



**RELATÓRIO DE **MODELAGEM NUMÉRICA**  
HIDRODINÂMICA, TRANSPORTE DE SEDIMENTOS E MORFOLOGIA**

**PORTO DE IMBITUBA, IMBITUBA-SC**

**PREPARADO PARA:**



**PREPARADO POR:**



**MAIO 2018**



## ÍNDICE DE REVISÕES

VER	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
00	ORIGINAL

	VER. 00	VER. 01	VER. 02	VER. 03	VER. 04	VER. 05	VER. 06
DATA	13/11/17						
PROJETO	5270205						
EXECUÇÃO	EN						
VERIFICAÇÃO	LT						
APROVAÇÃO	RCB						

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA CBI MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA LTDA., SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

A IMPRESSÃO OU REPRODUÇÃO DESTE DOCUMENTO TORNA A CÓPIA NÃO CONTROLADA.



## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1	INTRODUÇÃO	4
2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
3	ÁREA DE ESTUDO	5
4	CRITÉRIOS E PREMISSAS	6
5	DISPERSÃO DA PLUMA DE SEDIMENTOS	6
6	RESULTADOS	7
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

## 1 INTRODUÇÃO

A CB&I foi contratada pela SCPAR Porto de Imbituba para realizar um estudo de hidrodinâmica para avaliar a taxa de assoreamento no Porto de Imbituba e analisar o comportamento da pluma de dispersão de sedimentos nas áreas licenciadas para bota fora oceânico. Este documento compreende a descrição das áreas de bota-fora estudadas e resultados da modelagem hidrodinâmica e de transporte de sedimentos para cada uma das áreas. Será avaliada a área de influência e dispersão de sedimentos dragados na enseada de Imbituba.

Para cálculo dos campos hidrodinâmicos, geração e propagação de ondas, foi utilizado o modelo numérico tridimensional Delft3D, desenvolvido pela Deltares (Holanda) e amplamente utilizado e validado em estudos realizados em ambientes costeiros, estuarinos e de águas interiores ao redor do mundo. O Delft3D está entre os modelos numéricos mais avançados para a simulação de processos de circulação e de transporte de sedimentos e taxas de assoreamento.

## 2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes documentos relacionados ao estudo são referenciados ao longo do texto deste relatório:

	<b>Nº DO DOCUMENTO</b>	<b>NOME</b>
<b>1</b>	5270205-IH-HS-RP-0001_REV02	Relatório de aquisição de dados
<b>2</b>	5270205-IH-MN-RP-0002-V02	Relatório de modelagem morfológica

### 3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende as imediações do Porto de Imbituba, no litoral centro-sul catarinense, localizada na enseada homônima, município de Imbituba, estado de Santa Catarina.

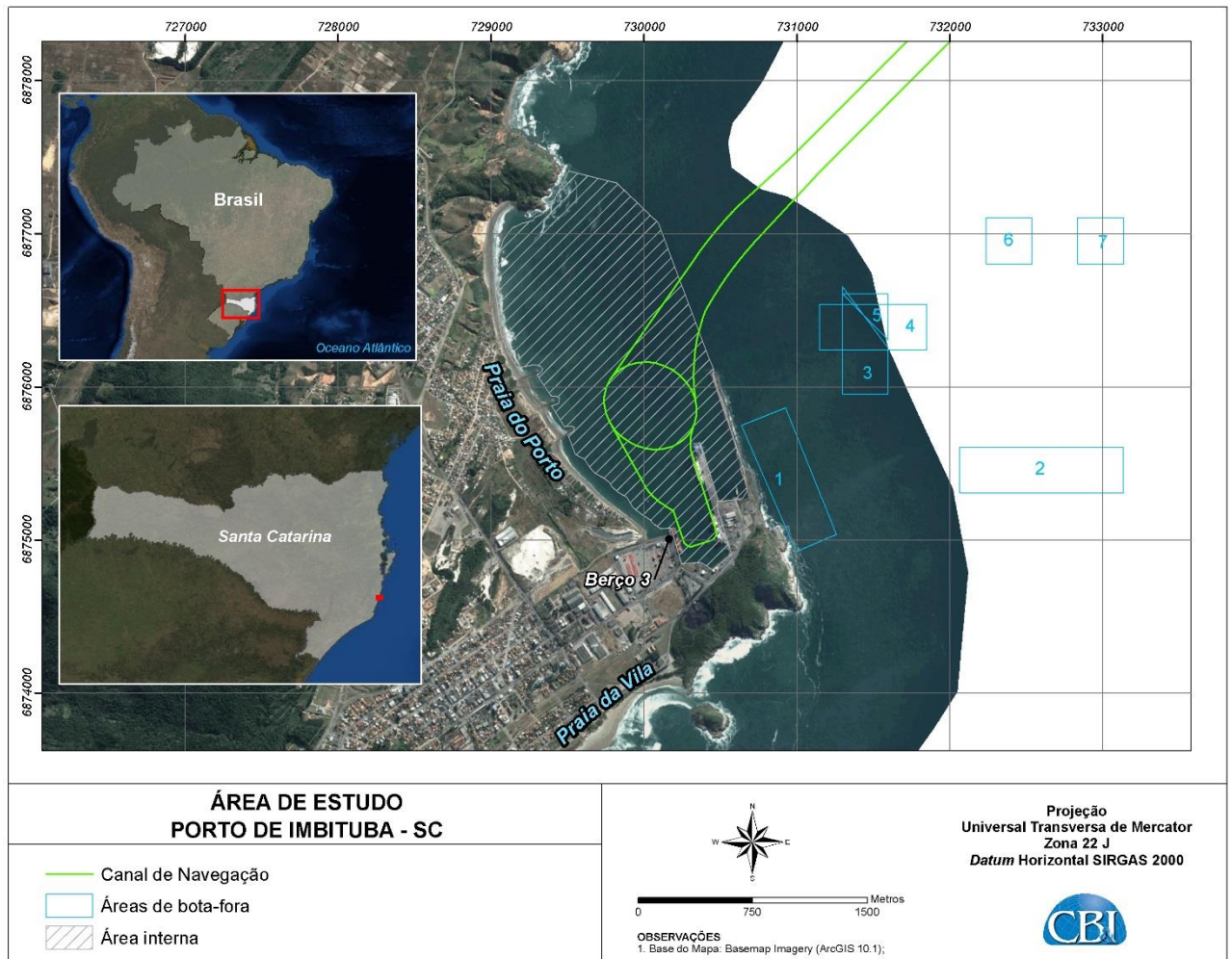


Figura 1: Localização da área de estudo.

#### 4 CRITÉRIOS E PREMISSAS

- Os dados planialtimétricos estão referenciados pelo Sistema de Coordenadas Planas Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 22 Sul, sendo o *datum* horizontal WGS84.
- O *datum* vertical utilizado na modelagem numérica é nível médio do mar (N.M.M).
- Todos levantamentos batimétricos em DHN foram reduzidos ao N.M.M subtraindo-se (quando positivo para cima) a cota de 0,37 m;

#### 5 DISPERSÃO DA PLUMA DE SEDIMENTOS

Foram realizadas simulações para se entender o comportamento da pluma de sedimentos formada com o despejo do material dragado nas áreas de bota-fora. As áreas de bota-fora previstas para as atividades de dragagem podem ser vistas na figura Figura 2. Nestes modelos, dois períodos de aproximadamente 1 mês foram simulados, representando a hidrodinâmica e forçantes características da estação de verão e da estação de inverno.

Os despejos foram configurados para que ocorressem ciclos de dragagem consecutivos continuamente. Cada ciclo envolveu estimativas de tempo de dragagem, tempo de navegação até o bota-fora, tempo de despejo, tempo de navegação de volta à área de dragagem. Para as estimativas de volume e taxa de dragagem foi adotada como critério uma draga do tipo Hopper com cisterna de aproximadamente 1.000 m<sup>3</sup> e taxa de ocupação de sólidos de aproximadamente 70%, com ciclo total ao final do mês de aproximadamente 200 mil m<sup>3</sup> de sedimento despejados os botas-fora.





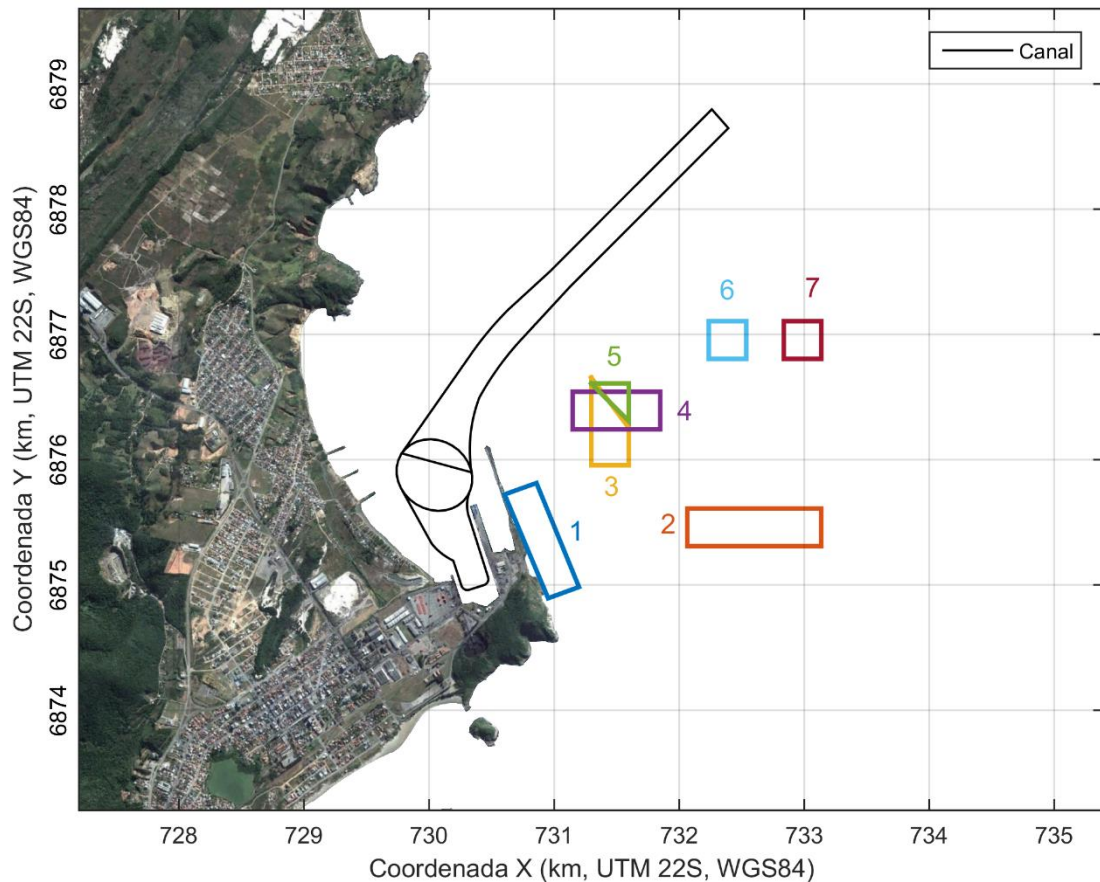


Figura 2 Áreas de bota-fora previstas para descarte do material dragado.

## 6 RESULTADOS

Os resultados da dispersão da pluma de sedimentos gerada a partir do descarte do material dragado são apresentados a seguir Da Figura 3 a Figura 23, para as 7 áreas de bota-fora simuladas. Os mapas para cada área apresentam os momentos que registraram máxima concentração (instantânea) ao longo de todo o período, mapas de probabilidade de exceder a concentração de referência de 1 mg/L e por fim mapa de mudanças morfológicas com padrões de sedimentação, para ambas as bases de verão (quadros à esquerda) e inverno (quadros à direita) respectivamente.

