$  10,44 e  $H_s$  3,19 m (Figura 15D), apresenta os menores resultados de altura significativa em toda a Praia Central. Isto ocorre pela disposição da praia no sentido sudeste-noroeste, fazendo com que a ondulação passe por fora da praia, com exceção de um pequeno foco de energia com altura significativa máxima de 1,75 metros que atinge a região norte da Praia Central por conta do efeito de difração da onda. Na região sul a energia de onda é quase nula, apresentando altura significativa inferior a 0,25 metros, chegando a zero na desembocadura do rio Camboriú, onde está projetada a instalação do BC Port.

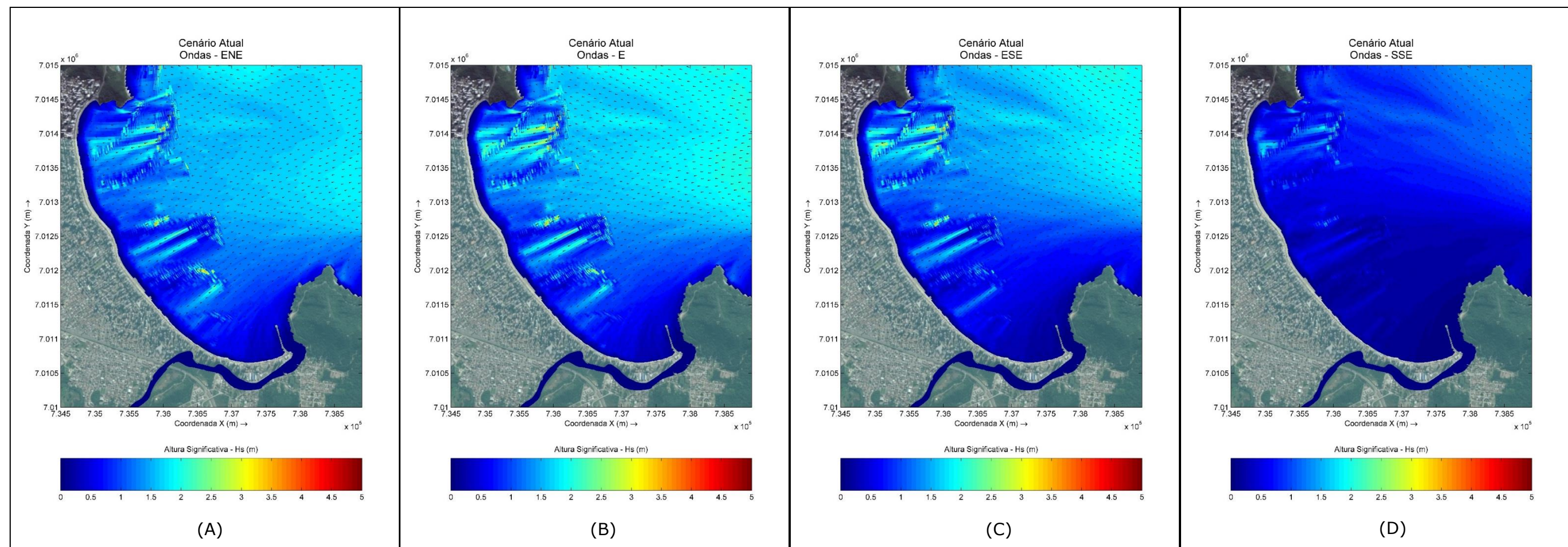


Figura 15. Resultados da simulação de ondas nas direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D), para o *Cenário Atual*.

### **3.1.3. Variação Morfológica**

Os resultados de variação morfológica (Figura 16) para o período de 6 meses demonstra uma estabilidade na Praia Central, como já indicado por Menezes (2008). Observam-se pequenos focos de erosão e deposição de ordem inferior a 0,4 metros na desembocadura do rio Camboriú e na região costeira do promontório sul da Praia Central, porém, estas variações não indicam a perda de sedimento do sistema; o que se observa é a redistribuição do sedimento, ocorrendo a erosão num determinado ponto e a redeposição deste material logo ao lado.

Os resultados para um ano apresentam as mesmas características observadas para 6 meses, onde ocorre a redistribuição do material do fundo, principalmente na região da desembocadura do rio Camboriú, com ordem inferior a 0,5 metros.



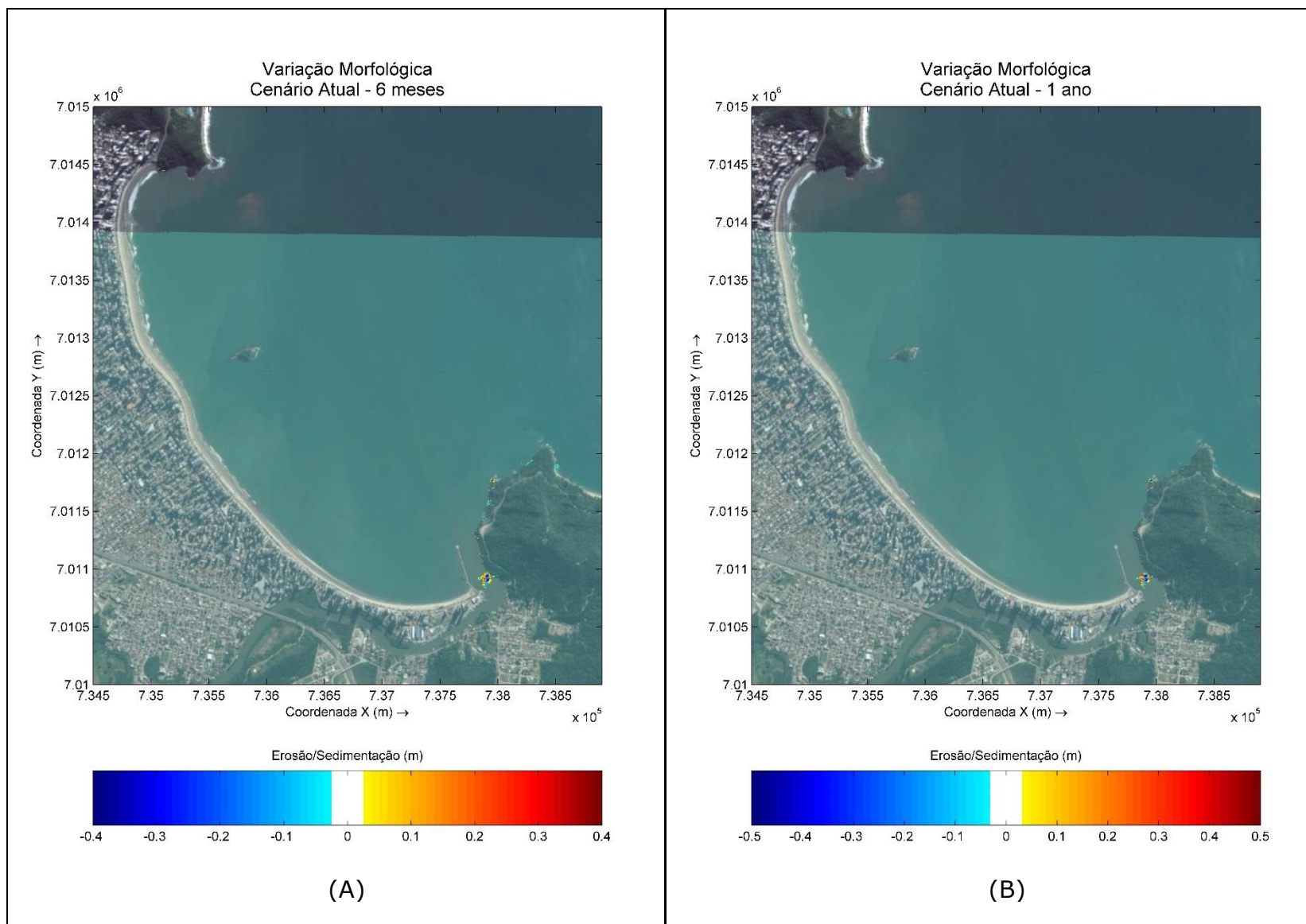


Figura 16. Variação morfológica de curto (A) e longo (B) período para o *Cenário Atual*.



### **3.2. Diferença entre os resultados do *Cenário 03* e o *Cenário Atual***

Neste capítulo será apresentado a diferença entre os resultados hidrodinâmicos, de ondas e variação morfológica, entre o *Cenário 03* e o *Cenário Atual*. O *Cenário 03* foi simulado com a Praia Central sem engordamento, com o BC Port instalado, com áreas do berço e canal de acesso dragados para 10 metros e 1 navio atracado no berço esquerdo do terminal.

#### **3.2.1. Velocidades de Corrente**

A Figura 17 apresenta as diferenças nas velocidade de corrente em maré de sizígia enchente e vazante entre os cenários *03* e *Atual*, pois é nesta maré onde ocorrem as maiores velocidades, e por consequência, as maiores variações da velocidade de corrente.

