

---

# **INSTALAÇÃO PORTUÁRIA DE TURISMO BC PORT**

---

**ESTUDO DE MANOBRAS DE NAVIOS DE PASSAGEIROS  
PARA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE NAVEGAÇÃO NO  
CANAL DE ACESSO E PIERS DE  
ATRACAÇÃO/DESATRACAÇÃO PROPOSTOS PARA A  
INSTALAÇÃO PORTUÁRIA DE TURISMO - IPTUR BC PORT,  
MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ - SC**



Agosto de 2016

**Desenvolvido por ACQUADINÂMICA Modelagem e Análise  
de Risco Ambiental  
Para a Ports Developed by Shiphandlers**



**ESTUDO DE MANOBRAS PARA A INSTALAÇÃO  
PORTUÁRIA DE TURISMO – IPTUR BC PORT**

**BRASIL**

**RELATÓRIO FINAL**

12/08/2016



## **SUMÁRIO**

<b>1. EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>6</b>
<b>2. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Área de estudo .....</b>	<b>11</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
4.1. O Simulador .....	13
4.2. Modelo Matemático da Área de Estudo .....	14
4.3. Modelo Visual 3D .....	15
4.4. Procedimentos de simulação .....	15
4.5. Cenários e Base de Dados .....	17
4.6. Modelos de Navios.....	22
4.7. Matriz de Simulações .....	23
<b>5. Resultados e conclusões .....</b>	<b>25</b>
<b>6. Conclusões .....</b>	<b>28</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>32</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Ilustração da região da Barra Sul do Município de Balneário Camboriú, com detalhamento para as estruturas do empreendimento propostas em projeto. ....	8
Figura 2. Detalhamento do sistema aquaviário proposto no projeto do IPTur BC Port. ....	9
Figura 3. Sistema aquaviário demonstrando a batimetria atual da região da área de estudo. ....	12
Figura 3. Consoles equipados com instrumentos reais de um navio e monitores de radar, informações da navegação e carta náutica eletrônica respectivamente. ....	14
Figura 4. Simulador de navegação do Centro de Simulações Marítimas - AcquaSIM da empresa ACQUADINÂMICA. ....	14
Figura 5. Modelo Visual 3D para a área de estudo. ....	15
Figura 6. Batimetria interpolada na área de estudo. ....	18
Figura 7. Imagem A - Velocidades máximas de maré enchente em sizígia para a área de estudo. ....	21
Figura 8. Imagem B - Velocidades máximas de maré vazante em sizígia para a área de estudo. ....	21
Figura 9. Seis graus de liberdade do navio simulados pelo modelo matemático <i>SimFlex4</i> . (1) afundamento (2) deriva, (3) avanço, (4) guinada, (5) arfagem e (6) balanço. ....	22
Figura 10. Navio Tipo utilizado para as simulações, "Gold Sapphire", um navio transatlântico de passageiros. ....	23

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Dimensões do sistema aquaviário proposto para o IPTur BC Port. ....	9
Tabela 2. Descrição das configurações do navio tipo escolhido, o navio transatlântico de passageiros "Gold Sapphire". ....	23
Tabela 3. Descrição da matriz de simulações definida em conjunto com o cliente, realizadas no estudo de manobras para o IPTur BC Port. ....	23
Tabela 4. Resumo da descrição das avaliações dos 12 (doze) cenários simulados. ....	25
Tabela 5. Síntese da avaliação das manobras simuladas.....	28
Tabela 6. Área vélica dos navios "Gold Sapphire" e "Oasis of the Seas". ....	29

**1. 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 e estudo de manobra de navios	282673	AOCEANO 782
Thelma Luiza Scolaro, MSc.	Oceanógrafa	Modelagem numérica e estudo de manobra de navios	5000357	AOCEANO 1906
Marina Garcia Pacheco, BSc.	Oceanógrafa	Modelagem numérica e estudo de manobra de navios	5347429	AOCEANO 1358
Valdecílio Pinheiro Linhares	Hidrógrafo Cmte Mar e Guerra	Estudo e simulação de manobras de navios	—	—
Daniel Becker Salles, BSc.	Oceanógrafo	Modelagem numérica e estudo de manobra de navios	5879404	AOCEANO 2157

## **2. INTRODUÇÃO**

O estudo de simulação de manobras de navios realizado teve o objetivo foi analisar a viabilidade da navegação e manobras de transatlânticos no canal de acesso, bacia de evolução e píeres de atracação propostos para a Instalação Portuária de Turismo - IPTur BC Port.

O estudo consistiu de uma avaliação dos aspectos de navegação de um navio de passageiros, na região da Barra Sul da Praia Central do Município de Balneário Camboriú (Figura 1), contemplando manobras de giro na bacia de evolução, atracação e desatracação de popa e de proa. Tal empreendimento proposto para a região consiste de uma Instalação Portuária Turística - IPT para atracação de navios de passageiros transatlânticos, com dois píeres de atracação situados lateralmente.

A região proposta para instalação do empreendimento pode ser observada na Figura 2, na região da Barra Sul da enseada de Camboriú, junto à desembocadura do rio Camboriú, onde, para fins ilustrativos, apresenta-se o detalhe das áreas destinadas ao sistema aquaviário do empreendimento, compreendido pelo canal de acesso, bacia de evolução, e a região onde se irá instalar os píeres de atracação.

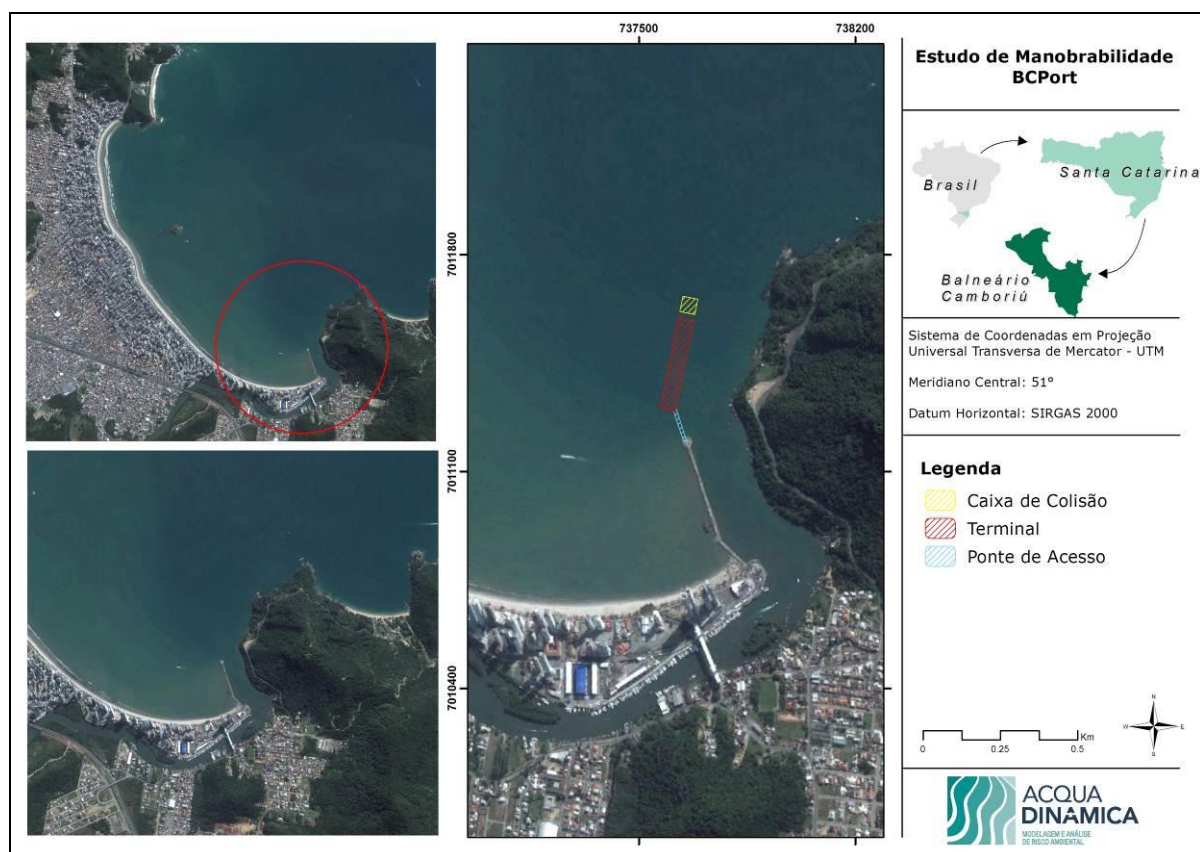


Figura 1. Ilustração da região da Barra Sul do Município de Balneário Camboriú, com detalhamento para as estruturas do empreendimento propostas em projeto.



