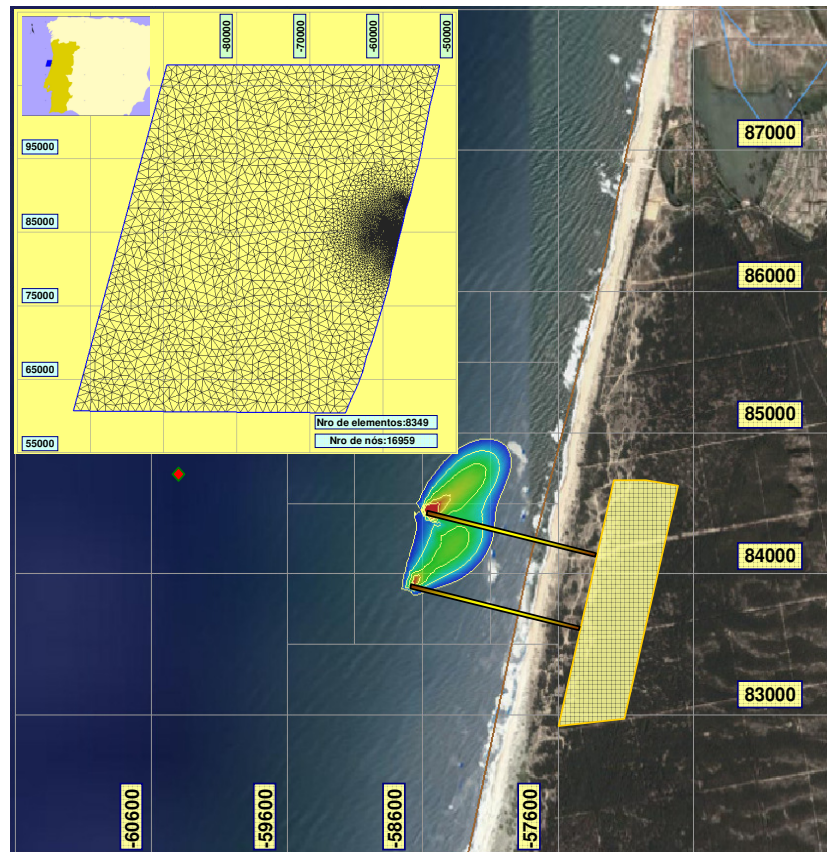


PROJECTO AQUÍCOLA DE PREGADO EM MIRA, COIMBRA, PORTUGAL

Promotor: ACUINOVA – Actividades Piscícolas, S.A.



ESTUDO DO IMPACTO DAS DESCARGAS DOS EMISSÁRIOS SUBMARINOS NAS ÁGUAS MARINHAS

Solução Alternativa 2

(com alterações introduzidas em Agosto de 2007)



Universidade do Minho

Agosto 2007

PROJECTO AQUÍCOLA DE PREGADO EM MIRA, COIMBRA, PORTUGAL

Promotor: ACUINOVA – Actividades Piscícolas, S.A.

ESTUDO DO IMPACTO DAS DESCARGAS DOS EMISSÁRIOS SUBMARINOS NAS ÁGUAS MARINHAS

Solução Alternativa 2
(com alterações introduzidas em Agosto de 2007)



Agosto 2007



ÍNDICE

ÍNDICE	3
FICHA TÉCNICA	4
PREÂMBULO	5
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Descrição sumária do empreendimento	6
1.2 Objectivos	8
1.3 Informação utilizada	8
2 MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.1 Modelo matemático	9
2.2 Domínio modelado e batimetria	11
2.3 Marés	12
2.4 Correntes	13
2.5 Ventos	13
2.6 Usos das águas receptoras	14
2.7 Caracterização das águas residuais e enquadramento legal	15
3 CENÁRIOS SIMULADOS	20
3.1 Hidrodinâmica	20
3.2 Qualidade da água	20
4 RESULTADOS OBTIDOS	22
4.1 Hidrodinâmica	22
4.2 Qualidade da água	30
5 CONCLUSÕES	68



FICHA TÉCNICA

Coordenação Geral

Prof. Doutor José Manuel Pereira Vieira

Coordenação Científica

Prof. Doutor José Manuel Pereira Vieira

Prof. Doutor José Luís da Silva Pinho

PREÂMBULO

O presente documento constitui um relatório do estudo de avaliação do impacto da descarga de águas residuais provenientes de uma instalação de aquicultura de pregado a instalar em Mira-Coimbra na qualidade das águas marinhas receptoras. Conforme consta do projecto-base apresentado pela empresa ACUINOVA – Actividades Piscícolas, S.A., a descarga de águas residuais provenientes das piscinas de cultivo de pregado é realizada nas águas costeiras, através de emissários submarinos, após tratamento primário através de decantação.

Como se trata de um estudo prévio ao funcionamento da aquicultura, as simulações realizadas basearam-se em dados de rejeição de águas residuais recolhidos em instalações semelhantes e, sempre que justificado, foram consideradas as condições operacionais que, previsivelmente conduziram às situações mais desfavoráveis para as águas marinhas receptoras.

A implantação dos emissários submarinos aqui considerada é a que consta da Solução Alternativa 2, datada de Fevereiro de 2007, em relação à qual se considerou um aumento do seu comprimento.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Descrição sumária do empreendimento

A zona de estudo localiza-se na região centro de Portugal, no concelho de Mira, no distrito de Coimbra (ver Figura 1.1) a cerca de 30 km de Aveiro e da Figueira da Foz. O concelho de Mira apresenta uma área de cerca de 124 km² e uma população de 13144 habitantes (dados de 2004).

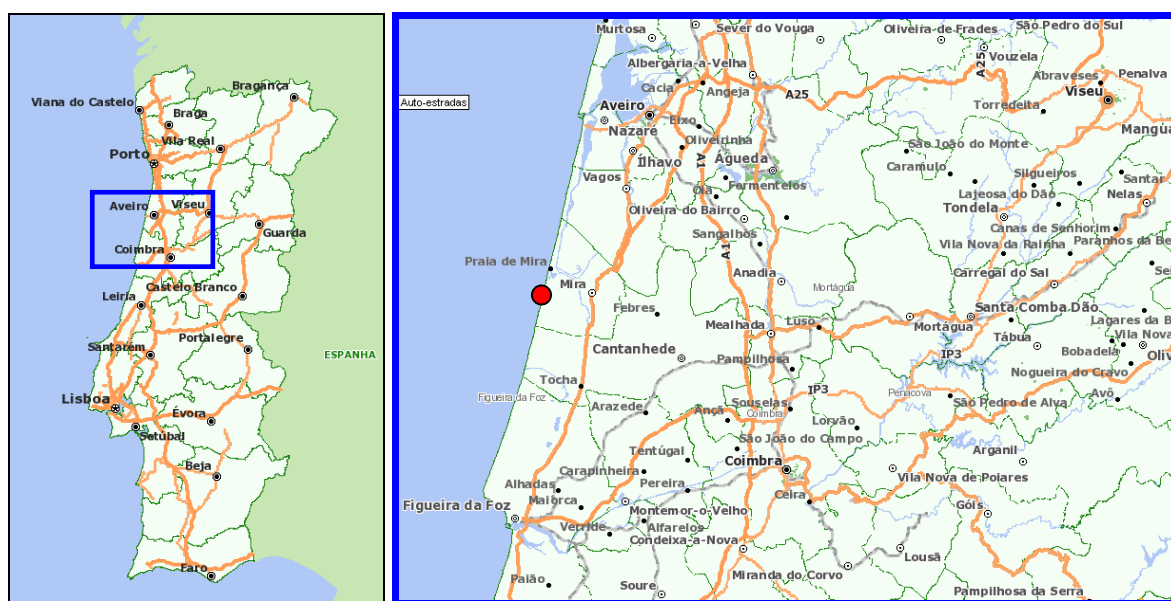


Figura 1.1 – Localização da zona de estudo.

A empresa ACUINOVA – Actividades Piscícolas, S.A. pretende desenvolver um projecto de aquicultura para cultivo de pregado nesta região costeira a sul da Praia de Mira, cuja implantação se apresenta na Figura 1.2.

A instalação projectada será desenvolvida em duas fases (Fase I e Fase II), estando dimensionada para uma produção anual de 3500 toneladas de pescado em cada uma delas (7000 toneladas no horizonte de projecto), constituindo a maior unidade industrial de produção de pregado da península ibérica e uma das maiores do mundo. A superfície total da parcela onde se implantará a instalação aquícola é de 2 060 000 m², de acordo com o projecto base. Por seu lado, para a Alternativa 2, a instalação ocupará uma área de 427828 m².

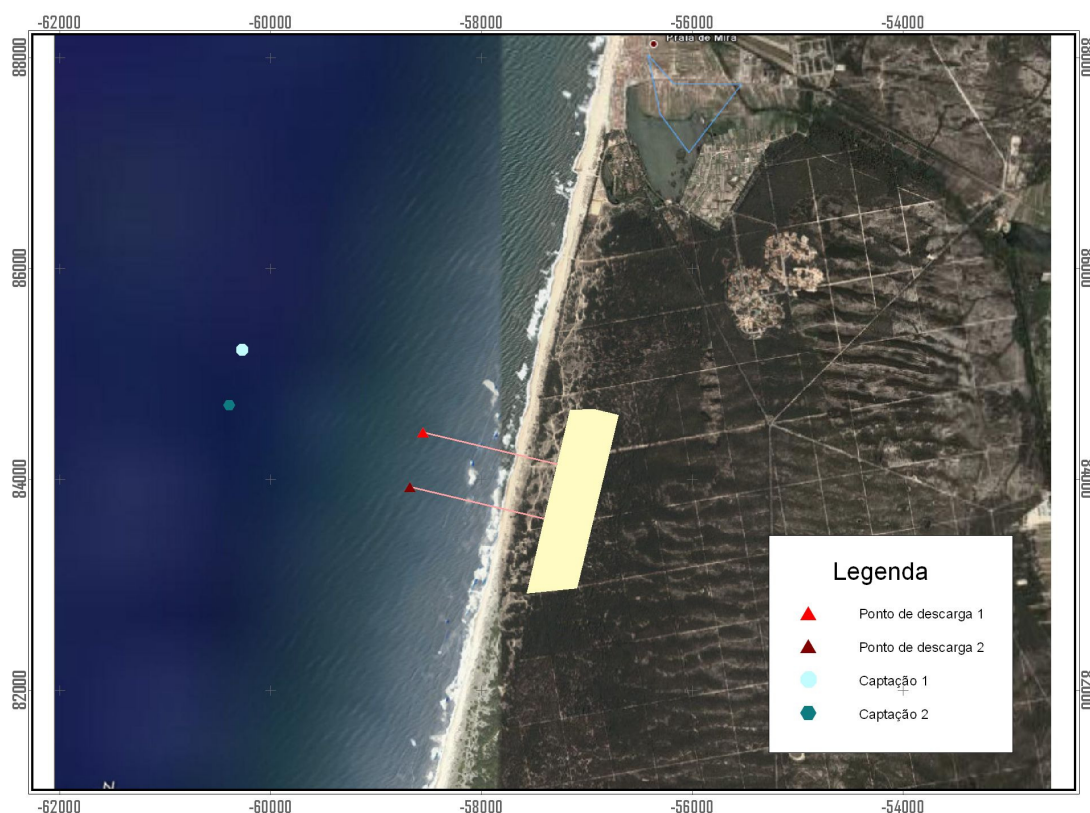


Figura 1.2 – Implantação das tomadas de água e da rejeição de águas residuais.

A actividade aquícola pressupõe, no horizonte de projecto, a captação, em dois pontos distintos, de um caudal total de água marinha de $21,584 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ($10,792 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ em cada um deles) e a rejeição de igual caudal de águas residuais, através de dois emissários submarinos (Quadro 1.1). A captação de água é realizada à cota $-15,00 \text{ m}$ e a rejeição das águas residuais é feita por difusores implantados à profundidade de $-5,00 \text{ m}$ (Figura 1.2).

Quadro 1.1 – Coordenadas dos pontos de captação e descarga

<i>Ponto</i>	<i>Coordenada X</i>	<i>Coordenada Y</i>
Captação 1	-60271.53	85223.80
Captação 2	-60388.14	84702.91
Descarga 1	-58550.30	84443.27
Descarga 2	-58673.57	83923.20



1.2 Objectivos

O principal objectivo do presente estudo é a avaliação, através de modelação matemática, do impacto das descargas dos emissários previstos para a instalação na qualidade das águas costeiras. Caracterizam-se ainda os padrões de circulação para a zona adjacente à instalação aquícola.

1.3 Informação utilizada

O estudo foi realizado com base na seguinte informação:

- Dados de vento para uma estação próxima da zona de estudo;
- Dados de elevações da maré SR95;
- Batimetria global ETOPO2 e carta náutica 24202 do Instituto Hidrográfico;
- Fotografias aéreas obtidas a partir do Google Earth;
- Caracterização físico-química e microbiológica da água recolhida numa instalação com processo produtivo idêntico à projectada;
- Plano de Ordenamento da Orla Costeira Ovar – Marinha Grande. Planos de Praia;
- Distribuição e abundância dos bivalves de interesse comercial em 2005 na zona de Mira (IPIMAR).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Modelo matemático

Para a elaboração do presente estudo foi criado um modelo matemático bidimensional no plano horizontal (2DH) para simulação da hidrodinâmica e da qualidade das águas costeiras adjacentes à área de implantação da unidade aquícola. Esta opção resultou da ponderação de dois aspectos: (i) a quantidade e qualidade da informação disponível revelou-se a mais adequada à criação de um modelo 2DH e (ii) considerou-se razoável a assumpção de mistura vertical total nos locais das descargas dos emissários dadas as profundidades dos locais previstos (5 m) para a implantação dos difusores dos emissários.

A formulação matemática do modelo hidrodinâmico é baseada nas equações de conservação de massa e de conservação da quantidade de movimento:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial [(h + \eta)U]}{\partial x} + \frac{\partial [(h + \eta)V]}{\partial y} = 0 \quad [1]$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = & -fV - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{g}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} \frac{h + \eta}{2} + \\ & + \frac{\rho_a k W_v^2 \cos \varphi}{h + \eta} - \frac{g U \sqrt{U^2 + V^2}}{(h + \eta) C^2} + \frac{\varepsilon}{\rho} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad [2]$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = & -fU - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{g}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial y} \frac{h + \eta}{2} + \\ & + \frac{\rho_a k W_v^2 \sin \varphi}{h + \eta} - \frac{g V \sqrt{U^2 + V^2}}{(h + \eta) C^2} + \frac{\varepsilon}{\rho} \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad [3]$$

onde,

x e y são as coordenadas horizontais cartesianas [m];

t é o tempo [s];

U e V são a média vertical das componentes horizontais de velocidade [ms^{-1}];

$H \equiv h + \eta$ é a profundidade total [m];

$h(x, y)$ representa a elevação do fundo [m];

$\eta(x,y,t)$ é a elevação da superfície livre) [m];

ρ_a é a massa volúmica do ar [kgm^{-3}];

W_v é a velocidade do vento [ms^{-1}];

f é o parâmetro de Coriolis [s^{-1}]

ϕ é a direcção do vento [-];

C é o coeficiente de Chezy [$\text{m}^{1/2}\text{s}^{-1}$];

g é a aceleração da gravidade [ms^{-2}];

ε é o coeficiente de viscosidade turbulenta [$\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$].

O modelo de qualidade da água bidimensional foi implementado com *software* baseado na forma bidimensional da equação de transporte de massa:

$$\frac{dc}{dt} + U \frac{dc}{dx} + V \frac{dc}{dy} - \frac{d}{dx} Dx \frac{dc}{dx} - \frac{d}{dy} Dy \frac{dc}{dy} - \sigma + kc + R(c) = 0 \quad [4]$$

em que,

c é a concentração da substância [kgm^{-3}];

Dx e Dy são os coeficientes de difusividade turbulenta [m^2s^{-1}];

k é a taxa de decaimento/crescimento da substância [s^{-1}];

σ é o termo correspondente a fontes ou sumidouros da substância [$\text{kgm}^{-3}\text{s}^{-1}$];

$R(c)$ é a taxa de entrada/saída através da superfície livre (precipitação ou evaporação) [$\text{kgm}^{-3}\text{s}^{-1}$].

São consideradas tantas equações do tipo da Eq. 4 quantas as variáveis consideradas no processo de qualidade da água simulado.

Para todas as variáveis de qualidade da água modeladas foram consideradas cinéticas de primeira ordem.



2.2 Domínio modelado e batimetria

O domínio modelado compreende uma área oceânica com cerca de 40 km de largura e um desenvolvimento aproximado de 50 km segundo a linha de costa. Esta extensão foi adoptada para que as condições estabelecidas nas fronteiras oceânicas abertas apresentem uma influência limitada na zona de interesse para o estudo (local de descarga dos emissários). Este domínio foi discretizado por uma malha de elementos finitos obtida através de um método de geração condicionado, em que o critério estabelecido para o refinamento da malha se baseou na proximidade dos elementos ao local da descarga. Obteve-se, desta forma, uma malha de elementos finitos com 8349 elementos triangulares quadráticos conforme se apresenta na Figura 2.1.

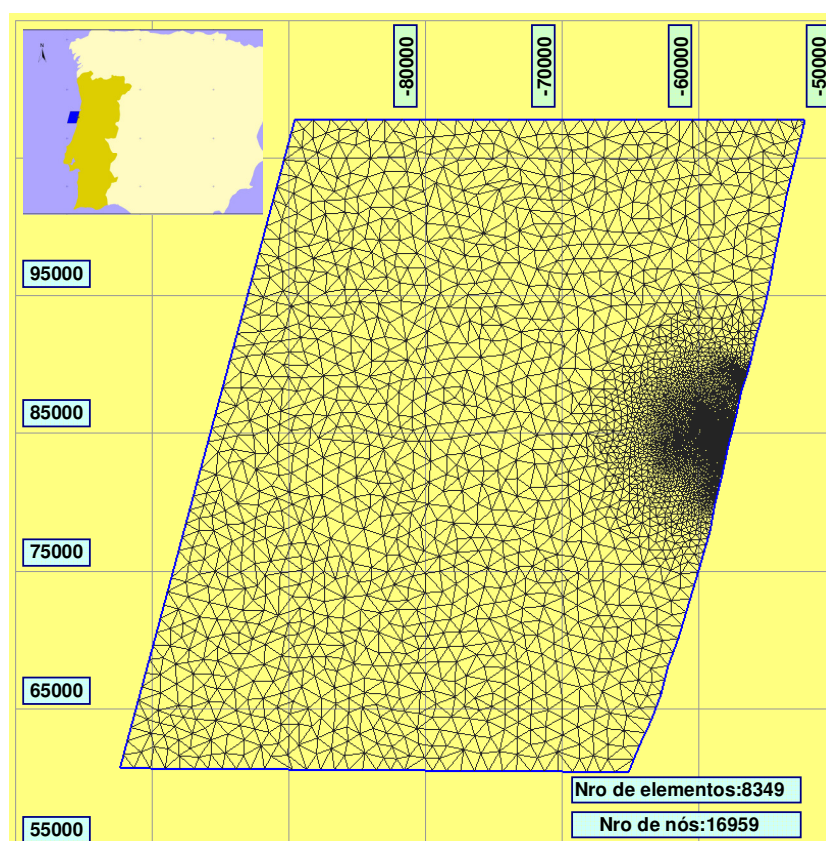


Figura 2.1 – Malha de elementos finitos do modelo hidrodinâmico e de qualidade da água.

Na Figura 2.2 apresenta-se a batimetria utilizada no modelo, definida a partir da base de dados batimétricos ETOPO2. A profundidade referida ao nível médio da água do mar varia entre um mínimo de 2 m e cerca de 160 m no domínio considerado.

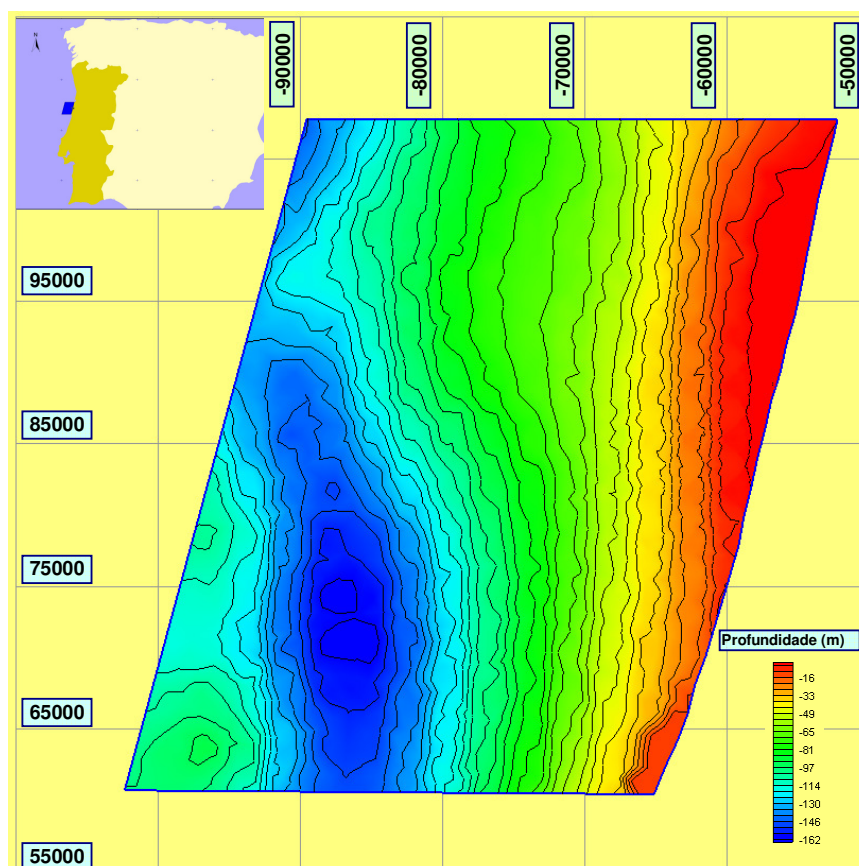


Figura 2.2 – Batimetria do modelo hidrodinâmico e de qualidade da água.

2.3 Marés

A observação da superfície do globo com instrumentos colocados a bordo de satélites permitiu a quantificação das elevações de marés com um rigor da ordem de 2 a 3 cm nas regiões oceânicas. Os resultados obtidos a partir do programa SR95, baseado na informação recolhida pelo satélite Topex/Poseidon, permitiram definir os valores apresentados no Quadro 2.1 para a altura e período de marés vivas, médias e mortas para a região em estudo. Para as simulações hidrodinâmicas realizadas adoptou-se uma variação sinusoidal da elevação da superfície livre nas fronteiras abertas do domínio modelado. Esta simplificação é adequada aos objectivos do estudo, uma vez que se pretendem obter configurações de plumas resultantes dos emissários em situações tipificadas.

Quadro 2.1 – Características das marés consideradas no modelo hidrodinâmico

<i>Tipo de maré</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Período (h)</i>
Viva	3.7	12.42
Média	2.3	12.42
Morta	1.8	12.42

2.4 Correntes

À escala do domínio modelado não existe informação detalhada sobre os padrões e intensidades das correntes. Estes são determinados pelos agentes forçadores, como a maré e o vento, e fortemente condicionados pelas características batimétricas da região.

Em larga escala, as correntes ao largo costa continental portuguesa resultam de um sistema complexo influenciado por três factores: grandes circulações marítimas, ventos, e mistura de massas de água provenientes de locais diferentes do globo.

As correntes ao largo da costa continental portuguesa são caracterizadas pela influência directa de duas circulações de larga escala, a corrente proveniente do Atlântico Norte e a corrente dos Açores que é formada através da acção da corrente do Atlântico Norte e a corrente do Golfo. Indirectamente a massa de água Mediterrânica actua em profundidade e percorre toda a costa portuguesa podendo alterar as correntes à superfície. Os ventos têm uma variação de direcção sazonal, ventos de Noroeste durante a Primavera e Verão e ventos de Sudeste durante Outono e Inverno. Esta alteração da direcção dos ventos é preponderante para a direcção da corrente junto à costa continental portuguesa. A variabilidade do vento, quer em intensidade quer em direcção, origina mecanismos de circulação característicos de escalas temporais mais curtas do que as que anteriormente foram referidas.

As correntes de larga escala que poderão influenciar a área de estudo apresentam-se normalmente pouco intensas. Em estudos realizados à escala da bacia do Atlântico Norte verifica-se que na região em estudo as correntes superficiais de larga escala são relativamente fracas. Deste modo, o recurso a um modelo hidrodinâmico constitui uma alternativa de enorme potencial na caracterização das correntes características da zona em estudo, dada a possibilidade de modelar separadamente cada um dos processos que estão na origem da sua formação e pelo facto de que, na avaliação do impacto dos emissários, são determinantes as correntes associadas a escalas temporais curtas, devidas essencialmente às acções da maré e do vento.

2.5 Ventos

As características de actuação do vento foram estabelecidas a partir dos dados disponíveis para uma estação próxima da área de estudo. No Quadro 2.2 apresentam-se as probabilidades de actuação do vento para cada rumo e os valores do percentil 90 das respectivas velocidades.

Quadro 2.2 – Características de actuação do vento na zona em estudo

Rumo	Probabilidade (%)	Velocidade (m/s)
N	14.4	11.9
NE	2.8	8.8
E	2.4	7.6
SE	2.7	9.1
S	3.6	12.0
SW	5.7	11.1
W	5.4	10.2
NW	8.9	9.5

2.6 Usos das águas receptoras

Na **Figura 2.3** apresenta-se uma síntese das utilizações das águas marinhas nas imediações do local de implantação dos emissários submarinos. Estão localizadas as duas zonas de banhos conforme previstas nos planos de praia do Plano de Ordenamento da Orla Costeira, Ovar – Marinha Grande (Plano de Praia Mira / Barrinha e Plano de Praia Mira Sul).

Apresenta-se ainda a distribuição dos bivalves de interesse comercial (dados do IPIMAR relativos a ano de 2005) na zona de Mira. Estão assinaladas as estações de amostragem com indicação dos bivalves encontrados em cada estação, passíveis de serem explorados pela frota da ganchorra: amêijoas-brancas, cadelinha (conquilha), longueirão e castanhola.

Como se pode constatar pela observação da **Figura 2.3** no local de descarga predominam bancos de cadelinha, que segundo o relatório de actividades do IPIMAR (2004), constitui uma espécie susceptível de ser explorada comercialmente. As restantes espécies de bivalves encontram-se a distâncias superiores a 1 km dos locais das descargas dos emissários.