Durante a enchente de sizígia observa-se um aumento na velocidade de corrente de até 0,05 m/s ao sul do BC Port. Este aumento de velocidade se dá por conta de um estrangulamento da passagem de água entre o BC Port e o molhe do rio Camboriú. Como verifica-se no resultado de maré enchente do *Cenário Atual* (Figura 14A), a corrente apresenta uma direção nordeste-sudoeste nesta região, favorecendo este aumento de velocidade na região ao sudoeste do BC Port.

Durante a condição de vazante observam-se alterações na velocidade de corrente em toda a região dos berços de atracação do BC Port, bem como na região ligeiramente ao sul do empreendimento, na ordem de até 0,1 m/s. Isto se deve ao estrangulamento da massa d'água proveniente do rio Camboriú, que ganha força na maré vazante e no *Cenário Atual* se dissipava após o molhe do rio Camboriú, mas com o empreendimento é canalizada ao sul do BC Port ou ao longo do empreendimento.

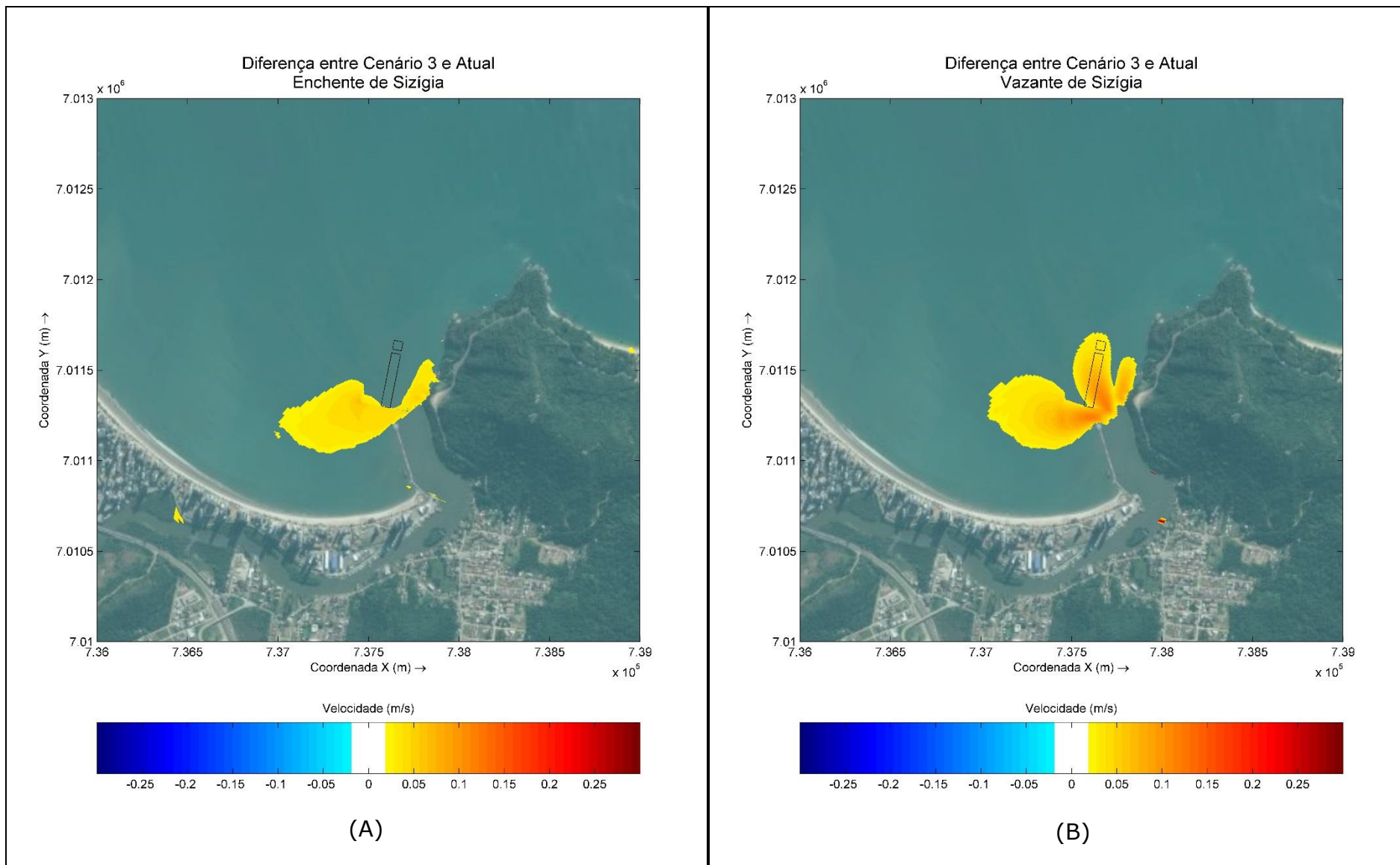


Figura 17. Diferença das velocidades de corrente entre o *Cenário 03* e *Cenário Atual* na enchente (A) e vazante (B) da maré de sizígia.

### 3.2.2. Ondas

A diferença entre os resultados para os quatro casos de ondas entre o *Cenário 03* e o *Cenário Atual* estão apresentados na Figura 18. Em todos os quatro casos as alterações causadas pela implantação do BC Port se dão unicamente na porção sul da Praia Central de Balneário Camboriú.

As maiores alterações na altura significativa ( $H_s$ ) das ondas ocorrem no caso 1 (Figura 18A), com direção leste-nordeste (ENE), onde se observa uma redução na  $H_s$  de até 1 metro na área ao entorno do empreendimento até a praia e um aumento na  $H_s$  na ordem de 0,2 metros nas laterais da região onde ocorre a redução, porém, esse aumento na altura significativa se dissipa, não alcançando a praia.

O caso 4 (Figura 18D), direção de onda SSE, apresenta o menor impacto do empreendimento, com uma redução na ordem de 0,2 metros na  $H_s$  na região a oeste do BC Port.

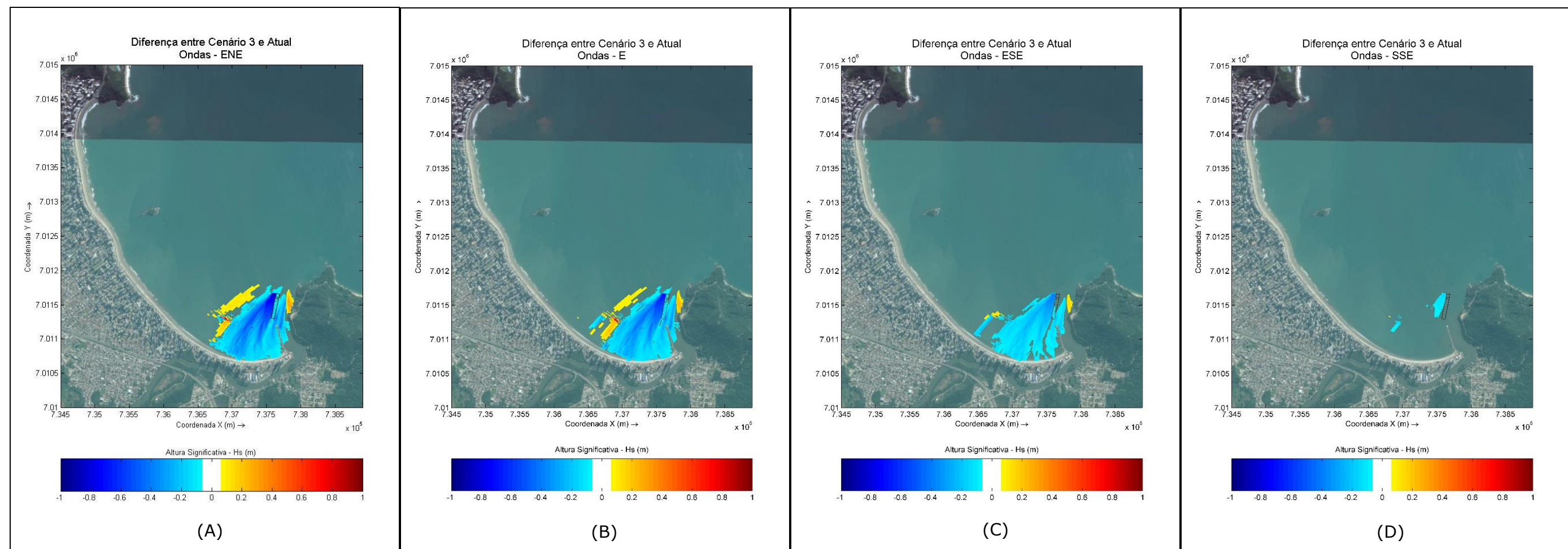


Figura 18. Diferença entre os resultados de ondas para as direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D) entre o *Cenário 03* e *Cenário Atual*.

### **3.2.3. Variação Morfológica**

Os resultados de variação morfológica de curto e longo prazo (Figura 19) para os cenários *03* e *Atual* são bastante próximos, com exceção da costa do promontório a leste do BC Port, mesma região onde se observa uma leve alteração de velocidade de corrente (Figura 17), na ordem de 0,05 m/s. A diferença entre os resultados de variação morfológica tanto para 6 meses quanto para 1 ano são de no máximo 0,25 metros.