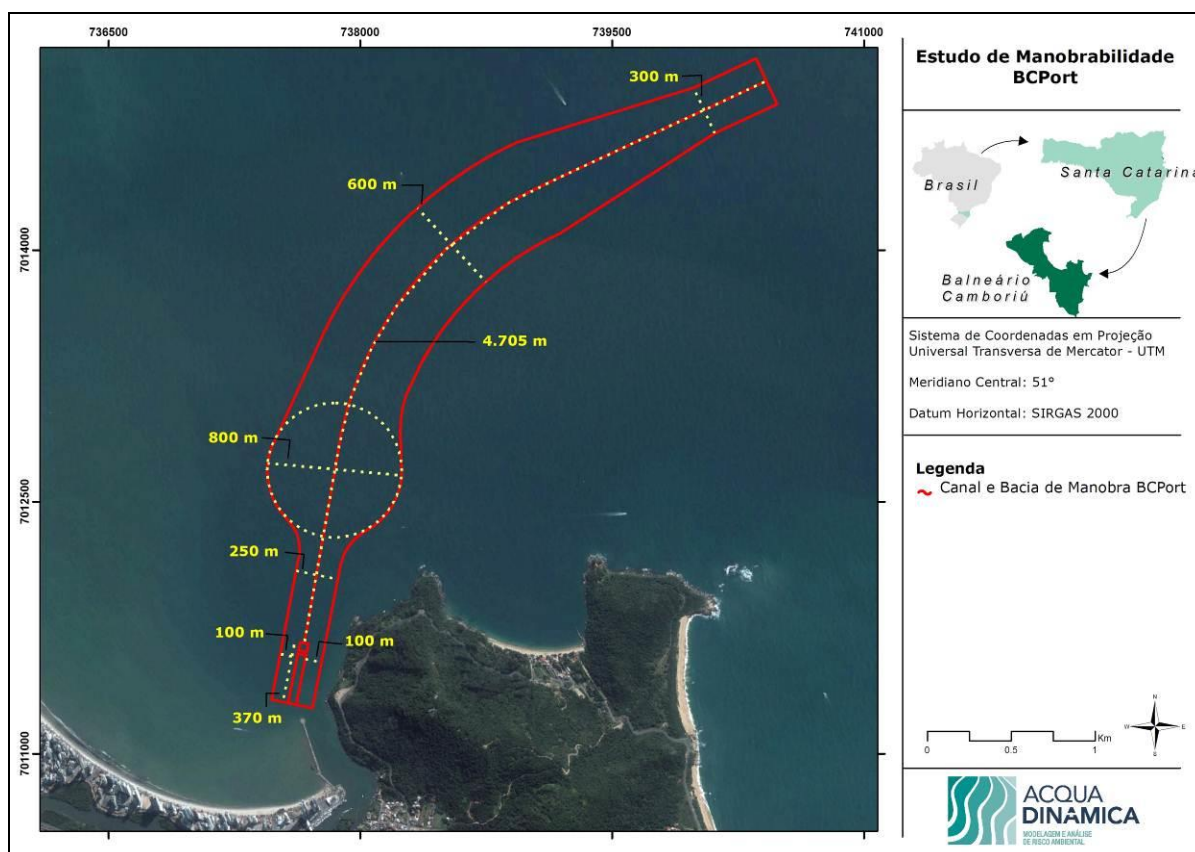


Figura 2. Detalhamento do sistema aquaviário proposto no projeto do IPTur BC Port.

Na Tabela 1 são apresentadas as dimensões propostas para o sistema aquaviário do empreendimento, onde estão contemplados os parâmetros e dimensões do comprimento total e largura do canal de acesso ao IPTur BC Port, diâmetro da bacia de evolução, largura e comprimento dos berços de atracação e área total, respectivamente.

Tabela 1. Dimensões do sistema aquaviário proposto para o IPTur BC Port.

Parâmetro	Dimensões
Comprimento total do canal	4.705 metros
Largura inicial do canal	300 metros
Largura central do canal	600 metros
Diâmetro da bacia de evolução	800 metros
Largura do canal de aproximação aos berços	250 metros
Largura berço de atracação	100 metros
Comprimento do berço de atracação	370 metros

As simulações para este estudo de manobras foram realizadas nas datas de 25 a 27 de julho de 2016 nas dependências do Centro de Simulações Marítimas AcquaSIM da empresa ACQUADINÂMICA Modelagem e Análise de Risco Ambiental LTDA., localizada em Balneário Camboriú, Santa Catarina.

### **3. ÁREA DE ESTUDO**

O Município de Balneário Camboriú é um dos principais centros turísticos do sul do Brasil (Morelli, 1997) que comporta uma população de 108.089 residentes (IBGE, 2010), entretanto esta população sofre um acréscimo de aproximadamente 10 vezes durante os meses de verão, chegando a valores superiores a 1 milhão de pessoas (Morelli, 1997).

Balneário Camboriú localiza-se no litoral centro-norte do estado de Santa Catarina, distante 85 km de sua capital Florianópolis (Calloni, 2014). Segundo Klein *et al.*, (2002) a Praia Central do município apresenta-se como uma praia de enseada em formato de arco com orientação NW-SE, extensão de 5.840 metros e área delimitada por dois promontórios, sendo ao norte pela Ponta da Preguiça (26°58'17"S – 48°37'37"W) e ao sul pela Ponta das Larangeiras (26°59'35"S – 48°35'51"W). De acordo com os mesmos autores, o setor norte da Praia Central de Balneário Camboriú está exposto às ondas provenientes do quadrante SE, enquanto que o setor sul da praia está em uma zona mais abrigada devido à Ponta das Larangeiras.

Ventos de nordeste são predominantes com velocidade média anual de 5m/s, entretanto, interrompidos por ventos do quadrante sul associados a chegada de frentes frias geradas pelo Anticiclone Móvel Polar, atingindo velocidades de 8m/s (Nobre *et al.*, 1986 e Truccolo, 1998) e as ondas de maior energia que incidem na região são provenientes de sul-sudeste (Alves, 1996). Araújo *et al.*, 2003, que em seu estudo fundearam entre janeiro de 2001 e dezembro de 2003 um ondógrafo há 80m de profundidade e uma distância de 35km a leste de Florianópolis, chegaram aos seguintes resultados: Durante a primavera as ondas predominantes são as provenientes de Leste, no verão há um equilíbrio entre as ondulações de leste e sul e no outono e inverno prevaescem as ondas de sul.

O regime de marés para o estado de Santa Catarina é descrito como micro-marés semidiurnas, com desigualdades de 0,8 a 1,2 metros, podendo ser influenciada por marés meteorológicas gerando uma consequente elevação de até 1 metro em relação ao nível médio do mar (Schettini *et al.*, 1996 e Truccolo, 1998).

As desembocaduras de dois cursos d'água podem ser observadas na enseada, uma posicionada no extremo norte, o Canal do Marambaia e outra localizada no extremo sul, o rio Camboriú, este de maiores proporções que o anterior com vazão média estimada em 3,0 m<sup>3</sup>/s (Silva e Schettini 1997). A enseada contempla ainda a Ilha das Cabras, uma feição rochosa que emerge na porção central da baía a cerca de 400 metros da costa e que gera uma saliência na praia devido à sombra gerada por ela nas ondas incidentes. A

orientação e a geomorfologia locais podem ser observadas na Figura 3, onde as principais feições da área apresentam-se em destaque.