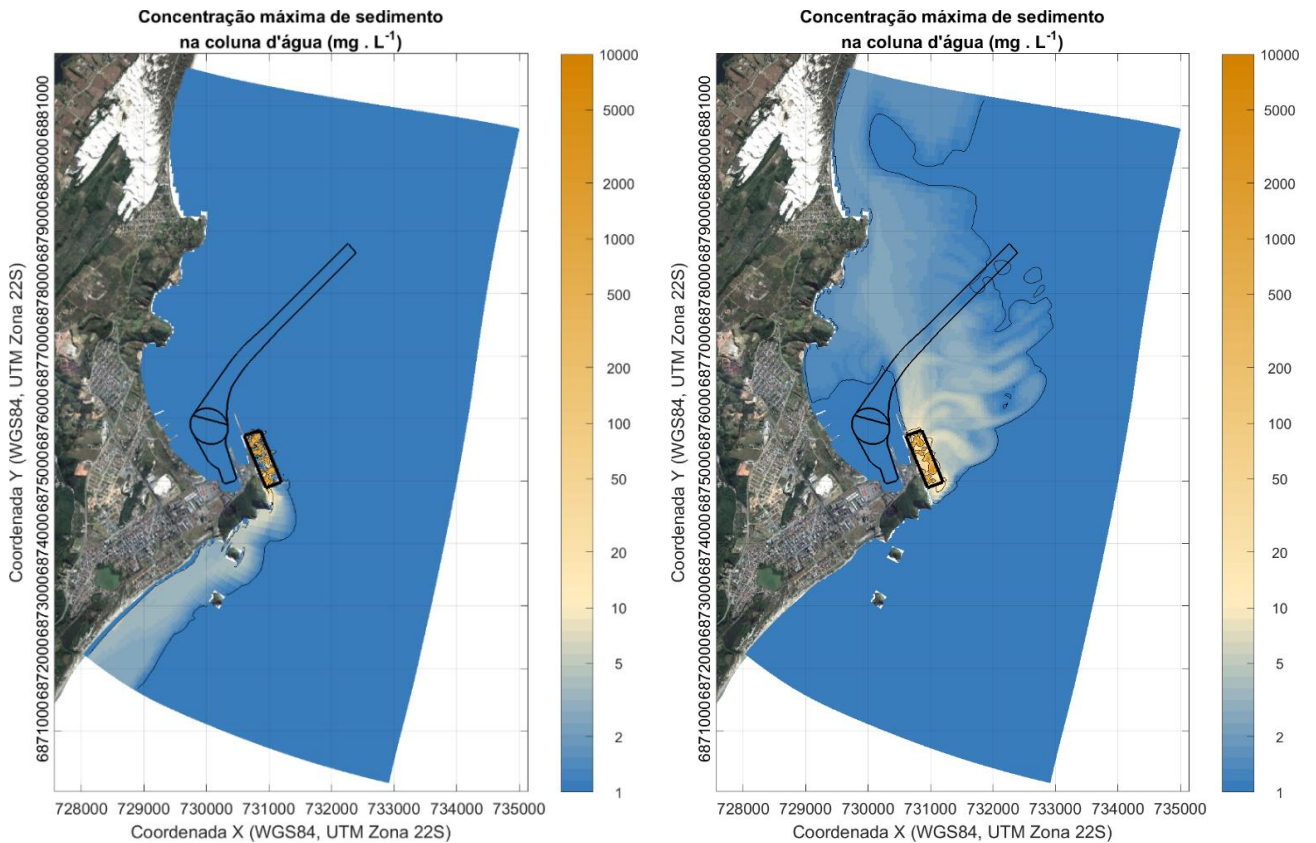


Figura 3 **Instantes de maior concentração** ( $\text{mg/L}$ ) e alcance da plumas de sedimentos dragados ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #1.

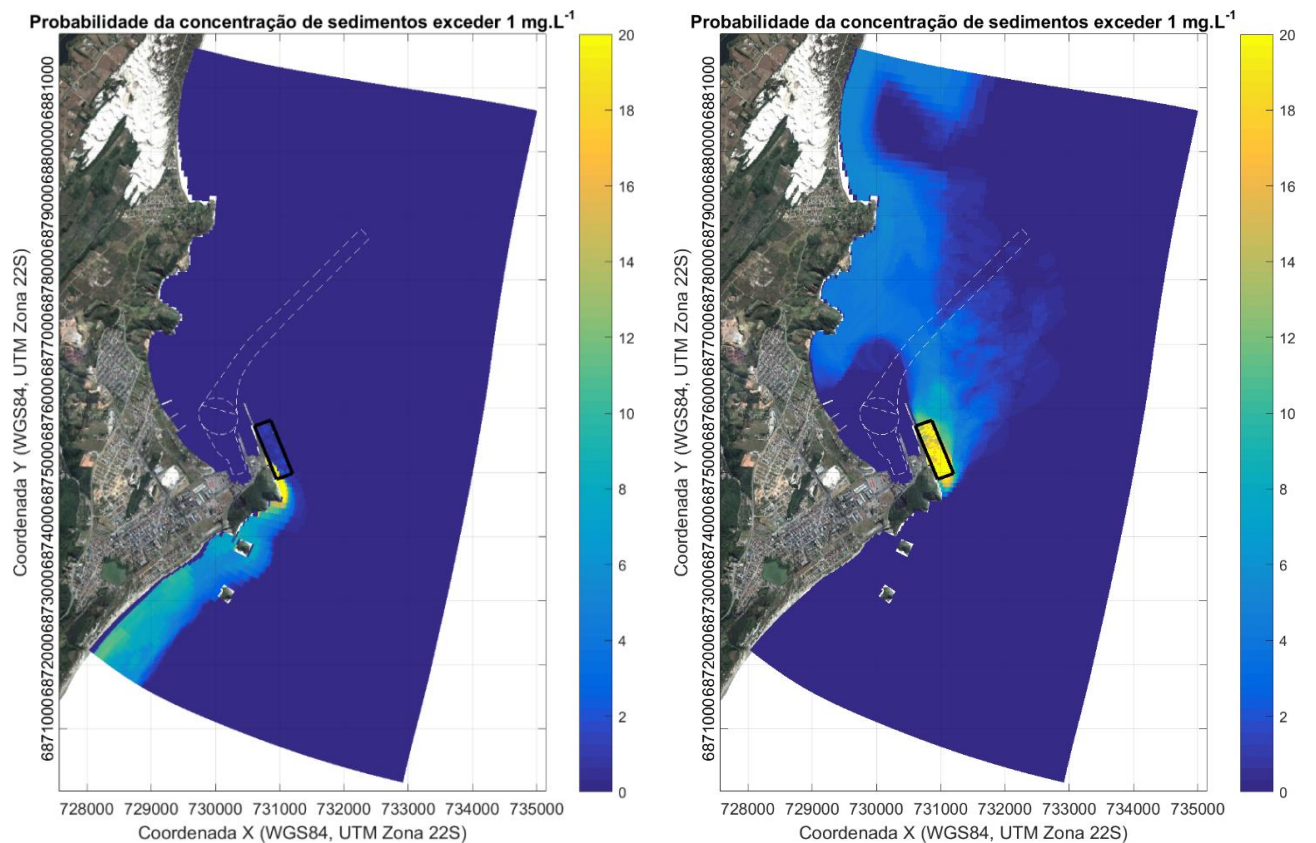


Figura 4 **Probabilidade de excedência** (%) da concentração de referência ( $1 \text{ mg/L}$ ) ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #1.



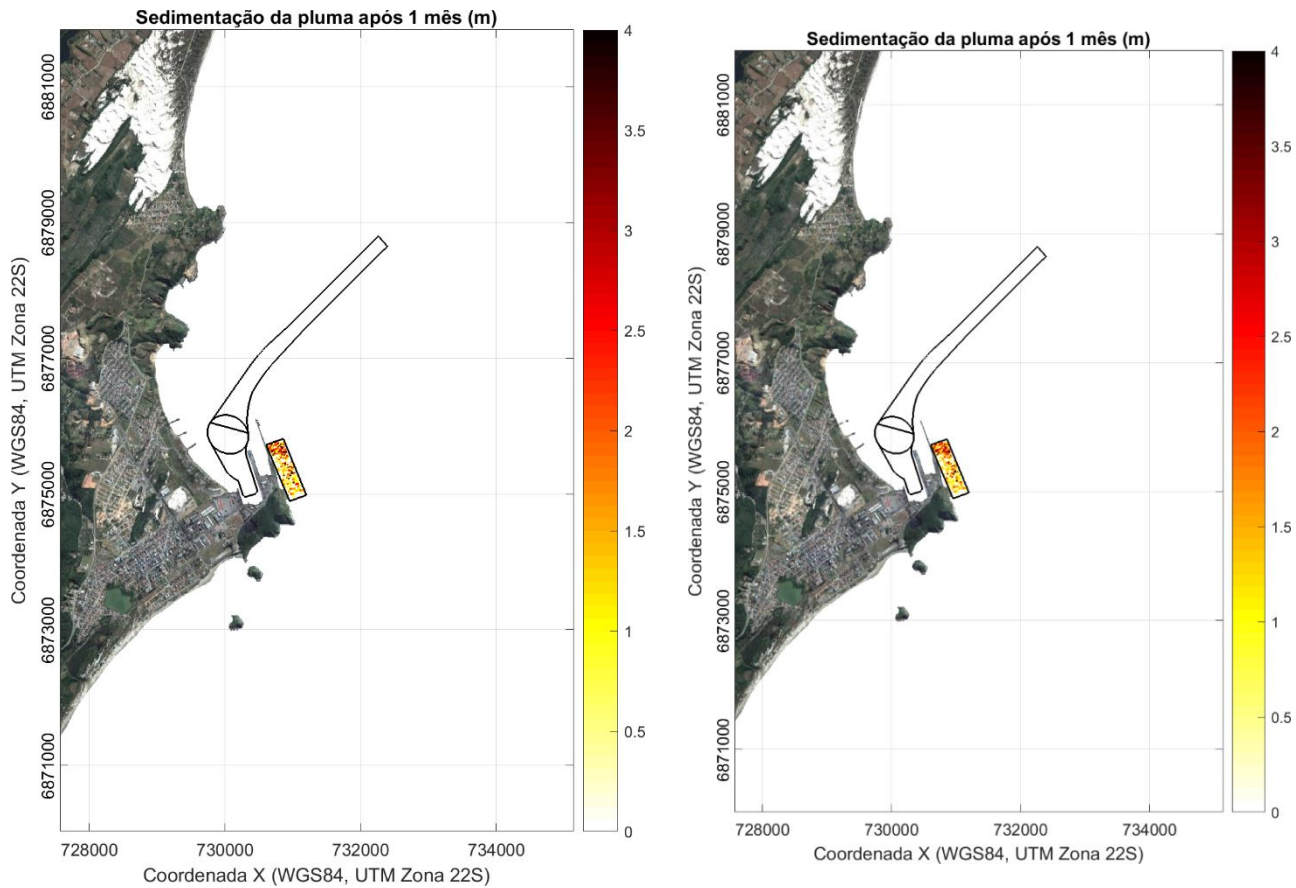


Figura 5 Padrão de sedimentação de sedimentos ao fim da simulação de todos os ciclos para a base de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #1.