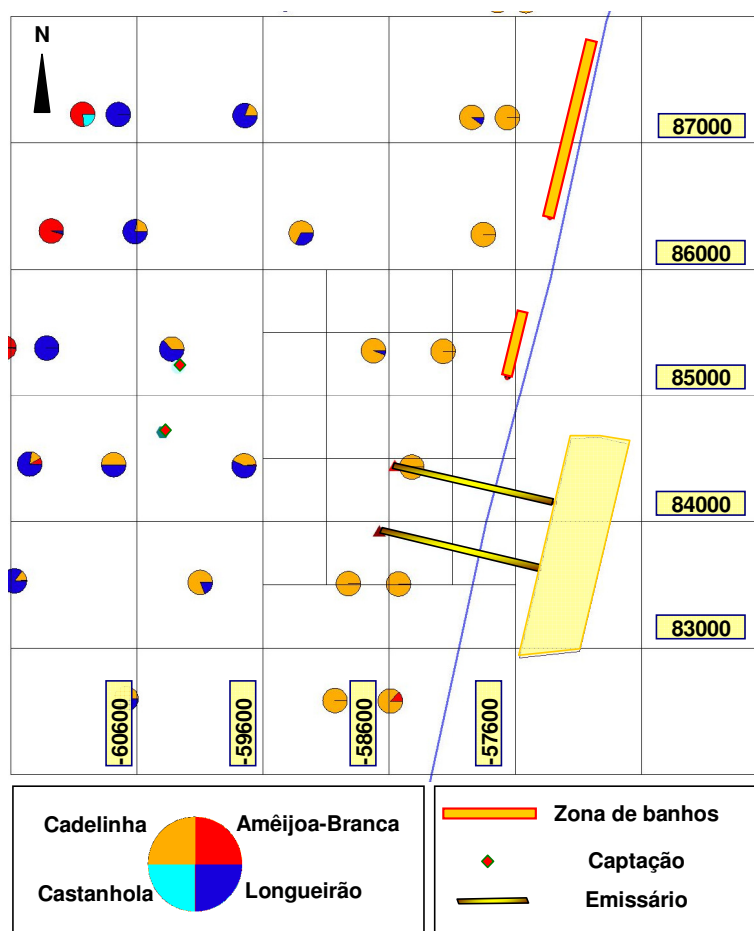


Figura 2.3 – Usos da água.

2.7 Caracterização das águas residuais e enquadramento legal

As características físico-químicas e microbiológicas das águas rejeitadas em instalações deste tipo são função da sua utilização exclusiva no processo de produção do pescado. Todas as outras águas residuais geradas nas instalações, nomeadamente as de características de águas residuais domésticas serão lançadas em colectores municipais e posteriormente conduzidas a tratamento, não sendo portanto, para este efeito, aqui consideradas.

Da composição química de águas de processo observada em instalações semelhante à que aqui se encontra em análise (Quadro 2.3 e Quadro 2.4), podemos concluir que os respectivos parâmetros caracterizadores apresentam valores inferiores aos valores limite de emissão permitidos pela legislação em vigor (Decreto-Lei nº239/98, de 1 de Agosto), que sinteticamente se apresentam no Quadro 2.5.

**Quadro 2.3 – Resultados de análises em instalação de cultivo de pregado (2006)**

Parâmetro	Local	Resultado de Análises (ano de 2006)										
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
pH (Escala de Sörensen)	entrada	7,66	8,02	7,95	8,04	8,19	8,17	7,88	8,04	8,21	7,98	8,01
	saída	7,56	7,80	7,72	7,73	7,80	7,62	7,61	7,56	7,68	7,74	7,91
Condutividade ($\mu\text{S/s}$)	entrada	57,5	58,1	56,9	59,3	50,4	54,3	53,5	54,3	53,4	45,8	54,3
	saída	57,5	58,3	56,9	59,3	48,1	53,4	53,4	54,2	49,9	45,6	53,1
Sólidos em suspensão (mg/L)	entrada	4,6	5,9	2,7	4,0	2,8	3,1	2,0	2,8	4,2	4,0	5,0
	saída	3,7	13,7	3,0	5,0	5,4	3,6	2,1	8,5	5,0	4,2	8,0
	Δ	-0,9	7,8	0,3	1,0	2,6	0,5	0,1	5,7	0,8	0,2	3,0
CBO ₅ (mg/L)	entrada	0,7	1,9	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,0	2,9	<1,0	<1,0	<1,0
	saída	1,7	1,7	<0,5	1,4	<0,5	<0,5	2,0	1,9	3,7	<1,0	<1,0
Azoto amoniacal (mg/L)	entrada	0,12	<0,05	0,17	<0,05	0,16	0,25	0,11	<0,1	<0,1	0,23	<0,1
	saída	0,32	0,21	0,40	0,14	<0,05	0,66	0,61	0,32	<0,1	0,19	<0,1
Nitritos (mg/L)	entrada	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,04	<0,02	0,03
	saída	0,03	<0,02	0,02	0,06	<0,02	0,03	0,25	0,06	0,12	0,12	0,06
Fosfatos (mg/L)	entrada	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	saída	<0,1	0,13	<0,1	0,14	0,17	<0,1	0,25	<0,1	0,26	0,11	0,14
Carbono orgânico total (mg/L)	entrada	2,3	1,9	2,3	1,0	1,1	1,8	1,9	1,0	1,1	1,1	1,2
	saída	2,3	2,2	4,0	1,6	1,4	2,2	1,2	1,5	1,4	1,3	1,6
Aeróbios mesófilos 22°C	entrada	60	30	33	<1	1	228	17	4	9	1	23
	saída	100	176	38	30	50	162	29	18	43	38	135
Coliformes totais (NMP/100 mL)	entrada	1	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	3	ausente	ausente	ausente	ausente
	saída	27	26	ausente	11	ausente	4	9	10	4	50	74
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	entrada	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
	saída	11	7	ausente	3	ausente	ausente	ausente	2	ausente	ausente	28
Estreptococos fecais (NMP/100 mL)	entrada	5	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
	saída	13	32	ausente	8	ausente	ausente	ausente	7	1	14	152

**Quadro 2.4 – Resultados de análises em instalação de cultivo de pregado (2007)**

Parâmetro	Local	Resultado de Análises (ano de 2007)										
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
pH (Escala de Sörensen)	entrada	7,9	8,0	8,0	8,3	8,2	8,1	8,2				
	saída	7,8	7,7	7,8	8,1	8,3	7,8	7,8				
Condutividade ($\mu\text{S/s}$)	entrada	55,0	52,3	53,9	50,8	54,6	53,5	53,9				
	saída	55,0	52,9	52,4	52,1	54,8	53,8	53,1				
Sólidos em suspensão (mg/L)	entrada	6,4	5,2	1,9	2,5	3,8	<3	3,4				
	Saída	4,0	9,0	1,0	3,5	1,4	<3	2,8				
	Δ	-2,4	3,8	-0,9	1,0	-2,4		-0,6				
CBO ₅ (mg/L)	entrada	<1	1,0	<1	1,1	1,0	<1	<1				
	saída	1,5	2,4	1,1	1,1	1,3	1,2	<1				
Azoto amoniacal (mg/L)	entrada	0,12	<0,2	<0,2	0,23	0,36	0,41	0,41				
	saída	0,17	<0,2	0,22	0,21	0,41	0,34	<0,2				
Nitritos (mg/L)	entrada	<0,02	0,11	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02				
	saída	0,03	0,13	0,03	0,22	<0,02	<0,02	0,05				
Fosfatos (mg/L)	entrada	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,12	<0,1	<0,1				
	saída	0,13	0,39	0,16	0,13	0,20	0,21	0,17				
Carbono orgânico total (mg/L)	entrada	<1	1,2	1,5	1,2	<1	1,3	1,1				
	saída	<1	1,5	1,5	1,4	1,1	1,6	1,3				
Aeróbios mesófilos 22°C	entrada	142	17	21	295	1	262	5				
	saída	212	515	145	3110	50	311	80				
Coliformes totais (NMP/100 mL)	entrada	Ausente	Ausente	2	Ausente	1	Ausente	ausente				
	saída	8	147	23	3	13	1	5				
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	entrada	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente				
	saída	1	10	3	2	Ausente	Ausente	Ausente				
Estreptococos fecais (NMP/100 mL)	entrada	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente				
	saída	5	14	18	1	2	1	8				

Quadro 2.5 – Valores limite de emissão na descarga de águas residuais
(extracto do D.L. 239/98)

Parâmetro	Expressão dos resultados	Valor limite de emissão
pH	Escala de Sørensen	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	Aumento de 3 °C
CBO ₅ , 20 °C	mg/L O ₂	40
CQO	mg/L O ₂	150
Sólidos em suspensão totais	mg/L	60
CBO ₅	mg/L	
Cloro residual disponível		
Livre	mg/L Cl ₂	0,5
Total	mg/L Cl ₂	1,0
Fósforo total	mg/L P	10
Azoto amoniacal	mg/L NH ₄	10
Azoto total	mg/L N	15
Nitratos	mg/L NO ₃	50

Face às condições específicas do local de descarga e da proximidade de locais com uso balnear, importa conhecer como se processam os mecanismos de dispersão de matéria orgânica e de nutrientes, com o objectivo de antecipar se a qualidade das águas balneares pode ser afectada negativamente, pondo em risco a sua utilização.

A Directiva n.º 76/160/CEE, do Conselho, de 8 de Dezembro, transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, estipula, no n.º 1 do artigo 4.º, a obrigatoriedade de cada Estado membro tomar as disposições necessárias para que a qualidade das águas balneares satisfaça os valores limite expresso com base nos valores máximos admissíveis (VMA) constantes do anexo XV do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, para os parâmetros com valores imperativos do anexo da Directiva (Quadro 2.6).

Relativamente a águas do litoral ou salobras para fins aquícolas – águas conquícolas, o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 79/923/CEE, do Conselho, de 30 de Outubro, estipula, no n.º 1 do artigo 42º que as normas de qualidade aplicáveis às águas conquícolas deverão ser fixadas com base nos parâmetros e nos valores para esses parâmetros indicados no anexo XIII do Decreto-Lei (Quadro 2.7).

Quadro 2.6 – Qualidade das águas balneares (extracto do D.L. 236/98)

Parâmetros	Expressão dos resultados	Valor máximo recomendável	Valor máximo admissível
Microbiológicos			
Coliformes totais	/100 mL	500	10 000
Coliformes fecais	/100 mL	100	2 000
Estreptococos fecais	/100 mL	100	—
Salmonelas	/1 L	—	0
Enterovírus	PFU/10 L	—	0
Físicos			
pH	Escala de Sørensen	6,0 – 9,0	

Quadro 2.7 – Qualidade das águas do litoral ou salobras para fins aquícolas – águas conquícolas (extracto do D.L. 236/98)

Parâmetros	Expressão dos resultados	Valor máximo recomendável	Valor máximo admissível
Microbiológicos			
Coliformes fecais	NMP/100 mL	≤300 Na polpa do molusco e no líquido intervalar.	—
Físicos			
Sólidos suspensos totais	mg/L	—	O aumento do teor em sólidos em suspensão provocado por uma descarga não deve, nas águas conquícolas afectadas por essa descarga, exceder em mais de 30% o teor medido nas águas não afectadas.
Oxigénio dissolvido	% de saturação	>80	≥70 (valor médio)

3 CENÁRIOS SIMULADOS

3.1 Hidrodinâmica

Foram considerados dois grupos de simulações hidrodinâmicas. No primeiro grupo consideraram-se três situações de maré: maré viva, maré média e maré morta (ver Quadro 2.1). No segundo grupo considerou-se a actuação do vento segundo oito rumos distintos (ver Quadro 2.2). As simulações do primeiro grupo apresentam uma duração de 48 horas, partindo do repouso. As simulações do segundo grupo correspondem à actuação de vento uniforme em todo o domínio durante 3 horas, partindo-se também do repouso. Estas simulações procuraram avaliar a existência de correntes, eventualmente mais desfavoráveis, que possam ocorrer durante os períodos de preia-mar ou baixa-mar, forçadas pela actuação do vento.

3.2 Qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água simulados através do modelo são os que se consideram determinantes para a ocorrência de fenómenos que possam pôr em causa a utilização da água para uso balnear, nomeadamente a eutrofização, o aparecimento de sólidos em suspensão na orla costeira e o aparecimento de microrganismos coliformes. Assim, foram avaliados o transporte e difusão de sólidos em suspensão, nitritos, azoto amoniacal, fosfatos (fósforo inorgânico), CBO_5 e coliformes totais em diferentes condições hidrodinâmicas: (i) maré viva; (ii) maré morta; (iii) actuação de vento de Norte e (iv) actuação de vento de Sul.

As cargas de cada uma das variáveis foram estabelecidas a partir do caudal de projecto previsto para os emissários ($2 \times 10,792 \text{ m}^3/\text{s}$), tendo sido consideradas nas simulações realizadas as concentrações máximas, monitorizadas durante os anos de 2006 e 2007 numa instalação semelhante (ver Quadros 2.3 e 2.4).

Os valores adoptados para as taxas de decaimento de substâncias não conservativas foram estabelecidos a partir de intervalos de variação para cada um dos parâmetros, encontrados em estudos semelhantes que se apresentam no Quadro 3.1.

Todas as simulações efectuadas consideraram as situações mais desfavoráveis, com o funcionamento, em simultâneo, dos dois emissários previstos para o horizonte do projecto (Fase I + Fase II).

Quadro 3.1 – Valores adoptados para a caracterização das descargas dos emissários

<i>Variável</i>	<i>Concentração</i>	<i>Carga</i>	<i>Taxa de decaimento (dia⁻¹)</i>	<i>Valor adoptado (dia⁻¹)</i>
Sólidos em suspensão (SST)	13.70 mg/L	147.85 g/s	0.2-20	0.200
CBO ₅	3.70 mg/L	39.93 g/s	0.01-0.40	0.205
Azoto amoniacal (NH ₃)	0.66 mg/L	7.12 g/s	0.1-0.5	0.300
Nitritos (NO ₂)	0.25 mg/L	2.70 g/s	0.5-2.0	1.250
Fosfatos (PO ₄)	0.39 mg/L	4.21 g/s	0.001-0.02	0.011
Coliformes totais (CT)	147 NMP/100 mL	15864240 NMP/s	8.0-84	24.000

Nas simulações realizadas foi utilizado, no caso da maré, apenas o último período da solução hidrodinâmica obtida. A duração de simulação de qualidade da água correspondeu a dois períodos de maré, aproximadamente (esta duração é suficiente para se obter o equilíbrio dinâmico). Nas simulações de qualidade da água, em situação de actuação do vento, foi considerada a solução hidrodinâmica correspondente ao regime permanente.

4 RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Hidrodinâmica

Os resultados obtidos são apresentados apenas para a região próxima das descargas, embora o modelo compreenda toda extensão apresentada na Figura 2.1.

Nas Figuras 4.1 a 4.3 apresentam-se os resultados das velocidades máximas (médias segundo a direcção vertical) para os três tipos de marés considerados. No caso de maré viva, as velocidades máximas das águas costeiras no local de descarga dos emissários (zona delimitada pela grelha com espaçamento de 500 m) apresentam intensidades que variam entre 5 cms^{-1} e 8 cms^{-1} com sentido de SW para NE durante a enchente, invertendo-se este sentido durante a vazante. Junto da linha de costa, as correntes apresentam-se paralelas a esta linha. Para marés mortas, os sentidos das correntes mantêm-se mas as intensidades diminuem para valores de 2 cms^{-1} a 4 cms^{-1} na mesma zona atrás mencionada. As intensidades das correntes para a maré média apresentam valores intermédios, relativamente às situações referidas anteriormente.

Nas Figuras 4.4 a 4.7 apresentam-se os resultados para as simulações hidrodinâmicas em que foi considerada a acção do vento.

Para os ventos com rumos dos quadrantes de norte as intensidades máximas são atingidas para o vento de N, obtendo-se valores da ordem de 25 cms^{-1} . Estes valores baixam para cerca de 15 cms^{-1} para ventos de NE e de NW. As correntes na zona da descarga dos emissários durante a actuação de ventos dos quadrantes de N apresentam uma direcção de N para S, sendo paralelas à linha de costa, na sua proximidade.

Para os ventos com rumos dos quadrantes de sul atingem-se valores máximos de cerca de 30 cms^{-1} quando o vento actua de S. Para rumos de SE e SW obtêm-se valores de 20 cms^{-1} e 15 cms^{-1} , respectivamente. O sentido das correntes passa a ser de S para N.

Quando se consideram actuações de vento de W e E as velocidades das correntes são muito baixas na região analisada (inferiores a 3 cms^{-1}).

Dos resultados obtidos considera-se que poderão constituir situações mais desfavoráveis, em termos de transporte das plumas resultantes dos emissários, a situação de maré viva e maré morta, representativas de padrões típicos de circulação na ausência de actuação de vento e as correntes com origem na actuação de vento dos rumos S e N.

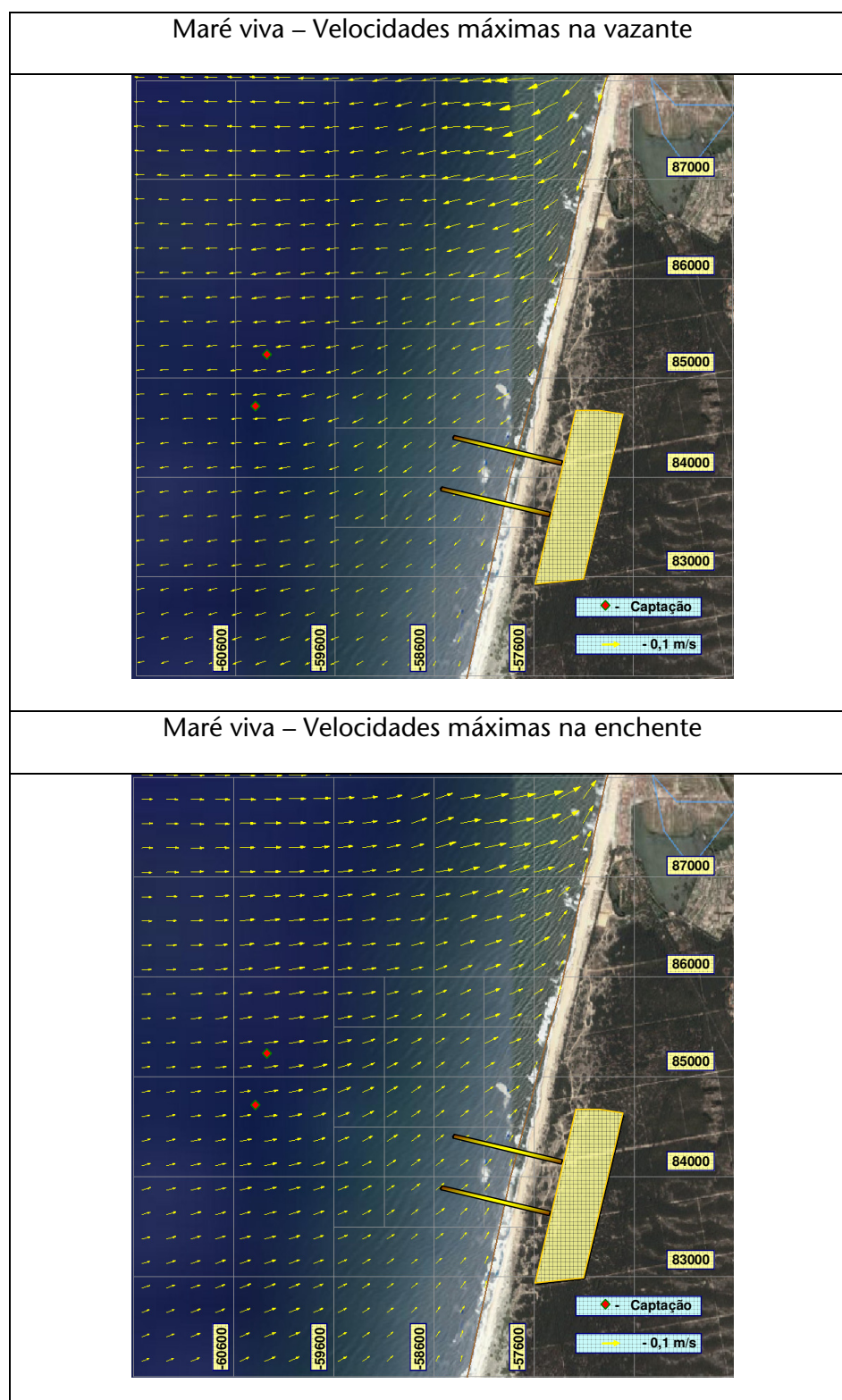


Figura 4.1 – Hidrodinâmica: resultados de velocidades máximas na enchente e na vazante para uma maré viva.

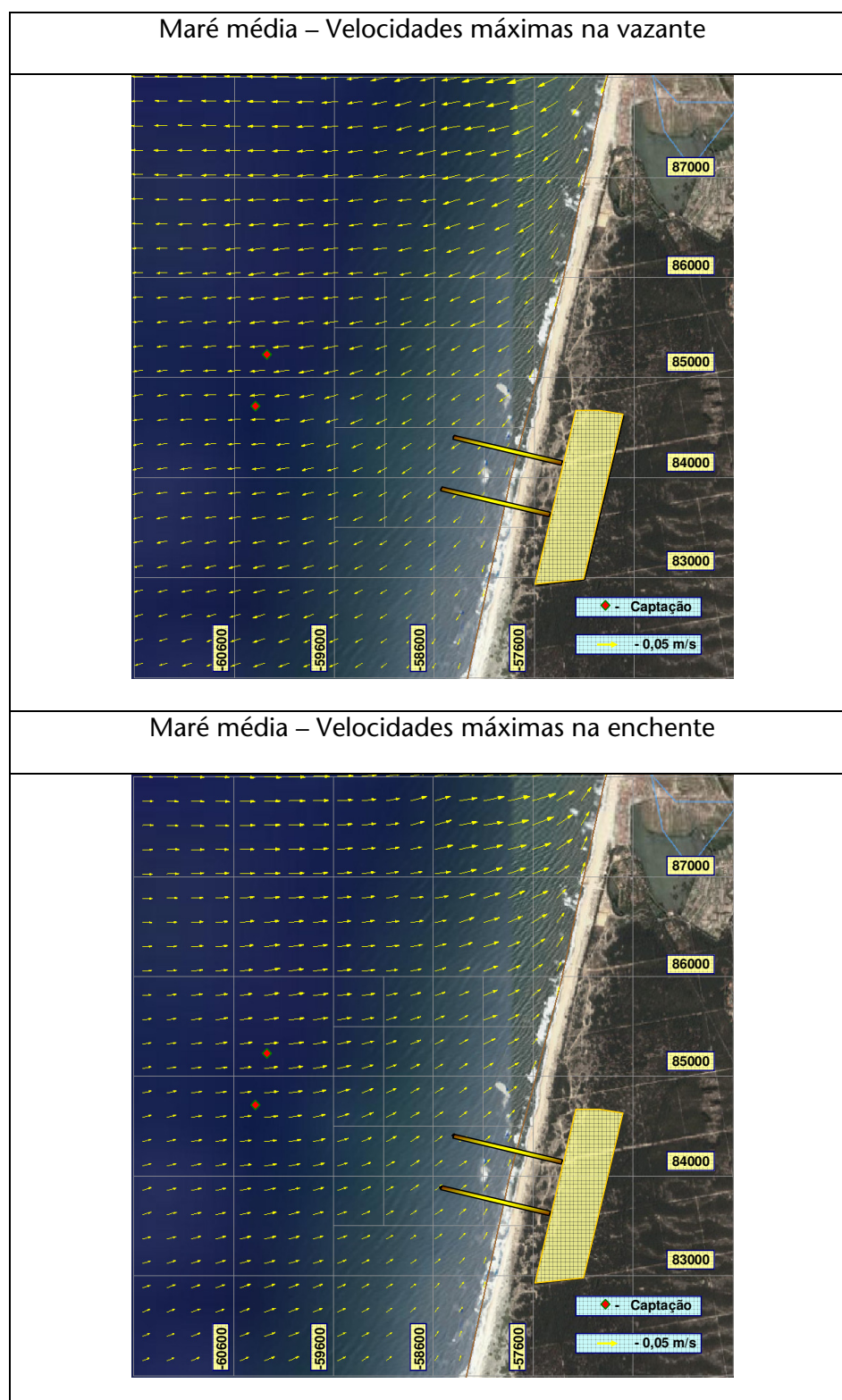


Figura 4.2 – Hidrodinâmica: resultados de velocidades máximas na enchente e na vazante para uma maré média.

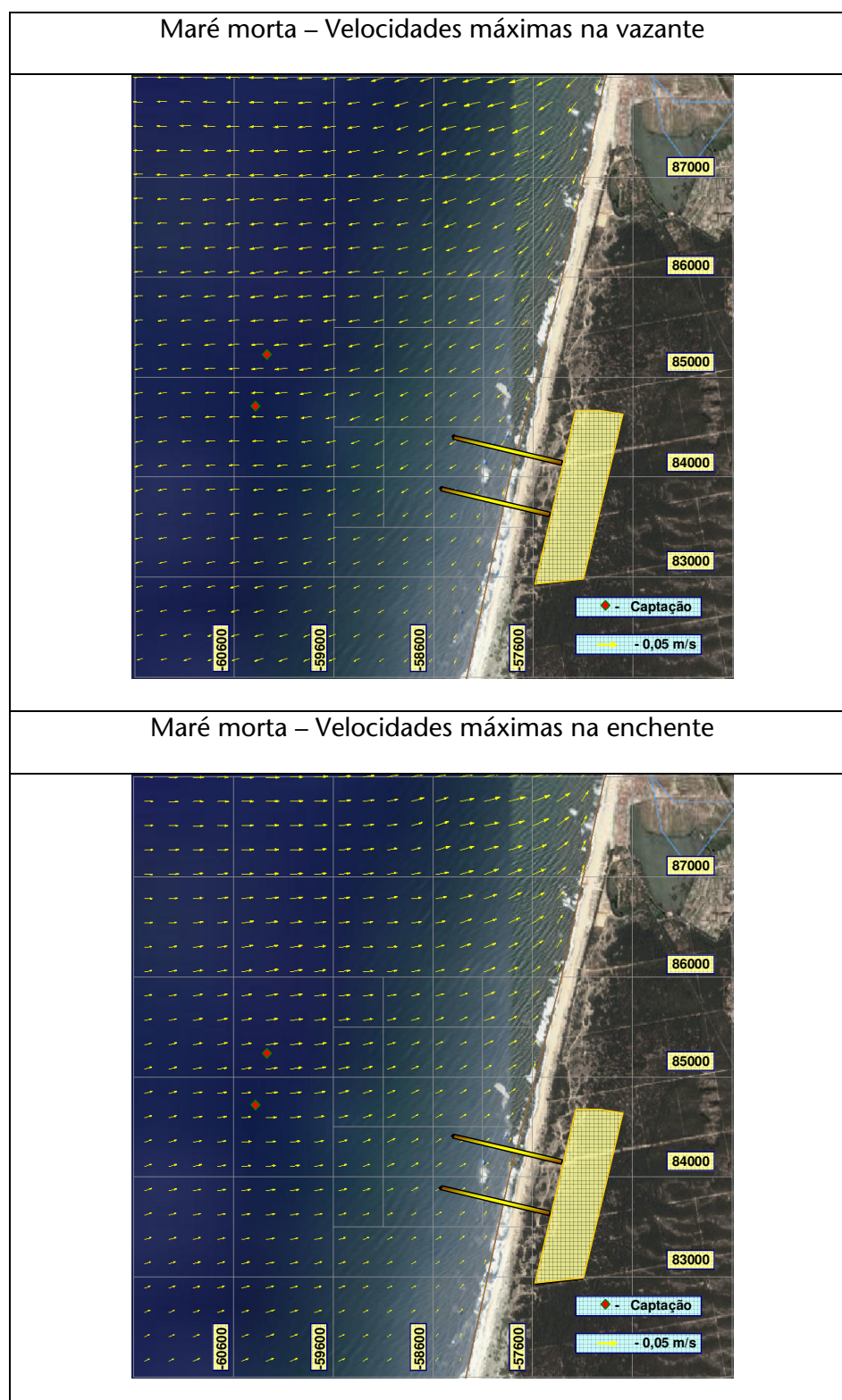


Figura 4.3 – Hidrodinâmica: resultados de velocidades máximas na enchente e na vazante para uma maré morta.