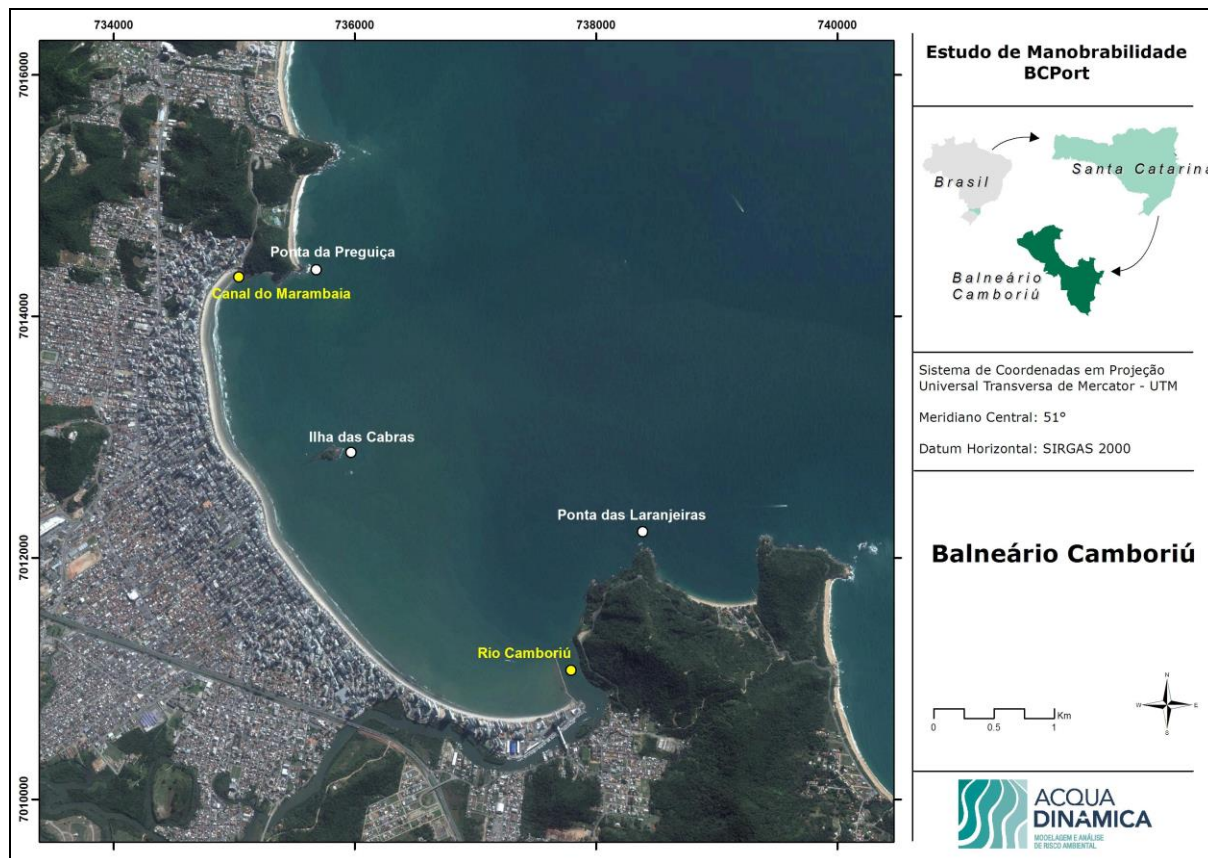


Figura 3. Sistema aquaviário demonstrando a batimetria atual da região da área de estudo.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. O Simulador**

O Simulador do Centro de Simulações Marítimas AcquaSIM da empresa ACQUADINÂMICA é um simulador do tipo *Part-Task* desenvolvido pela empresa dinamarquesa *Force Technology*, uma das principais empresas marítimas de pesquisa e desenvolvimento do mundo, e, pioneira no desenvolvimento de simuladores para fins marítimos. O software utilizado no simulador de navios é o *SimFlex4*, desenvolvido pela própria *Force* e baseado no *DEN-Mark1*, que permite o uso da ferramenta tanto para estudos de engenharia quanto exercícios de treinamento, com a possibilidade de acoplar múltiplos simuladores.

O simulador apresenta-se em uma combinação de três consoles equipados com instrumentos reais de um passadiço de navio. Estes consoles dispõem de dois controles de lemes que podem ser utilizados de forma independente ou sincronizados, dois manetes para o controle de duas máquinas propulsoras, três *bow thrusters* (hélices de proa), três *stern thrusters* (hélices de popa), piloto automático e controles que aumentam a capacidade visual, onde se pode sair para as asas tanto de bombordo quanto de boreste da embarcação e orientar a visão desejada em até 360°.

Os consoles anteriormente citados contam também com três monitores (Figura 4), onde durante as atividades de simulação, apresentam as informações de radar, carta náutica eletrônica e as informações pertinentes à navegação em curso, como por exemplo, profundidade, velocidade de vento, velocidade da embarcação em proa, centro e popa, taxa de guinada, emprego de *bow thrusters* e *stern thrusters*, emprego dos lemes, rumo, força das máquinas entre outras. E ainda, tem-se três telas de 55", perfeitamente ajustadas, que permitem ao navegador uma visão de 120° do ambiente que está sendo simulado.



Figura 4. Consoles equipados com instrumentos reais de um navio e monitores de radar, informações da navegação e carta náutica eletrônica respectivamente.

Destaca-se ainda que o simulador em questão encontra-se disposto em uma sala escura sem interferência de iluminação externa, como pode ser observado na Figura 5, fator este que imprime ainda mais realismo às simulações.



Figura 5. Simulador de navegação do Centro de Simulações Marítimas - AquaSIM da empresa ACQUADINÂMICA.

#### **4.2. Modelo Matemático da Área de Estudo**

O Modelo Matemático da Área de Estudo é o resultado de uma união de dados base para estabelecer o ambiente que se quer estudar, como batimetria, correntes, ondas, vento,

cabos amarras, defensas, etc. Ou seja, este modelo é definido matematicamente antes das simulações e inserido no simulador para a realização do estudo. Entretanto, este modelo é customizado de acordo com o estudo que se pretende desenvolver e os objetivos previamente definidos, uma vez que muitas destas informações podem ser inseridas diretamente no momento da simulação, em tempo real, pelo operador do simulador.

#### **4.3. Modelo Visual 3D**

Todo o ambiente da área de estudo que é fixo, que se apresenta em terra, é definido como Modelo Visual 3D. Em outras palavras, nada mais é que a visão de terra, área urbana, que se tem da área de estudo durante as simulações e que se observa nas telas curvas que representam as vigias do passadiço durante a simulação, e que auxilia na navegação visual. O Modelo Visual é gerado através do software 3D StudioMax, um software de modelagem 3D, que apresenta total compatibilidade com o software *SimFlex4* do simulador. Na Figura 6 é possível observar a alta qualidade do Modelo Visual 3D gerado para a área de estudo.

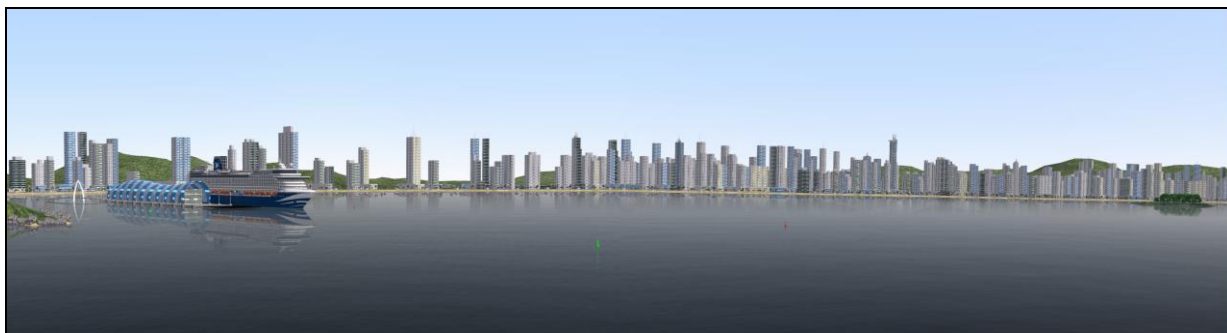


Figura 6. Modelo Visual 3D para a área de estudo.

#### **4.4. Procedimentos de simulação**

Quando utilizado na sua configuração 3D presente, o simulador é controlado por um navegador, o "Comandante", que está no interior de um modelo reduzido de um passadiço padrão diante de uma grande tela curva que mostra uma perspectiva de 120°, através das vigias (janelas) da ponte.

O simulador é equipado com instrumentos que são encontrados em um passadiço real, incluindo radar e carta náutica eletrônica, desta forma, o navegador pode ativar seus motores, lemes e propulsores por meio das alças de controle analógico.