Verifica-se que tanto para 6 meses quanto para 1 ano de simulação não ocorre diferença na variação morfológica entre os cenários *03* e *Atual* na área do BC Port, seus berços e canal de acesso, mesmo com um navio atracado no berço esquerdo durante todo o período simulado para o *Cenário 03*.

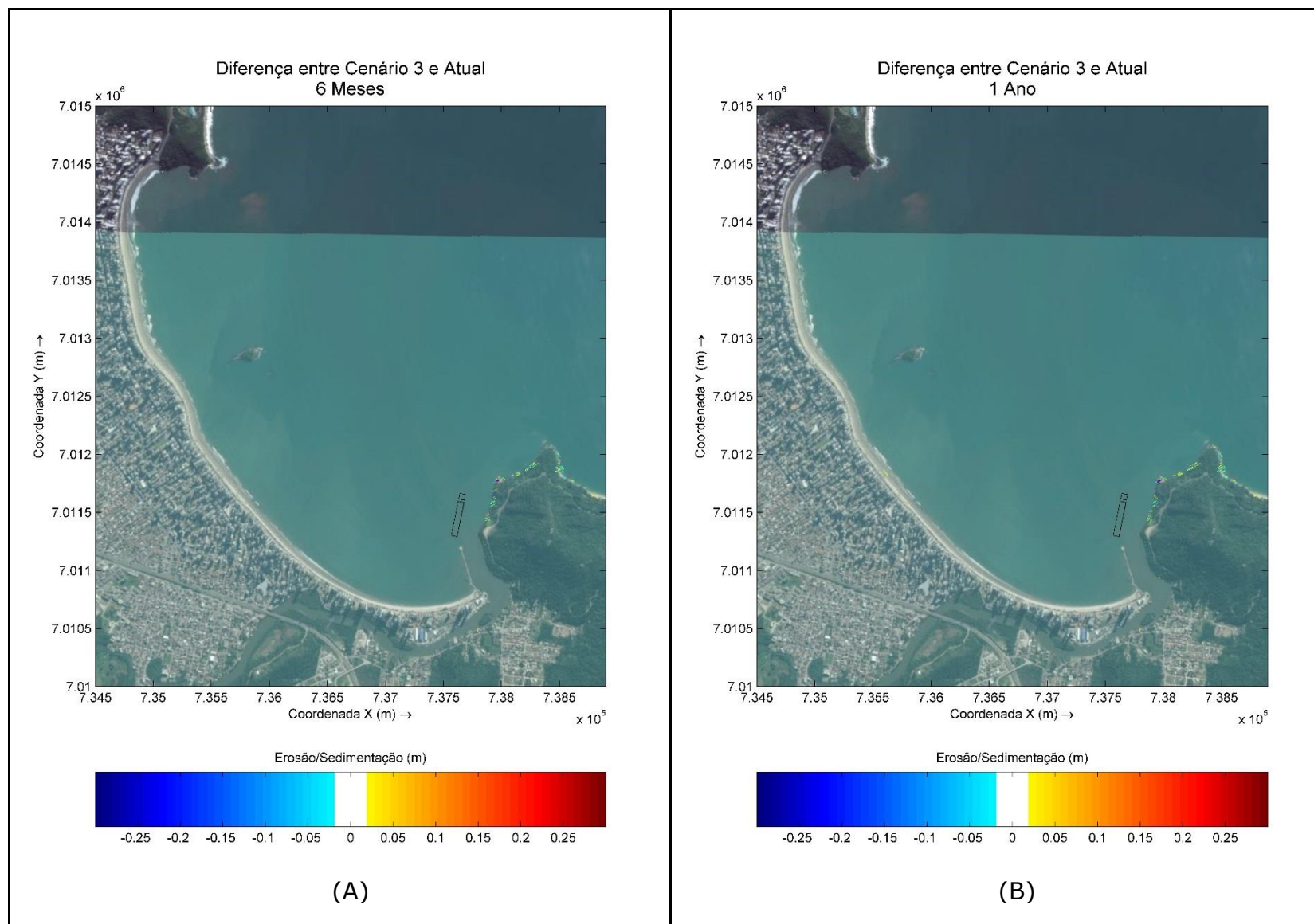


Figura 19. Diferença de resultados de variação morfológica de curto (A) e longo (B) período entre o *Cenário 03* e *Cenário Atual*.

### **3.3. Diferença entre os Resultados do *Cenário 04* e o *Cenário Atual***

Neste capítulo será apresentado a diferença entre os resultados hidrodinâmicos, de ondas e variação morfológica entre o *Cenário 04* e o *Cenário Atual*. O *Cenário 04* foi simulado com a Praia Central sem engordamento, com o BC Port instalado, com áreas do berço e canal de acesso dragados para 10 metros e com navios atracados nos seus dois berços.

#### **3.3.1. Velocidades de Corrente**

A Figura 20 apresenta as diferenças nas velocidade de corrente em maré de sizígia enchente e vazante entre os cenários *04* e *Atual*, pois é nesta maré onde ocorrem as maiores velocidades, e por consequência, as maiores variações da velocidade de corrente.

Durante a enchente de sizígia (Figura 20A) observa-se um aumento na velocidade de corrente de até 0,075 m/s nos berços de atracação do BC Port e entre o empreendimento e o molhe do rio Camboriú. Este aumento de velocidade se dá por conta de um estrangulamento da passagem de água entre os navios atracados de cada lado do empreendimento, uma vez que eles funcionam como uma barreira para água, gerando um leve aumento de velocidade nas correntes na parte interna do empreendimento, o qual é suportado por estacas, permitindo o escoamento da água.

Durante a condição de vazante (Figura 20B) da maré de sizígia observa-se uma alterações mais significativa quanto à área afetada pela implantação do empreendimento, gerando um aumento na velocidade de corrente de até 0,1 m/s na desembocadura do rio Camboriú e aumentos inferiores a 0,05 m/s próximo a região sul da Praia Central e na Praia de Laranjeiras.

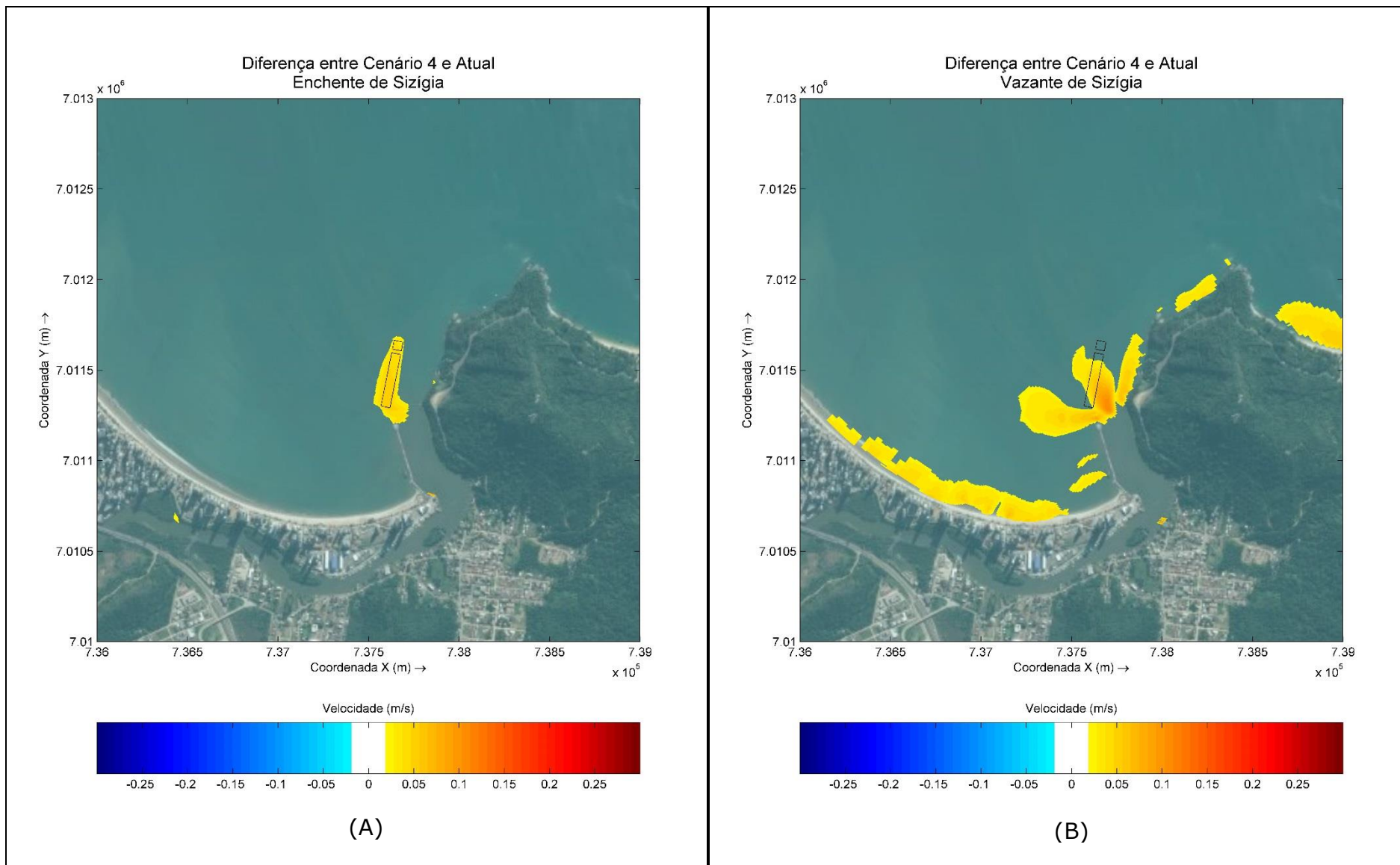


Figura 20. Diferença das velocidades de corrente entre o *Cenário 04* e *Cenário Atual* na enchente (A) e vazante (B) da maré de sizígia.