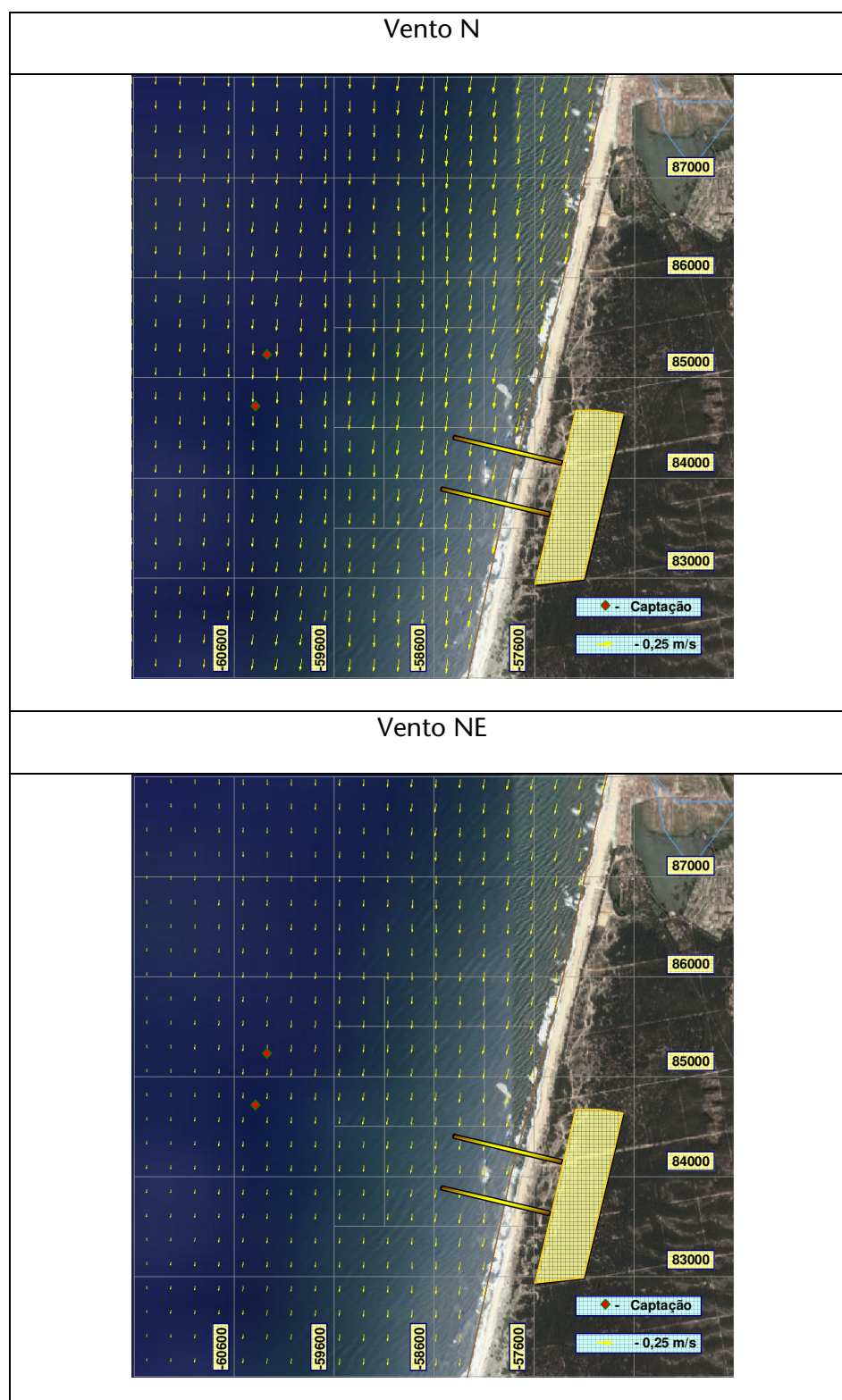


Figura 4.4 – Hidrodinâmica: resultados de velocidades da corrente para actuação de vento de N e de NE.

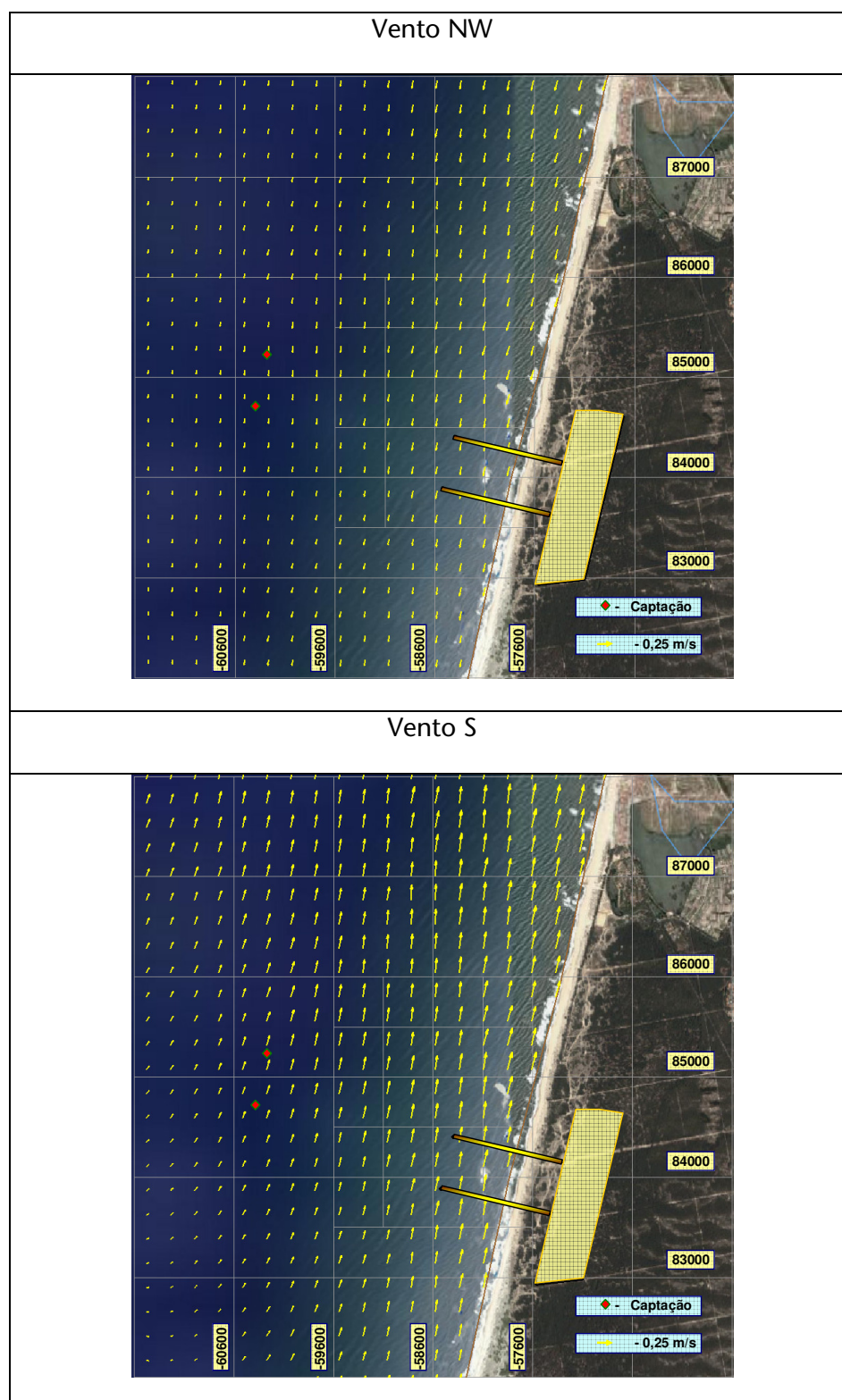


Figura 4.5 – Hidrodinâmica: resultados de velocidades da corrente para actuação de vento de NW e de S.

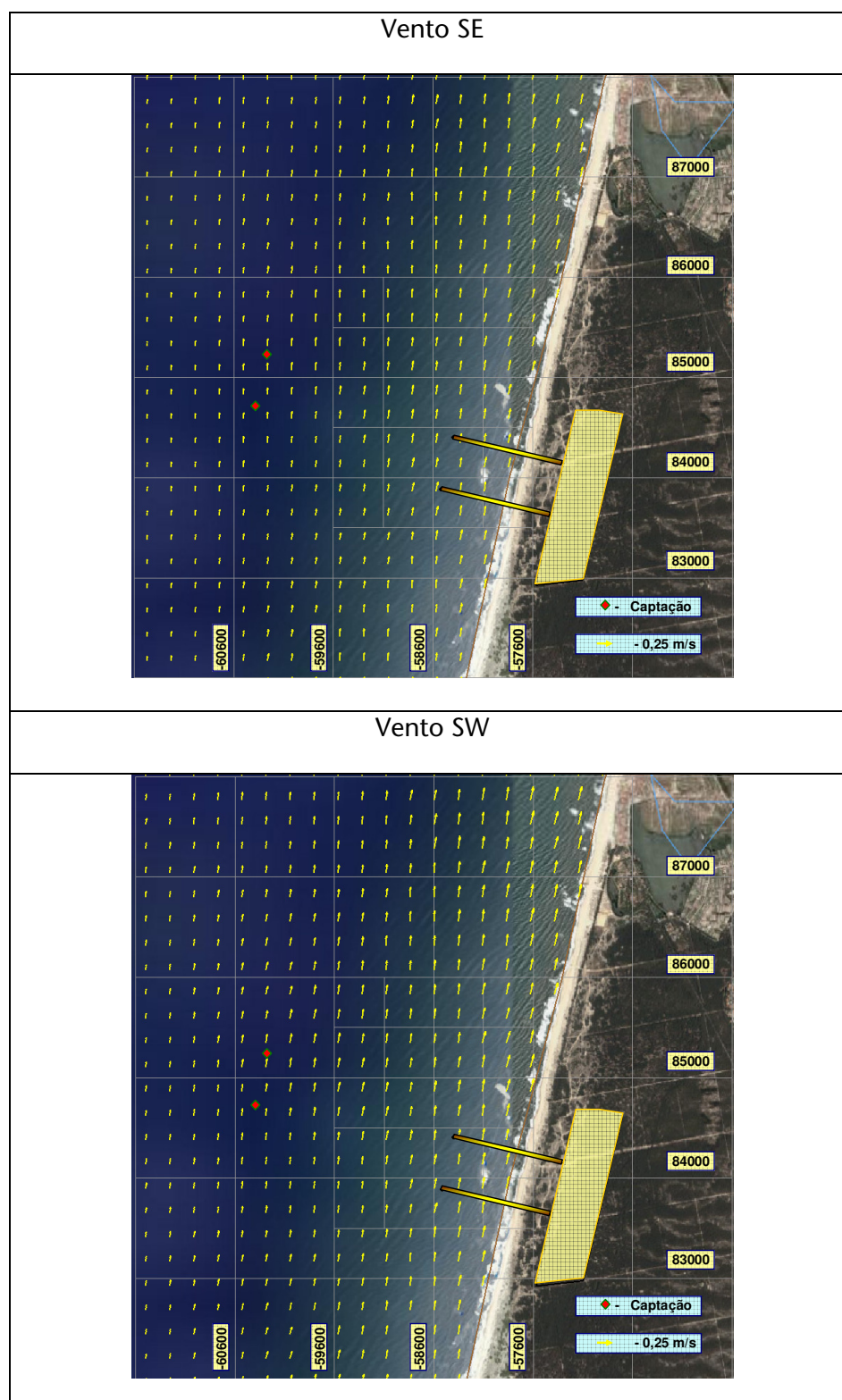


Figura 4.6 – Hidrodinâmica: resultados de velocidades da corrente para actuação de vento de SE e de SW.

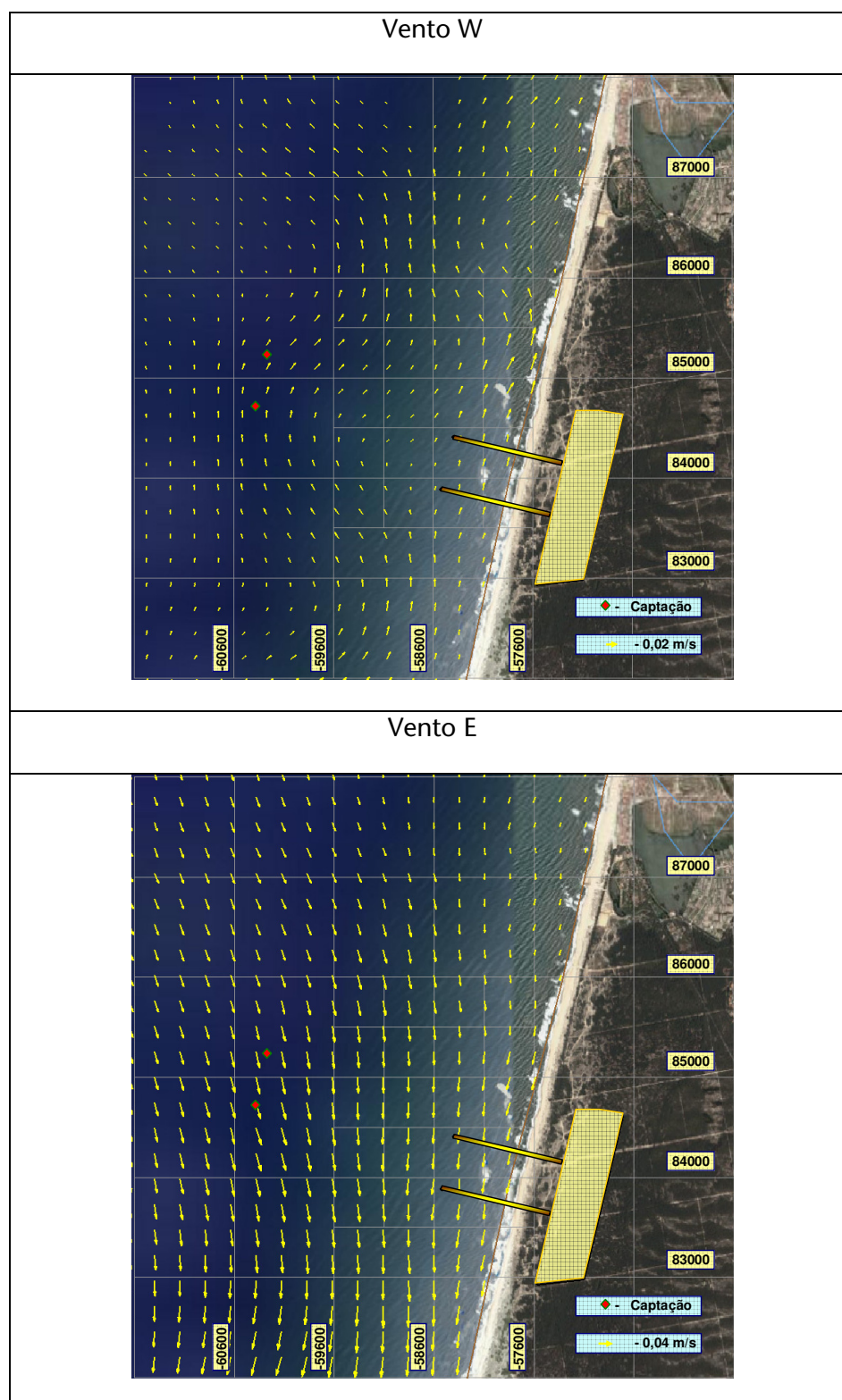


Figura 4.7 – Hidrodinâmica: resultados de velocidades da corrente para actuação de vento de W e de E.

4.2 Qualidade da água

Em todas as simulações realizadas foi considerada uma concentração nula das variáveis modeladas nas águas receptoras. Assim, as plumas obtidas referem-se exclusivamente à massa introduzida pelas descargas dos emissários.

Nas Figuras 4.8 a 4.43 apresentam-se os resultados das plumas de concentrações para os parâmetros simulado: sólidos em suspensão (SST), carência bioquímica de oxigénio (CBO_5), azoto amoniacal (NH_3), nitritos (NO_2), fosfatos (PO_4) e coliformes totais (CT). O comportamento de cada um dos parâmetros foi simulado nos seguintes cenários hidrodinâmicos: maré viva, maré morta, vento de N e vento de Sul.

No caso de simulações de maré, as plumas obtidas resultam da consideração de um valor limite de concentração idêntico ao valor médio dos valores obtidos na monitorização, durante os anos de 2006 e 2007, da água de entrada numa unidade de produção aquícola idêntica à projectada para Mira (ver Quadros 2.3 e 2.4).

Para as simulações que envolvem correntes geradas pelo vento, mais intensas do que as de maré, o limite de concentração foi estabelecido considerando um valor próximo do valor mínimo obtido para cada uma das variáveis. Desta forma, obtêm-se as extensões máximas de impacto das descargas.

Nas condições adoptadas e de acordo com a metodologia de delimitação atrás mencionada, verifica-se que durante a ocorrência de marés vivas e na situação de preia-mar (situação mais desfavorável) as plumas não atingem a linha de costa. Por outro lado, as concentrações obtidas para a generalidade dos parâmetros simulados são da ordem de grandeza das concentrações normais para águas marinhas, na maior parte da extensão das plumas.

Da comparação entre as plumas resultantes durante a ocorrência de marés vivas (Figuras 4.8 a 4.19) com as que ocorrem durante marés mortas (Figuras 4.20 a 4.32) verifica-se que estas últimas conduzem a concentrações superiores nas imediações dos pontos de descarga mas apresentam uma menor extensão.

Em todas as simulações realizadas obtiveram-se valores para a concentração de coliformes totais inferiores aos que são estabelecidos na legislação em vigor (valor máximo recomendável de 500 NMP/100 mL – ver Quadro 2.5) para que a água possa ser utilizada para fins balneares. Realça-se ainda que estes valores foram obtidos na situação mais desfavorável de se considerar o valor máximo de concentração registado na instalação idêntica à projectada (ver Quadros 2.3 e 2.4).

Considerando a existência de uma espécie de bivalve (cadelinha) na área de influência da descarga dos emissários, analisa-se seguidamente a conformidade dos parâmetros constantes do Quadro 2.7 na hipótese de aquelas águas poderem ser classificadas para fins aquícolas.

As concentrações da variável bacteriológica simulada (coliformes totais) é sempre inferior ao valor máximo recomendável estabelecido na legislação (<300 NMP/100 mL) para coliformes fecais que, na situação mais desfavorável, apresentaria valores iguais ao da variável simulada, para as mesmas condições das simulações realizadas.

Para o oxigénio dissolvido, a legislação impõe um valor máximo admissível de 70% da concentração de saturação. Recorrendo-se aos resultados obtidos para a carência bioquímica de oxigénio (CBO_5), verifica-se que na quase totalidade da extensão das plumas resultantes (Figuras 4.10, 4.11, 4.22, 4.23, 4.33 e 4.39) estas carências conduziriam a depleções de oxigénio dissolvido que se revelam compatíveis com o limite imposto, no caso das águas marinhas receptoras se encontrarem próximas dos valores de saturação.

No caso de sólidos em suspensão, a Norma não estabelece valores máximos recomendáveis, impondo um valor máximo admissível em função do teor medido nas águas não afectadas.

Dos resultados obtidos (Figuras 4.8, 4.9, 4.20, 4.21, 4.32, 4.38), verifica-se que, na região delimitada pelas coordenadas 83500 a sul, 85000 a norte e -59100 a oeste, a classificação de águas para fins aquícolas poderá ser inviabilizada no caso das águas receptoras apresentarem concentrações em sólidos em suspensão inferiores a 10 mg/L.

Nos cenários hidrodinâmicos de actuação do vento de N e de S (Figuras 4.32 a 4.43) verifica-se que as concentrações de todas as variáveis simuladas apresentam valores inferiores aos que se obtiveram para os cenários de marés, na ausência de vento. As plumas atingem uma extensão de cerca de 2,5 km para norte e para sul dos locais de descarga.

A simulação de longo prazo do ciclo de nutrientes requer um conjunto de informação mais vasto relativamente àquele que actualmente está disponível, nomeadamente dados relacionados com a operação da instalação e com a qualidade da água marinha do local de rejeição dos efluentes. Esta é uma situação que deverá ser considerada em fase de exploração da instalação.

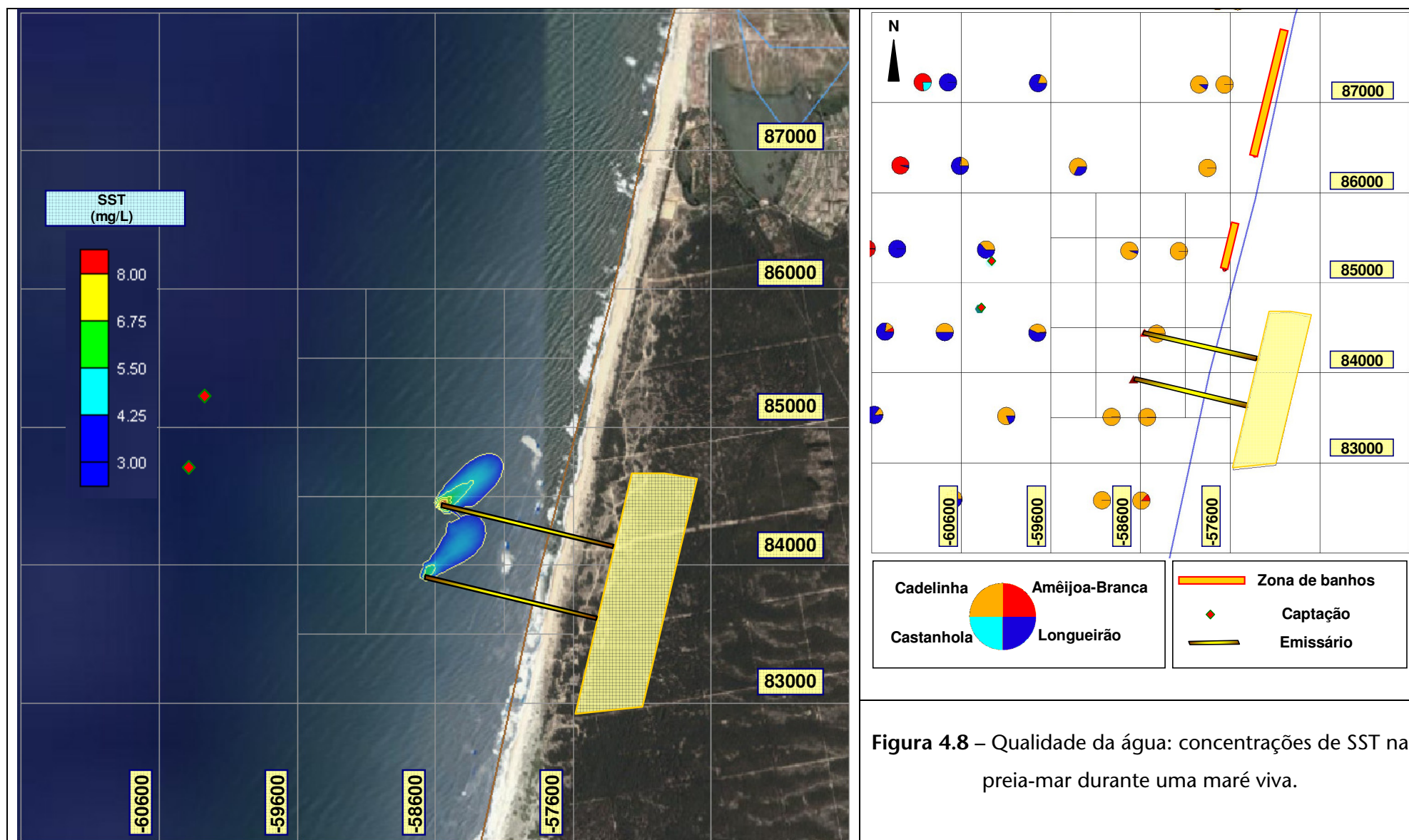
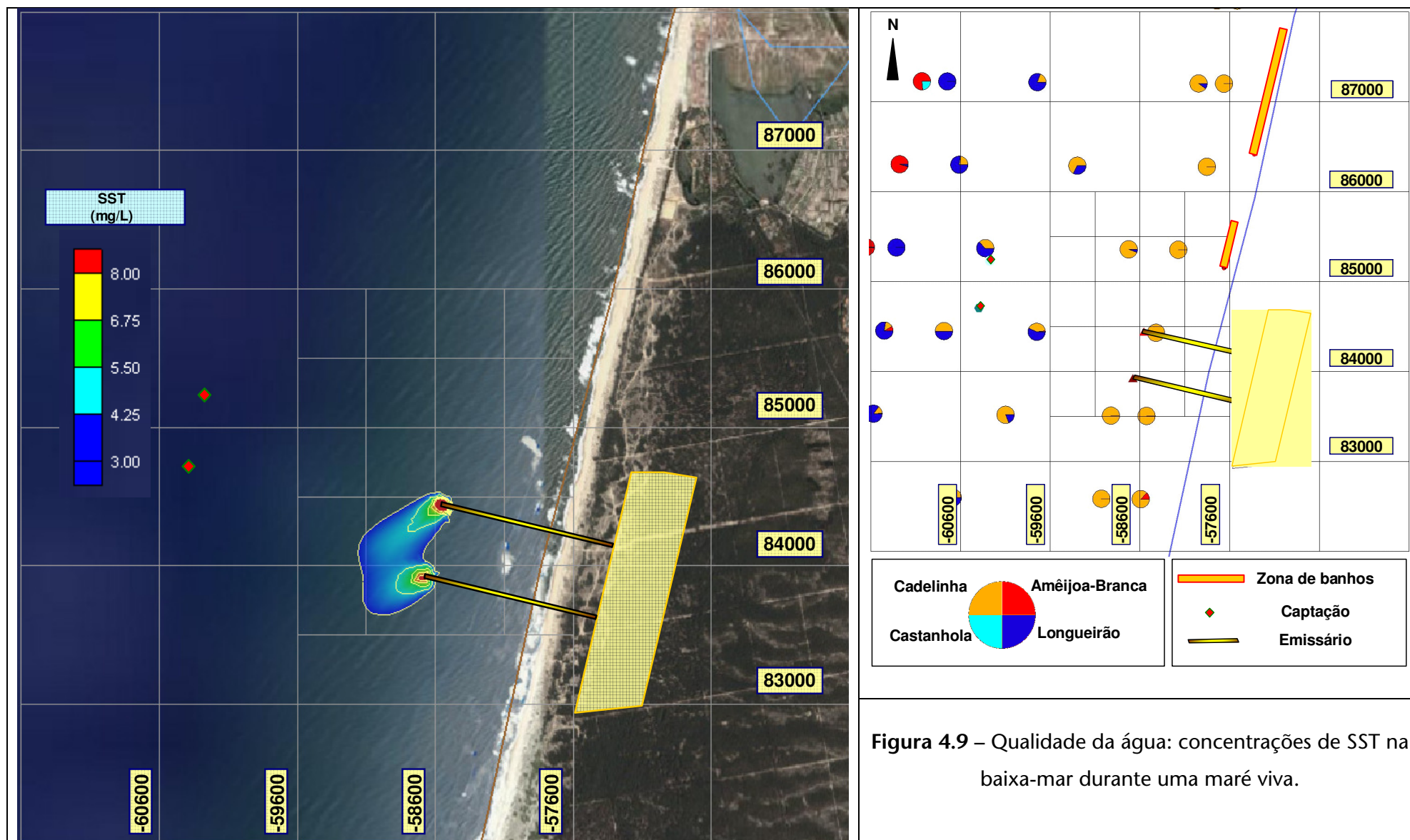


Figura 4.8 – Qualidade da água: concentrações de SST na preia-mar durante uma maré viva.