Durante a simulação, um operador de simulador à frente de um computador interligado ao passadiço alimenta o Modelo Matemático da Área utilizado na simulação com dados de vento, correntes, e ondas em tempo real, assim como inicia e para as simulações, salva as navegações, determina escalas de exibição e coordena eventos pré estabelecidos para ocorrerem durante a simulação.

Todas as simulações são registradas eletronicamente, a fim de ser capaz de repetir a cada segundo o que aconteceu durante as “corridas” (cenários simulados). Isto inclui séries temporais de um grande número de parâmetros, por exemplo, velocidade em relação ao fundo e em relação à água, ângulo de leme, revoluções das hélices, etc. Isto dá a oportunidade de investigar todas as “corridas” em detalhe numa fase posterior.

#### **4.4.1. Estudos de Manobras**

Para a realização das simulações de um estudo de manobras são levadas em consideração algumas definições para o seu desenvolvimento, pré-concepções estabelecidas para o bom andamento destes tipos de estudo. Estas definições encontram-se descritas a seguir:

**Segurança:** uma margem de segurança satisfatória é definida como uma situação onde o *layout* testado (empreendimento e sistema aquaviário) e as condições ambientais forneçam uma folga abaixo da quilha suficiente para evitar um encalhe, distância suficiente de áreas de águas rasas (não seguras à navegação), construções ou navios ancorados, e onde exista a possibilidade de corrigir pequenos erros de manobra sem comprometer a segurança da navegação.

**Folga Abaixo da Quilha:** folga abaixo da quilha é a distância entre o fundo do mar e a quilha do navio. É dependente dos efeitos de *squat* (afundamento por aceleração), *heave* (movimento vertical causado pela ação de ondas), *pitch* (balanço de proa a popa) e *roll* (balanço lateral) sofridos pelo navio, efeitos estes que fazem com que ocorra uma diminuição da distância abaixo da quilha.

**Limites Operacionais:** limites operacionais são definidos como os limites ambientais sob os quais um navio por si próprio ou assistido por rebocadores pode ser manobrado



de tal modo que em nenhuma fase, todos os controles disponíveis são necessários em sua extensão total durante um tempo prolongado. Em outras palavras, deve-se sempre haver opções suficientes de controladores para o enfrentamento de imprevistos ou para a correção de erros de julgamento.

**Vento no Simulador:** no simulador, a velocidade do vento é dada em "velocidade de vento meteorológico", que corresponde a 10 minutos de vento médio a 10 metros de altitude.

**Condições Ambientais:** as simulações dos estudos de manobras são realizadas em condições ambientais consideradas "piores cenários" para a área de estudo.

#### **4.5. Cenários e Base de Dados**

O estudo de manobras em questão, por ser o primeiro estudo a ser realizado na região, apresenta-se de forma preliminar e com um único objetivo, o de analisar a viabilidade de navegação por navios de passageiros no sistema aquaviário proposto em projeto. Para isto, foram analisados inúmeros estudos científicos realizados para a área de estudo e seus arredores. Dentre os estudos analisados, citam-se: Nobre *et al.* (1986); Alves (1996); Carvalho *et al.* (1996); Schettini *et al.* (1996); Truccolo (1998); Silva e Schettini (1997); Klein e Menezes (2001); Klein *et al.* (2002); Araujo *et al.* (2003); Menezes (2008) e Calloni (2014).

##### **4.5.1. Batimetria**

A batimetria utilizada no desenvolvimento deste estudo foi composta por dados digitalizados de cartas náuticas, disponibilizadas pela DHN e dados de batimetria mais detalhados, para a região próxima da costa, aquisitados *in situ*. O projeto proposto para a IPTur BC Port conta com um projeto de dragagem para a área do canal de acesso aos berços (canal posicionado entre a bacia de evolução e a caixa de colisão) e na região dos berços de atracação, no qual se define que a profundidade destas áreas será de 10 metros. A batimetria definida para a área de estudo pode ser observada na Figura 7.

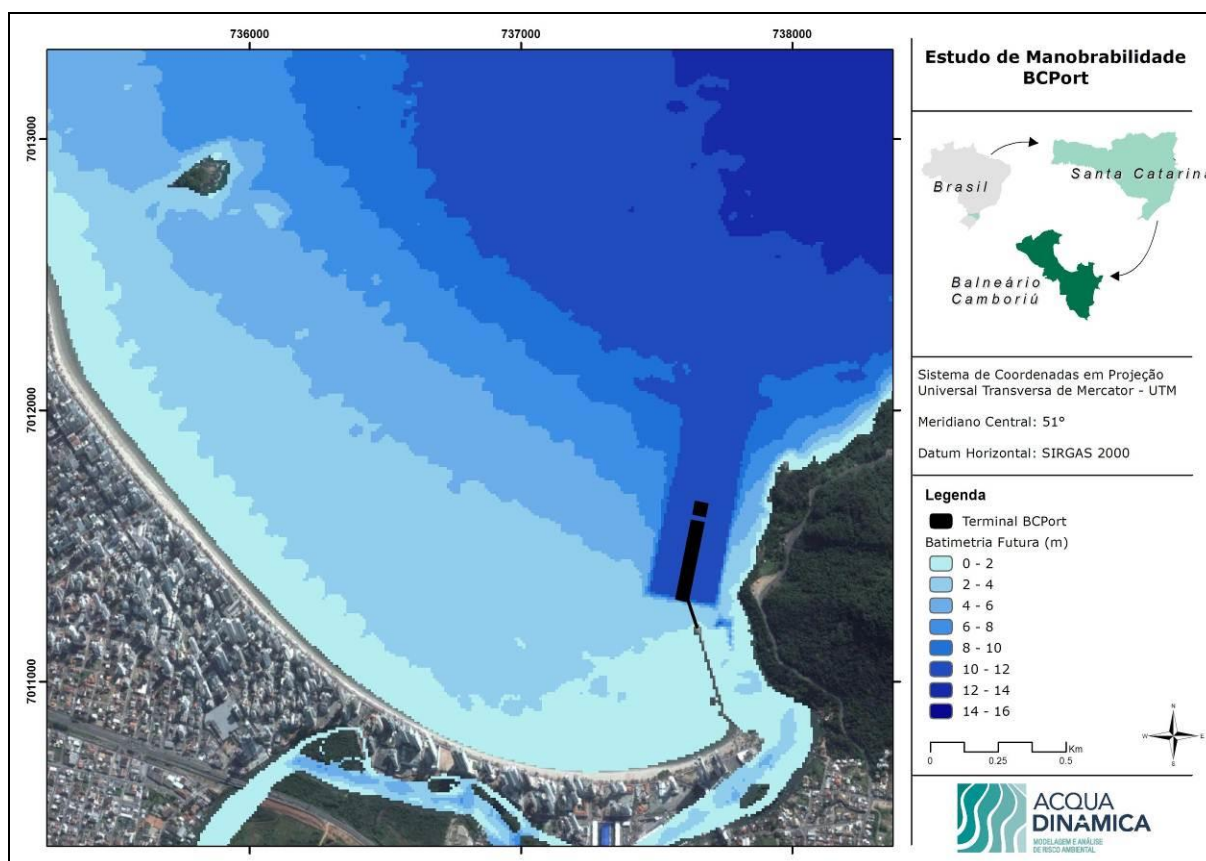


Figura 7. Batimetria interpolada na área de estudo.

#### 4.5.2. Condições de Vento

Os dados de vento foram determinados de acordo com a análise da bibliografia para a região, optando-se por trabalhar com as direções de vento predominantes e com maior intensidade. Com relação aos valores de intensidade de vento, e utilizando valores de intensidade acima dos valores médios conhecidos, definindo assim piores cenários.

Ventos de nordeste são predominantes, entretanto, interrompidos por ventos do quadrante sul associados a chegada de frentes frias.

(Nobre *et al.*, 1986 e Truccolo, 1998)

Por se tratar de um empreendimento abrigado dos ventos do quadrante Sul, optou-se por utilizar ventos do quadrante Sudeste, por serem praticamente de mesma intensidade e incidirem um pouco mais na área de estudo. O empreendimento, de qualquer forma, também encontra-se abrigado dos ventos de Sudeste, entretanto, seu sistema aquaviário está mais exposto aos ventos de Sudeste comparativamente aos ventos de Sul.