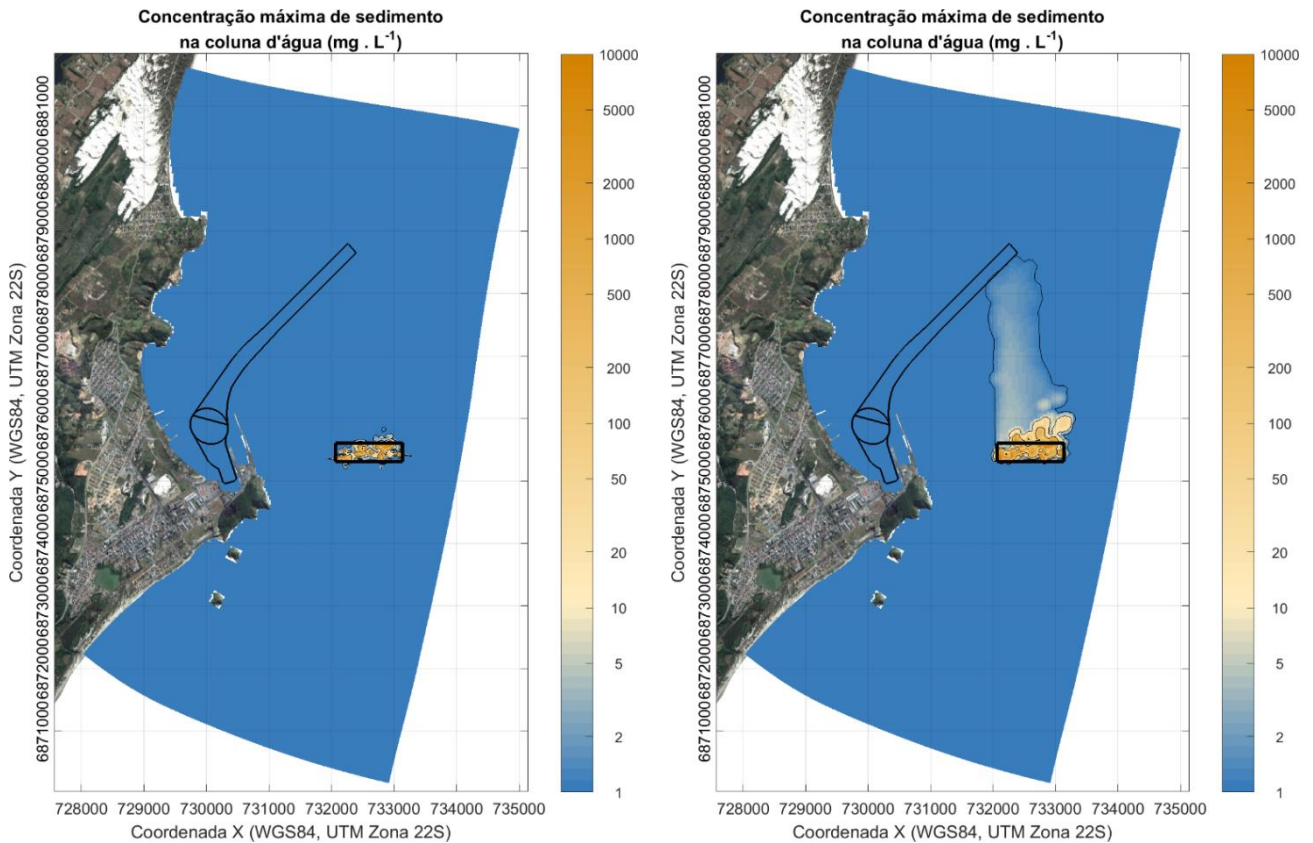


Figura 6 Instantes de maior concentração ( $\text{mg/L}$ ) e alcance da plumas de sedimentos dragados ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #2.

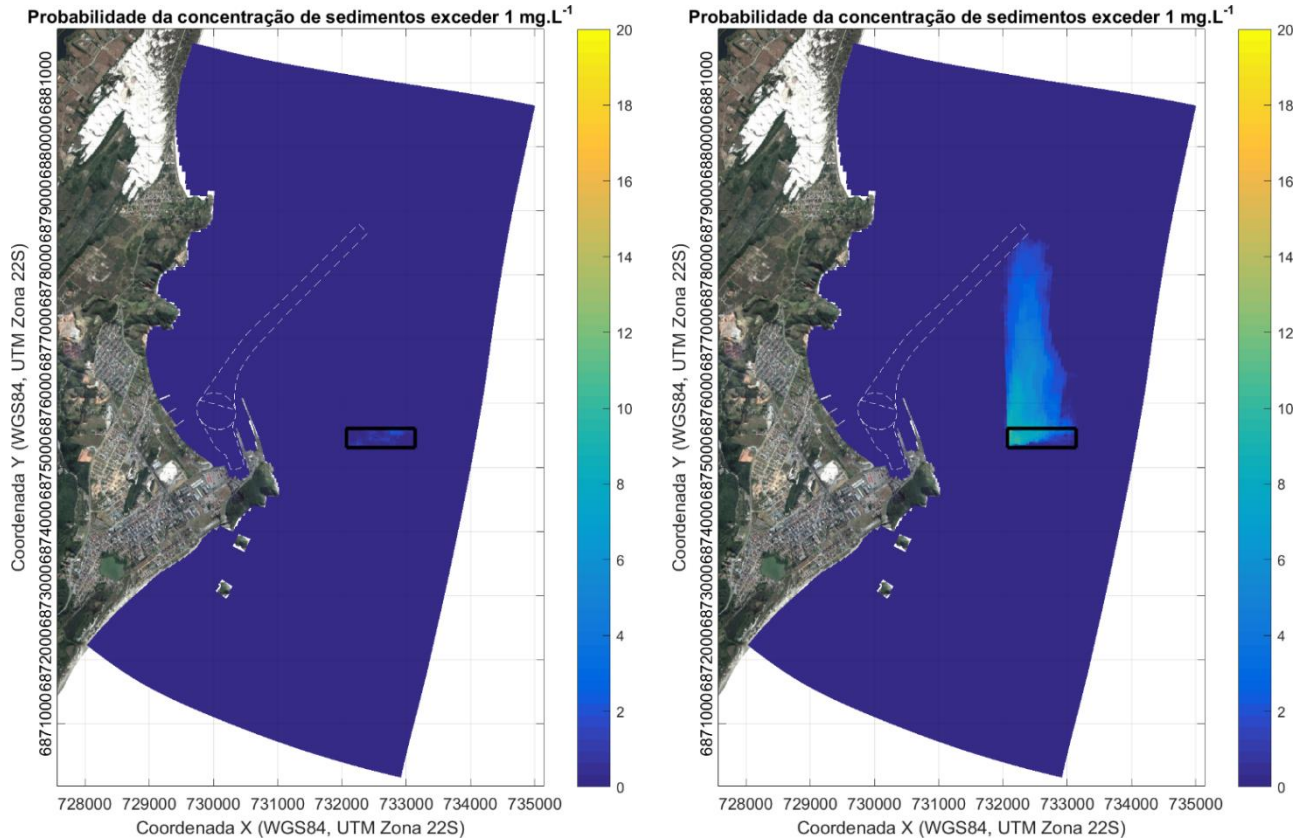


Figura 7 **Probabilidade de excedência (%)** da concentração de referência ( $1 \text{ mg/L}$ ) ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #2.

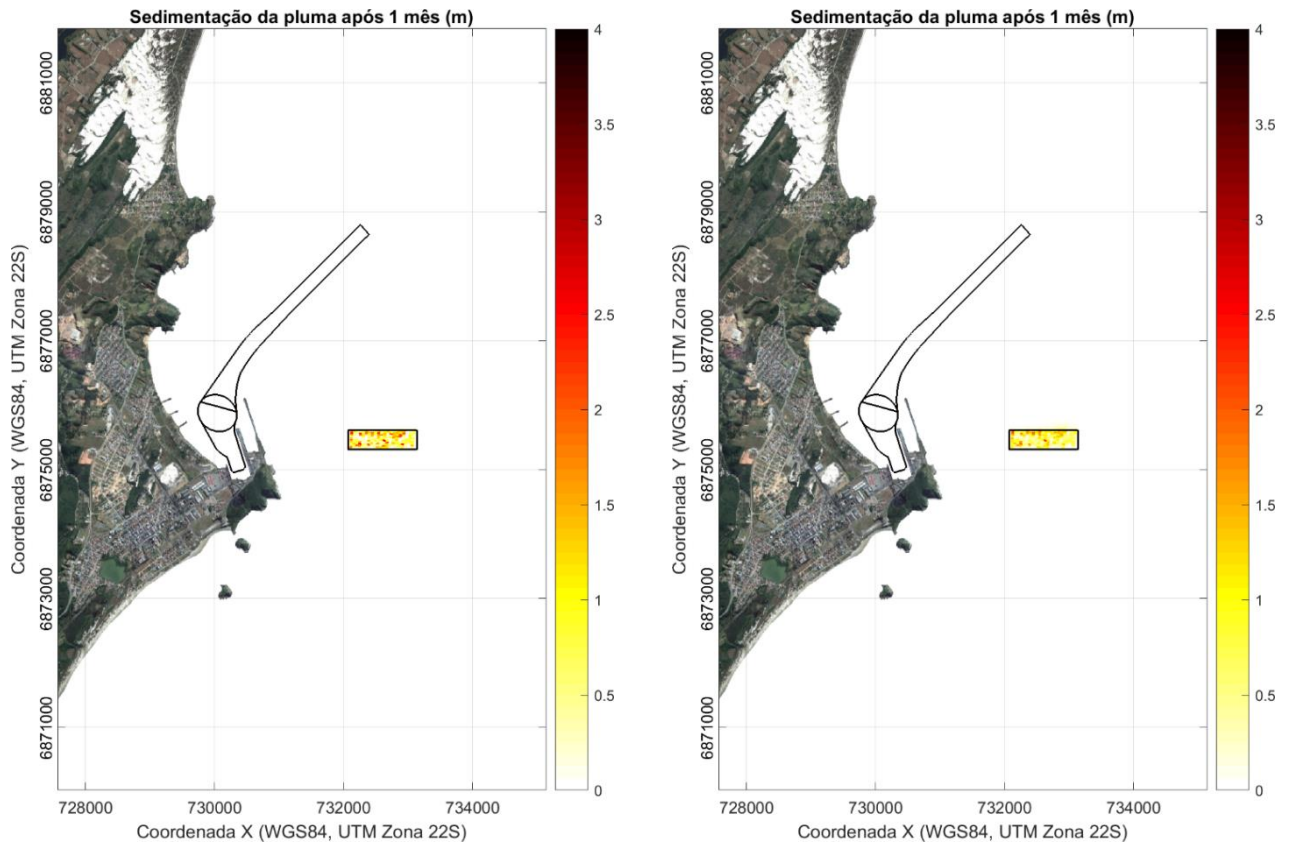


Figura 8 **Padrão de sedimentação de sedimentos** ao fim da simulação de todos os ciclos para a base de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #2.