### 3.3.2. Ondas

A diferença entre os resultados para os quatro casos de ondas entre o *Cenário 04* e o *Cenário Atual* estão apresentados na Figura 21. Em todos os quatro casos as alterações causadas pela implantação do BC Port se dão unicamente na porção sul da Praia Central, assim como ocorreu para o *Cenário 03*.

As maiores alterações na altura significativa ( $H_s$ ) das ondas ocorrem no caso 1 (Figura 21A), com direção leste-nordeste (ENE), onde se observa uma redução na  $H_s$  de até 1 metro na área ao entorno do empreendimento até a praia, e um aumento na  $H_s$  na ordem de 0,2 metros nas laterais da região onde ocorre a redução. Porém, esse aumento na altura significativa se dissipa, não alcançando a praia. Em um ponto isolado ocorre um aumento na altura significativa da onda de até 0,8 metros, porém, é uma pequena região e este aumento não se mantém em direção à praia.

O caso 4 (Figura 21D), direção de onda SSE, apresenta o menor impacto do empreendimento, com uma redução na ordem de 0,2 metros na  $H_s$  na região a oeste do BC Port.

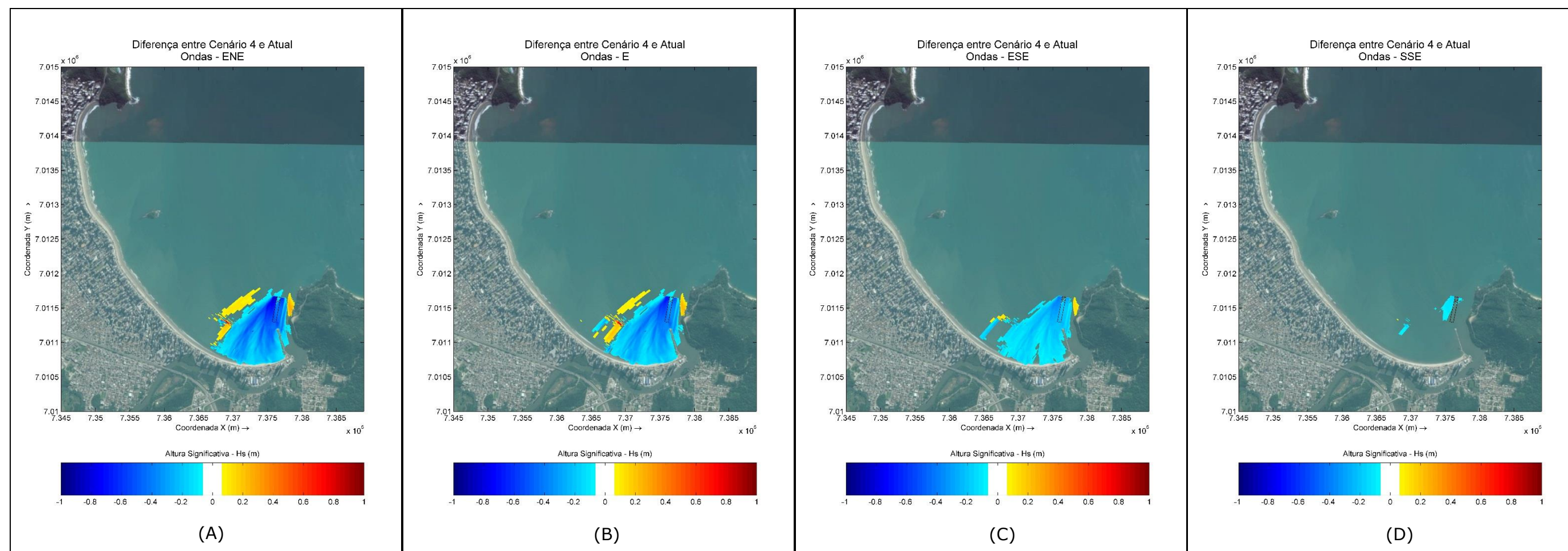


Figura 21. Diferença entre os resultados de ondas para as direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D) entre o *Cenário 04* e *Cenário Atual*.

### **3.3.3. Variação Morfológica**

Da mesma forma como observado nos resultados do *Cenário 03*, os resultados de variação morfológica de curto e longo prazo (Figura 22) para os cenários *04* e *Atual* são bastante próximos, com exceção da costa do promontório a leste do BC Port, mesma região onde se observa uma leve alteração de velocidade de corrente na vazante de sizígia (Figura 20B) na ordem de 0,05 m/s. A diferença entre os resultados de variação morfológica, tanto para 6 meses quanto para 1 ano, são de no máximo 0,25 metros.

Verifica-se que tanto para 6 meses quanto para 1 ano de simulação não ocorre diferença na variação morfológica entre os cenários *04* e *Atual* na área do BC Port, seus berços e canal de acesso, mesmo com um navio atracado em cada um dos seus berços durante todo o período simulado para o *Cenário 04*.

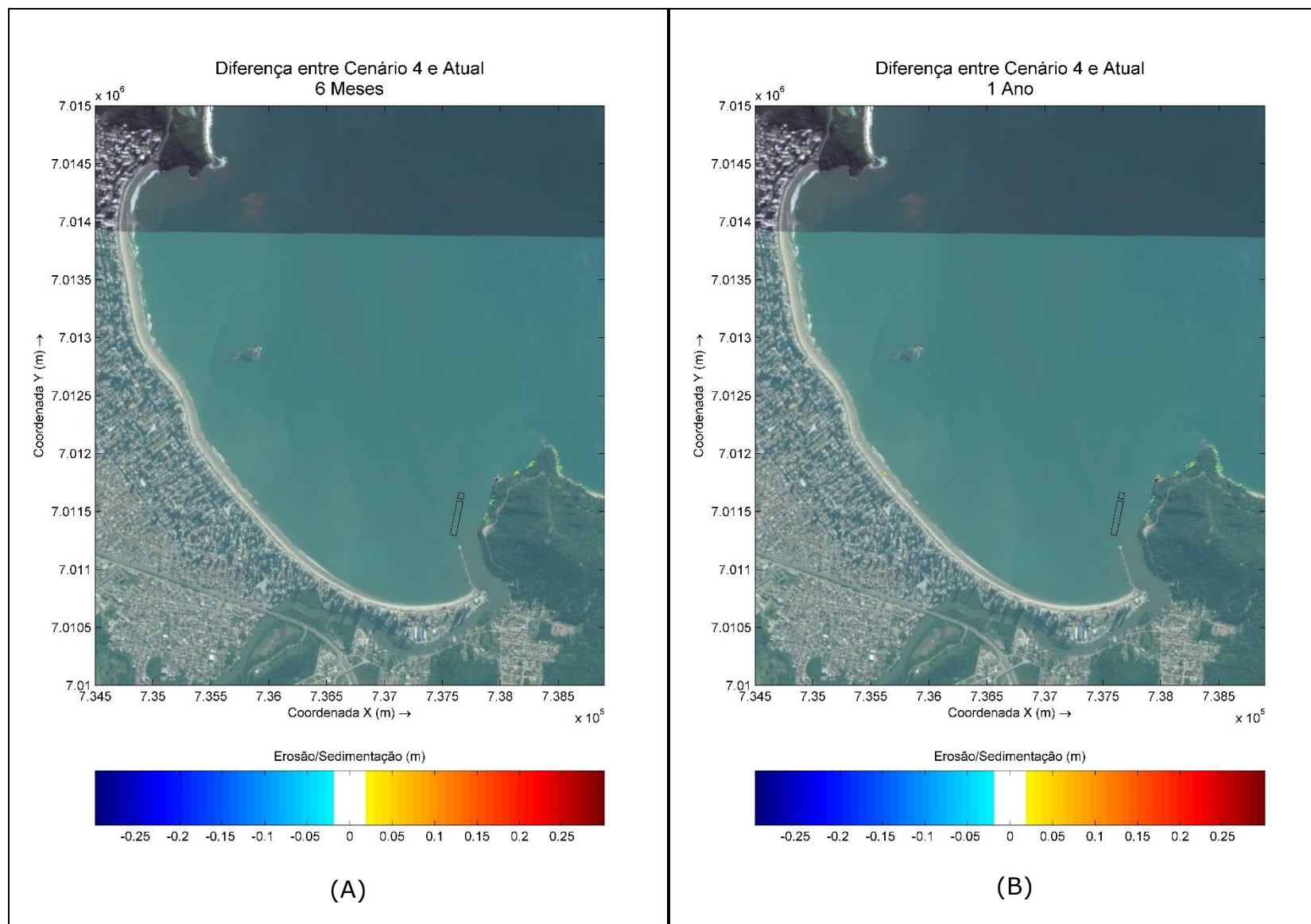


Figura 22. Diferença de resultados de variação morfológica de curto (A) e longo (B) período entre o *Cenário 04* e *Cenário Atual*.