Sendo assim, as condições de vento simuladas foram:

- Vento de 15 nós, proveniente da direção 045°
- Vento de 20 nós, proveniente da direção 135°

#### **4.5.3. Condições de Ondas**

De acordo com a bibliografia, a área de estudo é protegida das ondulações de maior energia, que são as de Sul-Sudeste, e parcialmente protegida das ondulações predominantes de Leste. Sendo assim, optou-se por simular ondulações de Nordeste, quadrante ao qual o empreendimento encontra-se totalmente exposto.

O setor sul da Praia Central de Balneário Camboriú está em uma zona abrigada das ondas provenientes do quadrante SE. (Klein *et al.*, 2002)

As ondas de maior energia que incidem na região são provenientes de sul-sudeste. (Alves, 1996)

Durante a primavera as ondas predominantes são as provenientes de Leste, no verão há um equilíbrio entre as ondulações de leste e sul e no outono e inverno prevalecem as ondas de sul. (Araújo *et al.*, 2003)

Desta forma, a condição de onda simulada foi:

- Onda de 1m, proveniente da direção de 045°.

#### **4.5.4. Condições de Marés e Correntes**

Campos de correntes e marés foram incorporados previamente aos cenários definidos para as simulações. Tais dados baseiam-se nos resultados do modelo numérico hidrodinâmico desenvolvido para a área de estudo, modelo calibrado e validado com dados coletados em campanhas de campo (*in situ*). Para a criação dos cenários de

simulação, foram utilizados os resultados do modelo hidrodinâmico das condições de maré enchente e vazante em sizígia, cujas figuras da modelagem numérica podem ser observadas na Figura 8 e na Figura 9, respectivamente.

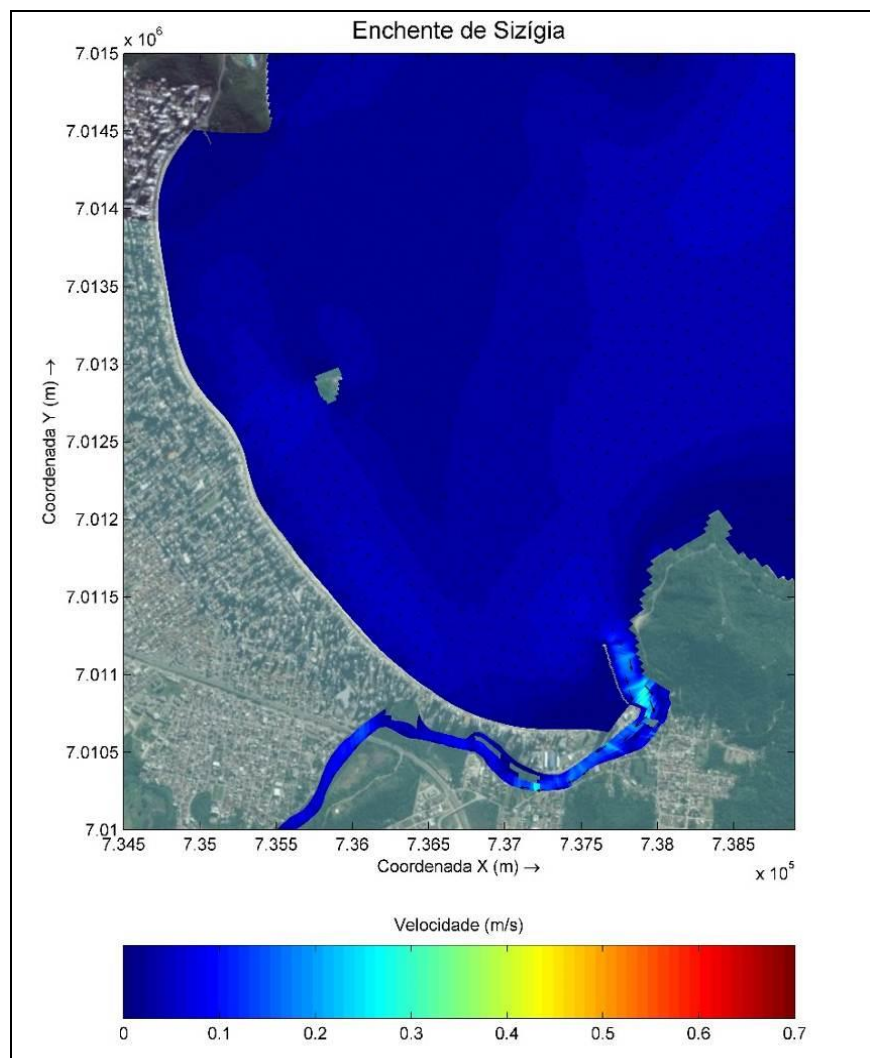


Figura 8. Imagem A - Velocidades máximas de maré enchente em sizígia para a área de estudo.

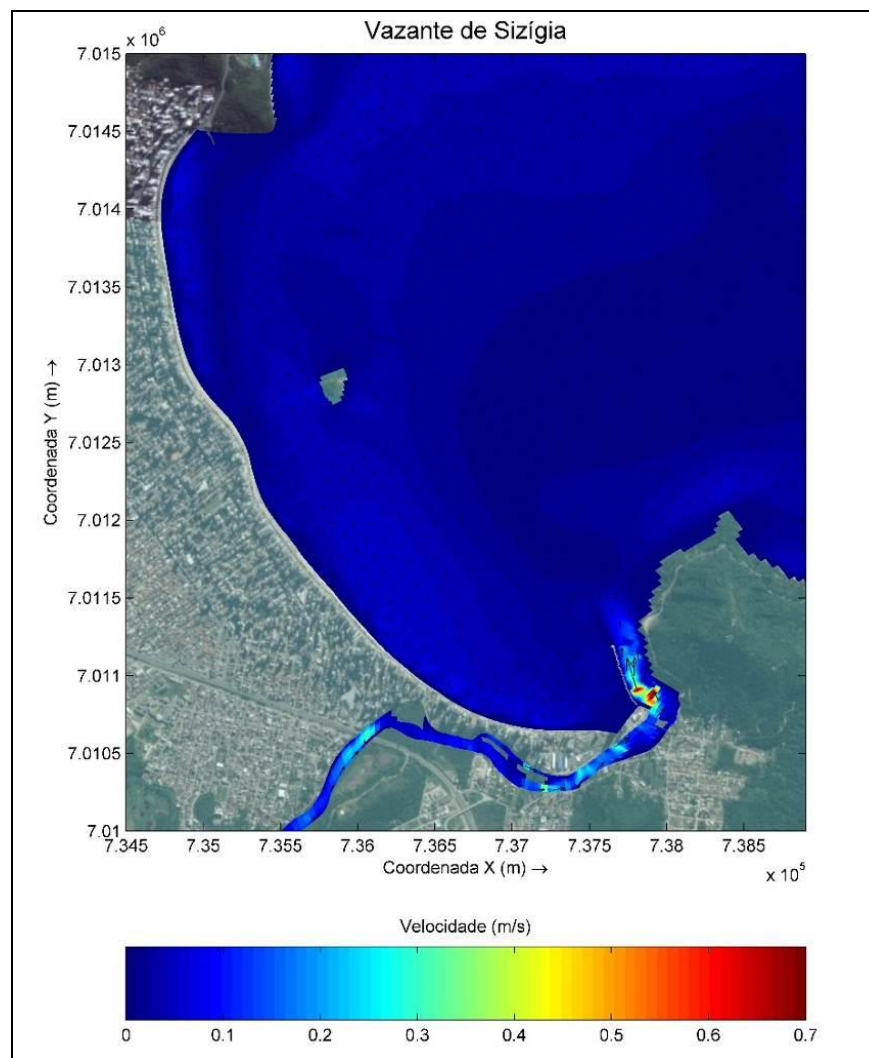


Figura 9. Imagem B - Velocidades máximas de maré vazante em sizígia para a área de estudo.

#### 4.6. Modelos de Navios

O simulador *SimFlex4* modela matematicamente o deslocamento de navios e outros meios flutuantes com seis graus de liberdade (6 *Degrees of Freedom* – 6 *DOF*), sendo: Surge ou Avanço (x) - translação na direção do eixo longitudinal; Sway ou Deriva (y) - translação na direção do eixo transversal; Yaw ou Guinada (zb) - rotação em torno do eixo vertical; Roll ou Balanço (xb) - rotação em torno do eixo longitudinal; Heave ou Afundamento (z) - translação na direção do eixo vertical; Pitch ou Arfagem (yb) - rotação em torno do eixo transversal (Figura 10).