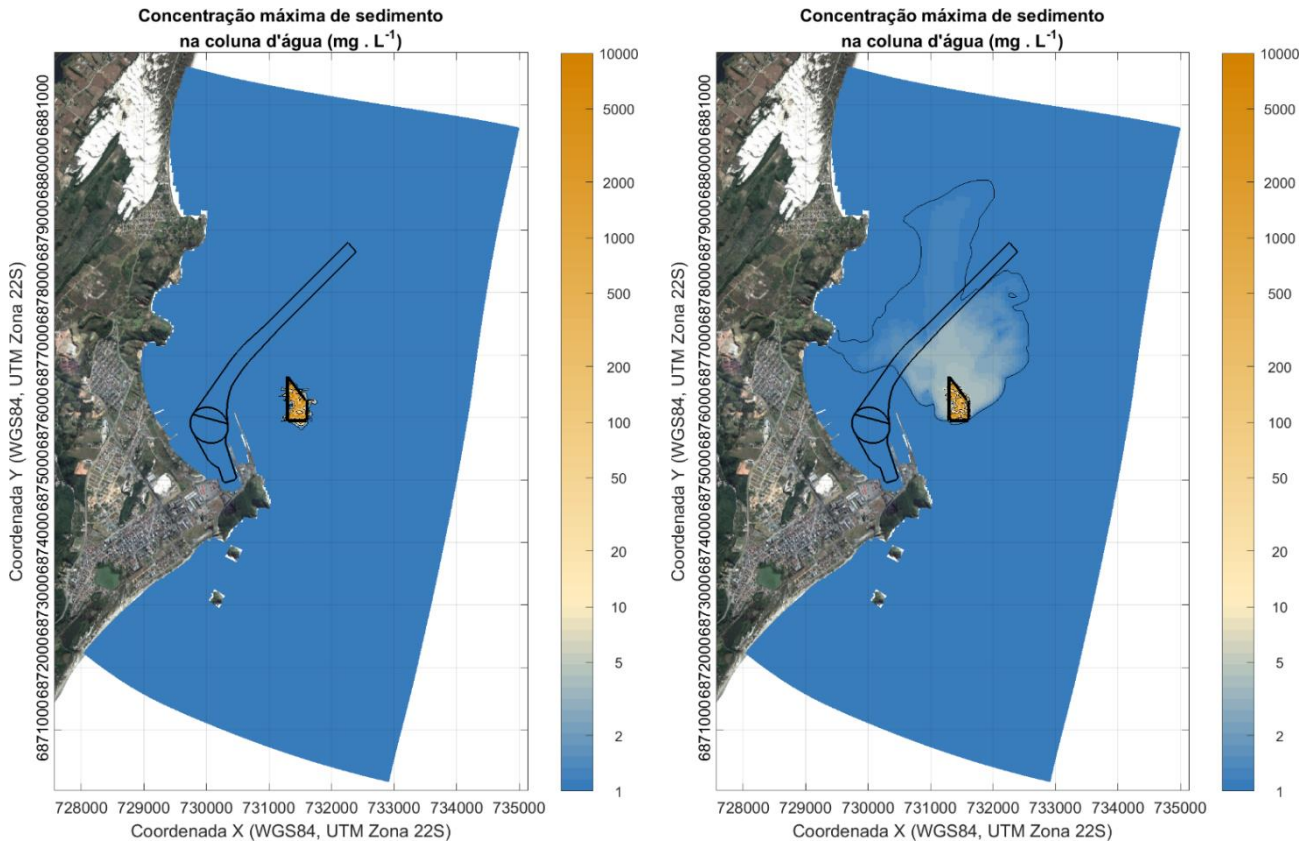


Figura 9 **Instantes de maior concentração** ( $\text{mg/L}$ ) e alcance da plumas de sedimentos dragados ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #3.

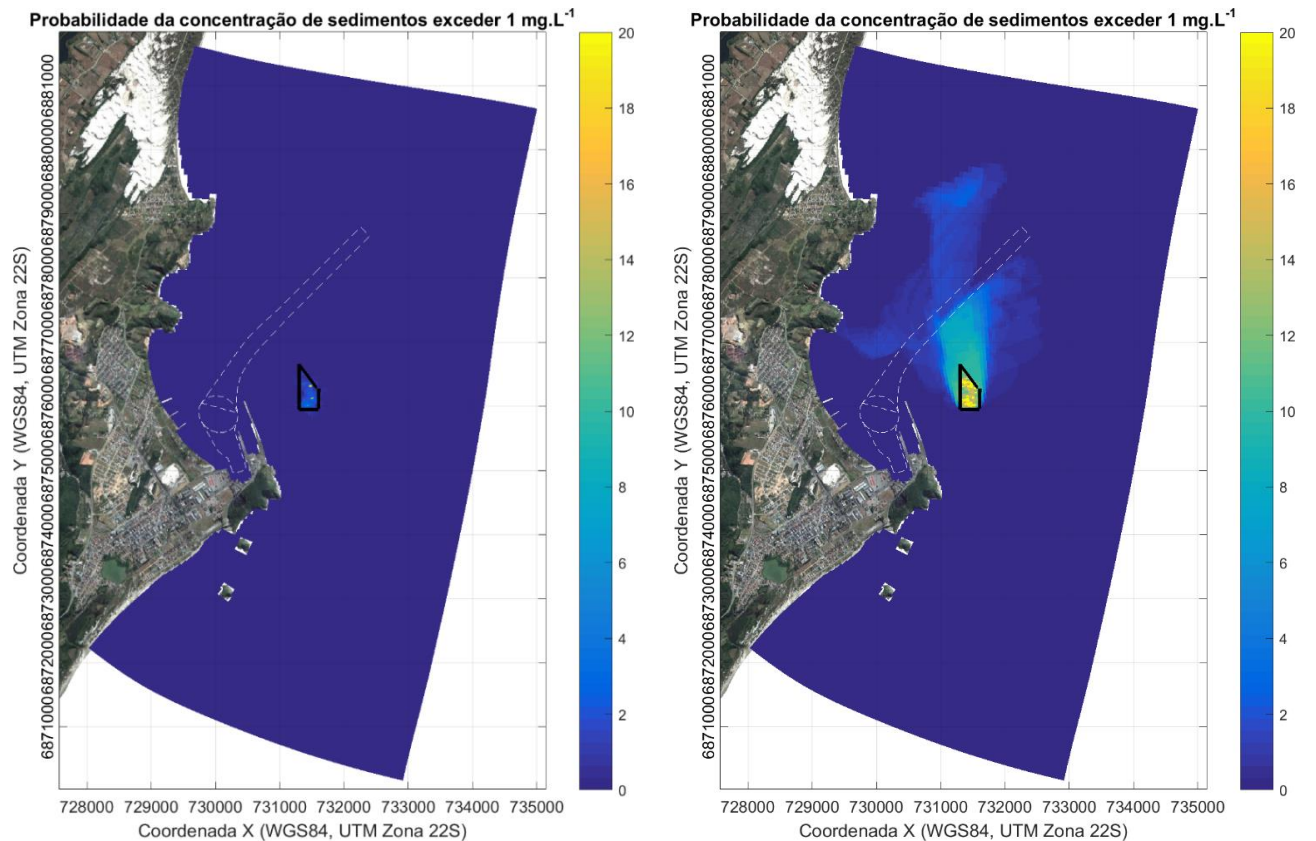


Figura 10 **Probabilidade de excedência** (%) da concentração de referência ( $1 \text{ mg/L}$ ) ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #3.

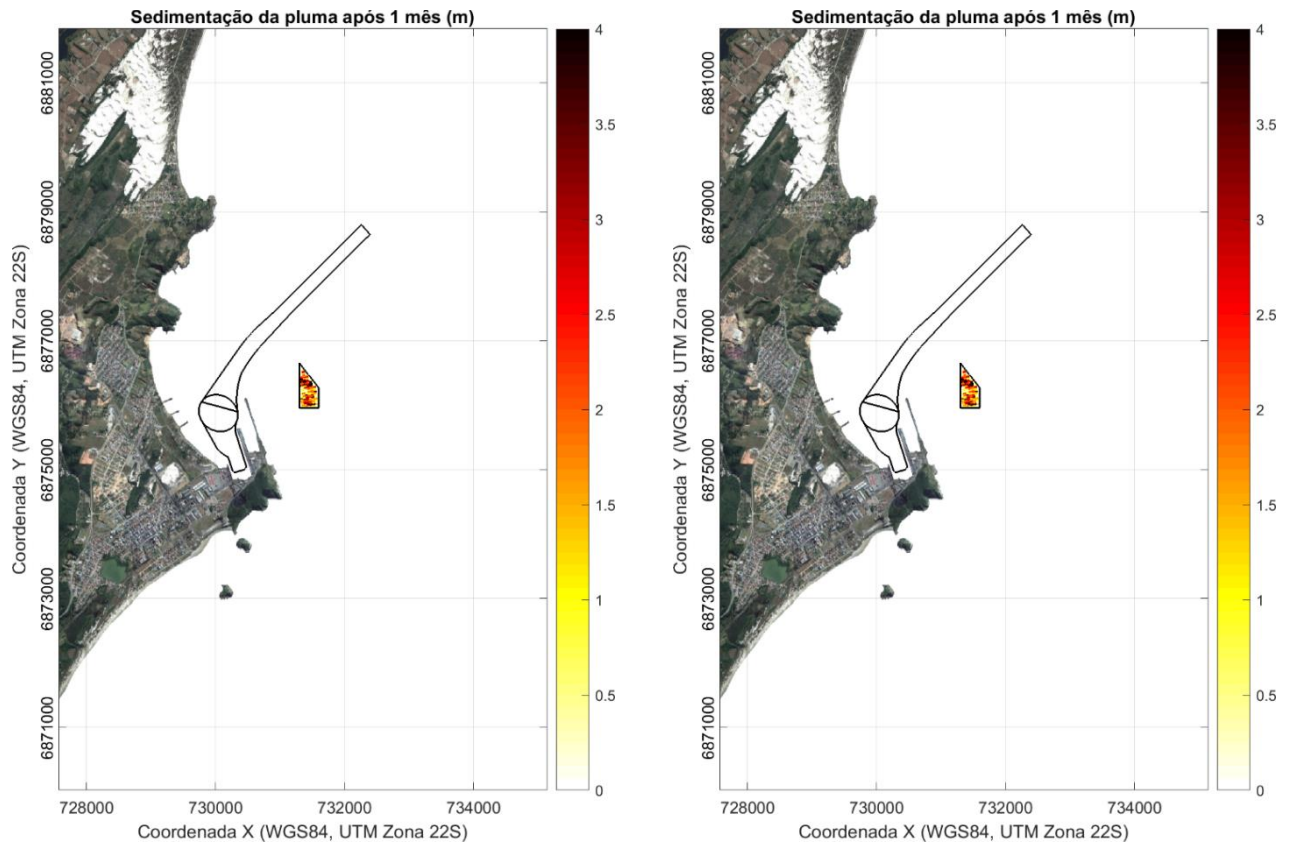


Figura 11 **Padrão de sedimentação de sedimentos** ao fim da simulação de todos os ciclos para a base de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #3.