### **3.4. Diferença entre os Resultados do *Cenário 05* e o *Cenário 02***

Neste capítulo será apresentada a diferença entre os resultados hidrodinâmicos, de ondas e variação morfológica entre o *Cenário 05* e o *Cenário 02*. O *Cenário 05* foi simulado com o engordamento na Praia Central, com o BC Port instalado, com áreas do berço e canal de acesso dragados para 10 metros e com 1 navio atracado no seu berço esquerdo.

O *Cenário 02*, que servirá como base de comparação neste capítulo, foi simulado com as mesmas condições batimétricas do *Cenário Atual*, com acresção de um engordamento na Praia Central.

#### **3.4.1. Velocidades de Corrente**

A Figura 23 apresenta as diferenças nas velocidade de corrente em maré de sizígia enchente e vazante entre os cenários *05* e *02*, pois é nesta maré onde ocorrem as maiores velocidades, e por consequência, as maiores variações da velocidade de corrente.

Durante a enchente de sizígia (Figura 23A) observa-se um aumento na velocidade de corrente de até 0,05 m/s nos berços de atracação do BC Port e entre o empreendimento e o molhe do rio Camboriú. Este pequeno aumento de velocidade se dá por conta de um estrangulamento da passagem de água entre o navio atracado do lado esquerdo do empreendimento, uma vez que eles funcionam como uma barreira para água, gerando um leve aumento de velocidade nas correntes na parte interna do empreendimento, o qual é suportado por estacas, permitindo o escoamento da água.

Durante a condição de vazante (Figura 23B) da maré de sizígia observa-se uma alterações mais significativa quanto à área afetada pela implantação do empreendimento, gerando um aumento na velocidade de corrente de até 0,1 m/s na desembocadura do rio Camboriú e aumento inferior a 0,05 m/s na Praia de Laranjeiras. Diferente do que foi observado na comparação entre os cenários *04* e *Atual*, neste caso não se observa variação de velocidade de corrente na Praia Central.

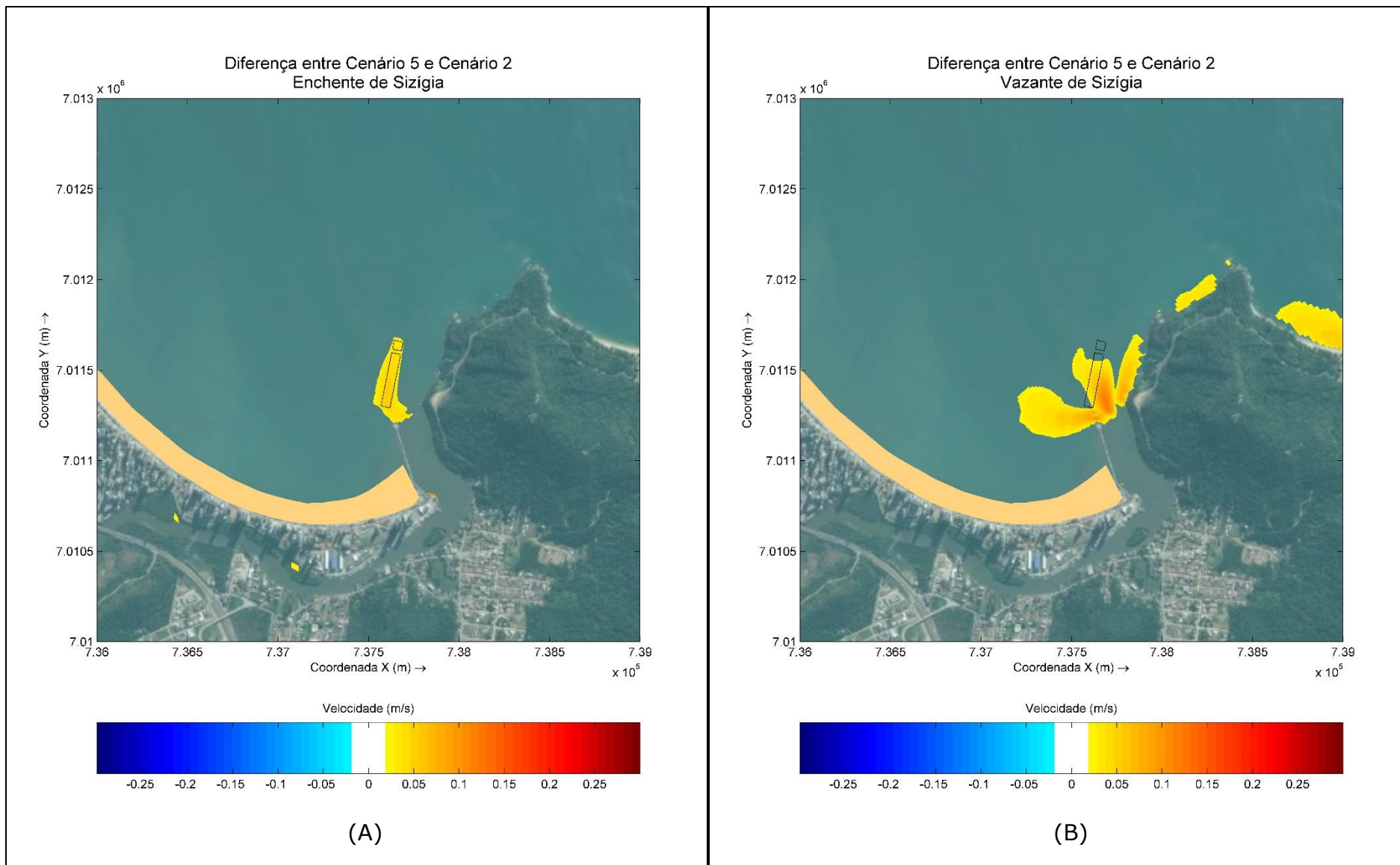


Figura 23. Diferença das velocidades de corrente entre o *Cenário 05* e *Cenário 02* na enchente (A) e vazante (B) da maré de sizígia.

### 3.4.2. Ondas

A diferença entre os resultados para os quatro casos de ondas entre o *Cenário 05* e o *Cenário 02* estão apresentados na Figura 24. Em todos os quatro casos as alterações causadas pela implantação do BC Port se dão unicamente na porção sul da Praia Central, assim como ocorreu para as comparações entre os cenários anteriores.

As maiores alterações na altura significativa ( $H_s$ ) das ondas ocorrem no caso 1 (Figura 24A), com direção leste-nordeste (ENE), onde se observa uma redução na  $H_s$  de até 1 metro na área ao entorno do empreendimento até a praia e um aumento na  $H_s$  na ordem de 0,2 metros nas laterais da região onde ocorre a redução. Porém, diferente dos cenários anteriores, pelo fato da Praia Central possuir uma faixa de areia mais extensa no *Cenário 05*, esse aumento na altura significativa chega próximo à praia. Em um ponto isolado ocorre um aumento na altura significativa da onda de até 0,8 metros, porém, é uma pequena região e este aumento reduz em direção à praia.

O caso 4 (Figura 24D), direção de onda SSE, apresenta o menor impacto do empreendimento, com uma redução na ordem de 0,2 metros na  $H_s$  na região a oeste do BC Port, assim como ocorreu nos comparativos com os cenários 03 e 04.

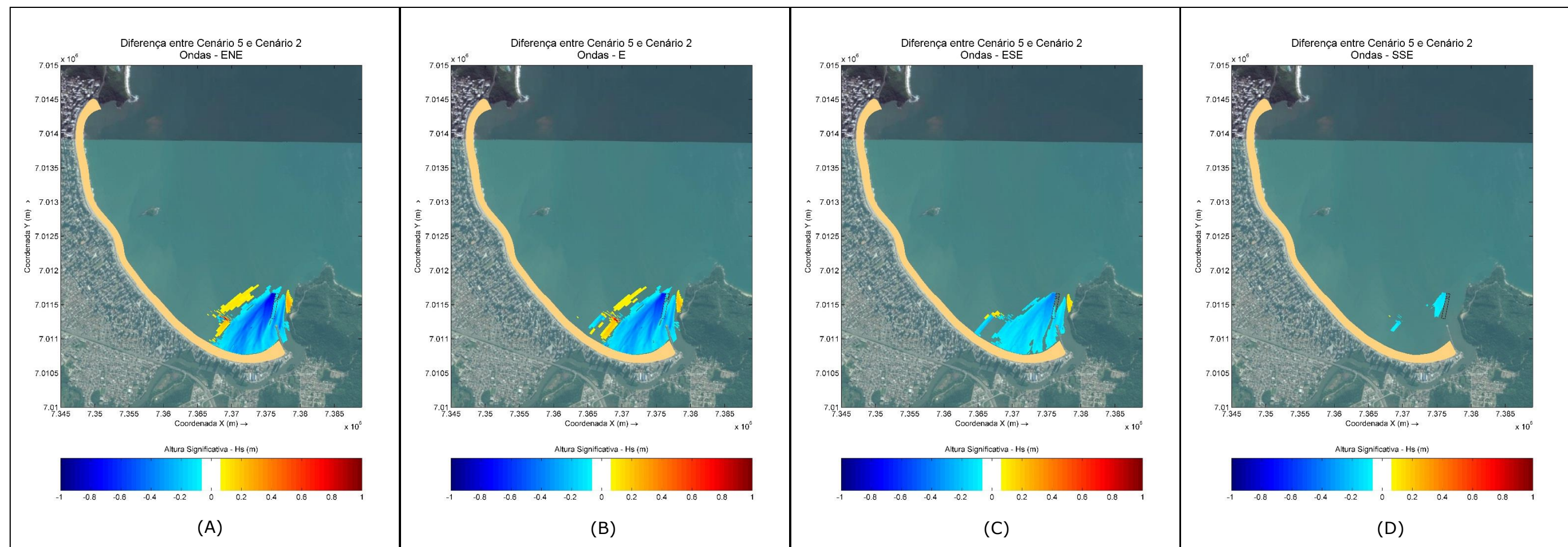


Figura 24. Diferença entre os resultados de ondas para as direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D) entre o *Cenário 05* e *Cenário 02*.