Estes modelos são reconhecidos no mundo todo devido a precisão de suas respostas e realismo, particularmente quando se trata de interação com ondas, efeito de banco e interação navio-navio.

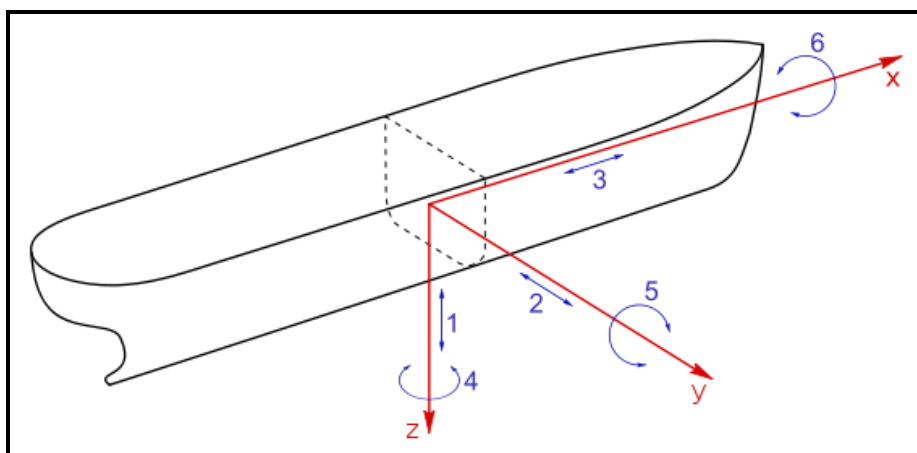


Figura 10. Seis graus de liberdade do navio simulados pelo modelo matemático *SimFlex4*. (1) afundamento (2) deriva, (3) avanço, (4) guinada, (5) arfagem e (6) balanço.

O Navio Tipo definido para a realização das simulações de manobras no sistema aquaviário proposto no projeto da Instalação Portuária de Turismo BC Port foi o Modelo Matemático de Navio “Gold Sapphire”, um navio transatlântico de passageiros (Figura 11), desenvolvido pela empresa *Force Technology*, detentora da mais alta tecnologia para este fim. Em suas instalações na Dinamarca, a *Force Technology* conta com dois tanques de prova (tanque de águas rasas e águas profundas) e cinco túneis de vento para auxiliar no desenvolvimento destes modelos de navio.

Uma breve descrição das configurações do navio tipo escolhido, o navio transatlântico de passageiros “Gold Sapphire”, encontra-se na Tabela 2.



Figura 11. Navio Tipo utilizado para as simulações, “Gold Sapphire”, um navio transatlântico de passageiros.

Tabela 2. Descrição das configurações do navio tipo escolhido, o navio transatlântico de passageiros “Gold Sapphire”.

<b>LPP (m)</b>	261,0
<b>LOA (m)</b>	294,0
<b>BOCA (m)</b>	32,20
<b>CALADO AV/AR (m)</b>	8,30 / 8,30
<b>DESLOCAMENTO (m<sup>3</sup>)</b>	50.453
<b>SUPERFÍCIE MOLHADA (m<sup>2</sup>)</b>	11.425
<b>ÁREA VÉLICA FRONTAL (m<sup>2</sup>)</b>	1.573
<b>ÁREA VÉLICA LATERAL (m<sup>2</sup>)</b>	13.008
<b>COEFICIENTE DE BLOCO</b>	0,723
<b>MOTORES</b>	Diesel
<b>NÚMERO DE EIXOS</b>	2
<b>NÚMERO DE LEMES</b>	2
<b>ÂNGULO MÁXIMO DE LEME</b>	45°
<b>NÚMERO DE BOW THRUSTERS</b>	3 (31t cada)
<b>NÚMERO DE STERN THRUSTERS</b>	3 (23t cada)

#### 4.7. Matriz de Simulações

De acordo com o exposto nos tópicos 4.5 e 4.6, foram elencados 12 (doze) cenários que pudessem contemplar as condições ambientais reinantes na área de estudo, sendo que posteriormente definiu-se com o cliente os cenários a serem simulados. A descrição da matriz de simulações definida para este estudo pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3. Descrição da matriz de simulações definida em conjunto com o cliente, realizadas no estudo de manobras para o IPTur BC Port.

<b>Cenário</b>	<b>Berço</b>	<b>Manobra</b>	<b>Orientação para a praia</b>	<b>Vento</b>	<b>Maré</b>	<b>Onda</b>
<b>1</b>	Interno	Entrada	Proa	NE 15nós	Vazante	-
<b>2</b>	Interno	Saída	Proa	SE 20nós	Enchente	-
<b>3</b>	Interno	Entrada	Popa	SE 20nós	Vazante	-
<b>4</b>	Interno	Saída	Popa	SE 20nós	Vazante	-

---

**Centro de Simulações Marítimas AcquaSIM - ACQUADINÂMICA**

---

<b>Cenário</b>	<b>Berço</b>	<b>Manobra</b>	<b>Orientação para a praia</b>	<b>Vento</b>	<b>Maré</b>	<b>Onda</b>
<b>5</b>	Interno	Entrada	Popa	NE 15nós	Vazante	NE 1m
<b>6</b>	Interno	Entrada	Popa	SE 20nós	Enchente	NE 1m
<b>7</b>	Externo	Entrada	Proa	SE 20nós	Enchente	-
<b>8</b>	Externo	Saída	Proa	NE 15nós	Vazante	-
<b>9</b>	Externo	Entrada	Popa	SE 20nós	Vazante	-
<b>10</b>	Externo	Saída	Popa	SE 20nós	Vazante	-
<b>11</b>	Externo	Entrada	Popa	NE 15nós	Vazante	NE 1m
<b>12</b>	Externo	Entrada	Popa	SE 20nós	Enchente	NE 1m



## **5. RESULTADOS E CONCLUSÕES**

O estudo de simulações em questão foi conduzido nas dependências do Centro de Simulações Marítimas AcquaSIM em julho de 2016 e contou com a presença dos Comandantes Valdecílio Pinheiro Linhares, André Guimarães Rodriguez e Ricardo Alex Dal Bo.

As simulações foram efetuadas com alto rigor técnico e com pleno controle do processo, buscando-se um critério único para se controlar o navio, com uma constante avaliação externa baseada em regras consagradas internacionalmente em todos os experimentos.

Todos os cenários simulados foram salvos na forma de “*tracks*” sobre a carta náutica digital e a navegação do navio gravada e transformada em vídeo. Posteriormente, cada etapa registrada foi avaliada em detalhes pelo Comandante Pinheiro e descrita de forma minuciosa para compor a avaliação de cada cenário simulado. Entretanto, para uma leitura sintética, a Tabela 4 traz um condensado resumido da descrição das avaliações dos 12 (doze) cenários simulados.

Tabela 4. Resumo da descrição das avaliações dos 12 (doze) cenários simulados.