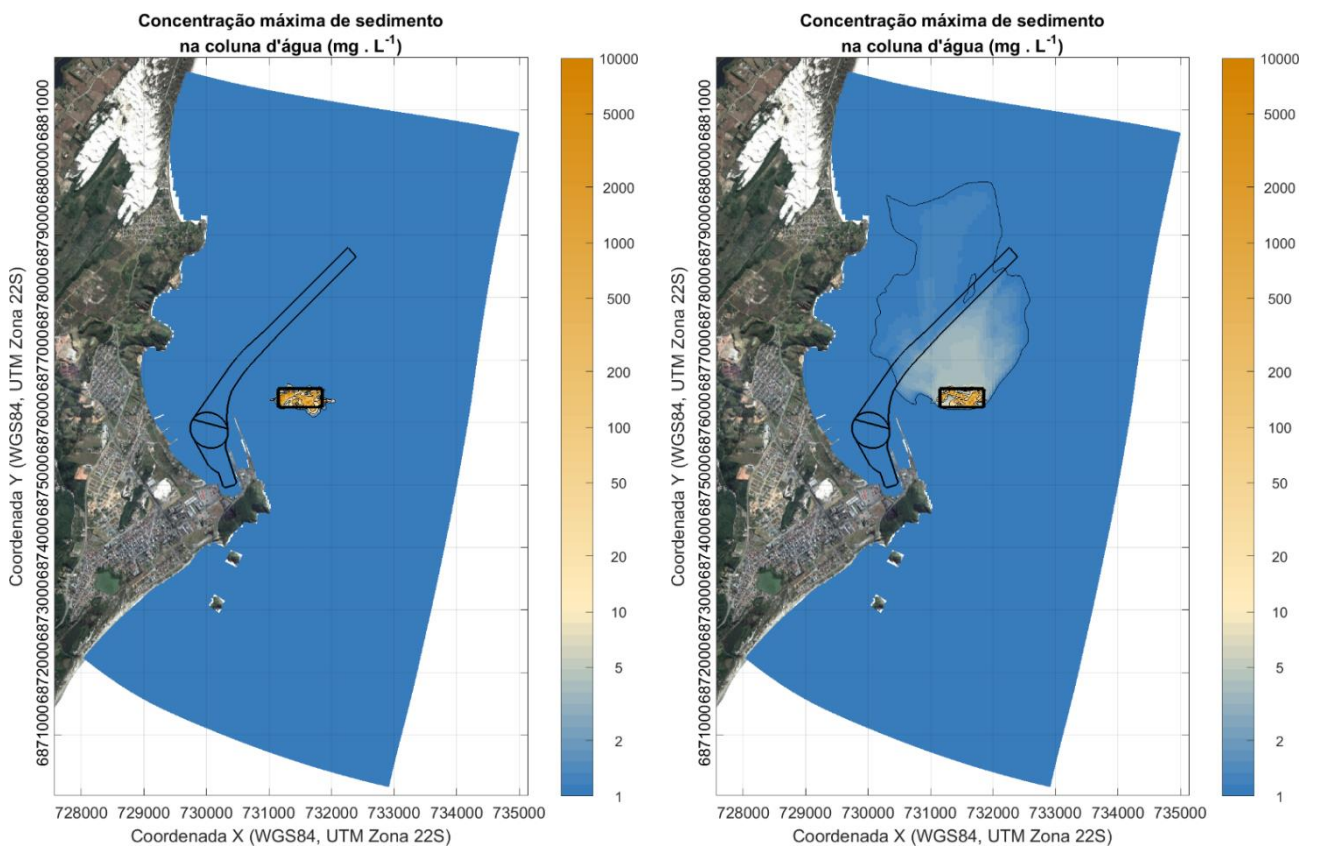


Figura 12 **Instantes de maior concentração (mg/L)** e alcance da plumas de sedimentos dragados ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #4.



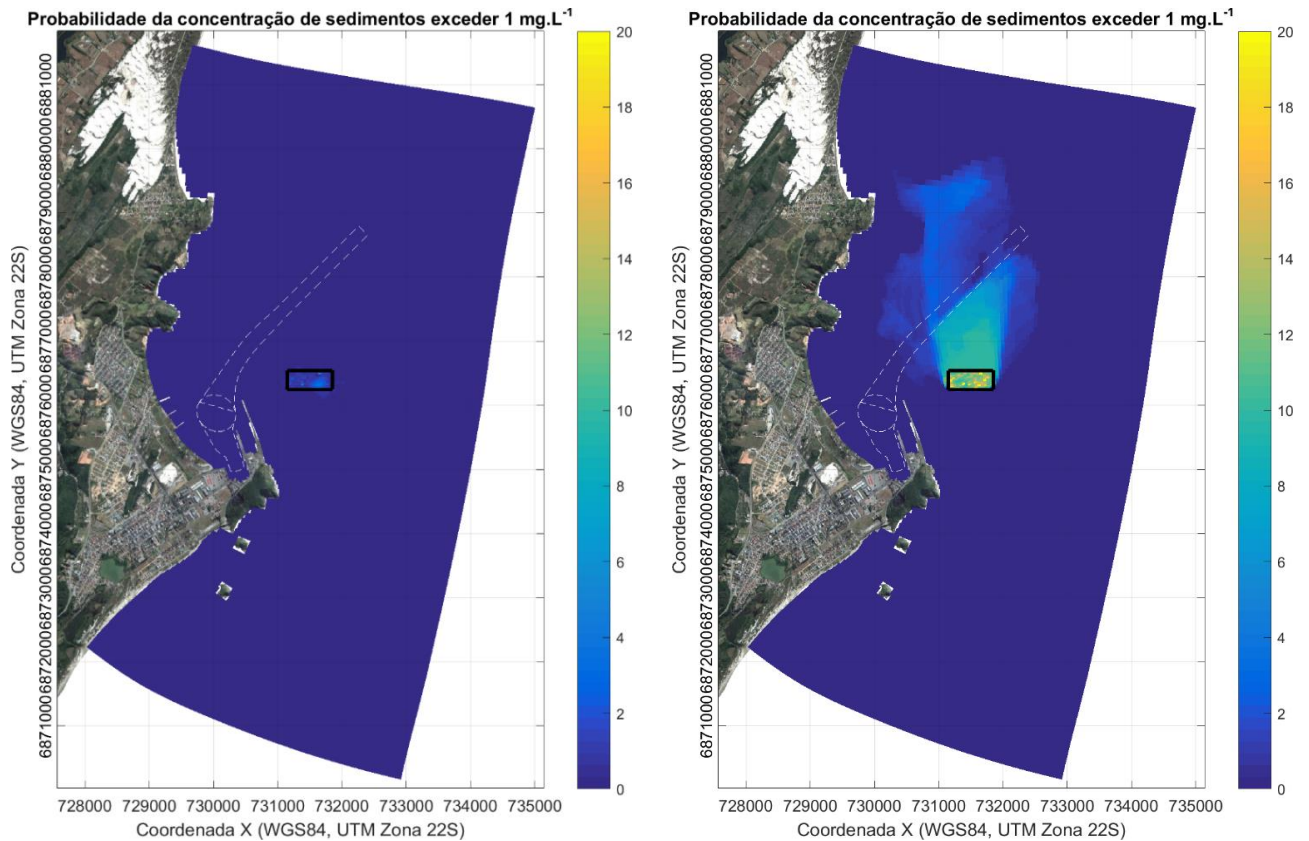


Figura 13 **Probabilidade de excedência** (%) da concentração de referência ( $1 \text{ mg/L}$ ) ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #4.

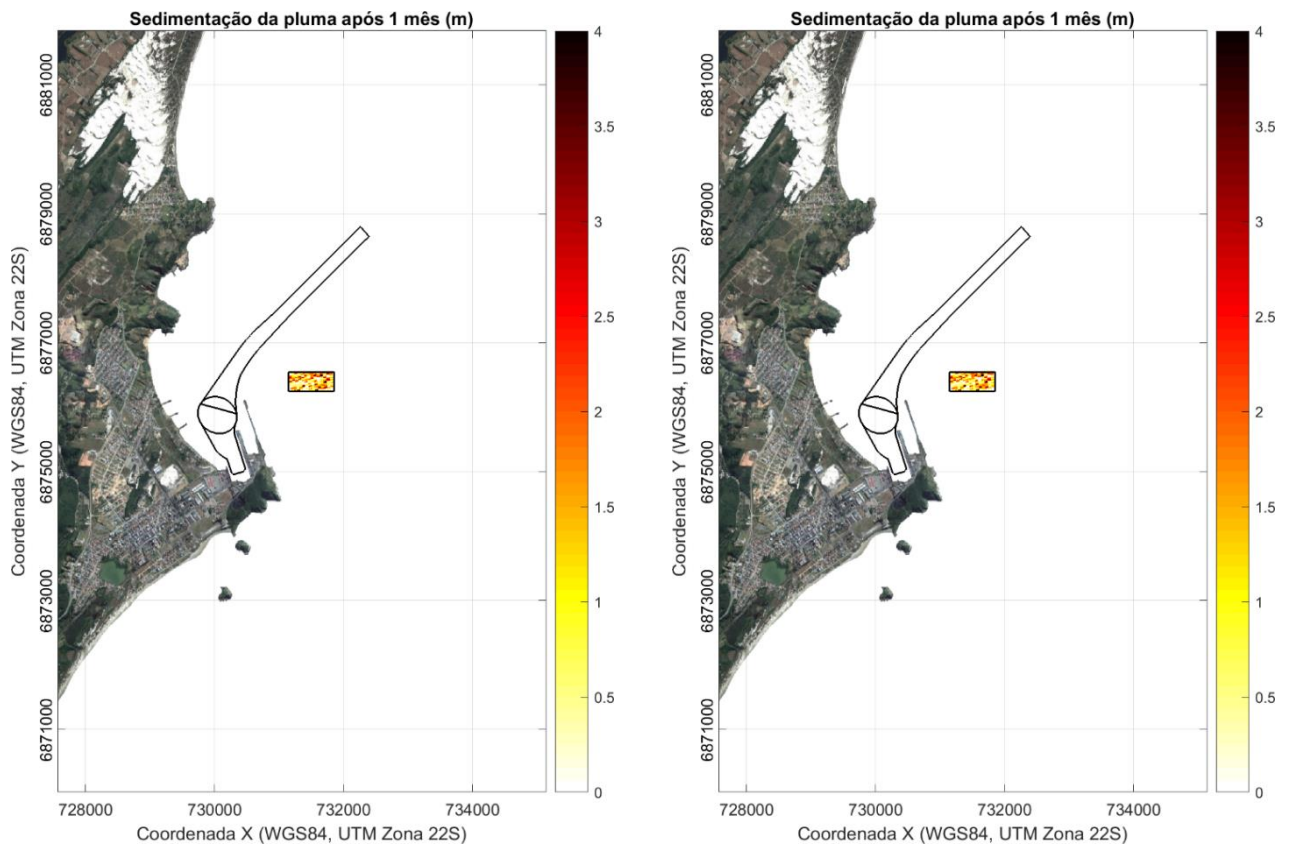


Figura 14 **Padrão de sedimentação de sedimentos** ao fim da simulação de todos os ciclos para a base de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #4.