### **3.4.3. Variação Morfológica**

Da mesma forma como observado nos resultados anteriores, a variação morfológica de curto e longo prazo para os cenários 05 e 02 não apresentaram variações (Figura 25), com exceção da costa do promontório a leste do BC Port, onde se observa uma leve alteração de velocidade de corrente na vazante de sizígia na ordem de 0,05 m/s (Figura 23B).

Na porção sul da praia, onde se observa uma variação da altura significativa das ondas (Figura 24), próximo ao molhe do rio Camboriú, se verifica uma redistribuição do sedimento da praia, com pontos de erosão seguidos de pontos de deposição. Neste local a variação morfológica foram de no máximo 0,25 metros.

Verifica-se que tanto para 6 meses quanto para 1 ano de simulação não ocorre diferença na variação morfológica entre os cenários 05 e 02 na área do BC Port, seus berços e canal de acesso, mesmo com um navio atracado em seu berço esquerdo durante todo o período simulado para o *Cenário 05*.

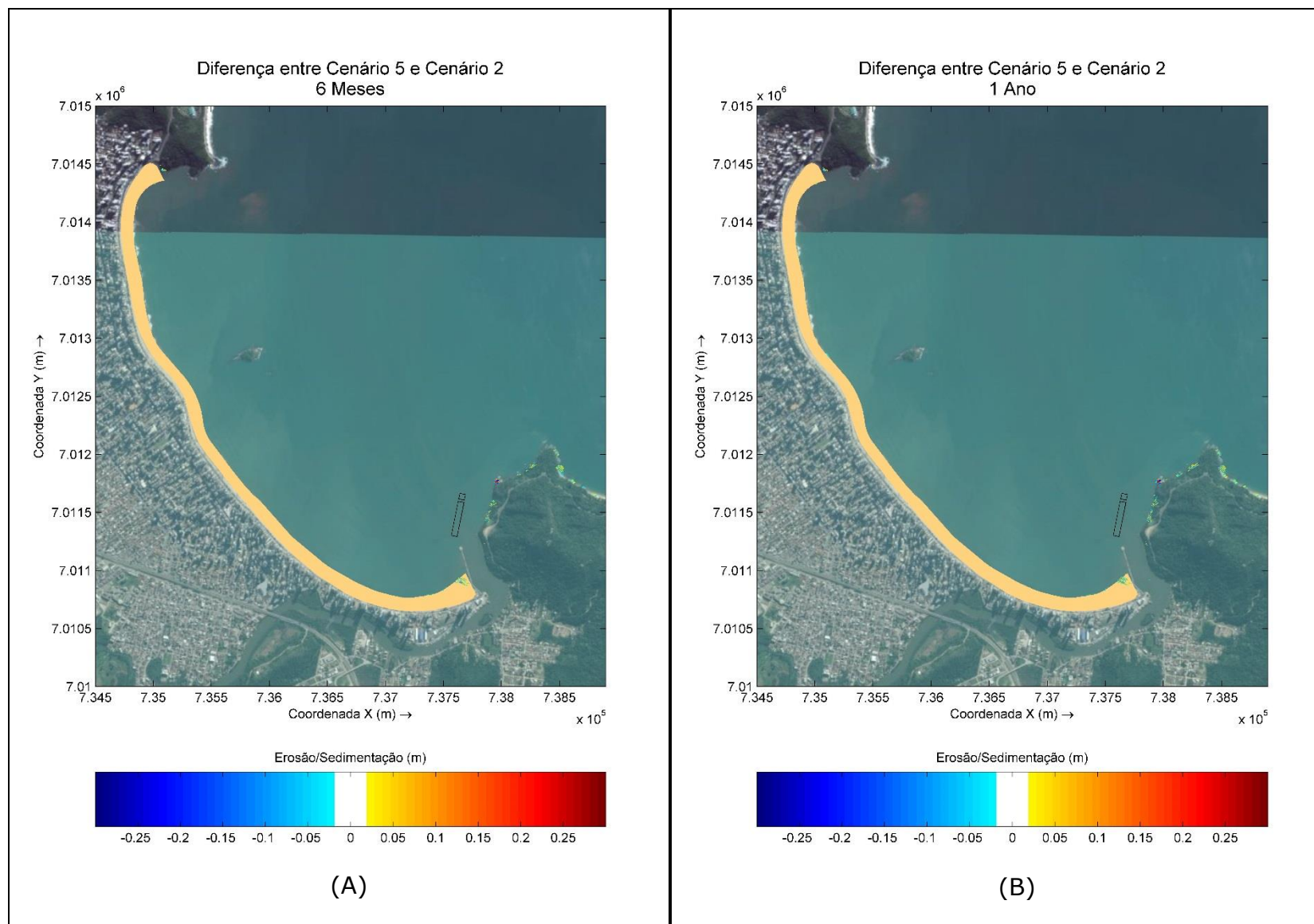


Figura 25. Diferença de resultados de variação morfológica de curto (A) e longo (B) período entre o *Cenário 05* e *Cenário 02*.

### **3.5. Diferença entre os Resultados do *Cenário 06* e o *Cenário 02***

Neste capítulo será apresentado a diferença entre os resultados hidrodinâmicos, de ondas e variação morfológica entre o *Cenário 06* e o *Cenário 02*. O *Cenário 06* foi simulado com engordamento na Praia Central, com o BC Port instalado, com áreas do berço e canal de acesso dragados para 10 metros e com um navio atracado em cada um dos seus berços.

O *Cenário 02*, que servirá como base de comparação neste capítulo, foi simulado com as mesmas condições batimétricas do *Cenário Atual* com acresção de um engordamento praial na Praia Central.

#### **3.5.1. Velocidades de Corrente**

A Figura 26 apresenta as diferenças nas velocidade de corrente em maré de sizígia enchente e vazante entre os cenários 06 e 02, pois é nesta maré onde ocorrem as maiores velocidades, e por consequência, as maiores variações da velocidade de corrente.

Durante a enchente de sizígia (Figura 26A) observa-se um aumento na velocidade de corrente de até 0,05 m/s nos berços de atracação do BC Port e entre o empreendimento e o molhe do rio Camboriú. Este pequeno aumento de velocidade se dá por conta de um estrangulamento da passagem de água entre os navios atracados nos berços do empreendimento, uma vez que eles funcionam como uma barreira para água, gerando um leve aumento de velocidade nas correntes na parte interna do empreendimento, o qual é suportado por estacas, permitindo o escoamento da água.

Durante a condição de vazante (Figura 23B) da maré de sizígia observa-se alterações mais significativas quanto à área afetada pela implantação do empreendimento, gerando um aumento na velocidade de corrente de até 0,1 m/s na desembocadura do rio Camboriú e aumento inferior a 0,05 m/s na Praia de Laranjeiras, da mesma forma que ocorreu no comparativo entre os cenário 05 e 02.