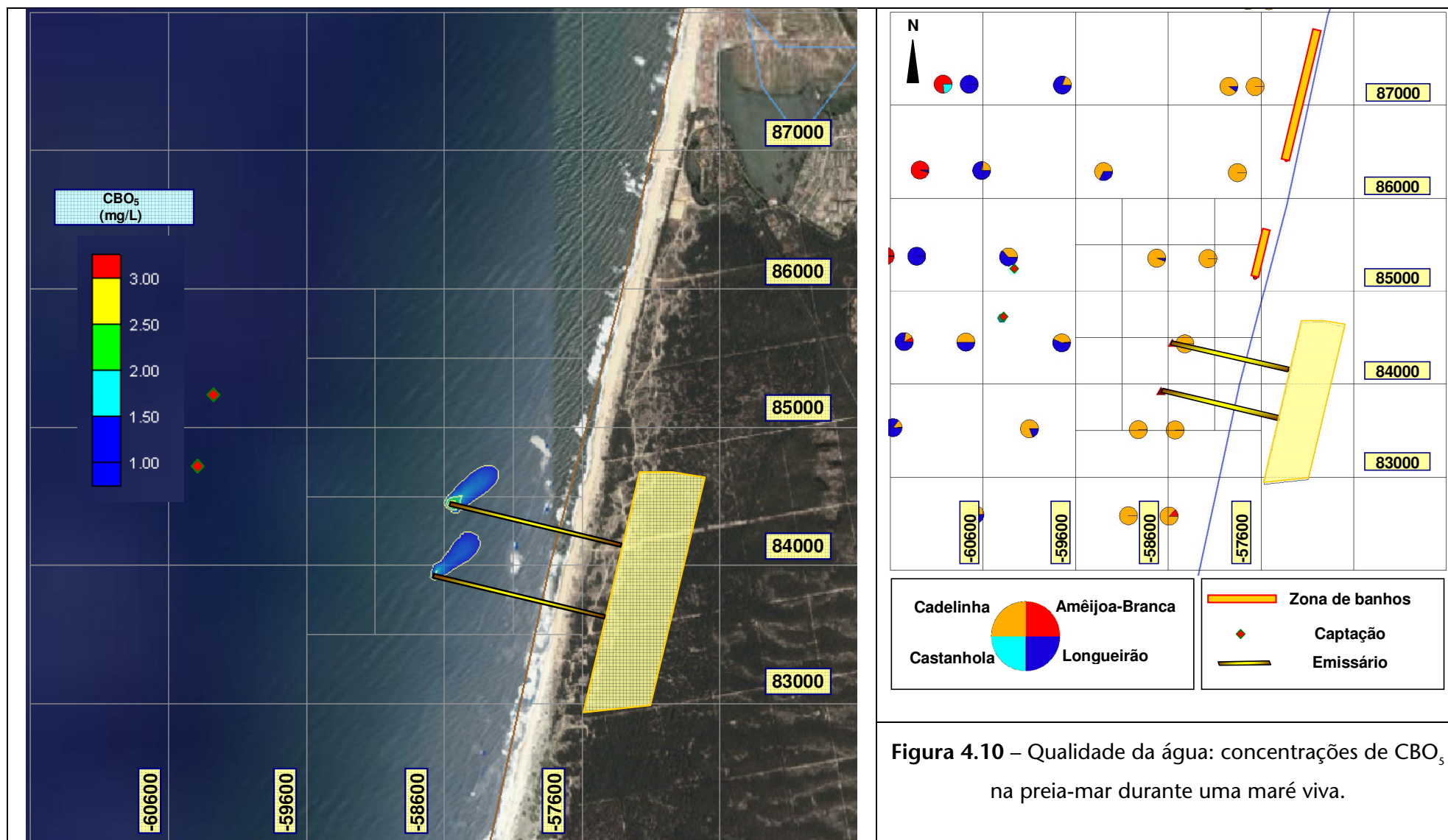
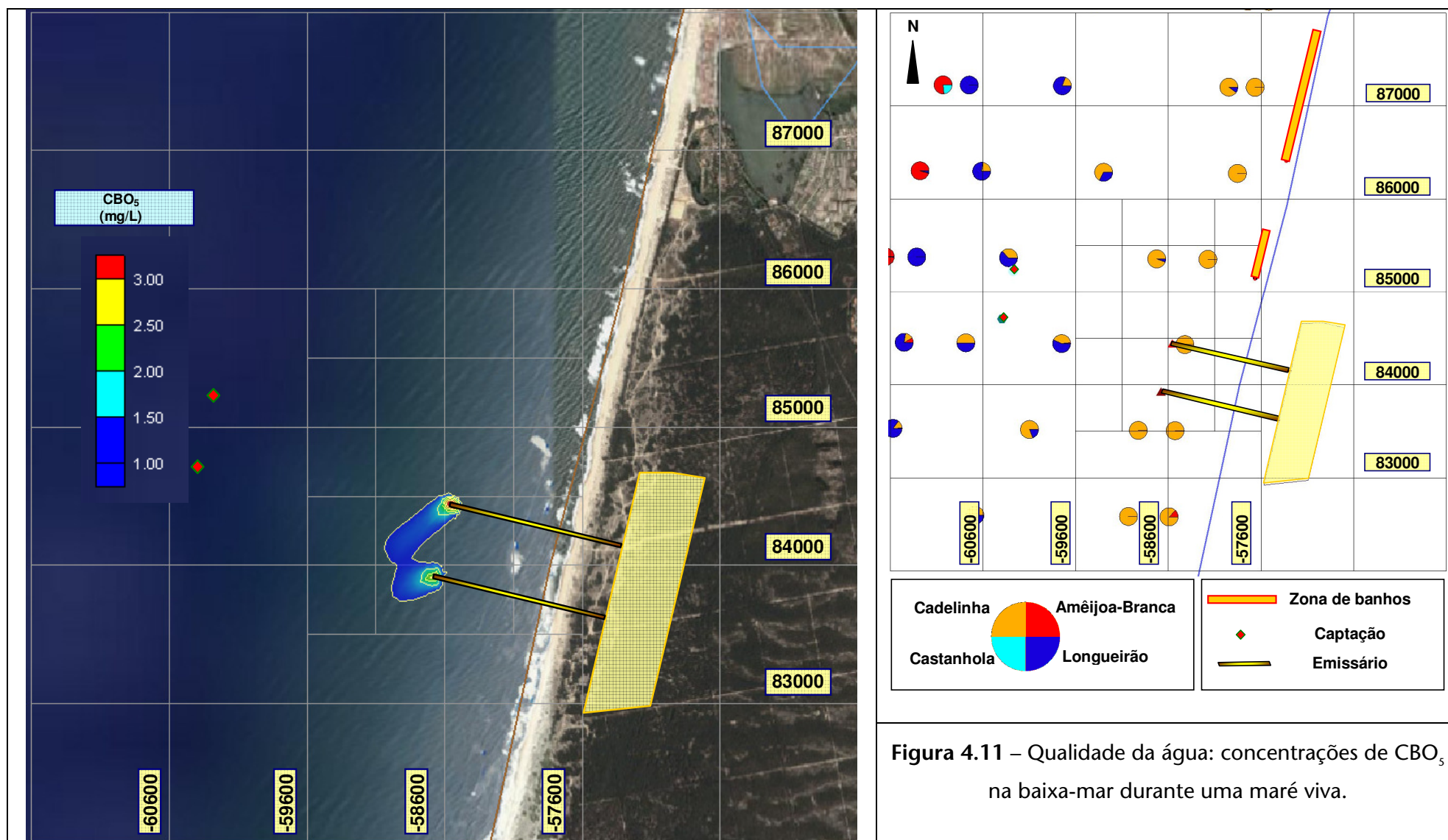


Figura 4.10 – Qualidade da água: concentrações de CBO_5 na preia-mar durante uma maré viva.



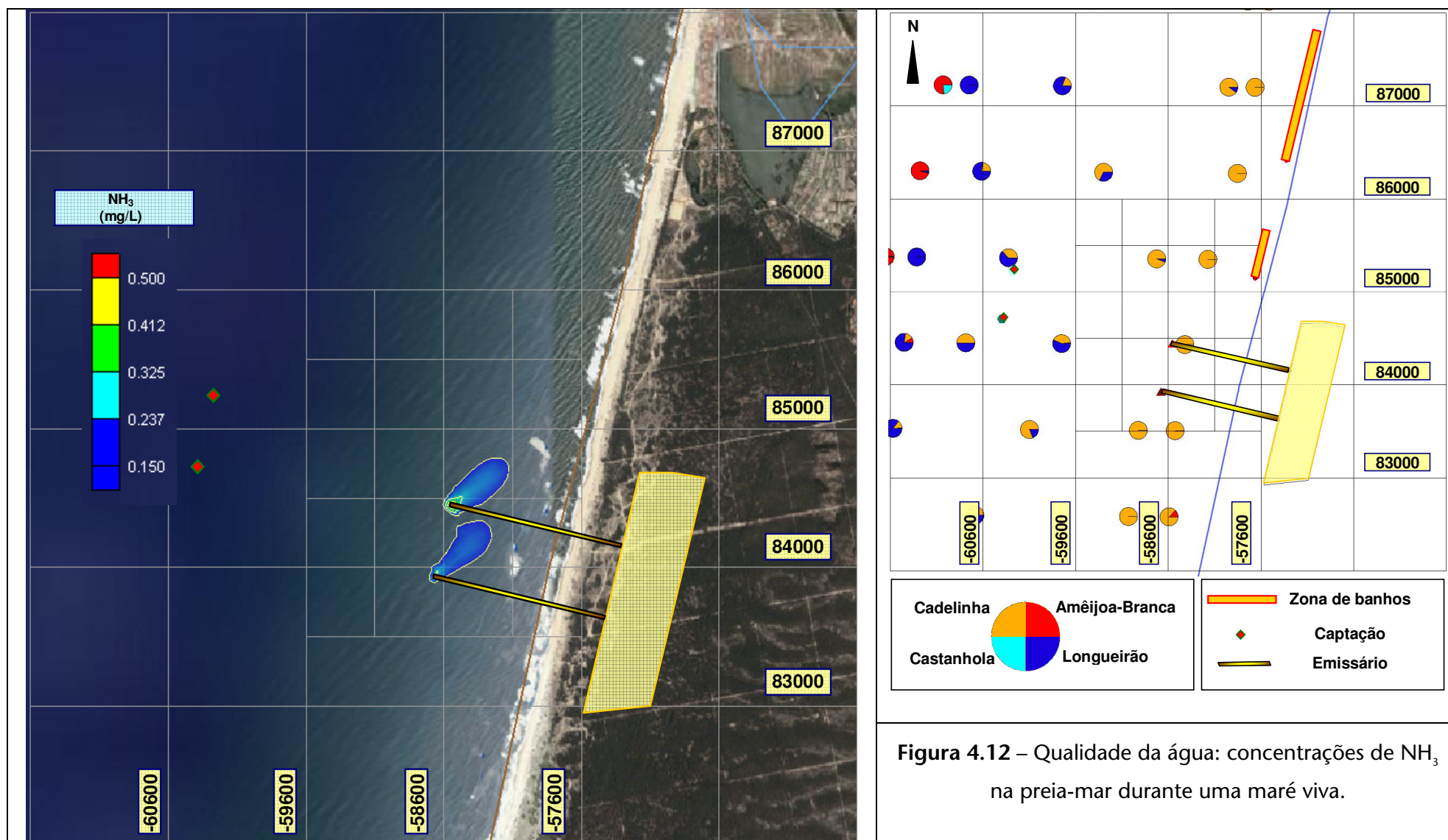


Figura 4.12 – Qualidade da água: concentrações de NH_3 na preia-mar durante uma maré viva.

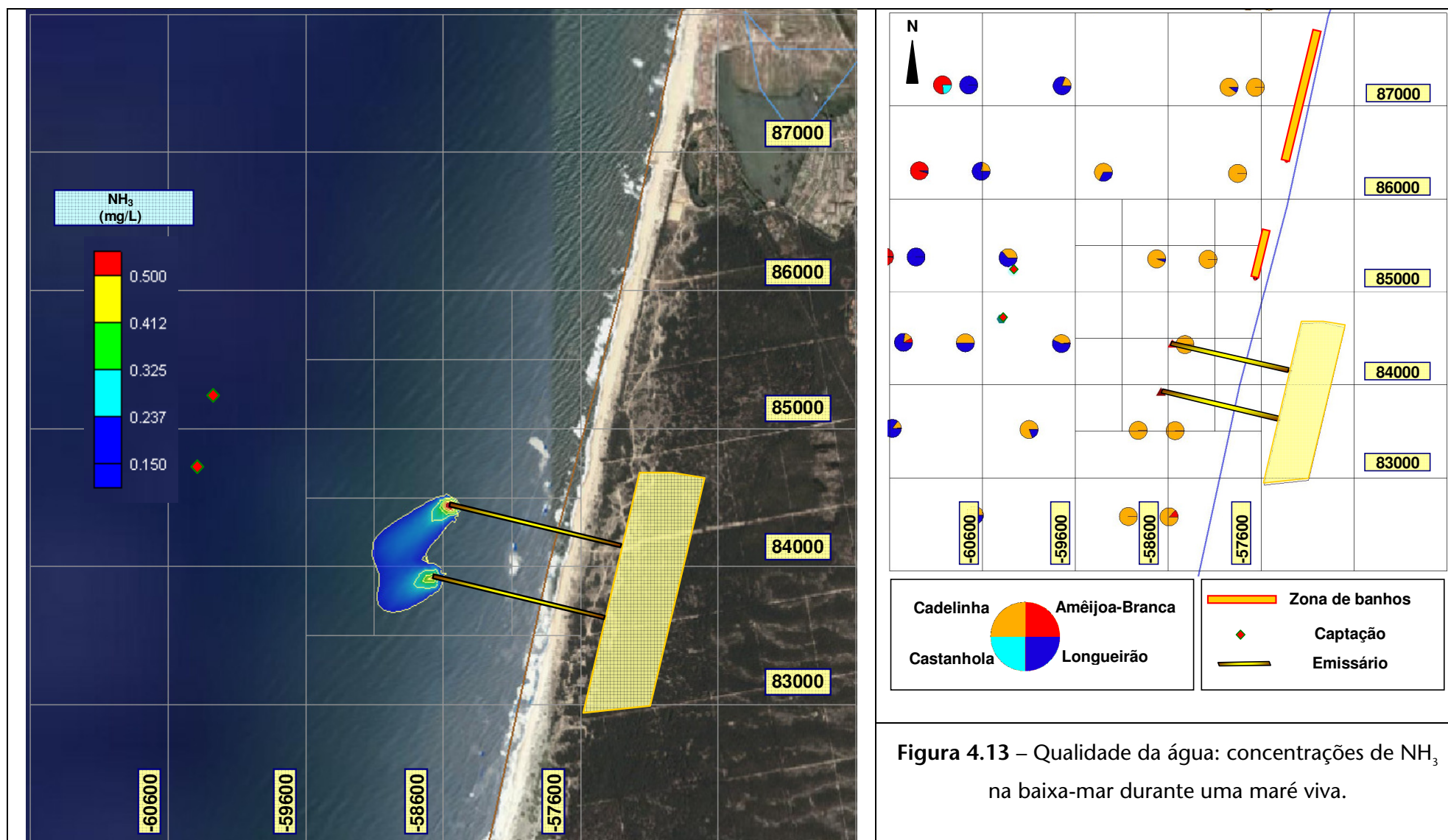
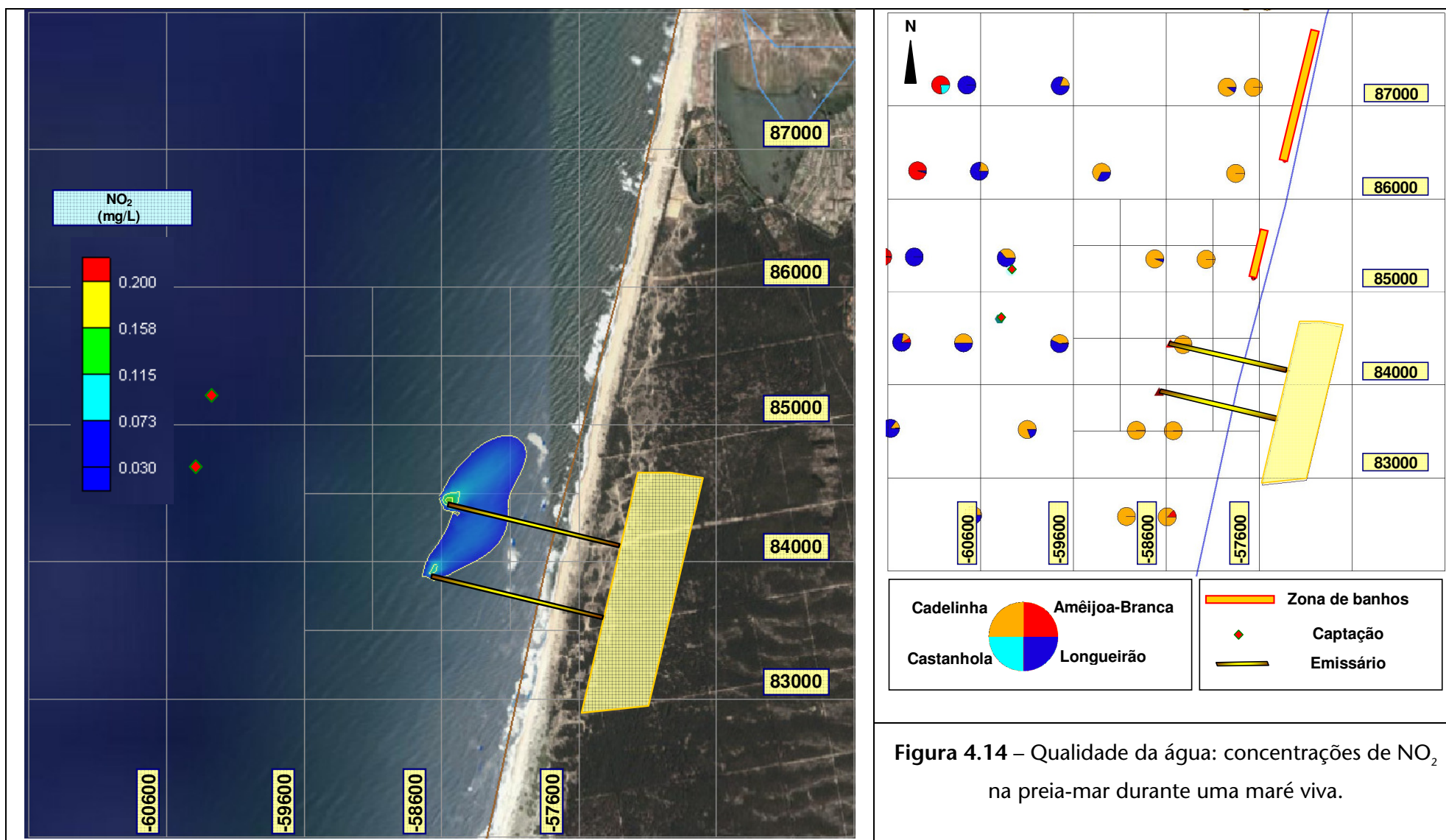


Figura 4.13 – Qualidade da água: concentrações de NH_3 na baixa-mar durante uma maré viva.



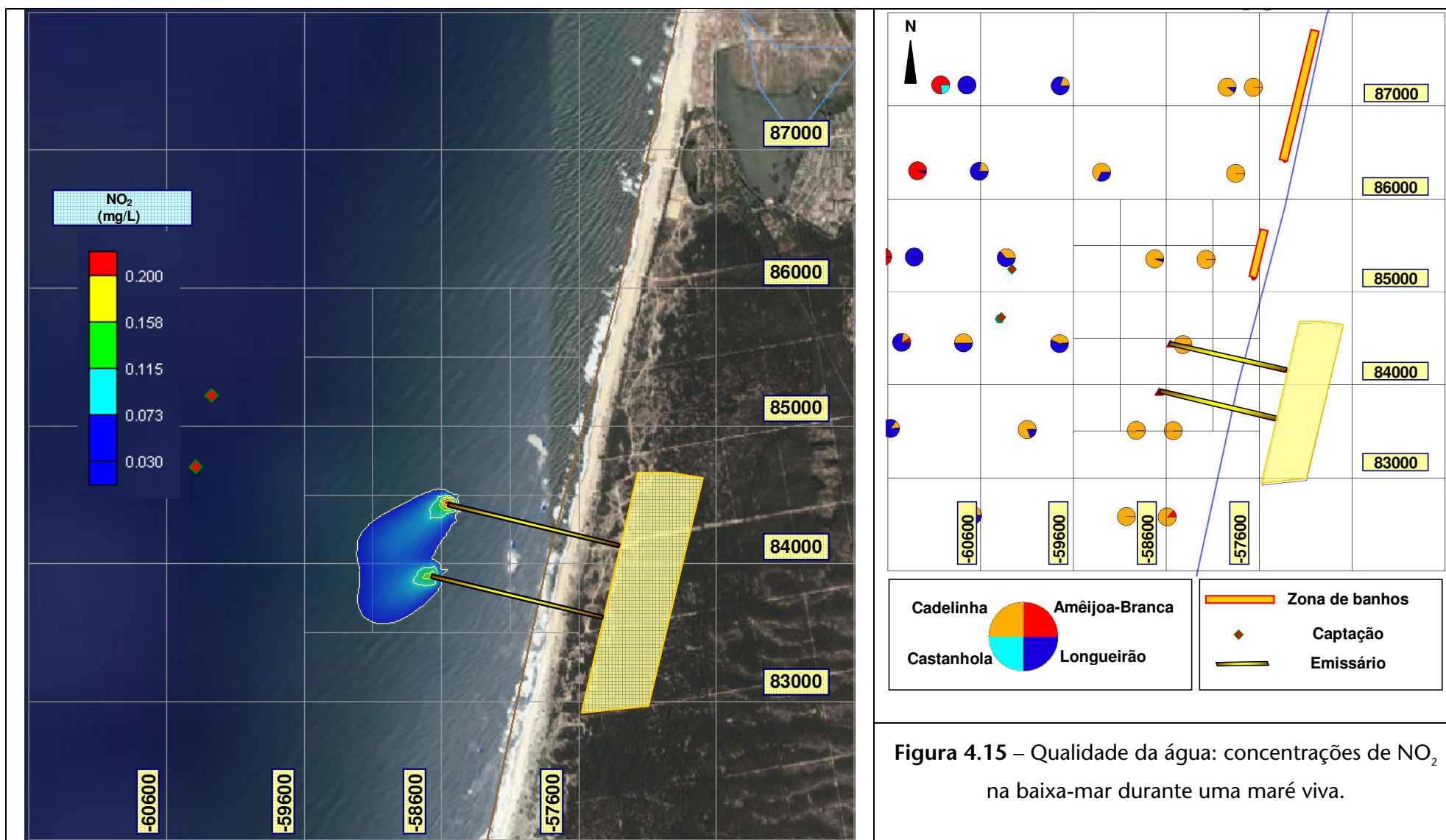
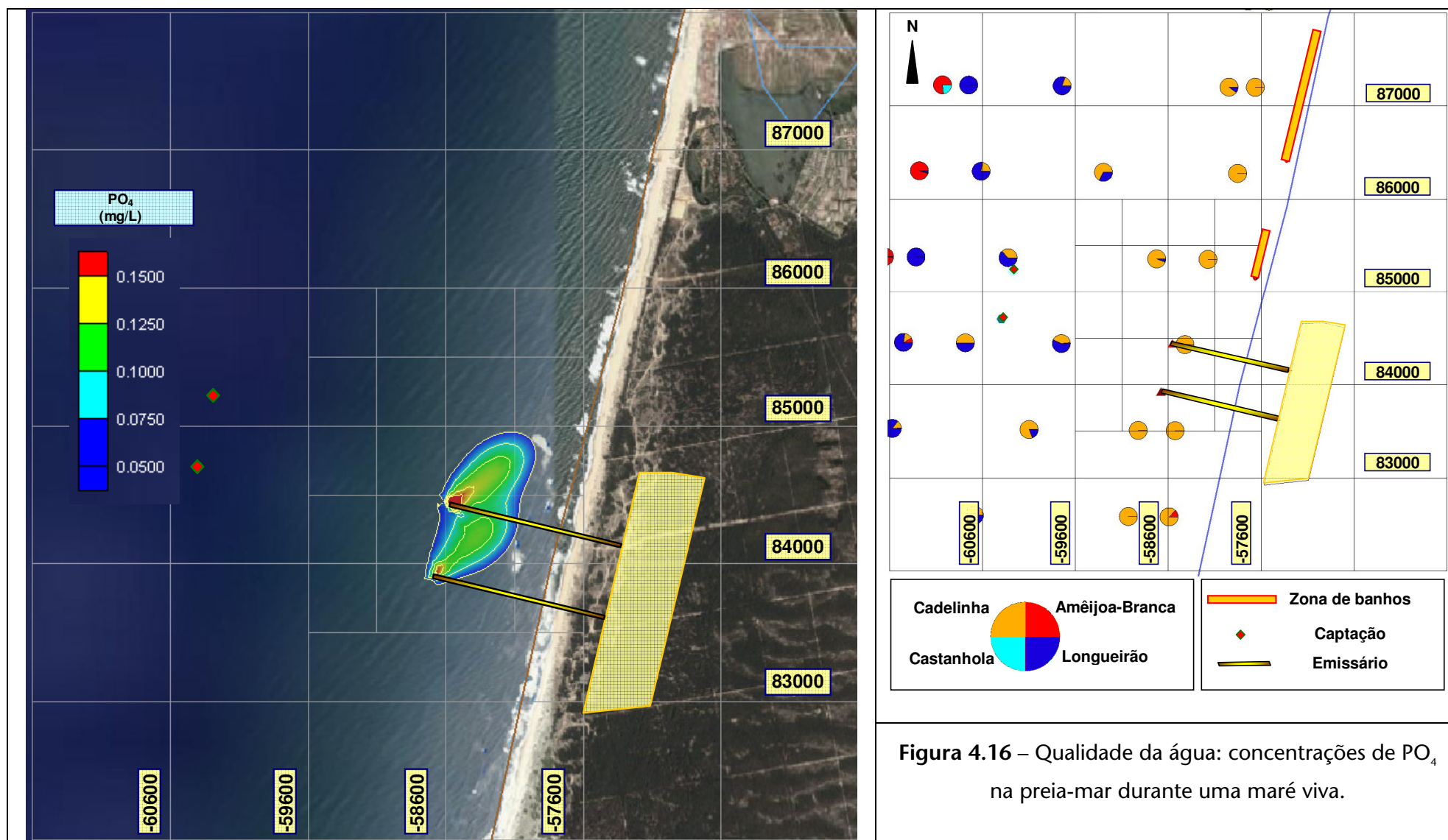


Figura 4.15 – Qualidade da água: concentrações de NO_2 na baixa-mar durante uma maré viva.