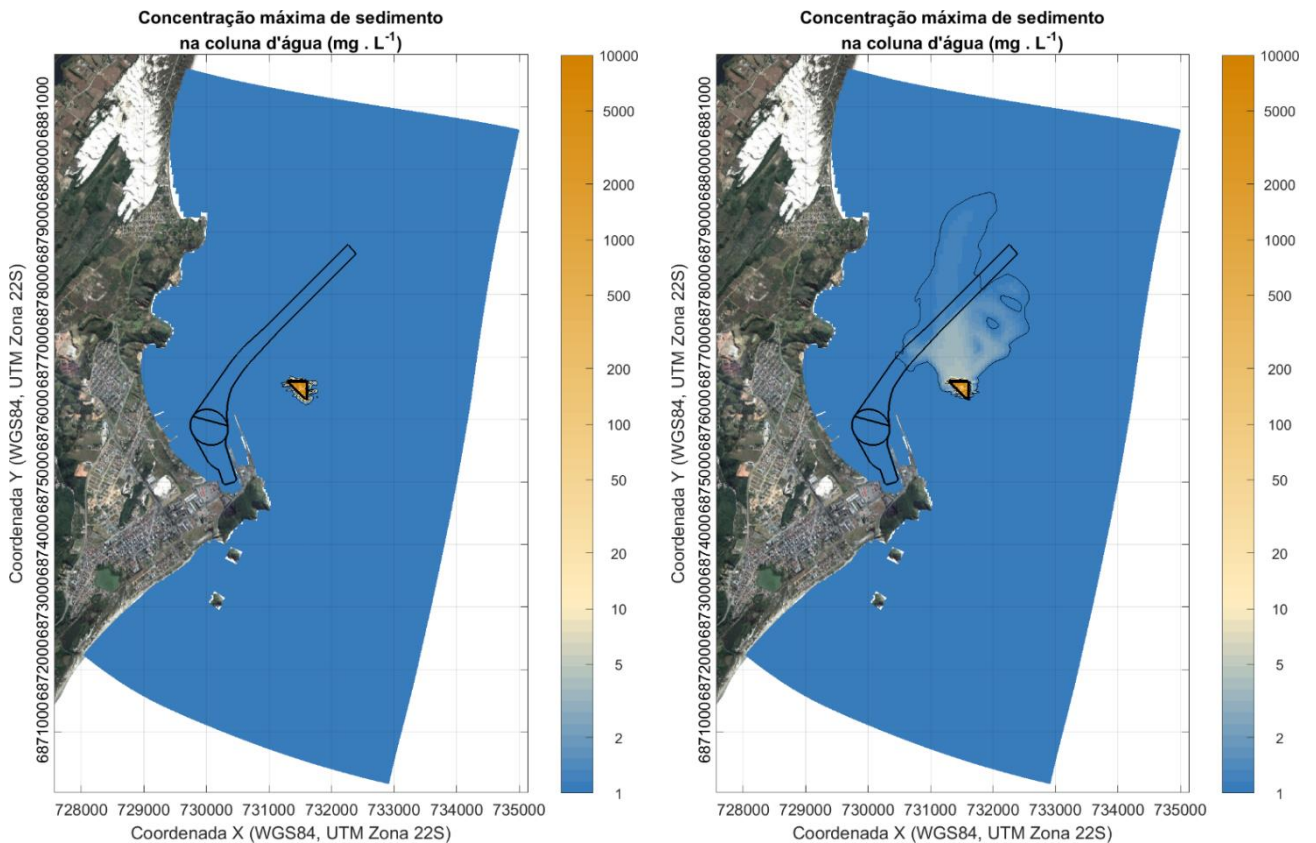


Figura 15 Instantes de maior concentração ( $\text{mg/L}$ ) e alcance da plumas de sedimentos dragados ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #5.

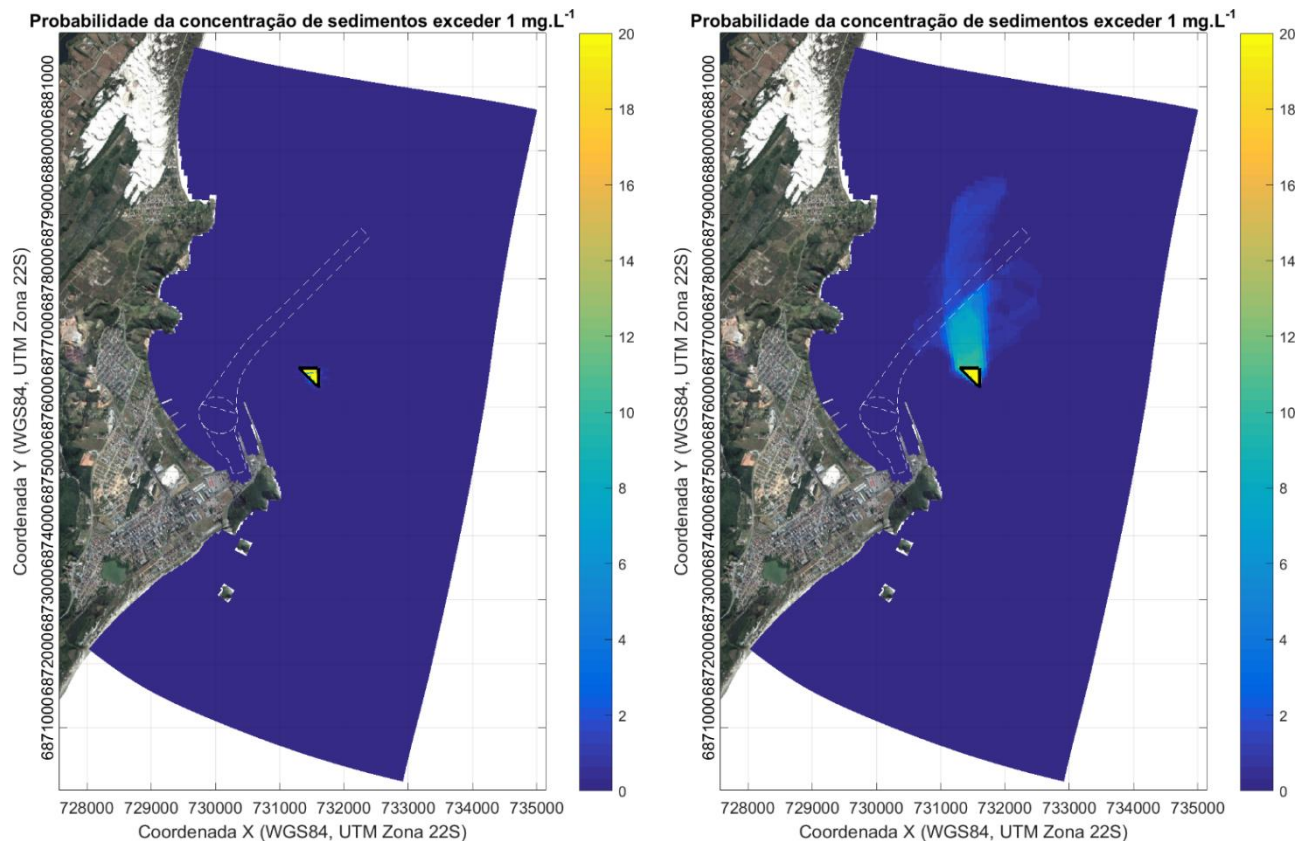


Figura 16 Probabilidade de excedência (%) da concentração de referência ( $1 \text{ mg/L}$ ) ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #5.

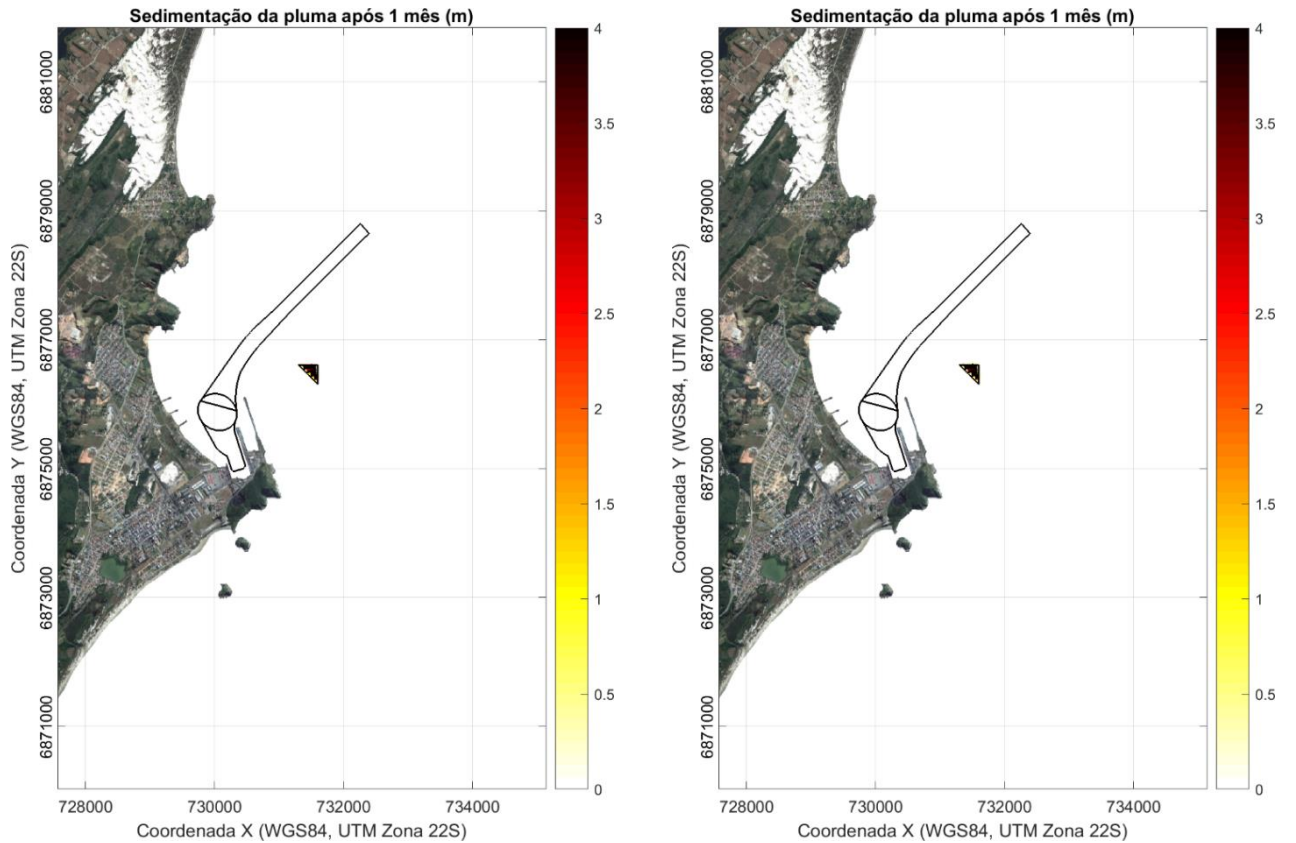


Figura 17 **Padrão de sedimentação de sedimentos** ao fim da simulação de todos os ciclos para a base de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #5.