<b>Cenário</b>	<b>Descrição resumida das avaliações dos cenários simulados</b>
1	<p>É realizada uma manobra de entrada para atracação direta no berço interno do terminal em regime de maré vazante, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto de canal de acesso, bacia de evolução e berços.</p> <p>São observadas boas folgas de navegação ao longo da derrota, o traçado na curva com o abatimento controlado, a passagem safe pela bacia de manobras e a entrada no berço em segurança. Destaca-se que não foi necessário o emprego de rebocadores na manobra e os recursos orgânicos do navio foram pouco exigidos.</p>
2	<p>É realizada uma manobra de saída do berço interno do terminal em regime de maré enchente, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto do canal de acesso, da bacia de evolução e dos berços.</p> <p>Durante esta simulação, evidencia-se a saída do cais sem auxílio externo e com excelente governo para ré na área do berço, o giro rápido e seguro na bacia de evolução e a navegação na curva e no tramo inicial do canal de acesso realizada de forma tranquila.</p>
3	<p>É realizada uma manobra de entrada para atracação por bombordo no berço interno terminal em regime de maré vazante, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto de canal de acesso, bacia de evolução e</p>

<b>Cenário</b>	<b>Descrição resumida das avaliações dos cenários simulados</b>
	<p>berços.</p> <p>O navio entra no canal de acesso mantendo-se no centro do canal e executa a curva para a esquerda com auxílio do vento. O abatimento é controlado com pouco uso de leme e o giro é feito no quadrante SE da bacia de evolução, por onde entra o vento, e a entrada no canal do berço é perfeitamente conduzida. O vento vai reduzindo na medida em que se aproxima do terminal e com uma partida de máquinas Atrás o navio chega ao local de atracação em segurança sem que seja necessário o emprego de rebocadores.</p>
4	<p>É realizada uma manobra de saída do berço interno do terminal em regime de maré enchente, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto do canal de acesso, da bacia de evolução e dos berços.</p> <p>Durante a simulação do cenário 4, o navio navegou sem óbices por todo o tempo, com uma desatracação tranquila e com poucos recursos de máquinas empregado. Os auxílios externos para desatracar foram desnecessários.</p>
5	<p>É realizada uma manobra de entrada para atracação por bombordo no berço interno do terminal em regime de maré vazante, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto de canal de acesso, bacia de evolução e berços.</p> <p>A manobra foi conduzida sem qualquer percalço, onde o navio foi mantido no eixo do canal, conduziu o giro no quadrante adequado na bacia de evolução e fez uma entrada segura com pouco emprego das máquinas do navio e sem auxílio externo.</p>
6	<p>É realizada uma manobra de entrada para atracação por bombordo no berço interno do terminal em regime de maré enchente, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto de canal de acesso, bacia de evolução e berços.</p> <p>A manobra inicia com a entrada no canal buscando-se o tramo com maior folga devido ao vento, uma curva bem executada que finaliza com um giro no setor de barlavento da bacia de evolução e uma subsequente entrada no berço em segurança sem necessidade de qualquer auxílio externo.</p>
7	<p>É realizada uma manobra de entrada para atracação direta no berço externo do terminal em regime de maré enchente, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto de canal de acesso, bacia de evolução e berços.</p> <p>Durante a simulação observou-se a derrota conduzida no canal e na bacia de evolução no tramo de barlavento, com uma entrada controlada na área de berço resultando numa atracação satisfatória e sem riscos.</p>
8	<p>É realizada uma manobra de saída do berço externo do terminal em regime de maré vazante, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto do canal de acesso, da bacia de evolução e dos berços.</p> <p>Saída de popa em manobra com pouco uso de máquinas e sem auxílio externo,</p>

<b>Cenário</b>	<b>Descrição resumida das avaliações dos cenários simulados</b>
	seguido de um giro rápido e seguro na bacia de evolução e uma saída bem comportada do navio no canal de acesso ao terminal.
9	<p>É realizada uma manobra de entrada para atracação por boreste no berço externo do terminal em regime de maré vazante, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto de canal de acesso, bacia de evolução e berços.</p> <p>Entrada no canal ocupando-se o tramo com maior folga devido ao vento numa curva bem executada que finaliza com um giro no setor de barlavento da bacia de evolução e uma posterior entrada no berço em plena segurança sem a necessidade de qualquer auxílio externo.</p>
10	<p>É realizada uma manobra de saída do berço externo do terminal em regime de maré enchente, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto do canal de acesso, da bacia de evolução e dos berços.</p> <p>Manobra com a desatracação em segurança, passagem pela bacia de evolução com a conseguinte execução da curva e a navegação segura no canal de acesso.</p>
11	<p>É realizada uma manobra de entrada para atracação por boreste no berço externo do terminal em regime de maré vazante, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto de canal de acesso, bacia de evolução e berços.</p> <p>Manobra de entrada no canal buscando-se o tramo direito, com maior folga devido ao vento, uma curva bem executada focada num giro no setor de barlavento da bacia de evolução e uma subsequente entrada no berço em segurança sem necessidade de qualquer auxílio externo.</p>
12	<p>É realizada uma manobra de entrada para atracação por boreste no berço externo do terminal em regime de maré enchente, com um Navio de Cruzeiro (261m x 32,2m x 8,3m) e o propósito de avaliar o projeto de canal de acesso, bacia de evolução e berços.</p> <p>Entrada no canal buscando-se o tramo a barlavento, uma curva bem executada que finaliza com um giro rápido na bacia de evolução conduzido no centro do navio e uma subsequente entrada no berço em segurança sem necessidade de qualquer auxílio externo.</p>

Após a análise dos 12 (doze) cenários simulados foi possível observar que o projeto do canal, da bacia de evolução, do canal dos berços e dos berços de atracação possuem uma perfeita adequabilidade, com as manobras apresentando um baixo grau de dificuldade para sua execução e uma alta aceitabilidade em função do baixo risco e da segurança com que estas foram conduzidas. Uma síntese da avaliação das manobras

simuladas, por trecho da hidrovia proposta, compõe a Tabela 5, a qual compreende os pontos principais e fundamentais da navegação executada.

Tabela 5. Síntese da avaliação das manobras simuladas.

Lista de cenários simulados									Grau de Dificuldade				Aceitabilidade
Cenário	Berço	Manobra	Orientação para a praia no Berço	Vento		Maré	Onda	Tempo de Manobra(min)	Tramo Inicial do Canal de Acesso	Execução da curva	Giro na Bacia de Evolução	Manobra no Berço	
				Intensidade	Direção								
1	Interno	Entrada	Proa	15 nós	NE	Vazante	-	33	Baixo	Baixo		Baixo	Alta
2	Interno	Saída	Proa	20 nós	SE	Enchente	-	50	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alta
3	Interno	Entrada	Popa	20 nós	SE	Vazante	-	50	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alta
4	Interno	Saída	Popa	20 nós	SE	Vazante	-	28	Baixo	Baixo		Baixo	Alta
5	Interno	Entrada	Popa	15 nós	NE	Vazante	NE 1m	54	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alta
6	Interno	Entrada	Popa	20 nós	SE	Enchente	NE 1m	46	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alta
7	Externo	Entrada	Proa	20 nós	SE	Enchente	-	37	Baixo	Baixo		Baixo	Alta
8	Externo	Saída	Proa	15 nós	NE	Vazante	-	37	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alta
9	Externo	Entrada	Popa	20 nós	SE	Vazante	-	48	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alta
10	Externo	Saída	Popa	20 nós	SE	Vazante	-	26	Baixo	Baixo		Baixo	Alta
11	Externo	Entrada	Popa	15 nós	NE	Vazante	NE 1m	56	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alta
12	Externo	Entrada	Popa	20 nós	SE	Enchente	NE 1m	45	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alta

Grau de Dificuldade	Aceitabilidade	<p><i>O conceito de Grau de Dificuldade é subjetivo, assim como o de Aceitabilidade.</i></p> <p><i>Este último também possui um grau relativo entre cada cenário avaliado na simulação e está ligada a probabilidade de sucesso da manobra submetido a um conjunto de ponderações atinentes ao cenário proposto.</i></p> <p><i>O sucesso obtido na simulação não garante o sucesso no ambiente fora do simulado, mas assegura que qualquer inexecutabilidade identificada no processo pode ser extrapolada para o mundo real, orientando assim todos os atores envolvidos nas fases seguintes do processo decisório.</i></p>
Baixo	Baixa	
Moderado	Moderada	
Alto	Alta	
Muito Alto		

## 6. CONCLUSÕES

O propósito primordial deste estudo de manobras foi o de fornecer aos diferentes níveis das autoridades envolvidas nos processos decisórios, um conjunto sustentado de elementos tecnicamente consistentes, baseados numa ferramenta consolidada internacionalmente e recomendada pelo PIANC<sup>1</sup> (Congressos da Associação Permanente de Navegação Internacional). Estes elementos são conclusivos e fundamentados pelas premissas advindas das análises dos vídeos das simulações realizadas.

As simulações foram efetuadas com alto rigor técnico e com pleno controle do processo, buscando-se um critério único para se controlar o navio, com uma constante avaliação externa baseado em regras consagradas internacionalmente em todos os experimentos.