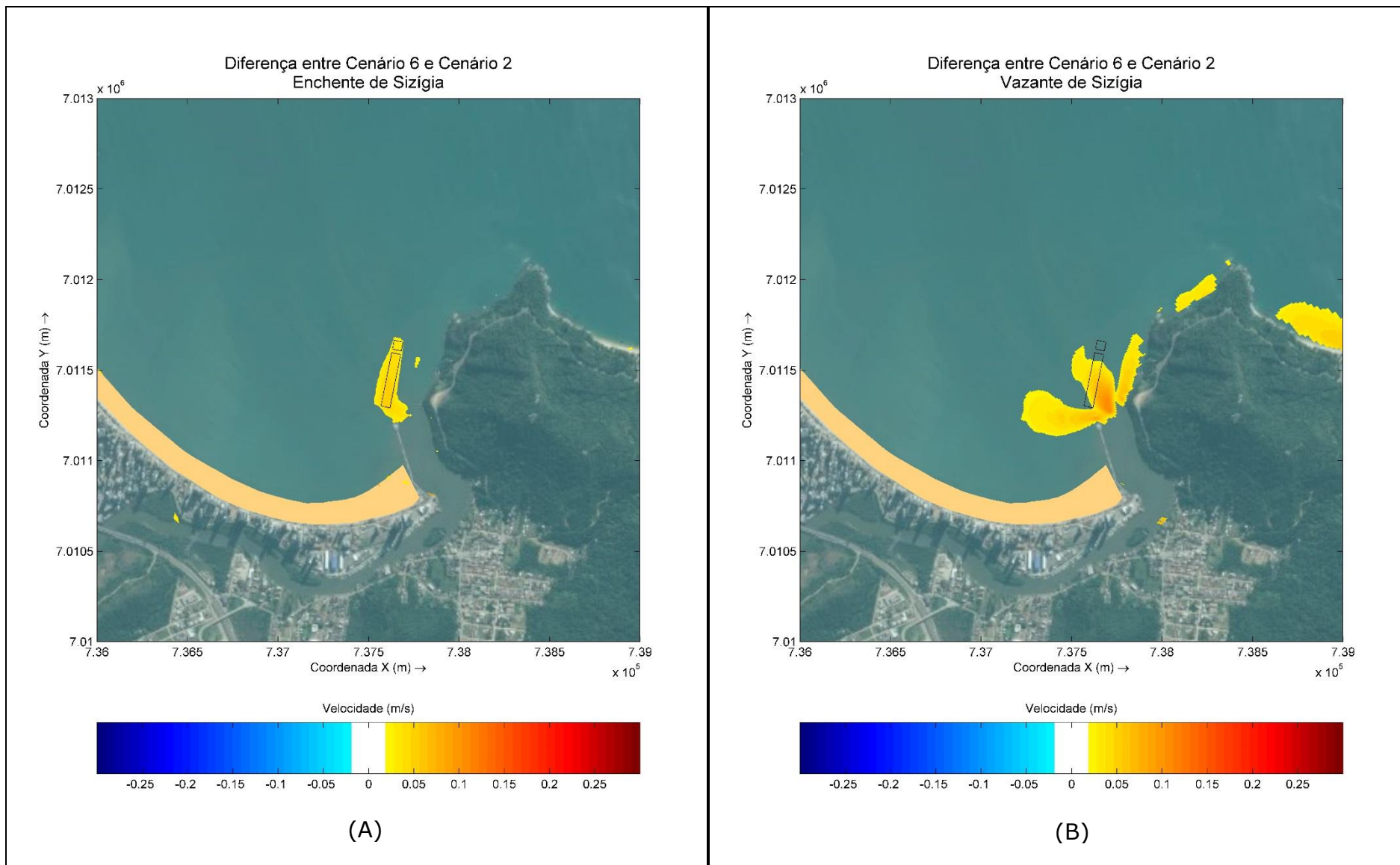


Figura 26. Diferença das velocidades de corrente entre o *Cenário 06* e *Cenário 02* na enchente (A) e vazante (B) da maré de sizígia.

### **3.5.2.Ondas**

A diferença entre os resultados de para os quatro casos de ondas entre o *Cenário 06* e o *Cenário 02* estão apresentados na Figura 27. Em todos os quatro casos as alterações causadas pela implantação do BC Port se dão unicamente na porção sul da Praia Central, assim como ocorreu para as comparações entre os cenários anteriores.

As maiores alterações na altura significativa ( $H_s$ ) das ondas ocorreram nos casos 1 e 2 (Figura 27A e B), com direção leste-nordeste (ENE) e leste (E), onde se observam reduções na  $H_s$  de até 1 metro na área ao entorno do empreendimento até a praia.

O caso 4 (Figura 27D), direção de onda SSE, apresenta o menor impacto do empreendimento, com uma redução na ordem de 0,2 metros na  $H_s$  na região a oeste do BC Port, assim como ocorreu nos comparativos com os cenários anteriores.

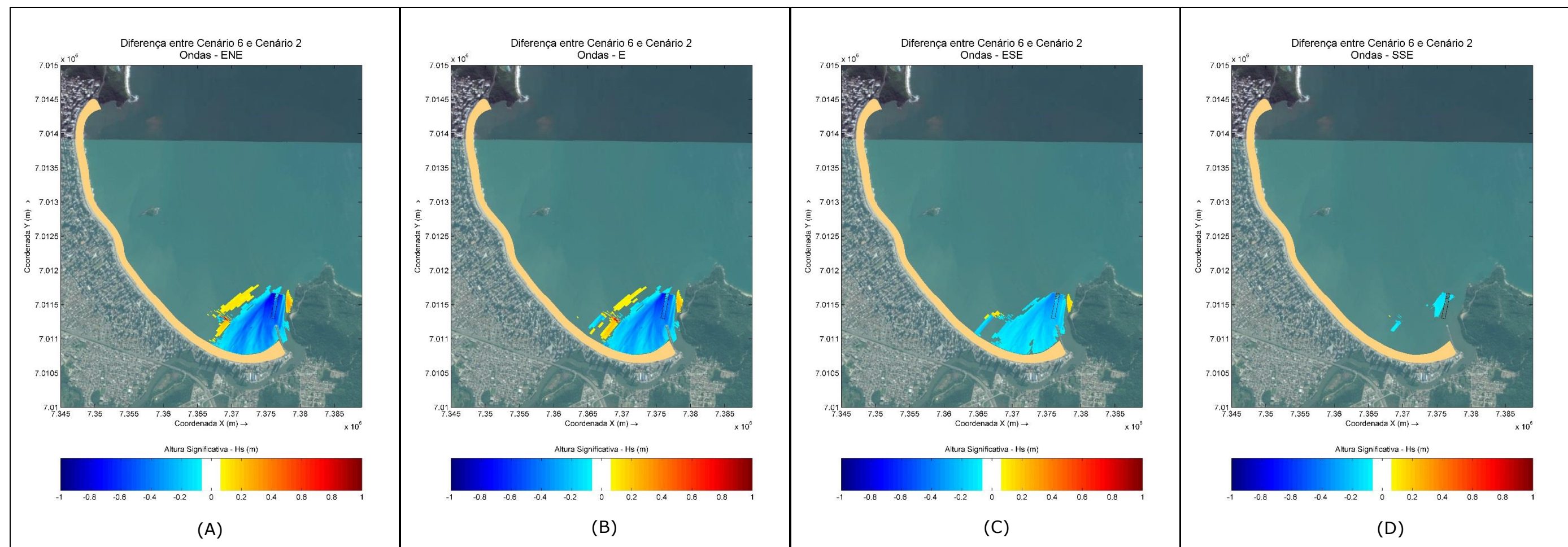


Figura 27. Diferença entre os resultados de ondas para as direções ENE (A), E (B), ESE (C) e SSE (D) entre o *Cenário 06* e *Cenário 02*.

### **3.5.3. Variação Morfológica**

Da mesma forma como observado nos resultados anteriores, os resultados de variação morfológica de curto e longo prazo (Figura 28) para os cenários 06 e 02 não foram observadas variações, com exceção da costa do promontório a leste do BC Port, mesma região onde se observa uma leve alteração de velocidade de corrente na vazante de sizígia (Figura 26B), na ordem de 0,05 m/s.

Na porção de praia próxima ao molhe do rio Camboriú, onde se verifica uma redistribuição do sedimento da praia, com pontos de erosão seguidos de pontos de deposição, onde se verifica uma variação na altura significativa das ondas, principalmente de ENE e E, como observado na Figura 27. A diferença entre os resultados de variação morfológica, tanto para 6 meses quanto para 1 ano, são de no máximo 0,25 metros.

Verifica-se que tanto para 6 meses quanto para 1 ano de simulação não ocorre diferença na variação morfológica entre os cenários 06 e 02 na área do BC Port, seus berços e canal de acesso, mesmo com um navio atracado em cada um de seus berços durante todo o período simulado para o *Cenário 06*.