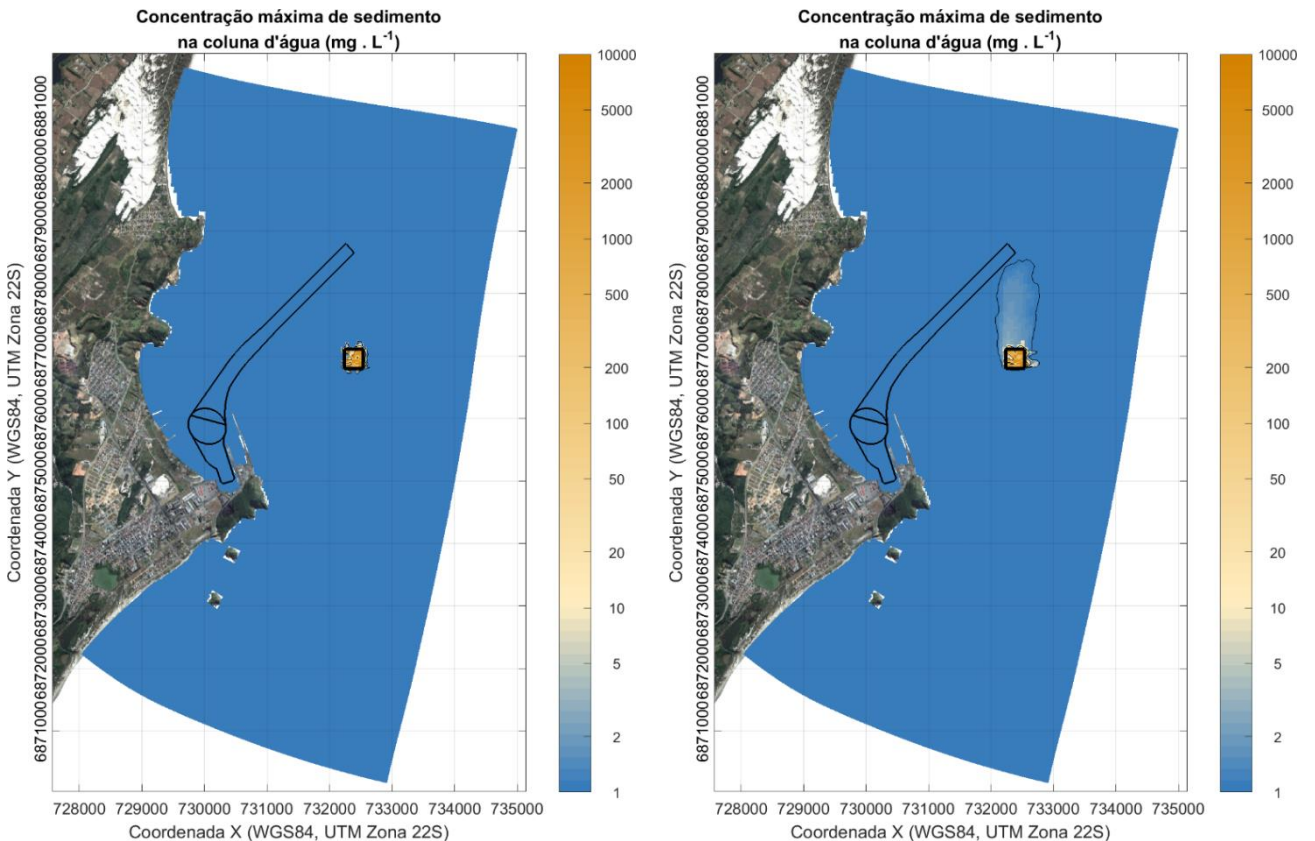


Figura 18 **Instantes de maior concentração** (mg/L) e alcance da plumas de sedimentos dragados ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #6.

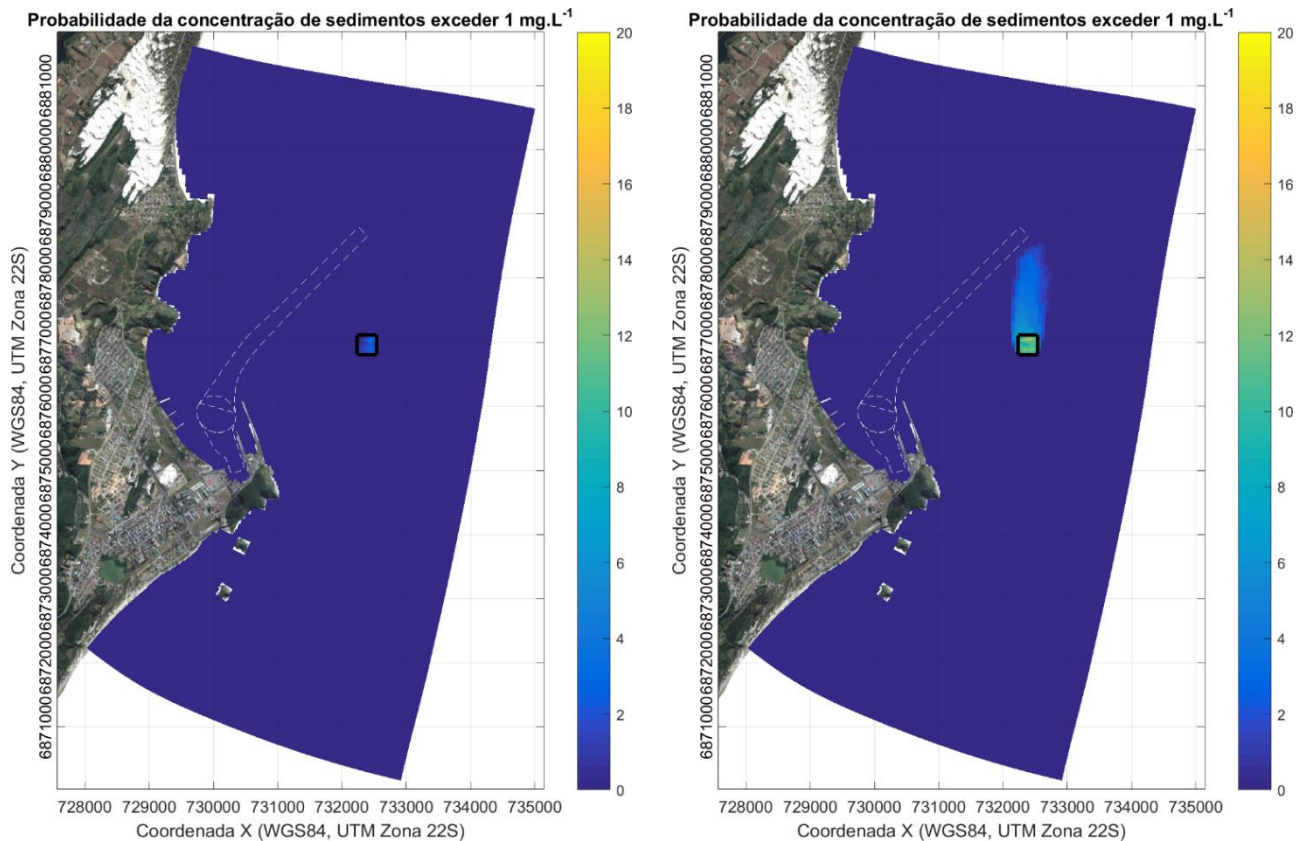


Figura 19 **Probabilidade de excedência** (%) da concentração de referência (1 mg/L) ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #6.

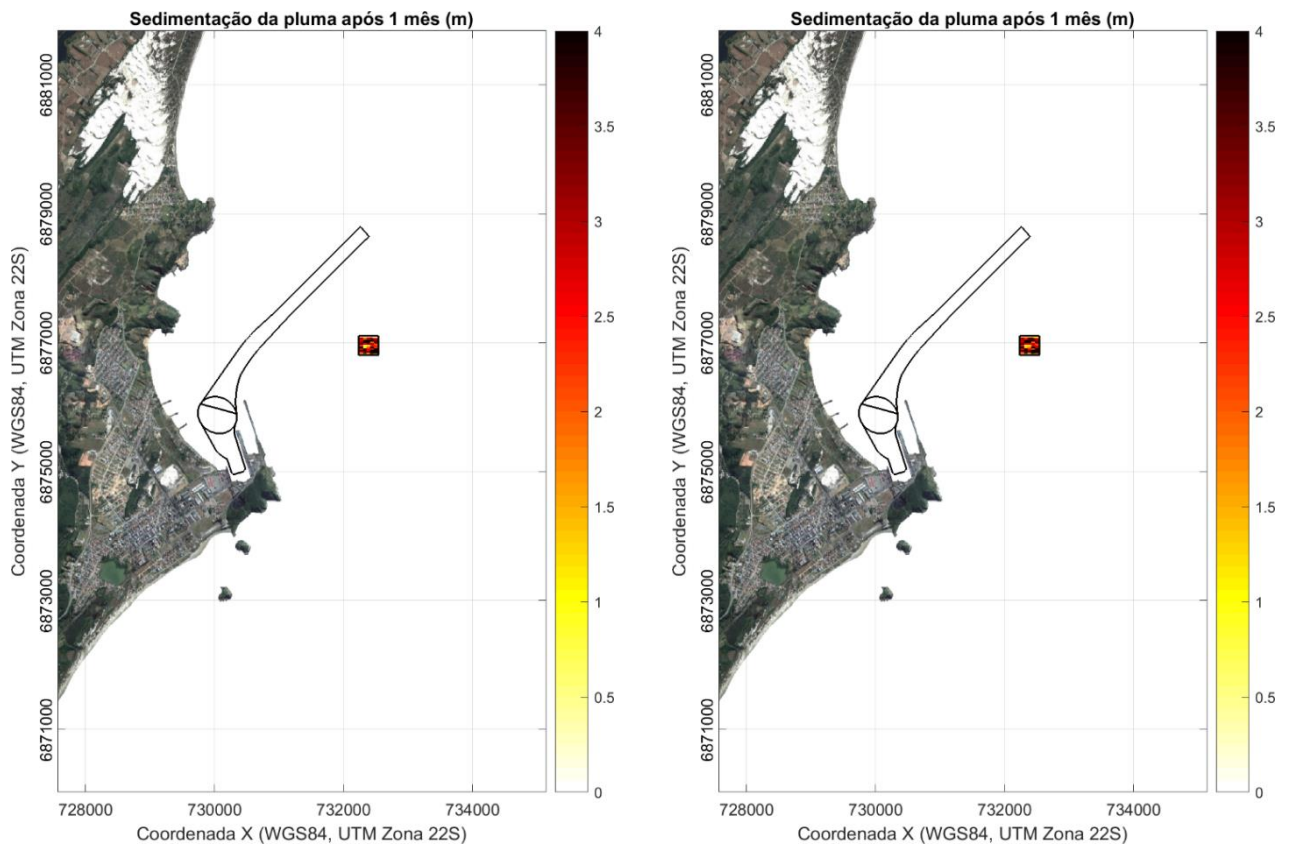


Figura 20 **Padrão de sedimentação de sedimentos** ao fim da simulação de todos os ciclos para a base de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #6.



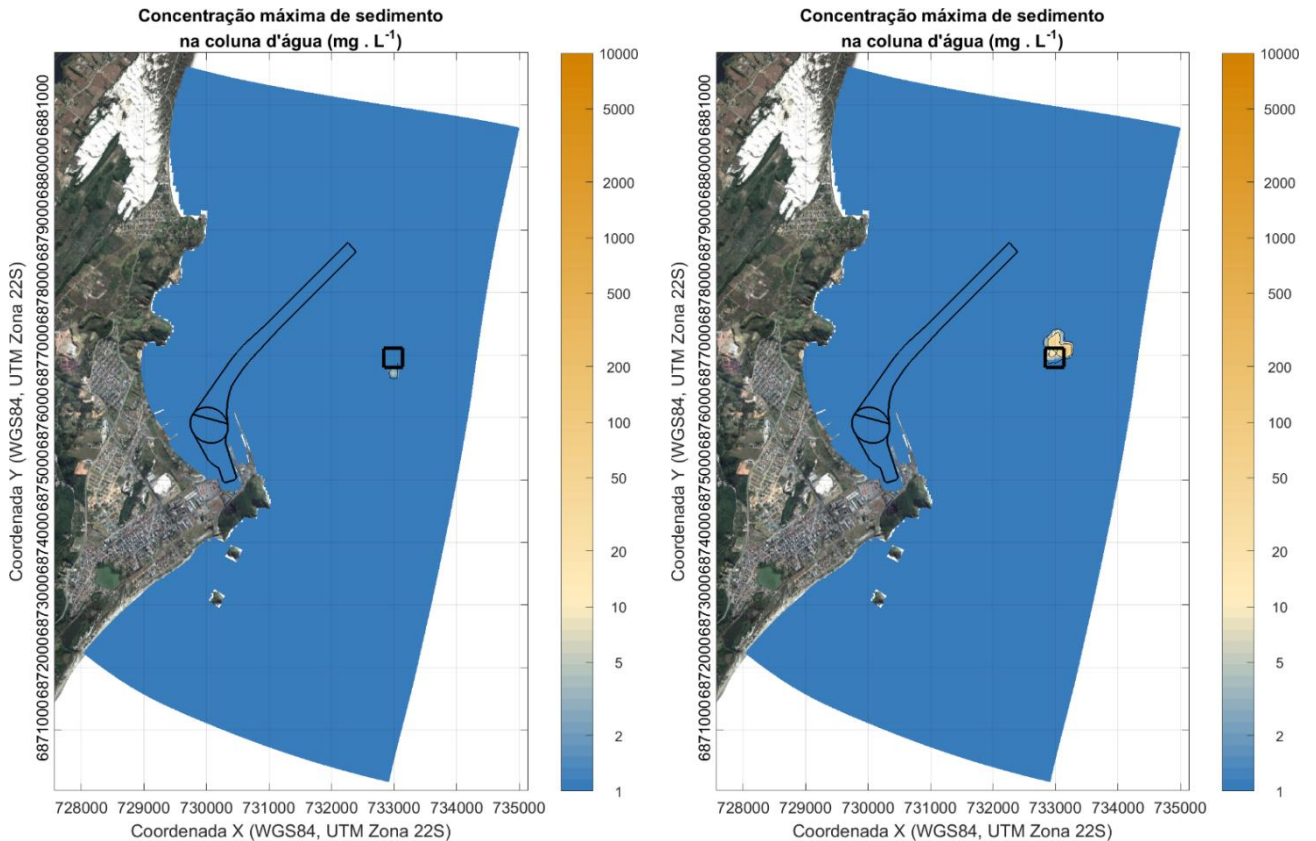


Figura 21 Instantes de maior concentração ( $\text{mg/L}$ ) e alcance da plumas de sedimentos dragados ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #7.