Na condução das análises dos vídeos constatou-se que as manobras feitas no simulador, em todos os cenários, foram conduzidas com no máximo 15° de leme dos 45° disponíveis para pleno emprego. Somente 1 (um) dos 3 (três) *thrusters* disponíveis na proa e na popa foram empregados de um total de 6 (seis), ou seja, quando ambos foram empregados com toda a força só se estava usando 1/3 da força lateral disponível no

<sup>1</sup> PIANC: Permanent International Association Navigation Congress, com tradução "Congressos da Associação Permanente de Navegação Internacional".

navio. Do mesmo modo, as máquinas foram usadas com intensidade máxima até “Devagar Adiante” e só se comandou “Meia Força Adiante” ou “Atrás” quando o navio se dirigia ou se encontrava em águas plenamente safas (seguras, livres de obstáculos). Categoricamente, afirma-se que existe uma significativa reserva de manobra em cenários reais ou mesmo emergenciais.

Após a análise dos 12 (doze) cenários simulados foi possível concluir que o projeto do canal, da bacia de evolução, do canal do berço e dos berços de atracação possuem uma perfeita adequabilidade, com as manobras apresentando um baixo grau de dificuldade para sua execução e uma alta aceitabilidade em função do baixo risco e da alta segurança com que estas foram conduzidas.

Foi possível diagnosticar que as folgas dadas no cálculo do projeto foram identificadas e avaliadas como sendo oportunas, embora não tenha sido necessário se fazer uso das mesmas. O traçado na curva com o abatimento controlado, a passagem ou giro pela bacia de manobras e a entrada no berço sempre foram feitos em segurança.

Durante todo o tramo retilíneo do Canal de Acesso o navio governa com a Ilha das Cabras pela proa, permitindo que se navegue em segurança por radar em caso de baixa visibilidade. Outra característica importante é que o terminal já é descortinado no visual na entrada do canal e assim permanece durante toda a navegação desde que haja visibilidade para tal.

Ressalta-se que não foi necessário o emprego de rebocadores nas manobras de atracação, desatracação, aproximação ao berço e no giro na bacia de evolução. Destaca-se novamente que, mesmo sem auxílio externo, os recursos orgânicos do navio foram pouco exigidos como mencionados anteriormente. O governo para ré tanto na entrada para os berços como na saída destes foi feito sem percalços, empregando-se um dos *bow thrusters* (hélices de proa) para controlar primordialmente o navio fazendo o papel de leme.

Como pode ser visto na Tabela 6, este tipo de navio é bastante sensível ao vento, sendo esta a principal condicionante ambiental que se busca controlar nas manobras em águas restritas. Entretanto, as simulações denotaram que o navio simulado mostrou-se bem comportado a despeito dos ventos reinantes tanto do quadrante NE (15 nós) como do SE (20 nós).

Tabela 6. Área vélica dos navios “Gold Sapphire” e “Oasis of the Seas”.

	<b>Gold Sapphire</b>	<b>Oasis of the Seas</b>
ÁREA VÉLICA FRONTAL (m <sup>2</sup> )	1.573	3.050
ÁREA VÉLICA LATERAL (m <sup>2</sup> )	13.008	15.290

A configuração do canal explora a característica do vento reinante e permite usar esta forçante para auxiliar a manobra de execução da curva assim como no giro na bacia de evolução. Na manobra de entrada para o terminal o navio vai aproando o vento e este auxiliando o giro do navio anti-horário, muito embora o giro no sentido horário seja geometricamente menor. O vento incidindo na proa também auxilia na redução da velocidade do navio. Já na manobra de saída, que necessita giro para aproar o canal de acesso, embora possa parecer geometricamente que o giro deva ser conduzido no sentido anti-horário, o vento auxiliará a manobra de girar na bacia se for feito no sentido inverso. Ressalta-se que esta característica do giro reside para qualquer dos regimes de vento simulados. Em resumo, a tendência do navio entrando com vento NE ou SE o giro na bacia é anti-horário e saindo de popa com vento NE ou SE o giro é horário.

Uma outra característica fisiográfica da posição do terminal é que, para os ventos mais fortes do quadrante Sul, este encontra-se abrigado em uma zona de sombra formada pelo Morro da Aguada, tendo como consequência um perfeito controle do navio sem auxílios externos. A manobra de entrada de ré sempre permitiu um pleno controle do navio independente do berço e das condições de vento reinantes. Tem-se, no decorrer da manobra, sempre disponível a opção de um escape pela proa em caso de risco iminente. Em caso de falhas operacionais do navio, o ferro (elemento de parada em emergência sempre pronto a largar) poderia ser empregado imediatamente garantindo a segurança do navio e do terminal.

Uma outra característica identificada nas simulações é que as máquinas são mantidas sem que seja necessário um número de partidas em demasia (que despende do ar de partida que é finito), fato este que, do ponto de vista da segurança da manobra, seria sempre desejável. Tanto a entrada de proa com saída de ré e vice-versa são equivalentes em termos de tempo de manobra. Nenhum dos berços se mostrou com algum caráter que denote inexecuibilidade. Assim sendo, o terminal possui um alto grau de flexibilidade para a atracação em ambos berços por qualquer bordo e poderá ser definida em função de condicionantes da cena de ação.

Um outro aspecto que vale ser mencionado é que quanto maior a FAQ (Folga Abaixo da Quilha) mais o navio sente o vento, ou seja, devido a característica intrínseca dos Navios

de Cruzeiro com grande área vélica o ideal é que não se tenha profundidade em demasia sob a quilha nos momentos de manobra restrita com baixa velocidade.

Deixa-se registrado que este estudo não se encerra em si mesmo, ficando estabelecida a hipótese de que sejam oportunamente conduzidos novos estudos para que possam ser determinados no futuro os limites operacionais, regras para as manobras, avaliação do projeto do sistema de sinalização náutica, possíveis riscos operacionais e medidas mitigatórias para minimizar os riscos para as operações atreladas a Instalação Portuária de Turismo - IPTur BC Port.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALVES, J.H.F.M. 1996. **Refração do espectro de ondas oceânicas em águas rasas: aplicações à região costeira de São Francisco do Sul, SC.** Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – CPGEA, Universidade Federal de Santa Catarina.

ARAUJO, C.E.S.; FRANCO, D.; MELO, E.; PIMENTA, F. 2003. **Wave regime characteristics of the Southern Brazilian coast.** In: Proceedings of the Sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Paper No. 97. 15p.

CALLONI, B. 2014. **Impacto da obra de alimentação artificial em uma praia de enseada.** Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CARVALHO, J.L.B.; KLEIN, A.H.F.; SCHEITINI, C.A.F.; JABOR, P.M. 1996. **Marés Meteorológicas em Santa Catarina: Influência do Vento na Determinação de Parâmetros de Projeto para Obras Costeiras.** Proceedings do III Simpósio sobre Oceanografia USP, p.380.

IBGE, 2010. <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420200&se arch=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas> – acesso em 04/08/2016 as 12:26.

KLEIN, A.H.F.; MENEZES, J.T. 2001. **Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast.** Journal of Coastal Research, 17 (4), 812-835.

KLEIN, A.H.F.; BENEDET FILHO, L.; SCHUMACHER, D.H. 2002. **Short-term beach rotation processes in distinct headland bay beach systems.** Journal of Coastal Research, 18(3), 442-458

MENEZES, J.T. 2008. **Balanço de sedimentos arenosos da enseada de Balneário Camboriú - SC.** Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MORELLI, F. 1997. **Dinâmica de nutrientes inorgânicos na enseada de Camboriú, Balneário Camboriú, SC.** Itajaí, Santa Catarina: Universidade do Vale do Itajaí, Bachelor's thesis, 82p.



NOBRE, C.A.; CAVALCANTI, M.A.G.; NOBRE, P.; KAYANO, M.T.; RAO, V.B.; BONATTI, J.P.; SATYAMURTI, P.; UVO, C.B.; COHEN, J.C. 1986. **Aspectos da climatologia dinâmica do Brasil**. Climanálise número especial.

SCHETTINI, C.A.F.; CARVALHO, J.L.B.; JABOR, P. 1996. **Comparative hydrology and suspended matter distribution of four estuaries in Santa Catarina State – Southern Brazil**. Proceedings of Workshop on Comparative Studies of Temperate Coast Estuaries, p.29-32.

SILVA, F.L.; SCHETTINI, C.A.F. 1997. **Contribuição à hidrologia do estuário do Rio Camboriú: avaliação da contribuição fluvial**. Resumos Expandidos da X Semana Nacional de Oceanografia (Itajaí, Santa Catarina, Brazil), pp.496-498

TRUCCOLO, E.C. 1998. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul - SC**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.