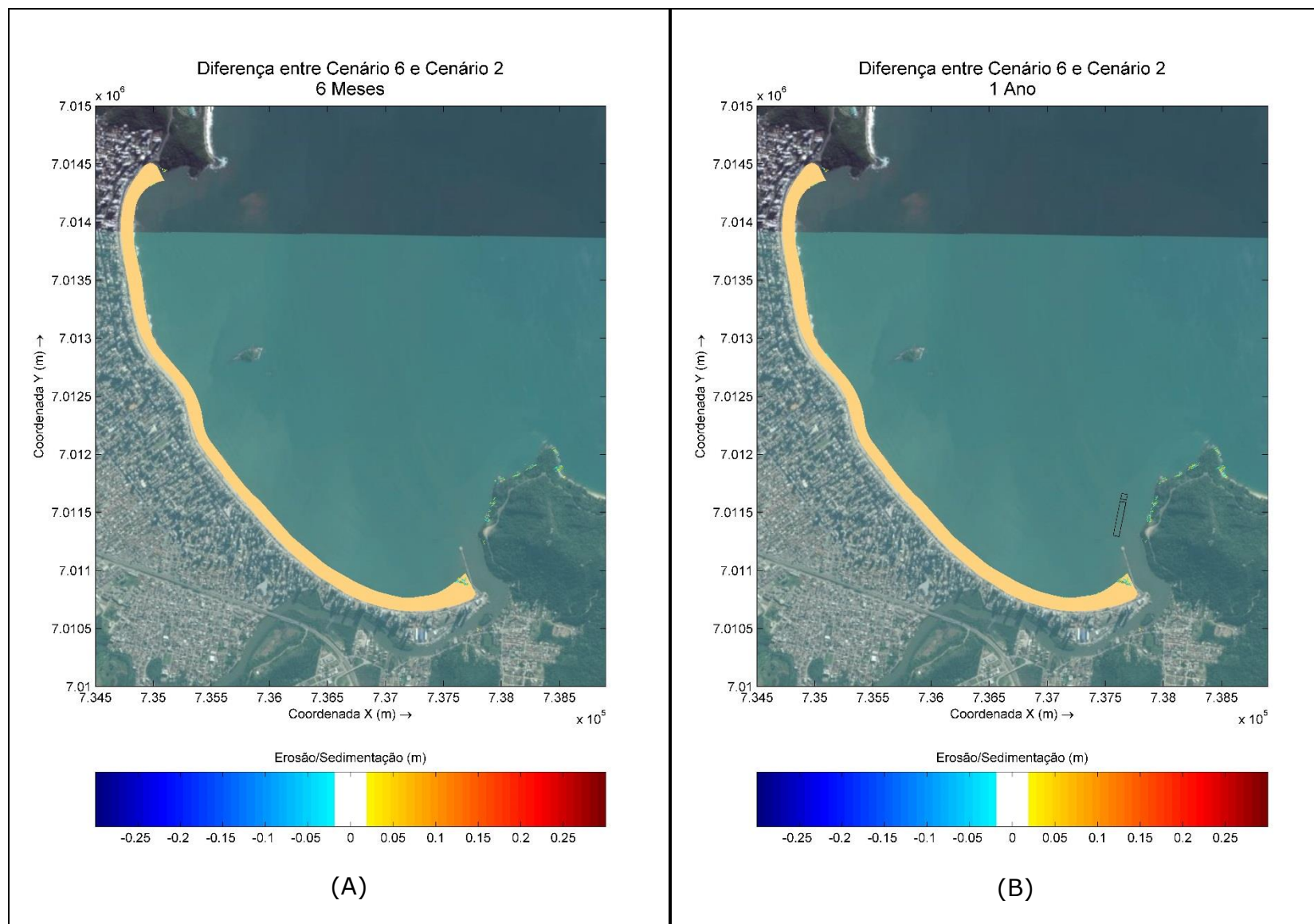


Figura 28. Diferença de resultados de variação morfológica de curto (A) e longo (B) período entre o *Cenário 06* e *Cenário 02*.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou os resultados de simulação hidro-morfodinâmica para a instalação das estruturas de mar do terminal turístico BC Port. O modelo foi executado para seis cenários, com o objetivo de se avaliar os potenciais impactos gerados pelo empreendimento sobre a hidrodinâmica, na propagação de ondas, e também, nas mudanças morfológicas de fundo.

Para possibilitar uma eficiente avaliação dos potenciais impactos da instalação do BC Port sobre as correntes de maré e ondas, e consequentes modificações morfológicas, foi realizada uma simulação por um período de 15 dias, visando cobrir um ciclo completo de maré de sizígia e de quadratura. Entretanto, para a caracterização da variação morfológica na área de estudo, foi realizada a análise de curto período para 6 meses e de longo período, para 1 ano.

Para o *Cenário Atual* as velocidades de enchente e vazante em quadratura, obtidas através de modelagem, foram da ordem de 0,15 m/s para toda a área modelada, atingindo um máximo de 0,7 m/s na desembocadura do rio Camboriú durante o pico da maré vazante de sizígia. Em todas as comparações realizadas, tanto entre os cenários 03 e 04 com o *Cenário Atual*, quanto dos cenários 05 e 06 com o *Cenário 02*, foram observadas pequenas variações de velocidade de corrente apenas na região em torno do BC Port, na ordem de 0,05 m/s e alcançando um máximo de 0,075 m/s, demonstrando que a instalação do BC Port causará pouca variação nas correntes devido a região de instalação apresentar naturalmente baixas velocidades de corrente.

Em relação à modelagem de ondas, para o *Cenário Atual* a simulação de quatro casos extremos de ondas (ENE, E, ESSE e SSE) da região costeira até a Praia Central foi realizada a partir de dados obtidos extraídos do modelo global WW3, descritos anteriormente no capítulo de metodologia.

Observa-se a partir da comparação dos resultados, que todos os casos de onda simulados apresentaram variação na altura significativa ( $H_s$ ) de onda na região sul da Praia Central, com variação de até 1 metro nos casos de ondas 1 (ENE) e 2 (E). Essa variação na altura significativa causou uma variação morfológica inferior a 0,15 metros na região sul da Praia Central nos cenários 05 e 06, no qual o sedimento da praia foi redistribuído, sendo erodido em alguns pontos próximos ao molhe do rio Camboriú e depositado logo ao lado. Salienta-se que estas alterações estão restritas ao sul da

enseada de Camboriú, não tendo sido observadas alterações para o restante da Praia Central de Balneário Camboriú.

Para se avaliar os potenciais impactos da instalação das estruturas de mar do BC Port, o modelo morfodinâmico foi executado para curto (6 meses) e longo período (1 ano). Os resultados obtidos nas simulações do cenário futuro foram comparados com o cenário atual, para indicar os possíveis impactos morfológicos influenciados por este projeto de ampliação. A análise dos impactos sobre a morfologia analisando a instalação do BC Port em comparação com o *Cenário Atual* e *Cenário 02*, considerando a Praia Central sem e com engordamento respectivamente, demonstraram pequenas variações, de ordem inferior a 0,25 metros para todos os cenários estudados.

A partir dos resultados das simulações é possível observar que os processos erosivos e deposicionais estão em acordo com as variações de velocidade de corrente observadas nas simulações, bem como as condições das ondas na região do BC Port.

Importante salientar que todas as modelagens foram executadas considerando um ou os dois berços com navios atracados durante todo o tempo, sendo este o cenário mais crítico, em se tratando de alterações hidrodinâmicas e morfológicas.

No entanto, a atracação dos navios somente ocorrerá no período de verão (alta temporada), sendo que os impactos sobre a hidrodinâmica e morfologia deverão ser inferiores aos aqui apresentados.

A partir dos resultados apresentados pode-se concluir que a instalação do terminal turístico BC Port irá causar pequenas alterações na velocidade de correntes, ondulação e variações morfológicas. No entanto, estas alterações ficam restritas a uma região no sul da enseada Camboriú, não causando desta forma, alterações significativas para outras regiões da Praia Central de Balneário Camboriú.

## 5. REFERÊNCIAS

- BEAUMORD, A.C. & DIEHL, F. 2006. Environmental Threats in the Central and Northern Coast of Santa Catarina State: an Overview. *Journal of Coastal Research*. SI 39 (Proceeding of ICS 2004), p. 1017-1020.
- CPE - COASTAL PLANNING ENGINEERING, 2011. Estudo de Modelagem Numérica para Avaliação dos Possíveis Impactos no Meio Físico Associados à Dragagem das Jazidas de Areia Prospectadas. Relatório Técnico.
- FRANCO, A.S. Marés: Programa para Previsão e Análise. São Paulo: BSP, 36p. 2000.
- LESSER, G.R. 2009. An approach to medium-term coastal morphological modelling. TU Delft. PhD Thesis, 2009.
- MENEZES, J. T., 2008. Balanço de Sedimentos Arenosos da Enseada de Balneário Camboriú-SC. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- POLETTE, M. & RAUCCI, G. D., 2003. Morphological proposal for Carrying Capacity Analysis in Sandy Beaches: a Case Study at the Central Beach of Balneário Camboriú (Santa Catarina, Brazil). *Journal of Coastal Research*. SI 35 (Proceedings of the Brazilian Symposium on Sandy Beaches: Morphodynamics, Ecology, Uses, Hazards and Management), p. 94-106.
- 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.
- SCHETTINI, C.C.F.; CARVALHO, J.L.B.; JABOR, P. - "Comparative Hydrology and suspended matter distribution of four estuaries in Santa Catarina State - Southern Brazil". Workshop on Comparative Studies of Temperature Coast Estuaries. Bahia Blanca, Argentina, Proceedings... UNS/IADO/NSF/IAI, 1996, pp29-32.
- SILVA, L. F. & SCHETTINI, C. A. F., 1997. Contribuição à hidrologia do estuário do rio Camboriú: avaliação da contribuição fluvial. *Anais, X Semana Nacional de Oceanografia*. Itajaí, SC. pp. 496-498.
- TEMME, B.; KLEIN, A. H. F.; CARVALHO, J. L. B. & DIEHL, F. L., 1997. Morphologic Behaviour of the Beach of Balneário Camboriú: Preliminary Results. *Notas Técnicas da Facimar*. n. 1, p. 49 – 65.
- WL|DelftHydraulics, 1999. Modification first-guess SWAN and benchmark tests for SWAN: Report no. H3515, Delft.
- WL|DelftHydraulics, 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>>