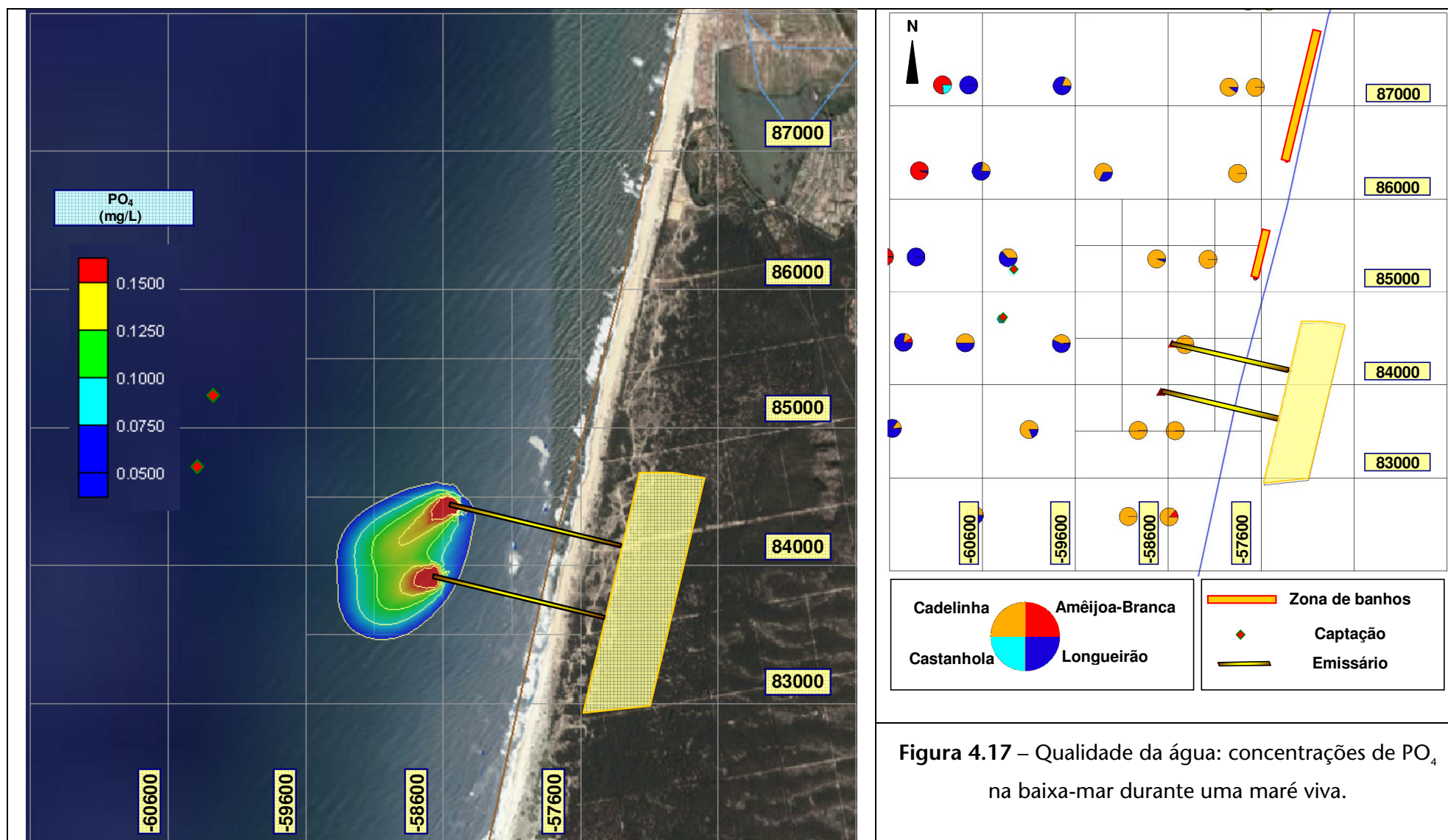


Figura 4.17 – Qualidade da água: concentrações de PO_4 na baixa-mar durante uma maré viva.

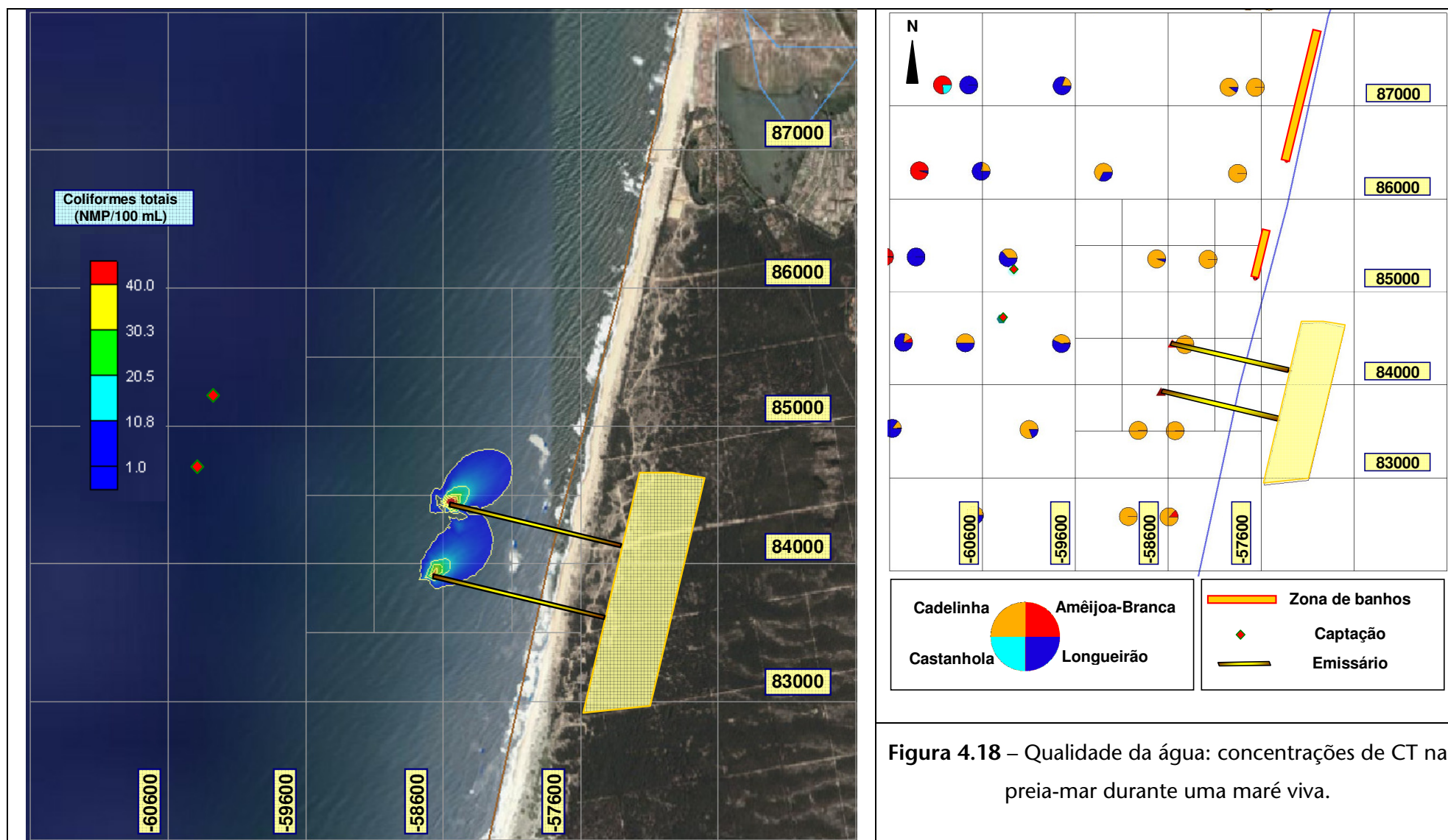


Figura 4.18 – Qualidade da água: concentrações de CT na preia-mar durante uma maré viva.

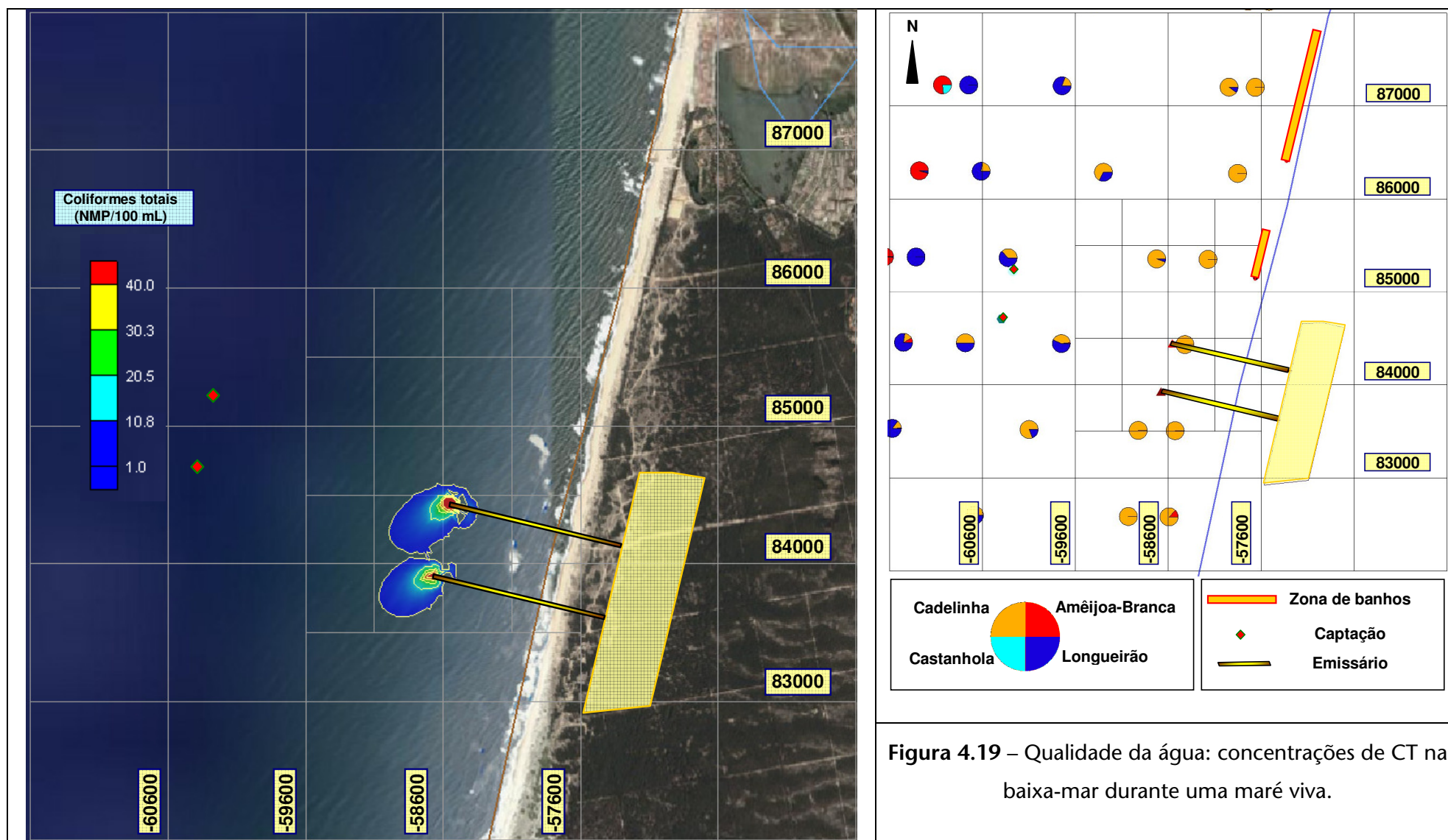
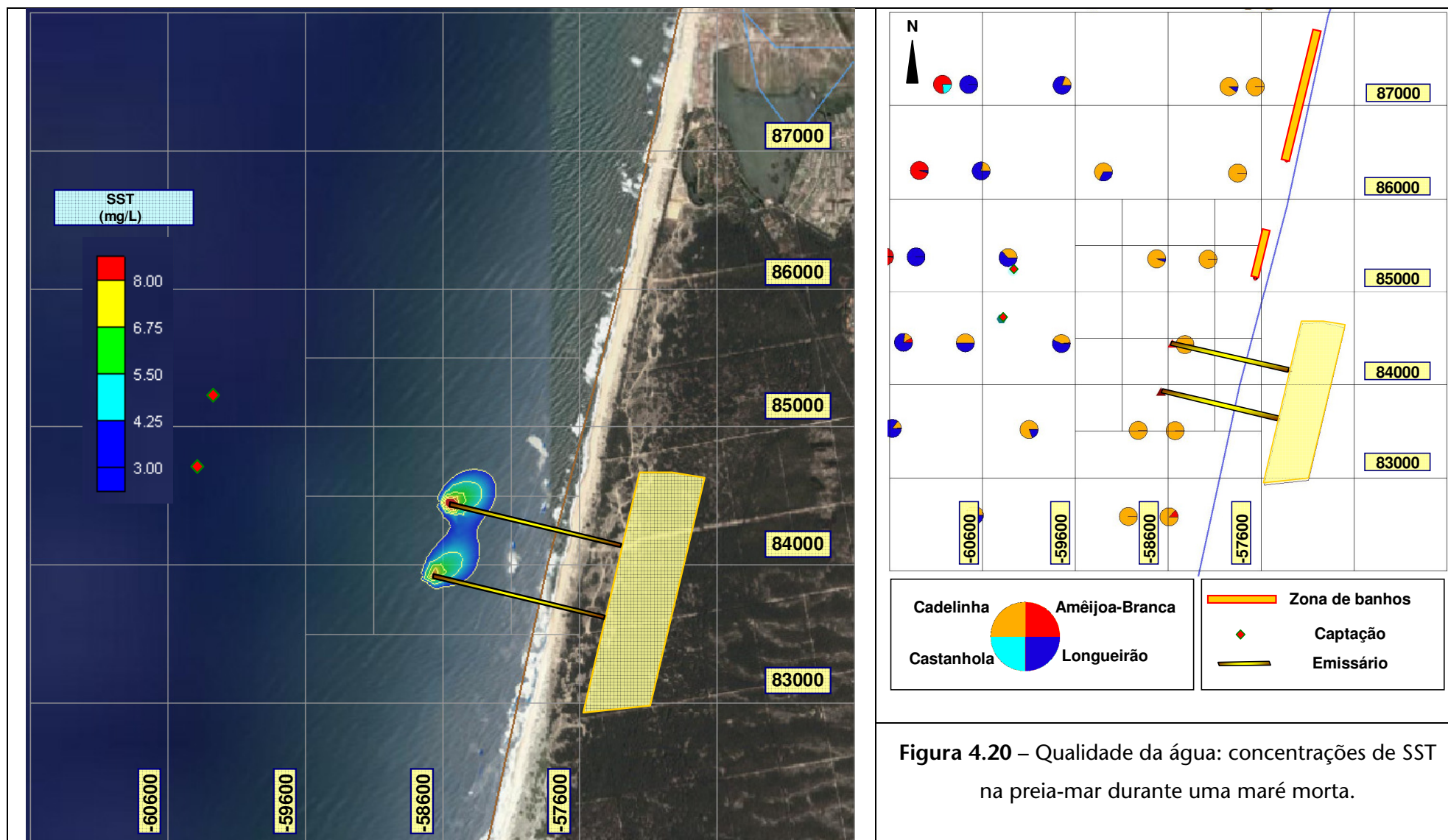
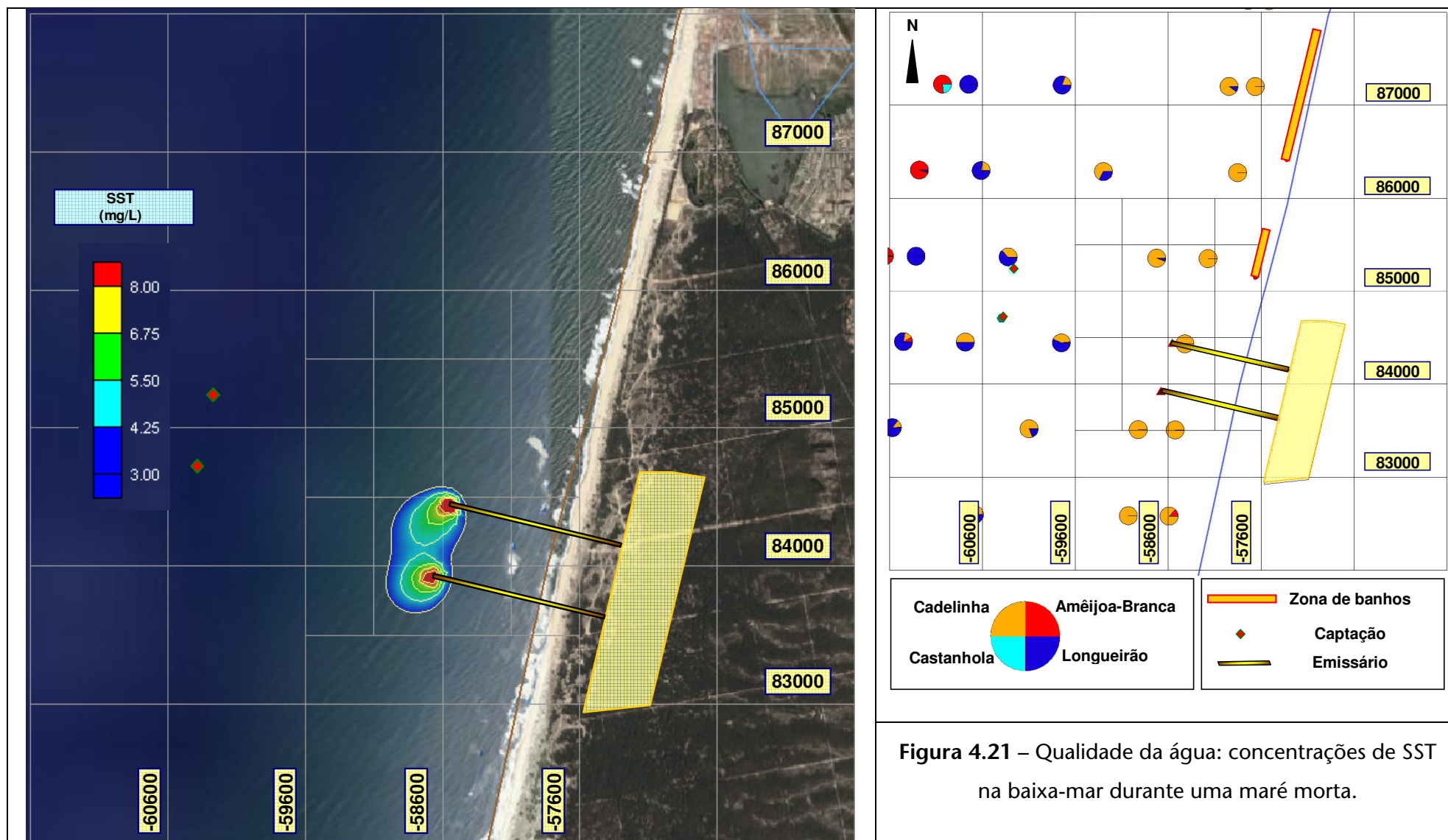


Figura 4.19 – Qualidade da água: concentrações de CT na baixa-mar durante uma maré viva.