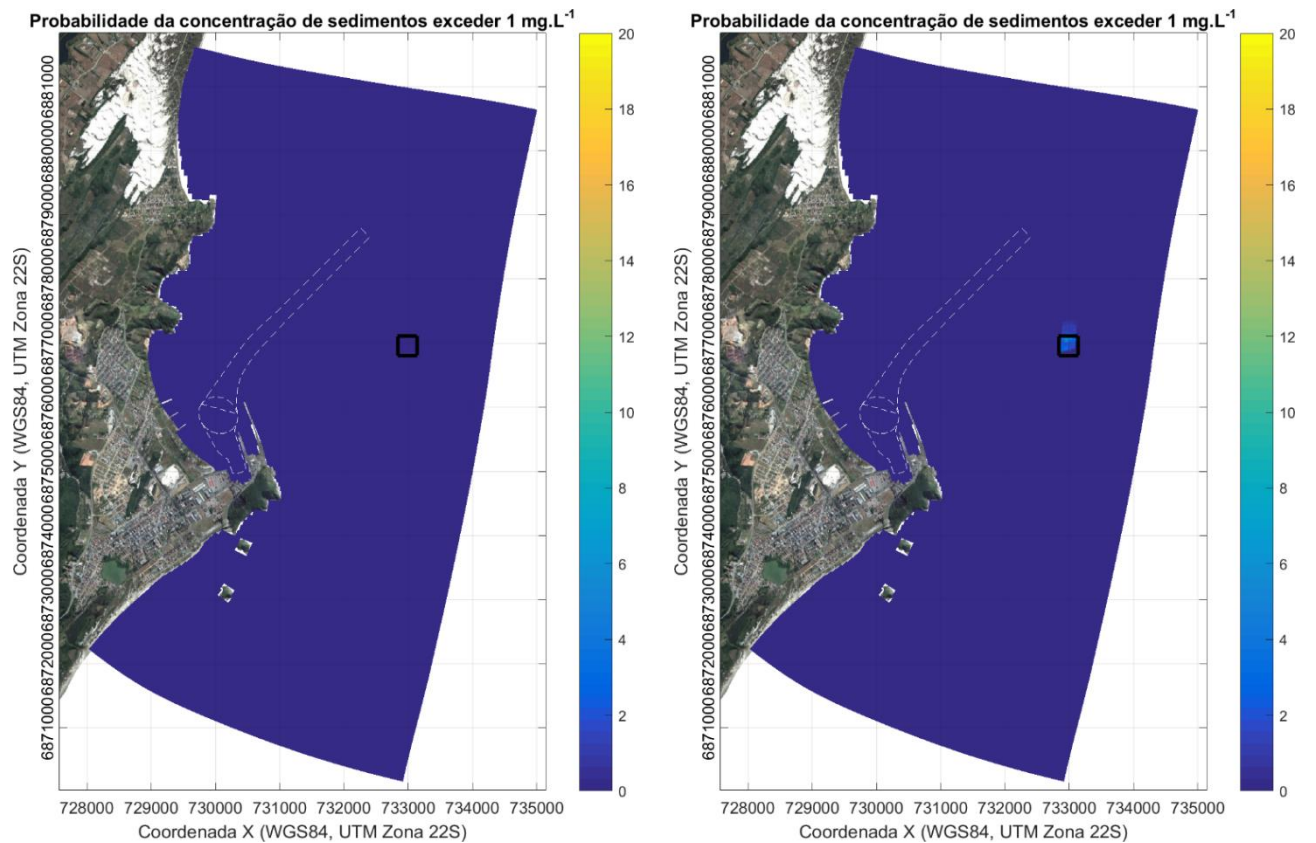
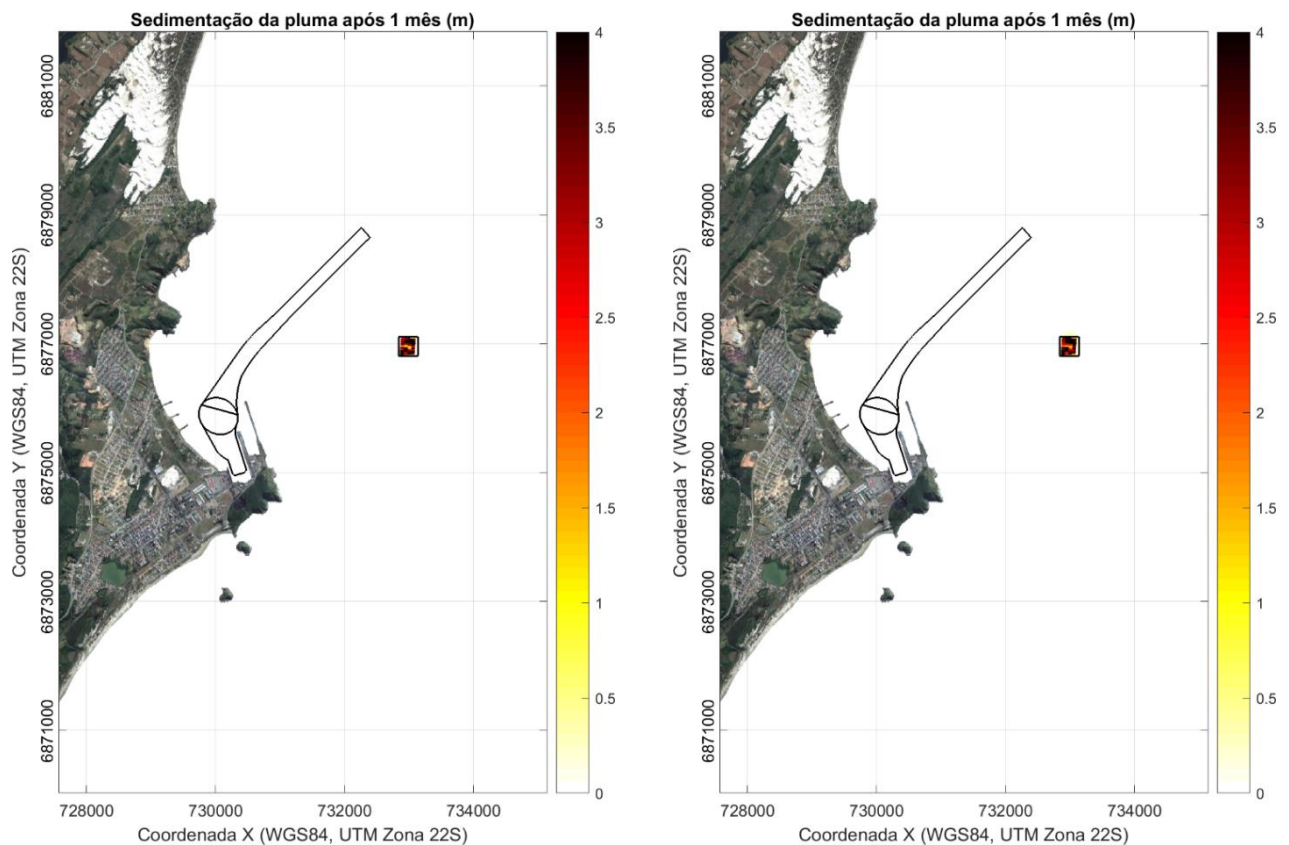


Figura 22 Probabilidade de excedência (%) da concentração de referência ( $1 \text{ mg/L}$ ) ao longo da simulação de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #7.



**Figura 23 Padrão de sedimentação de sedimentos** ao fim da simulação de todos os ciclos para a base de verão (esquerda) e inverno (direita) para a área de bota-fora #7.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, a pluma de sedimentos se comporta de maneira diferente dependendo da região de bota-fora escolhida, porém as probabilidades de ocorrência de concentrações acima de da concentração de referência de 1 mg/L são bem baixas para todas as simulações, são inferiores a 10% na maior parte do domínio simulado.

Nota-se que durante o verão dificilmente a pluma causa altas concentrações em regiões afastadas da área de despejo. Já durante o inverno, a pluma se espalha com mais facilidade e concentrações maiores são encontradas em áreas próximas à costa e também em regiões mais offshore. Ainda assim, as concentrações não excedem 50 mg/L em nenhum cenário fora do polígono dos bota-foras. É notável que a área de influência da pluma de sedimentos vai diminuindo progressivamente entre as opções de bota fora, sendo a opção 1 a que apresenta a maior pluma, e a 7 a menor. Isso pode ser explicado pela própria dinâmica do ambiente. Mais afastado da costa, além de as correntes serem mais intensas e facilitarem a dispersão, as profundidades são maiores e o sedimento sofre menos remobilização uma vez que encontra o fundo. Os mapas desedimentação demonstram que não houve para nenhum cenário deposição significativa fora dos polígonos de despejo, indicando que qualquer área poderia ser adotada para os volumes testados. No entanto, se formos considerar uso contínuo dos bota-foras, é preferível que o seu uso não gere feições que possam ser remobilizadas num futuro ou que cumulativamente passem a sedimentar sobre as áreas de canal e bacia de evolução. Dessa forma, as áreas 1, 3, 4 e 5 são consideradas as menos eficientes, nessa ordem, e seu uso deve ser avaliado com mais cautela. As áreas 2, 6 e 7 são consideradas eficientes e mais seguras.





## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LESSER G.R., ROELVINK J.A., VAN KESTER J.A.T.M., STELLING G.S. 2004. **Development and validation of a three-dimensional morphological model**. Coastal Engineering 51 : 883– 915.

POND, S. & PICKARD, G. 1978. **Introductory Dynamic Oceanography**. Oxford: Pergamon Press.

RIS, R.C., N. BOOIJ AND L.H. HOLTHUIJSEN, 1999. **A third-generation wave model for coastal regions**, Part II, Verification, J.Geoph.Research, 104, 7649-7666.

WL | DELFT HYDRAULICS, 2007. Delft3D-RGFGRID – **Generation and manipulation of curvilinear grids for FLOW and WAVE**. Deltares, Holanda.

WL | DELFT HYDRAULICS. 1999. **Modification First-Guess SWAN and Bench Mark Tests for SWAN: Report no. H3515**, Delft.