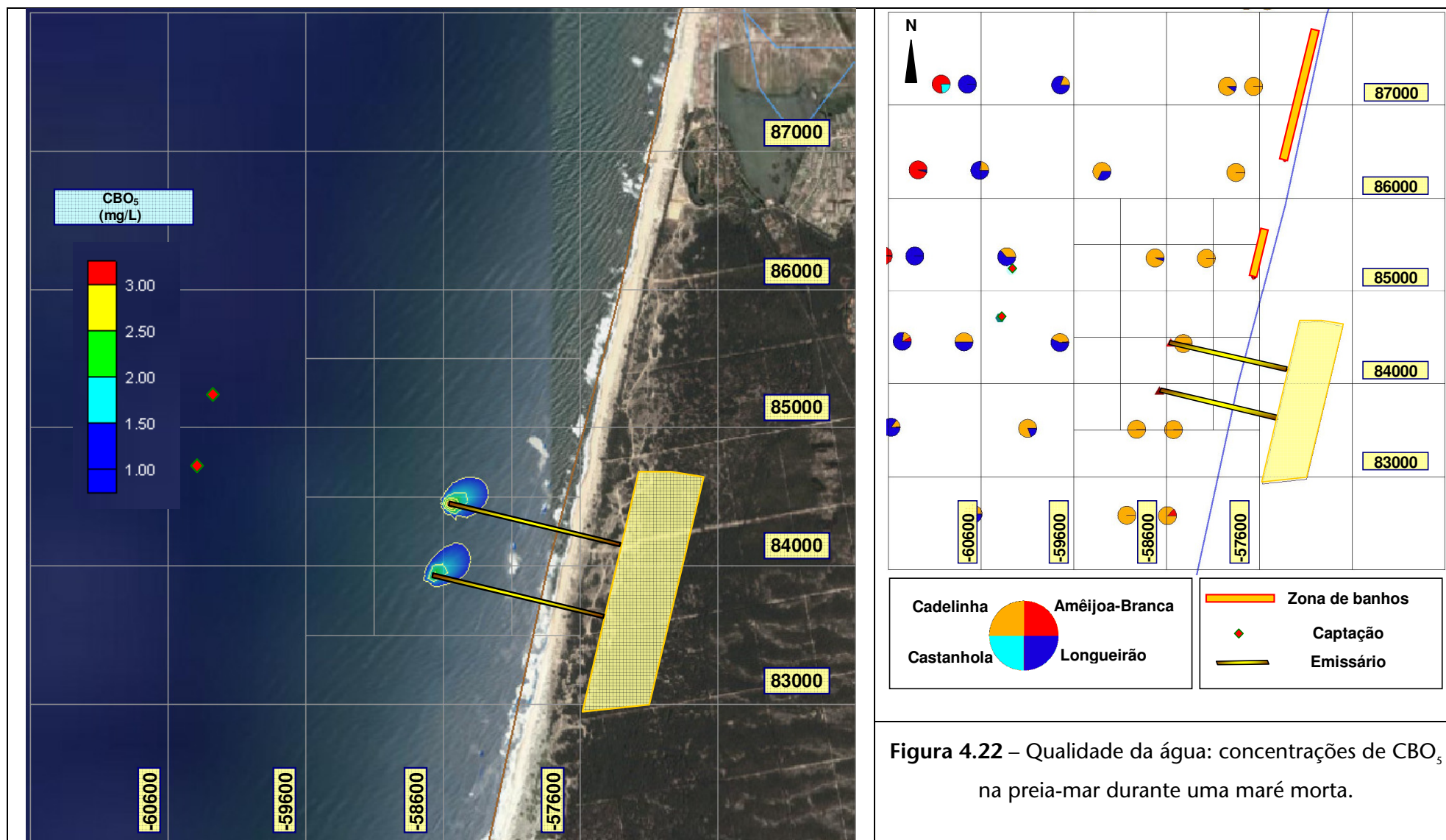
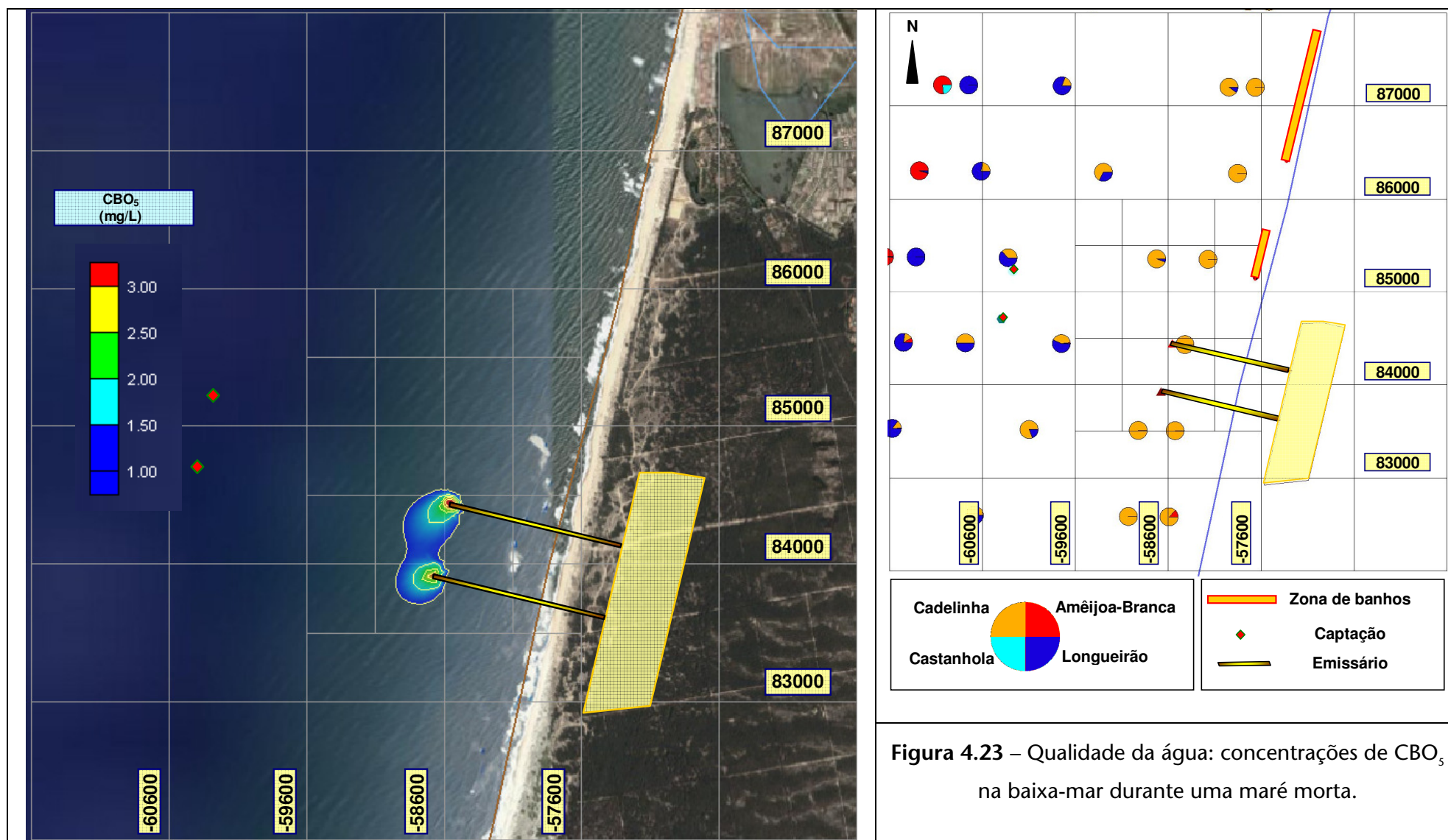
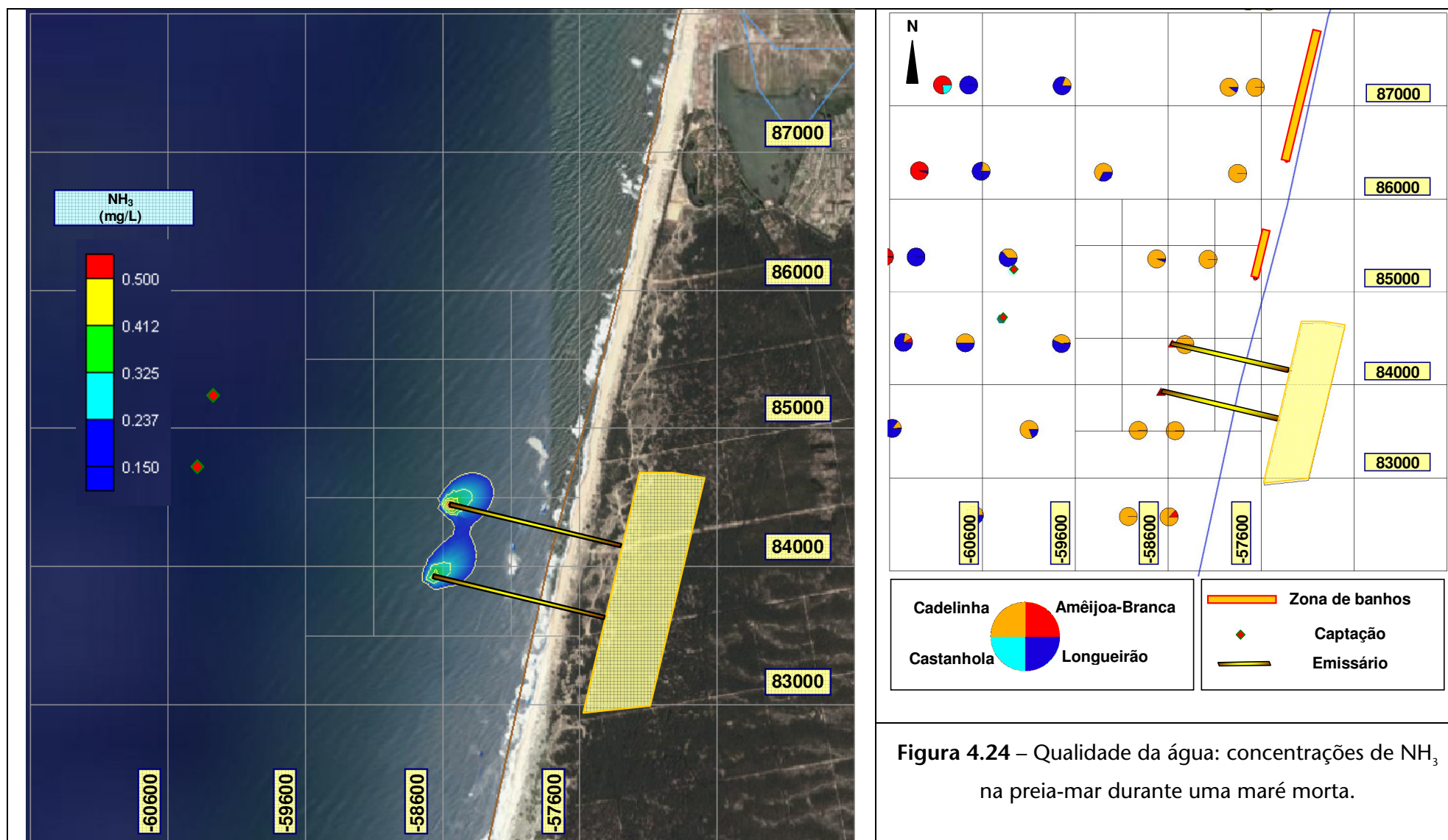
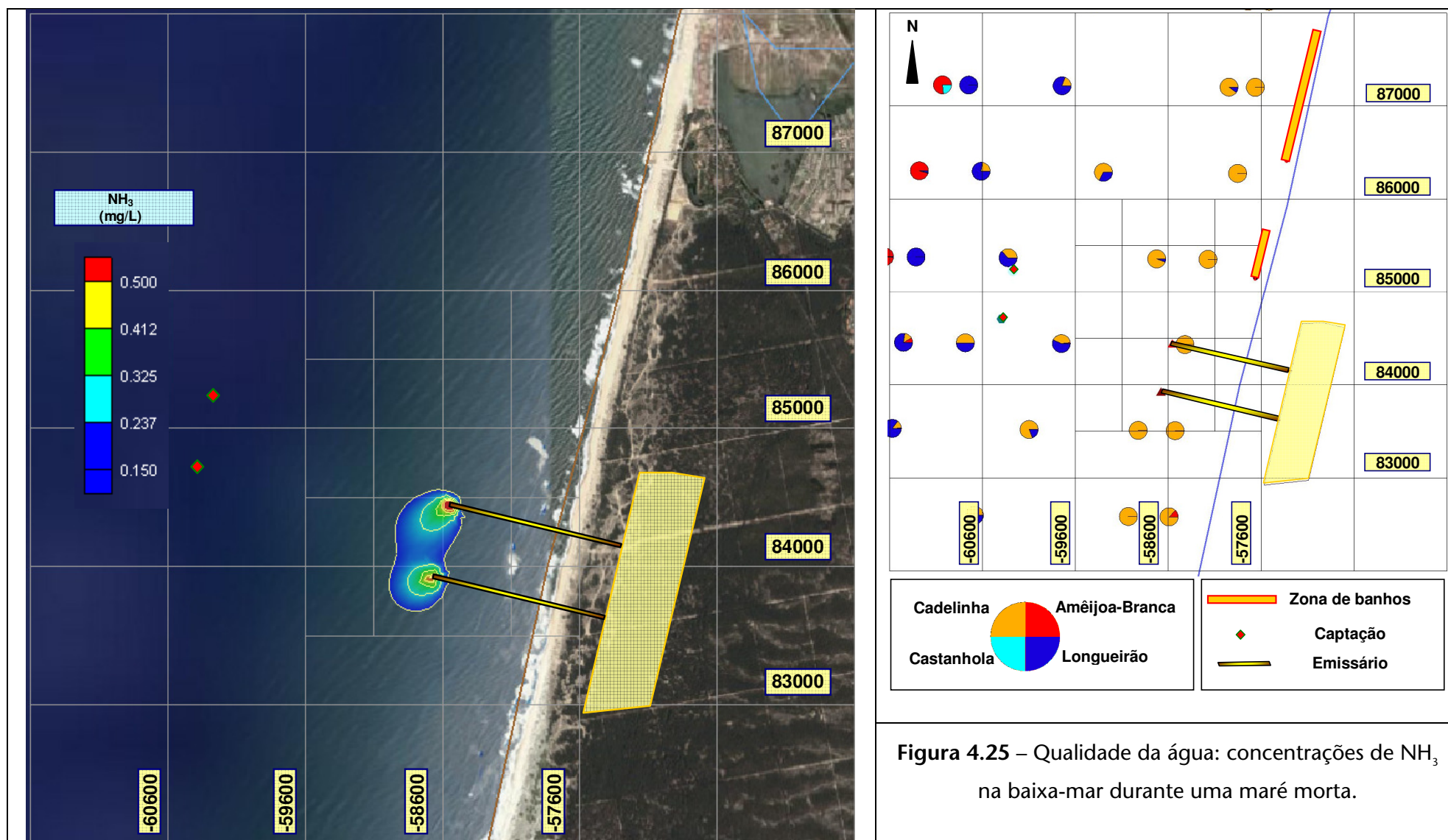
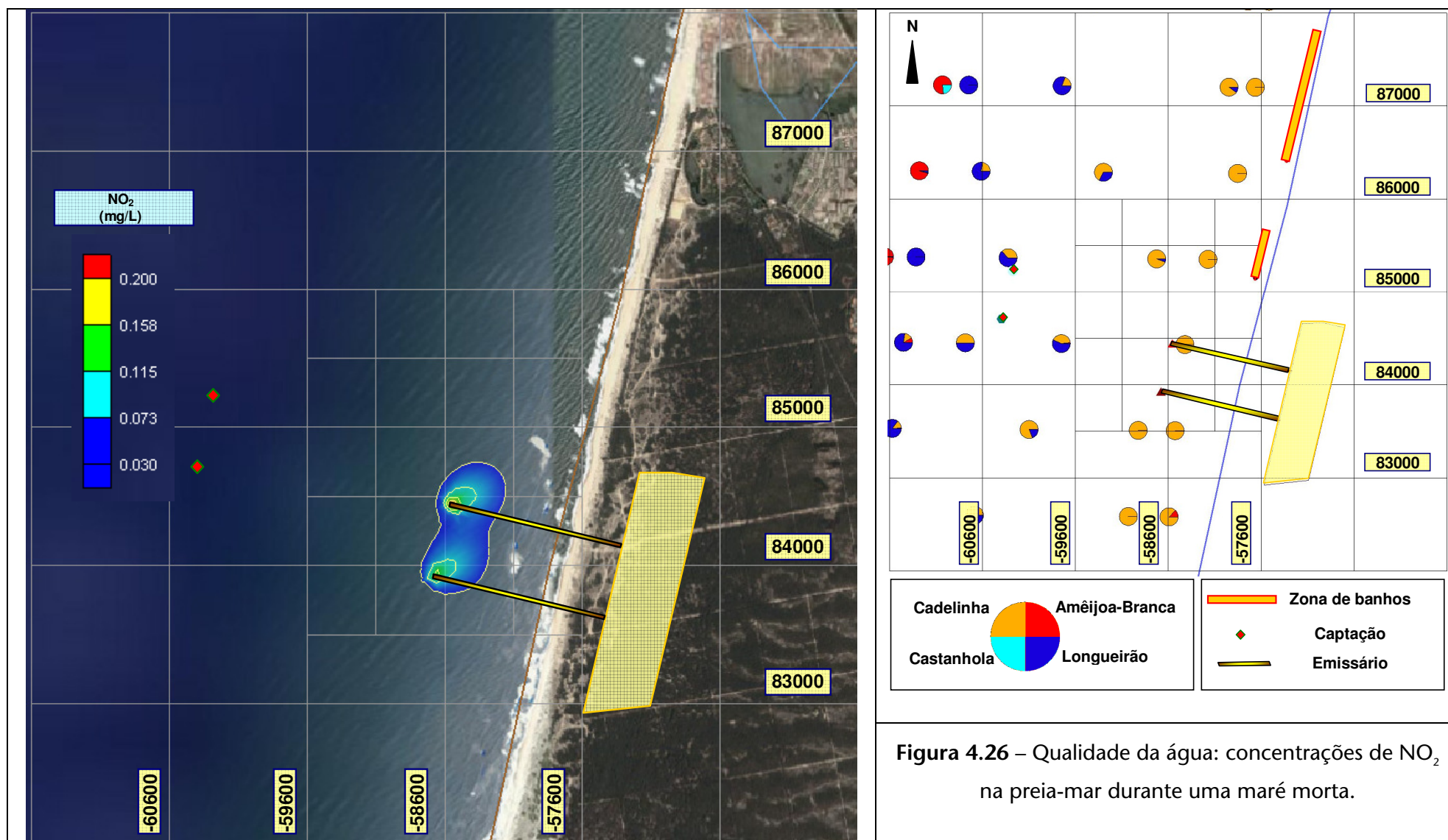


Figura 4.22 – Qualidade da água: concentrações de CBO_5 na preia-mar durante uma maré morta.









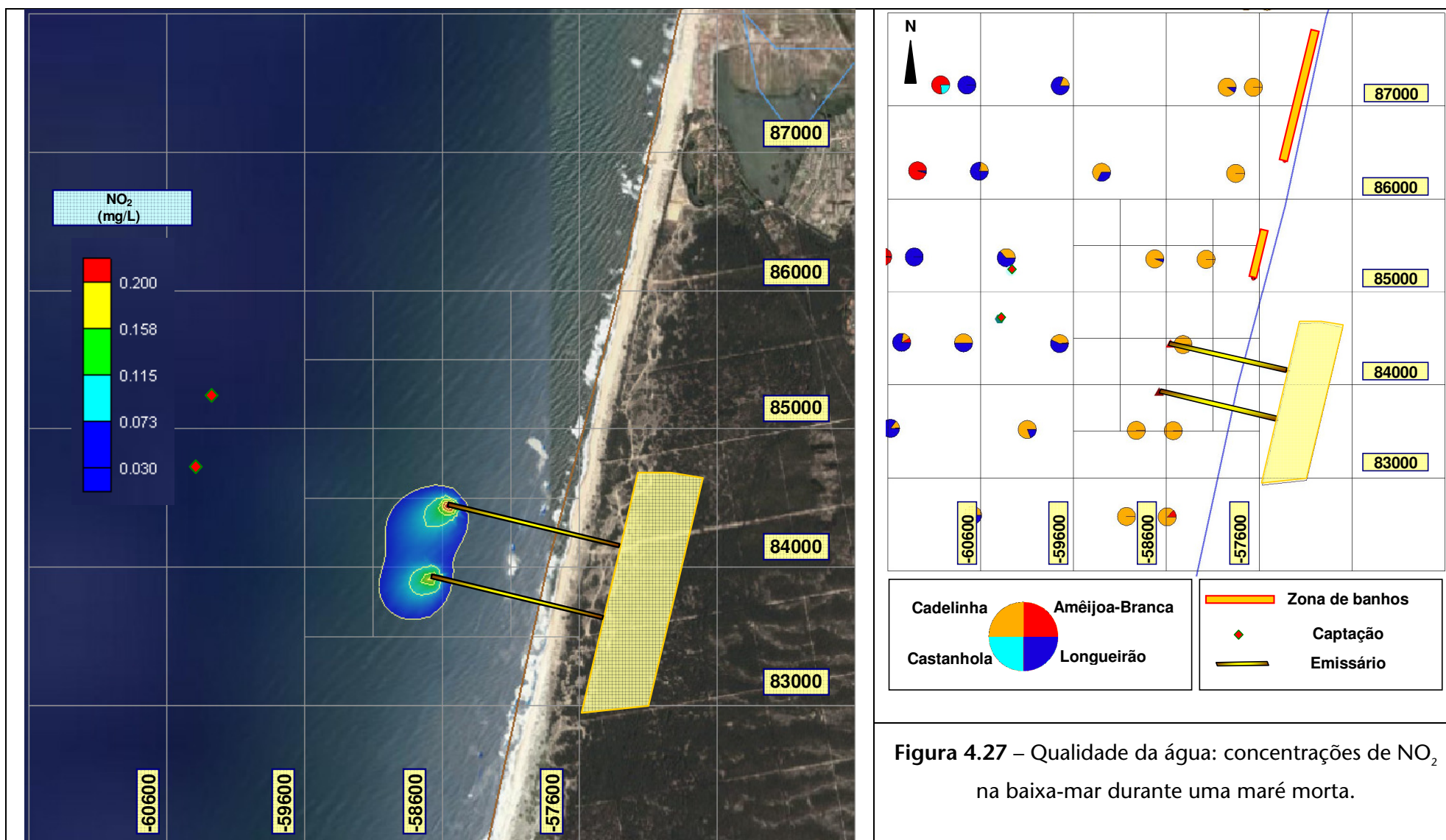
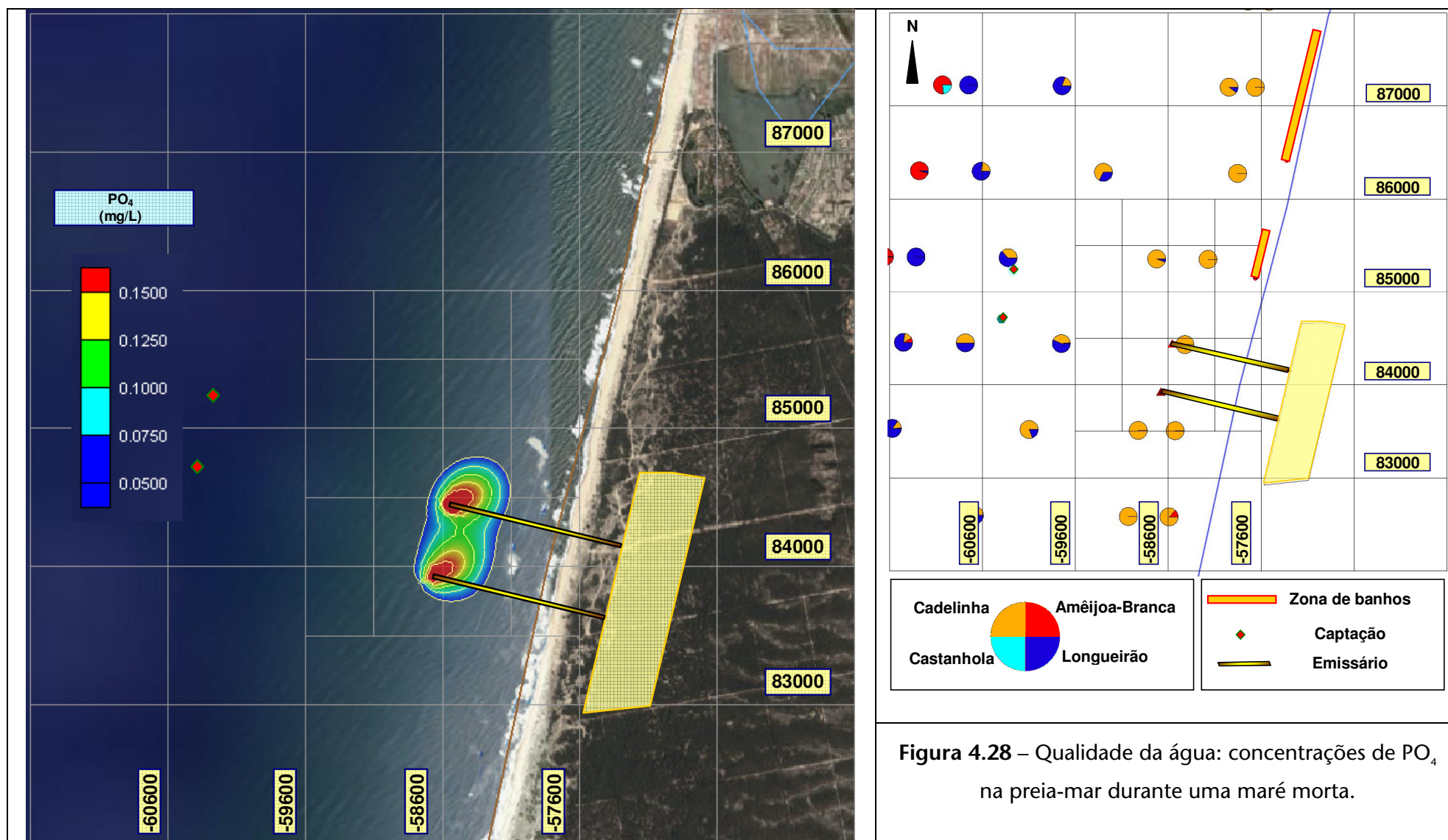


Figura 4.27 – Qualidade da água: concentrações de NO_2 na baixa-mar durante uma maré morta.



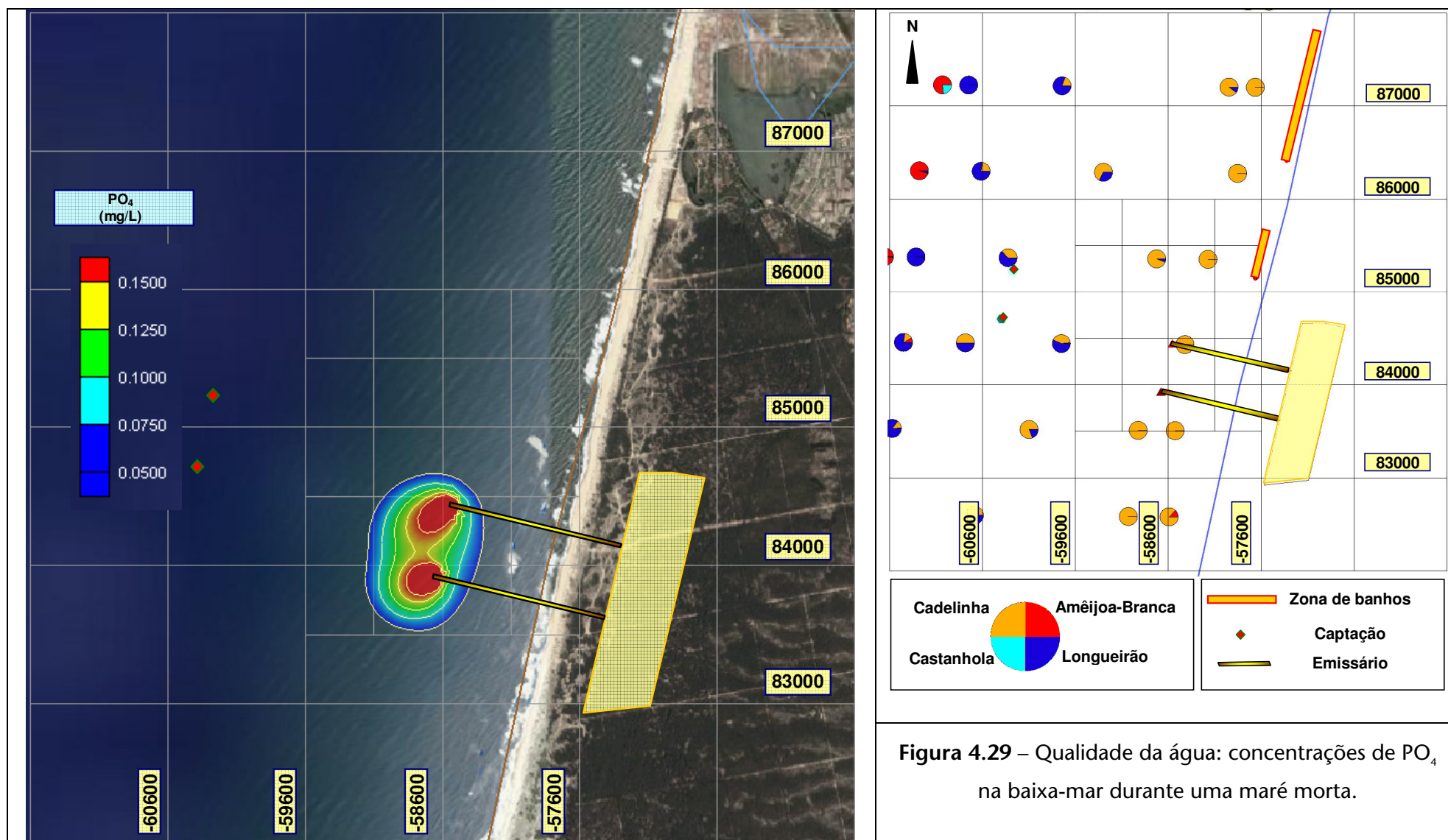
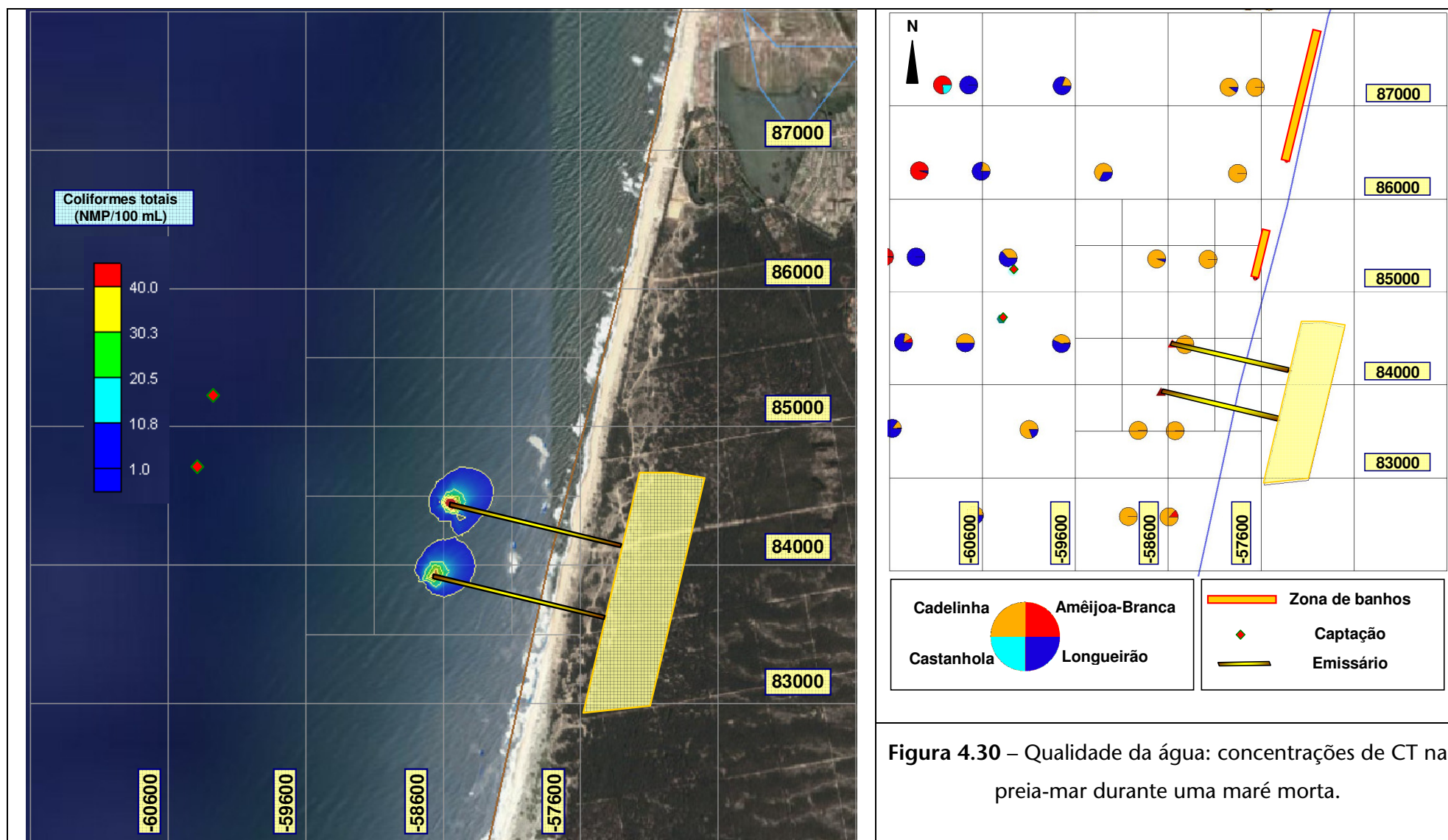
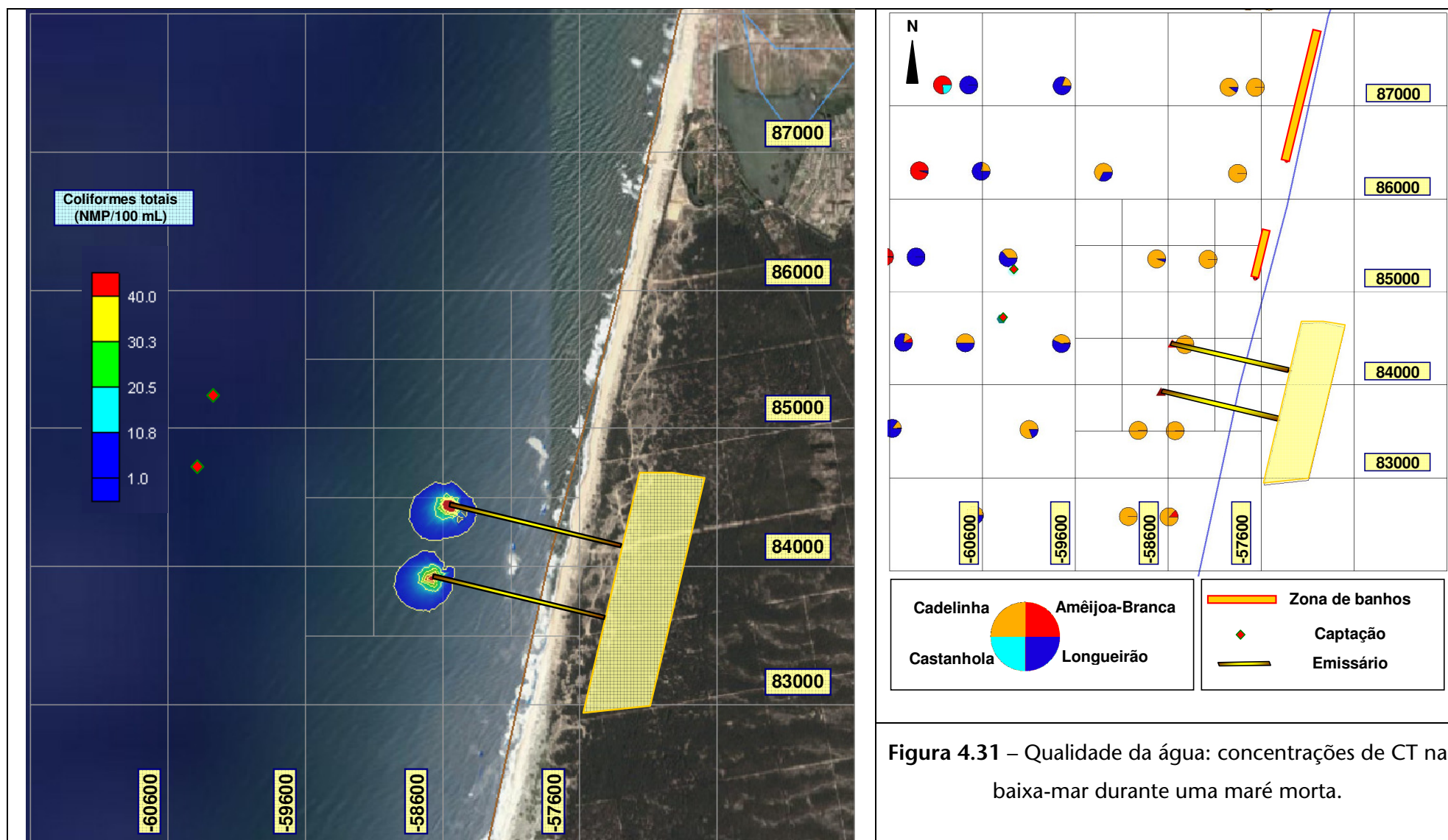


Figura 4.29 – Qualidade da água: concentrações de PO_4 na baixa-mar durante uma maré morta.





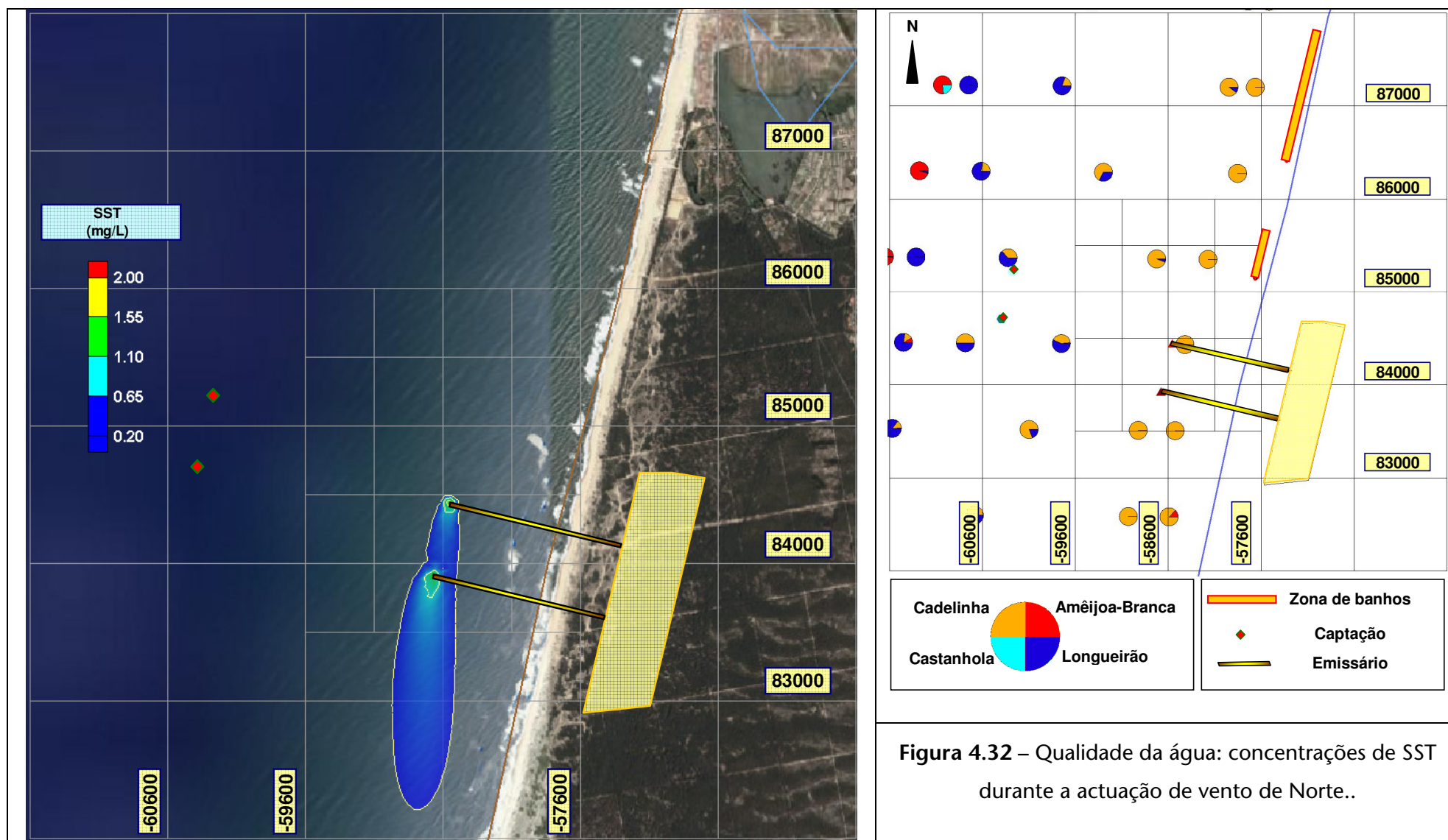
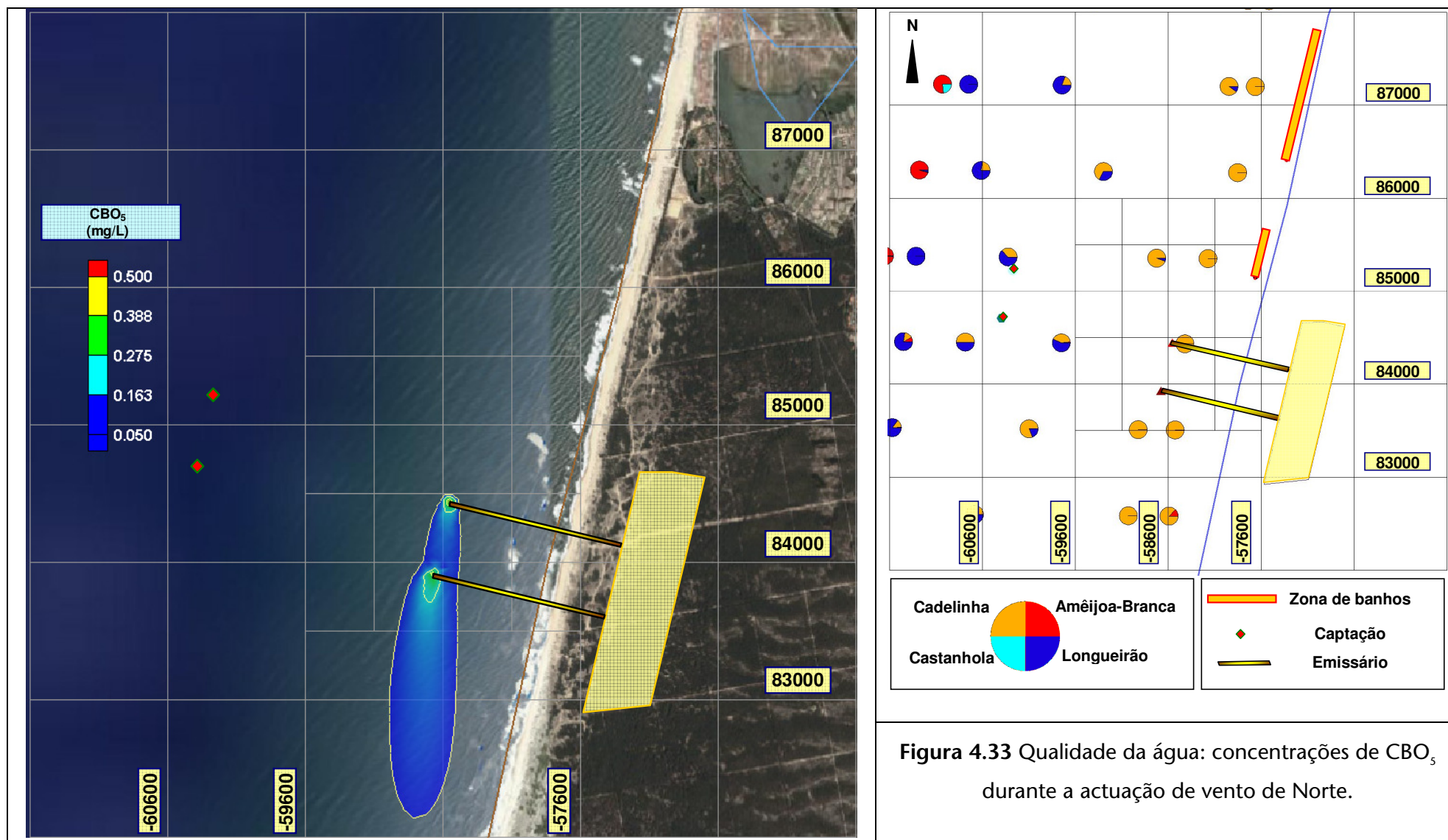
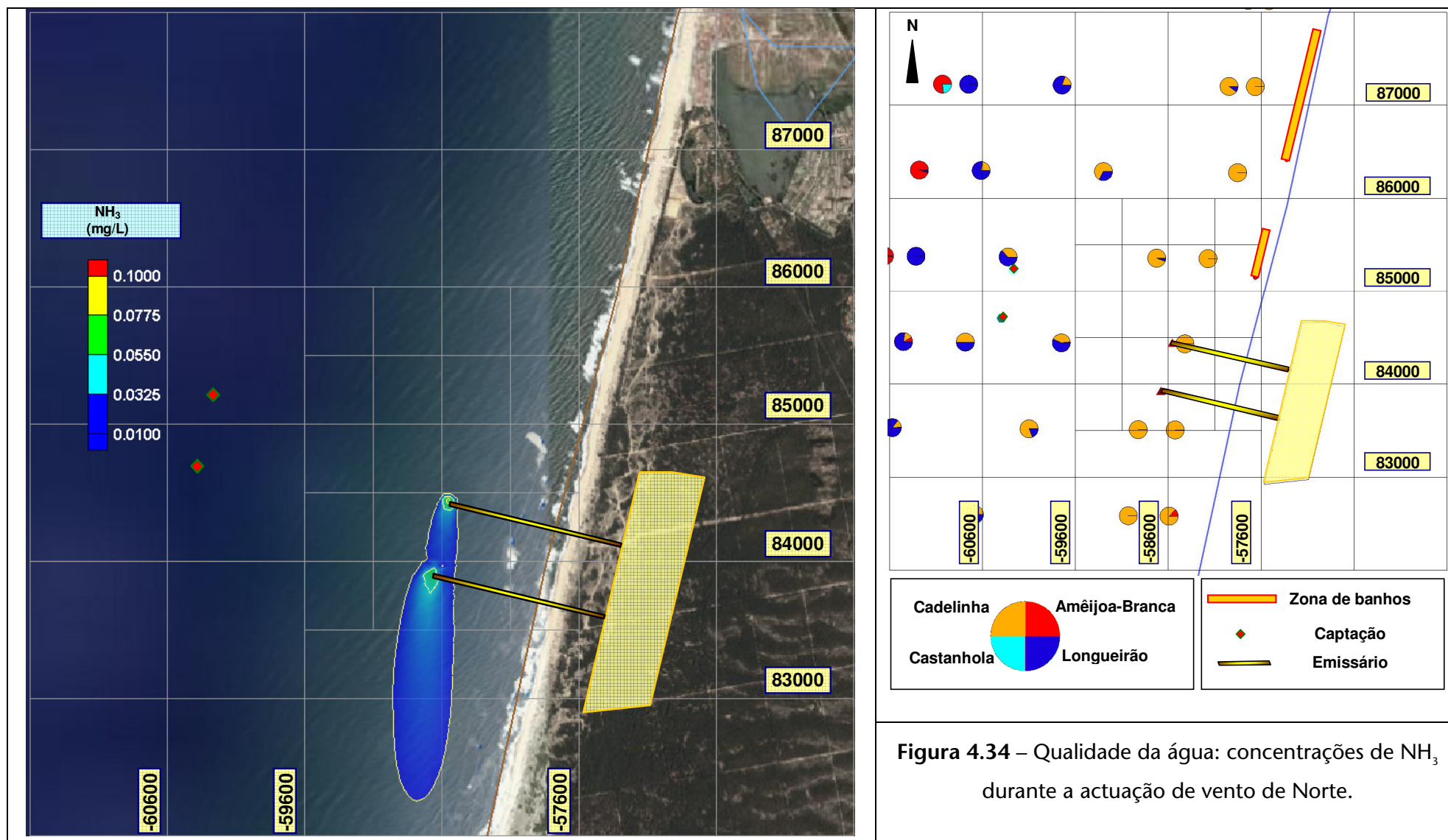


Figura 4.32 – Qualidade da água: concentrações de SST durante a actuação de vento de Norte..





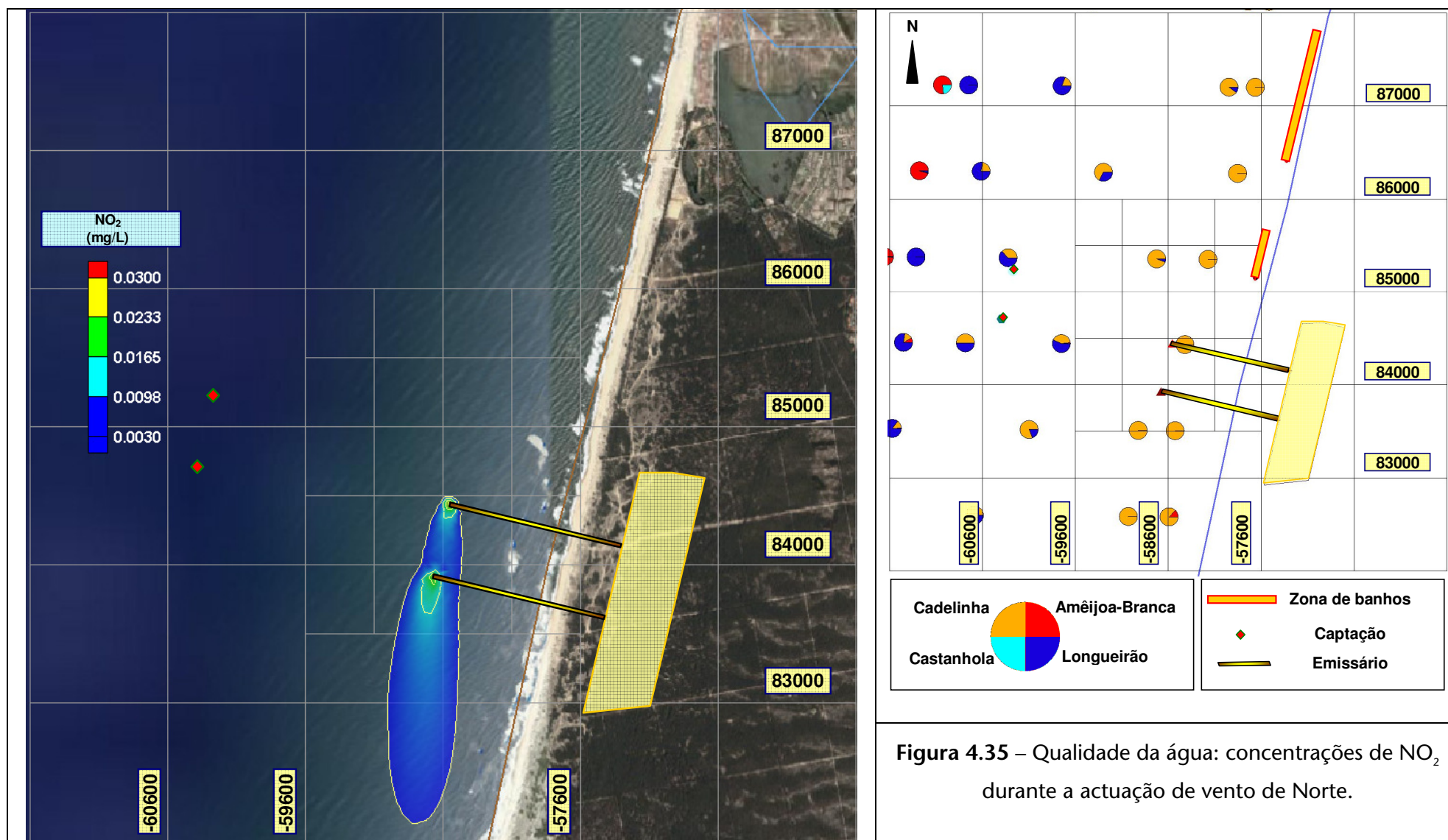


Figura 4.35 – Qualidade da água: concentrações de NO₂ durante a actuação de vento de Norte.

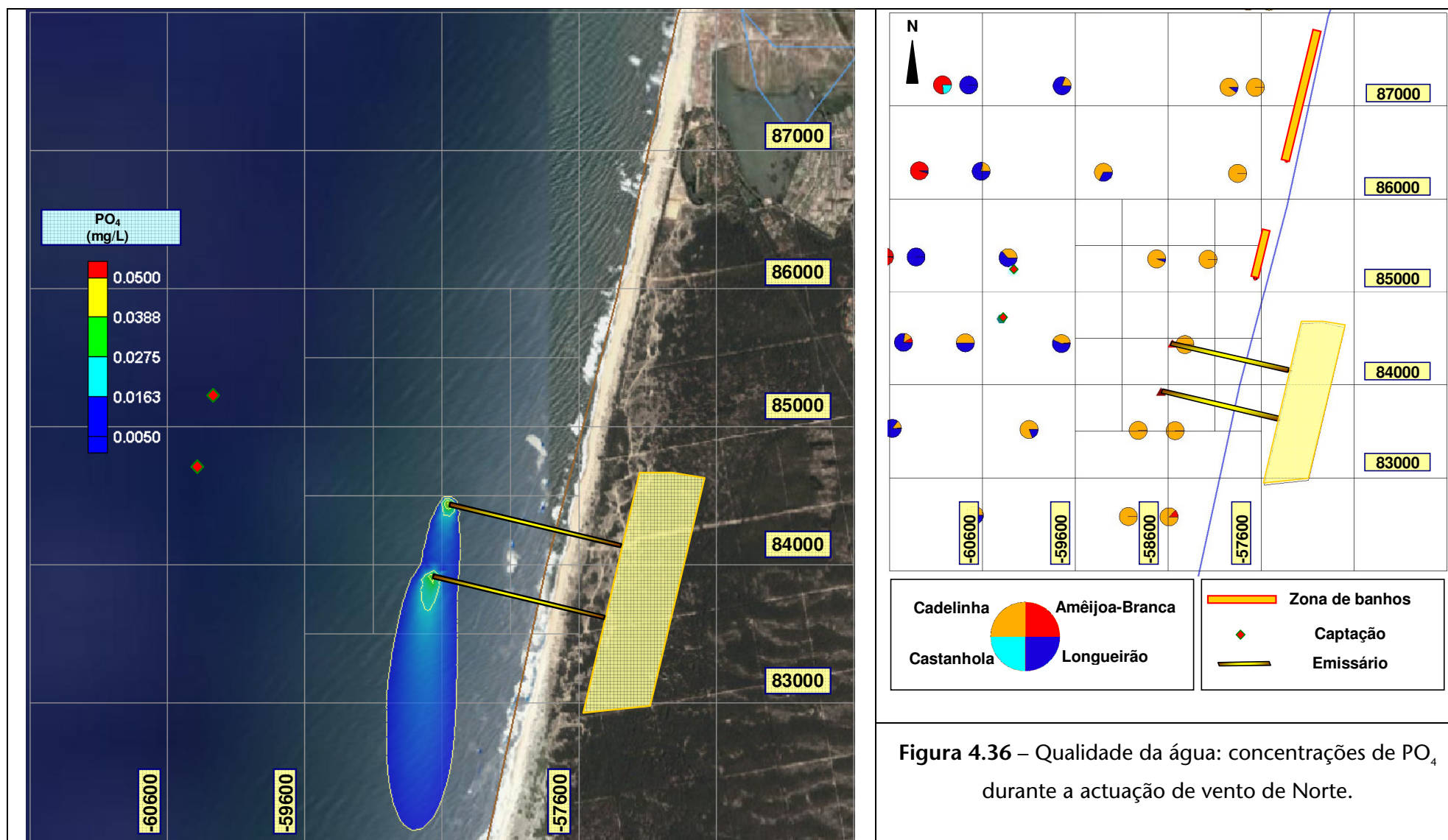


Figura 4.36 – Qualidade da água: concentrações de PO₄ durante a actuação de vento de Norte.

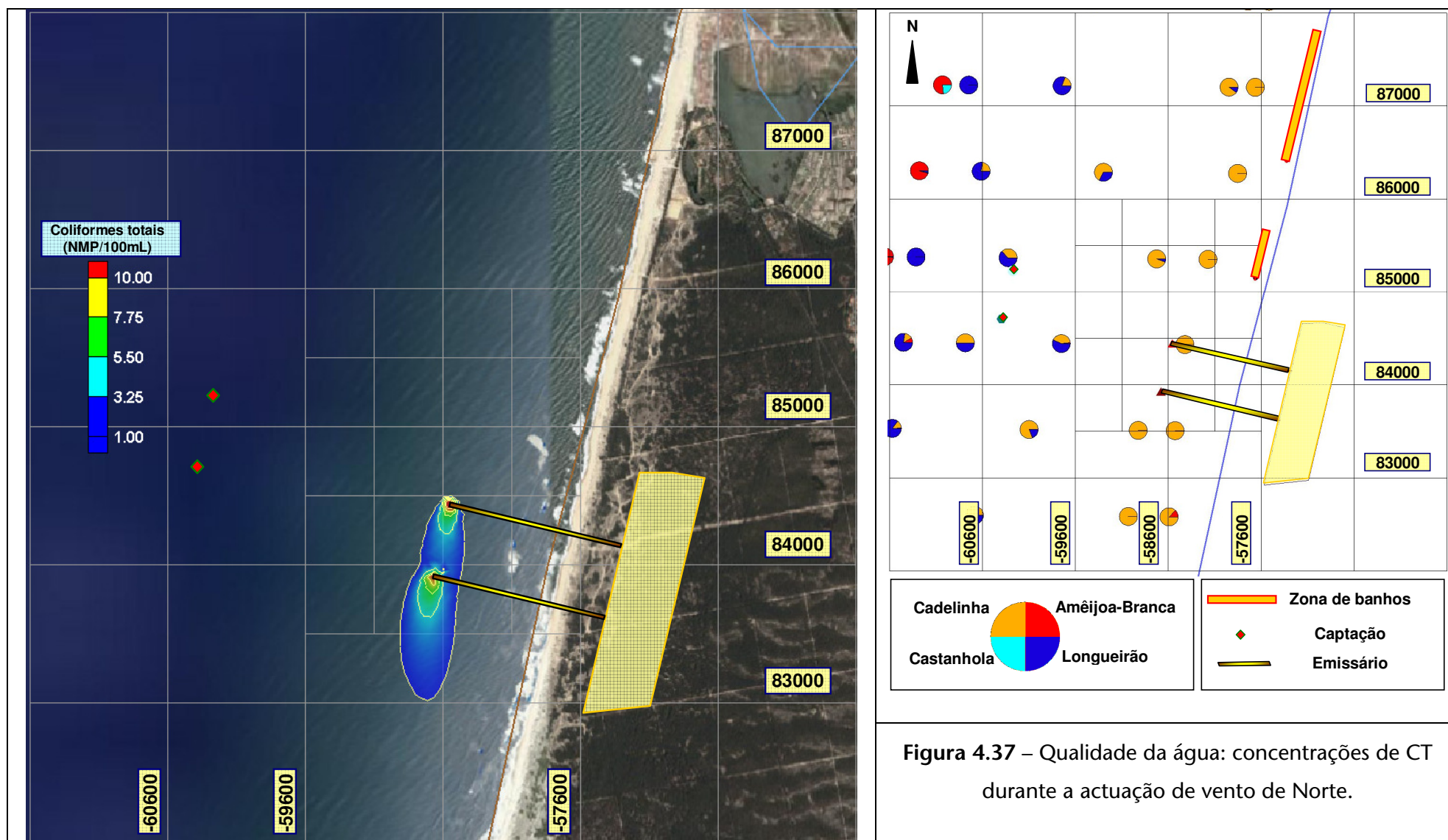


Figura 4.37 – Qualidade da água: concentrações de CT durante a actuação de vento de Norte.

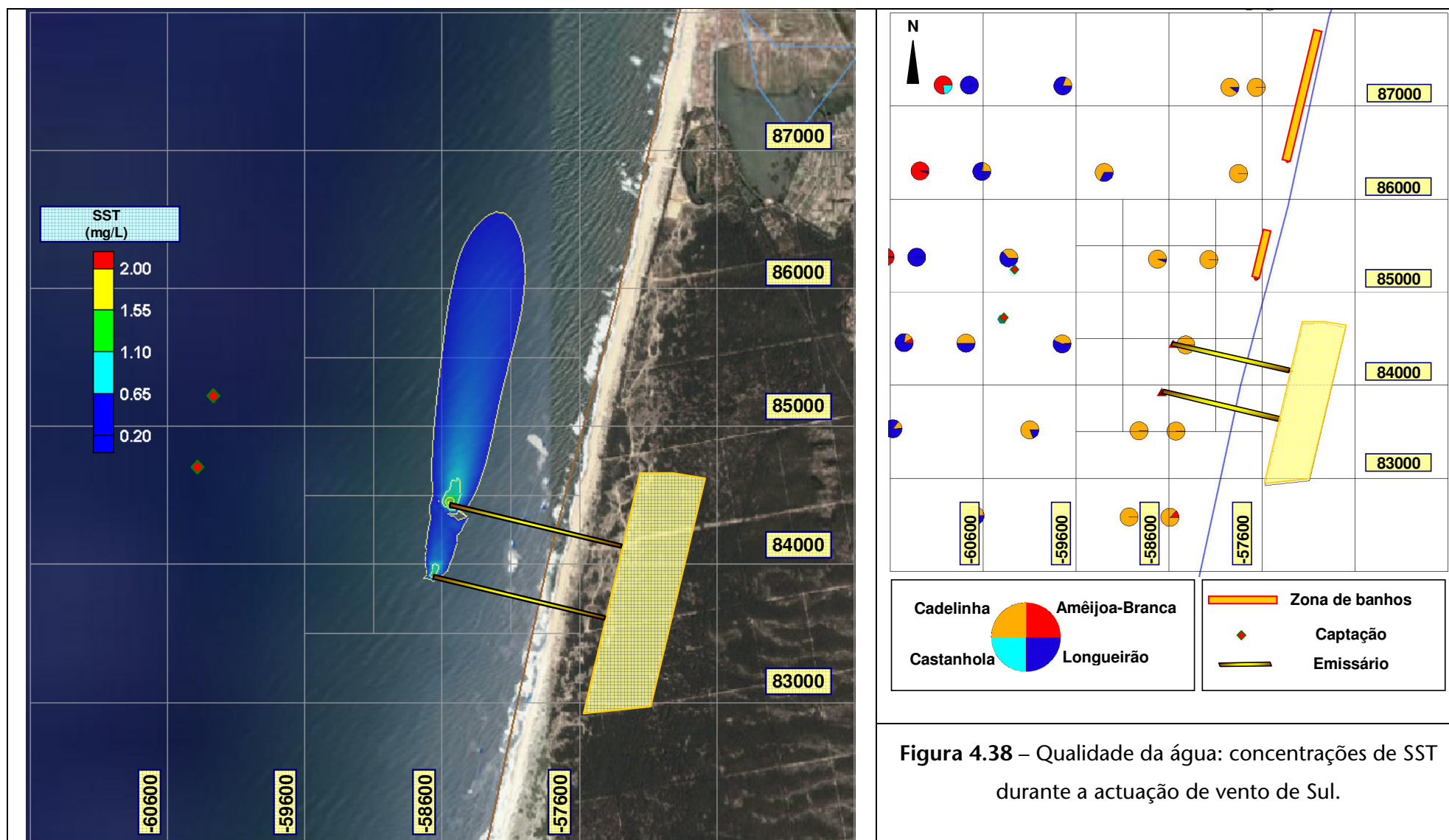


Figura 4.38 – Qualidade da água: concentrações de SST durante a actuação de vento de Sul.

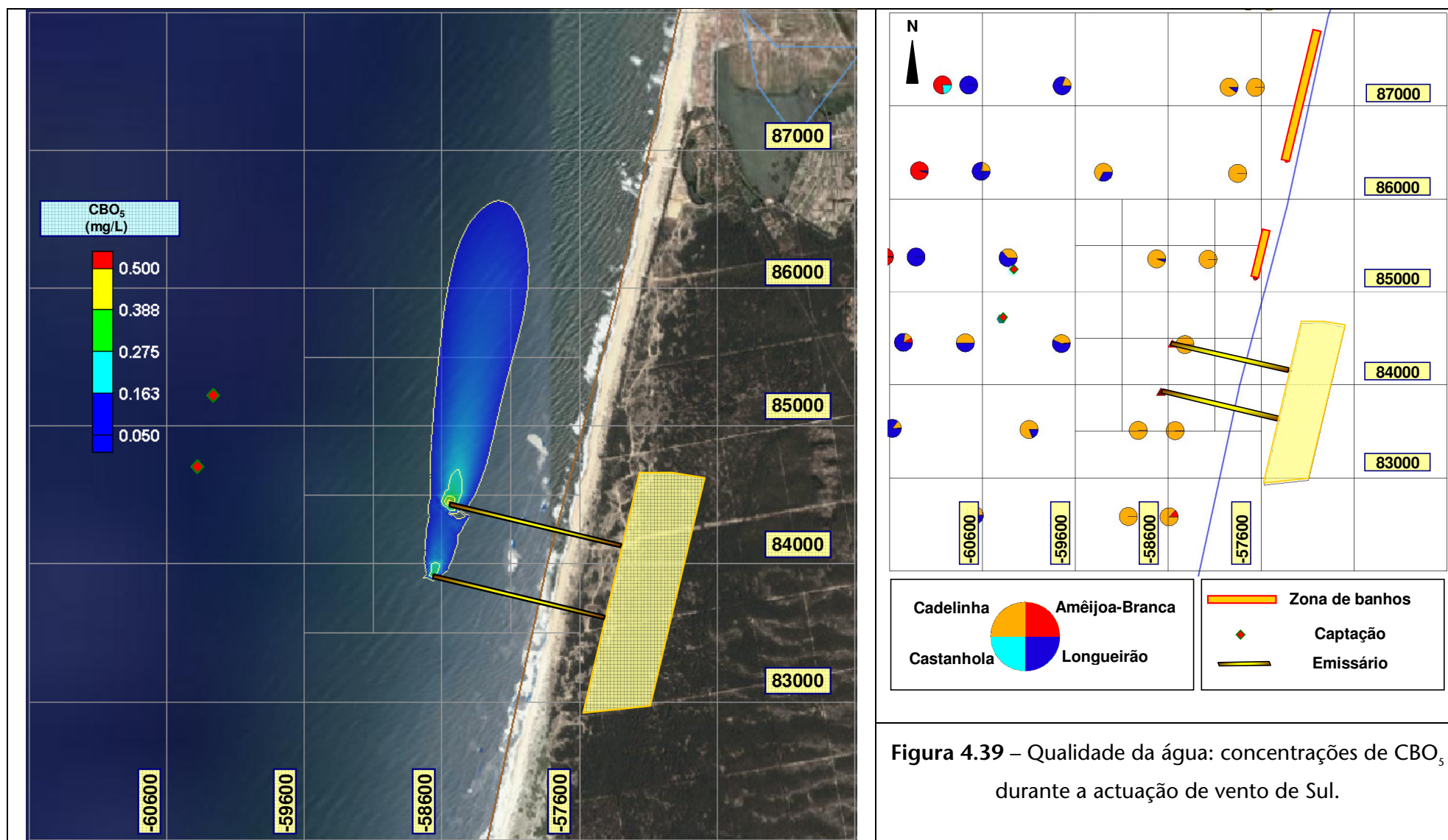
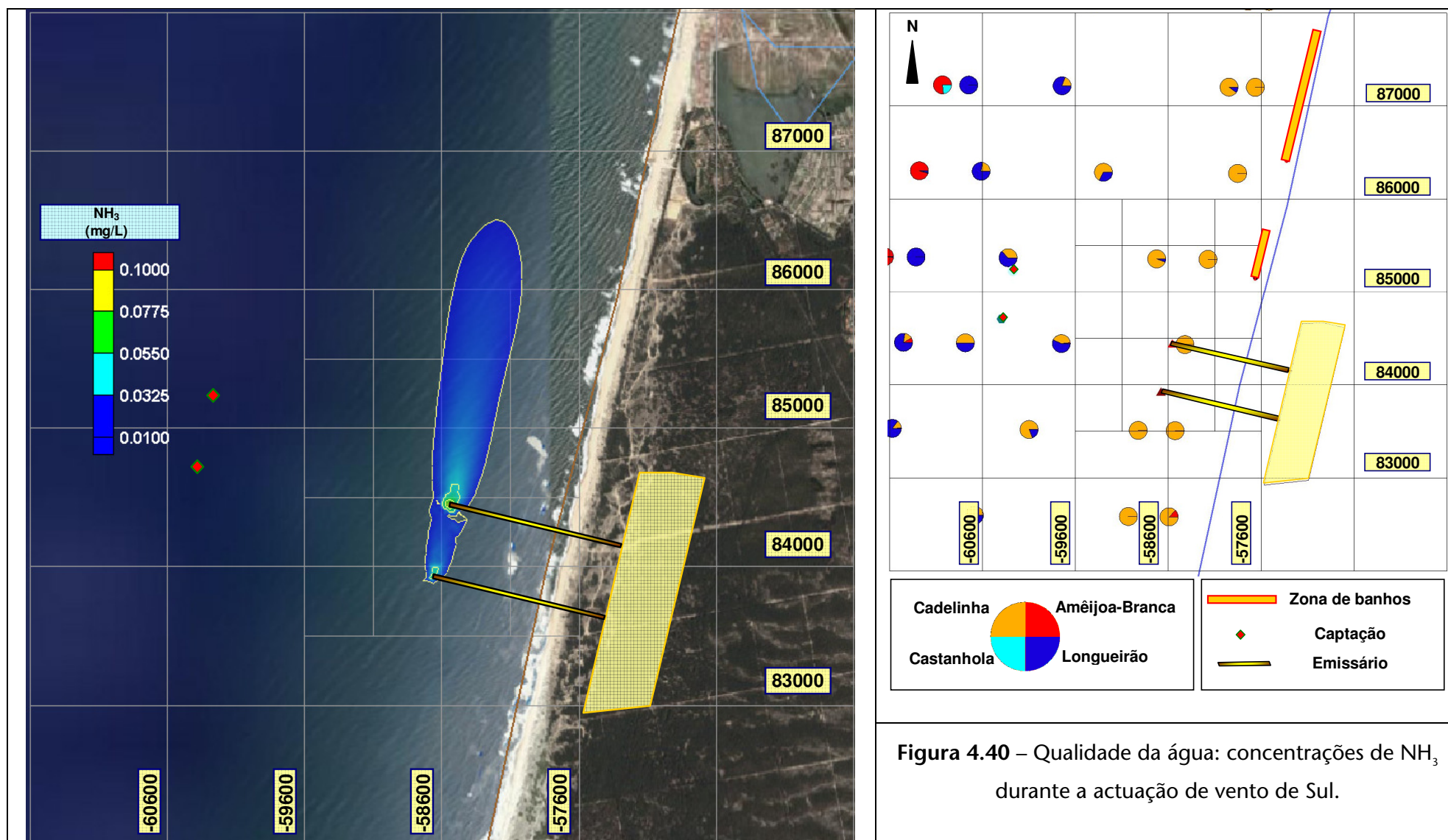
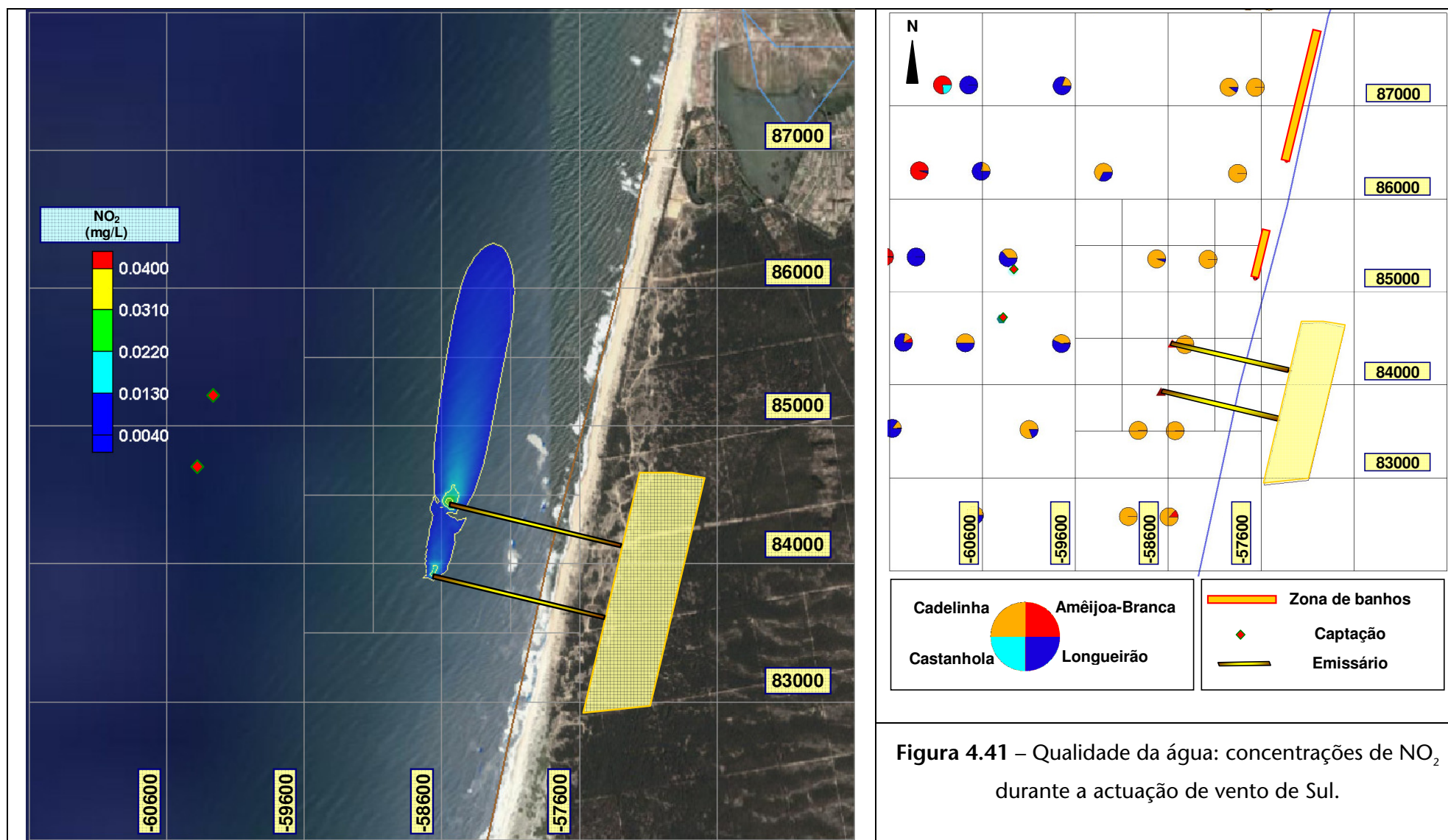


Figura 4.39 – Qualidade da água: concentrações de CBO₅ durante a actuação de vento de Sul.





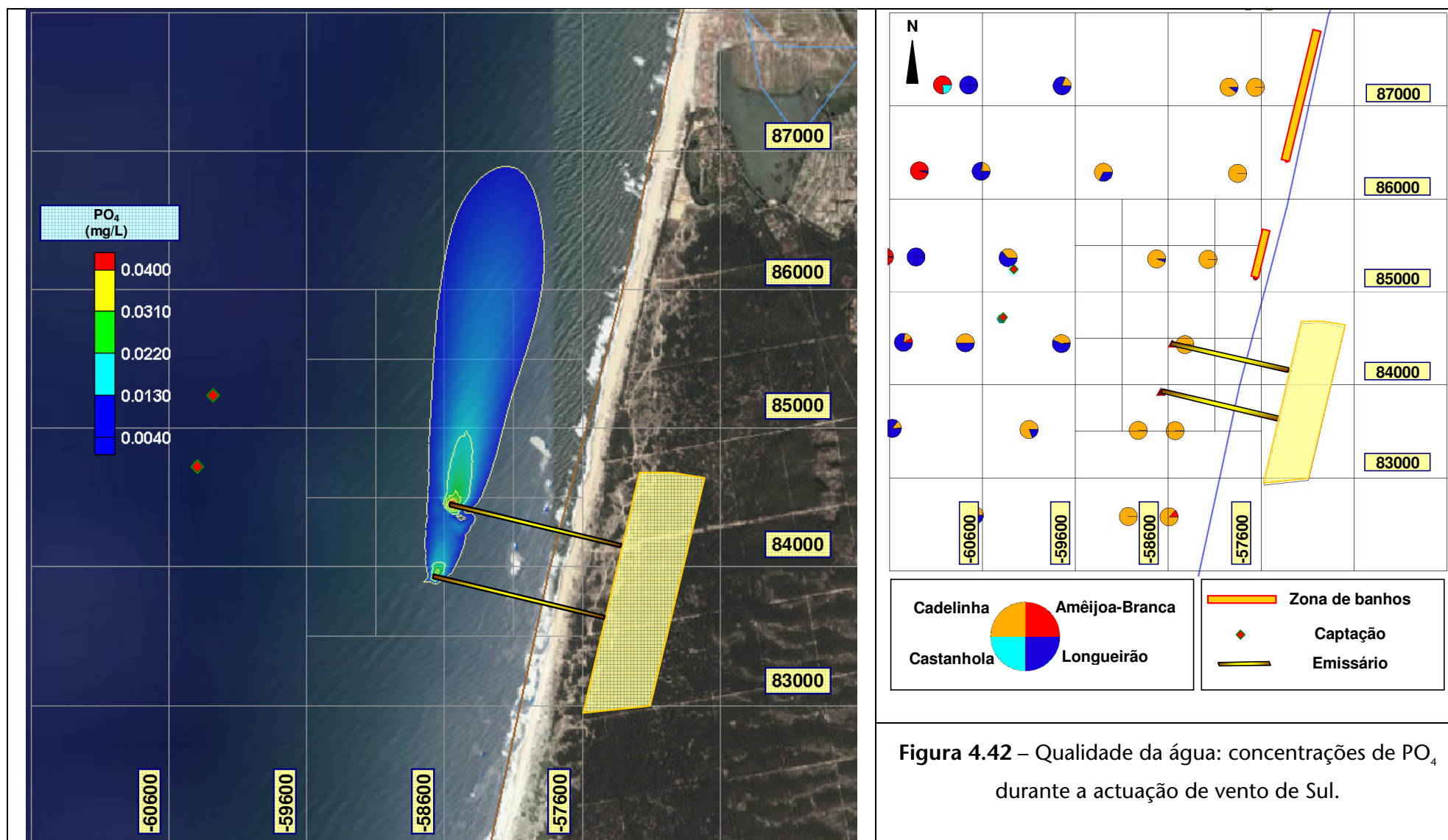
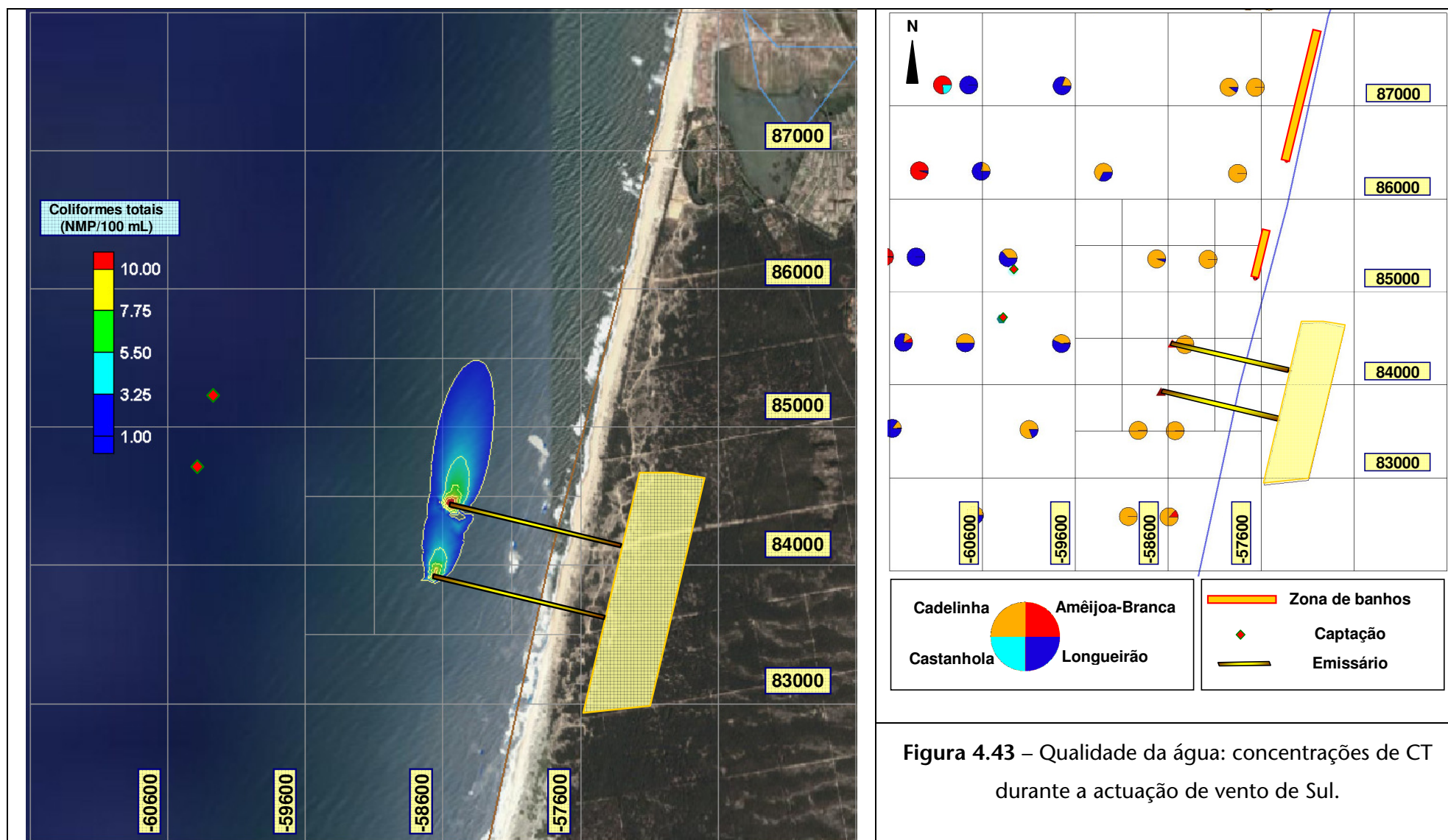


Figura 4.42 – Qualidade da água: concentrações de PO₄ durante a actuação de vento de Sul.



5 CONCLUSÕES

Do estudo realizado podem retirar-se as seguintes principais conclusões:

a) Hidrodinâmica

- Foram avaliadas as características das correntes das águas costeiras na zona prevista para a descarga dos emissários submarinos através de um modelo hidrodinâmico. Durante a ocorrência de marés vivas, as velocidades máximas variam entre 5 cm s^{-1} e 8 cm s^{-1} com sentido de SW para NE durante a enchente, invertendo-se este sentido durante a vazante. Junto da linha de costa, as correntes apresentam-se paralelas a esta linha. Nas marés mortas, os sentidos das correntes mantêm-se iguais aos verificados para marés vivas mas as intensidades diminuem para valores de 2 cm s^{-1} a 4 cm s^{-1} .
- As correntes geradas pela acção de ventos com rumos dos quadrantes de norte atingem intensidades máximas para o vento de N, obtendo-se valores da ordem de 25 cm s^{-1} . Estes valores baixam para cerca de 15 cm s^{-1} para ventos de NE e de NW. Durante a actuação de ventos dos quadrantes de N as correntes apresentam uma direcção de N para S, sendo paralelas à linha de costa na sua proximidade. Para os ventos com rumos dos quadrantes de sul atingem-se valores máximos de cerca de 30 cm s^{-1} quando o vento actua de S. Para rumos de SE e SW obtêm-se valores de 20 cm s^{-1} e 15 cm s^{-1} , respectivamente, passando o sentido das correntes a ser, neste caso, de S para N. As correntes geradas por ventos de W e E apresentam intensidades pequenas, inferiores a 3 cm s^{-1} .

b) Qualidade da água

- As características do efluente da unidade de produção aquícola (quadro 3.1), consideradas representativas para este estudo apresentam parâmetros com valores que satisfazem os limites de emissão estabelecidos na legislação em vigor (Quadro 2.5).
- Em todas as simulações realizadas obtiveram-se valores para a concentração de coliformes totais inferiores aos que são estabelecidos na legislação em vigor para águas para fins balneares.
- As plumas dos emissários não afectam os bancos de amêijoas-brancas, longueirão e castanhola, de acordo com a distribuição resultante da amostragem do IPIMAR na zona de Mira.

- Na região delimitada pelas coordenadas 83500 a sul, 85000 a norte e 59100 a oeste, a classificação de águas para fins aquícolas poderá ser inviabilizada no caso das águas receptoras apresentarem concentrações em sólidos em suspensão inferiores a 10 mg/L.
- Neste estudo foram simulados os comportamentos de seis variáveis indicadoras da qualidade da água (SST, CBO_5 , NH_3 , NO_2 , PO_4 e CT) em quatro diferentes cenários hidrodinâmicos: maré viva, maré morta, vento de N e vento de Sul.
- Para as condições adoptadas nas diversas simulações verifica-se que, durante a ocorrência de marés vivas e em situação de preia-mar (situação mais desfavorável), as plumas não atingem a linha de costa. Por outro lado, as concentrações obtidas para a generalidade dos parâmetros simulados são da ordem de grandeza das concentrações normais para águas marinhas, na maior parte da extensão das plumas.
- Nos cenários hidrodinâmicos de actuação do vento de N e de S verifica-se que as concentrações de todas as variáveis simuladas apresentam valores inferiores aos que se obtiveram para os cenários de marés, na ausência de vento. As plumas atingem uma extensão de cerca de 2,5 km para norte e para sul dos locais de descarga.
- Das conclusões precedentes e para as condições consideradas no presente estudo, não se antecipam impactos negativos de magnitude significativa em consequência do lançamento dos efluentes produzidos em situação de funcionamento normal da instalação projectada.
- A adopção, neste estudo, de um efluente final com características idênticas às de instalações semelhantes, com o mesmo esquema de tratamento por decantação, constitui uma situação conservativa sob o ponto de vista da descarga. Neste contexto, o funcionamento da instalação de tratamento assume um papel fundamental na garantia da qualidade do efluente descarregado. Obviamente que, a verificarem-se níveis de eficiência de tratamento superiores àquelas que serviram de base ao estudo, poderão atingir-se situações ainda mais confortáveis no que respeita à adequação da descarga no mar.
- A simulação de longo prazo do ciclo de nutrientes requer um conjunto de informação mais vasto relativamente àquele que actualmente está disponível, nomeadamente dados relacionados com a operação da instalação e com a qualidade da água marinha no local de rejeição dos efluentes. Desta forma, considera-se adequada a realização de um programa de monitorização que poderá beneficiar da aplicação dos modelos construídos para este estudo.

