

HYDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL



**HYDRO
SCIENCE**

***Estudos para análise da condição ambiental do sistema
lagunar Piratininga-Itaipu tendo em vista ações para
revitalização e recuperação ambiental***

Biól. Tiago Finkler Ferreira

Contrato SEXEC nº 07/2018

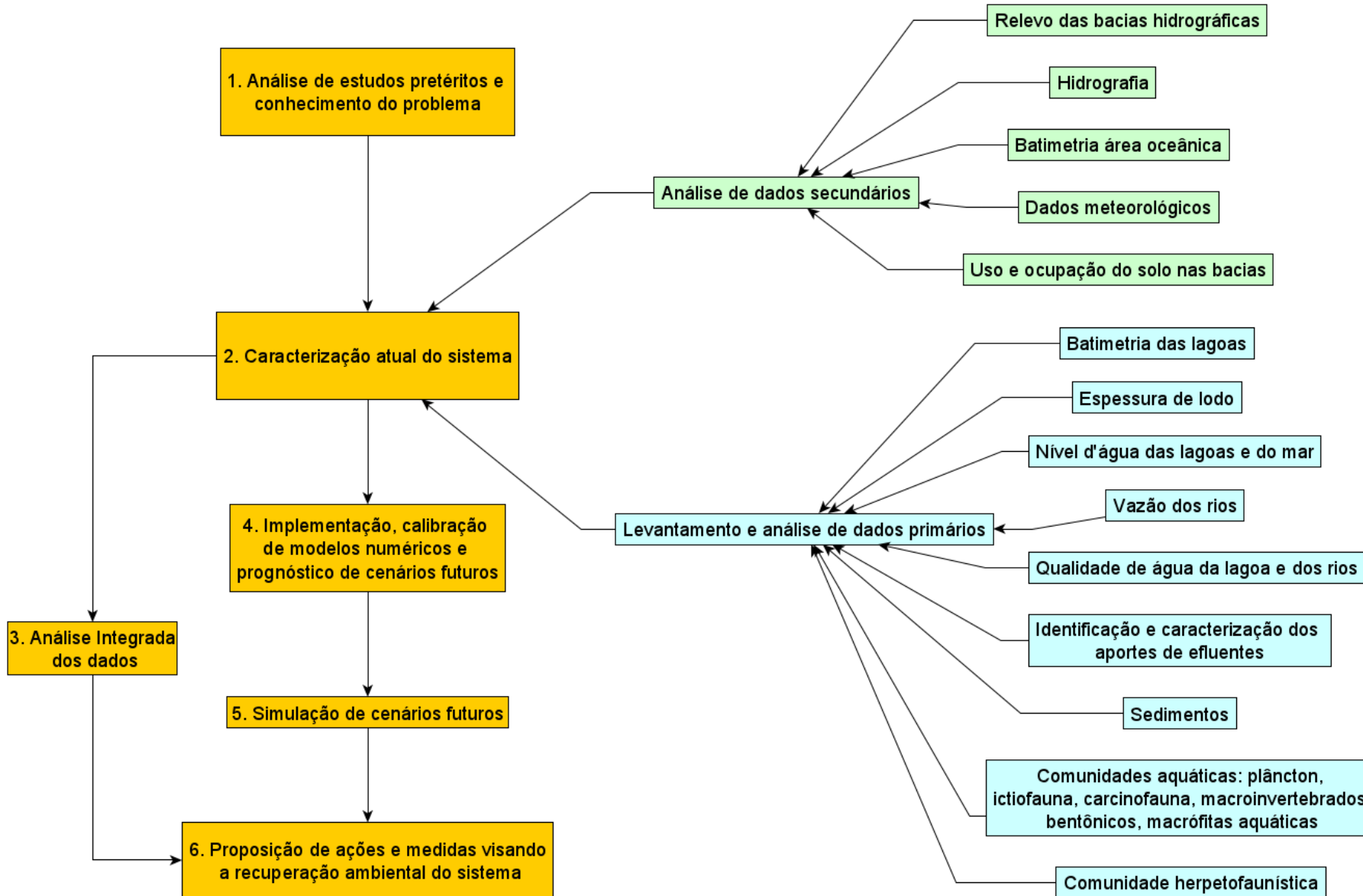
Autorização de pesquisa científica INEA nº 048/2018



“Estudos para análise da condição ambiental do sistema lagunar Piratininga-Itaipu tendo em vista ações para revitalização e recuperação ambiental.”

Objetivos

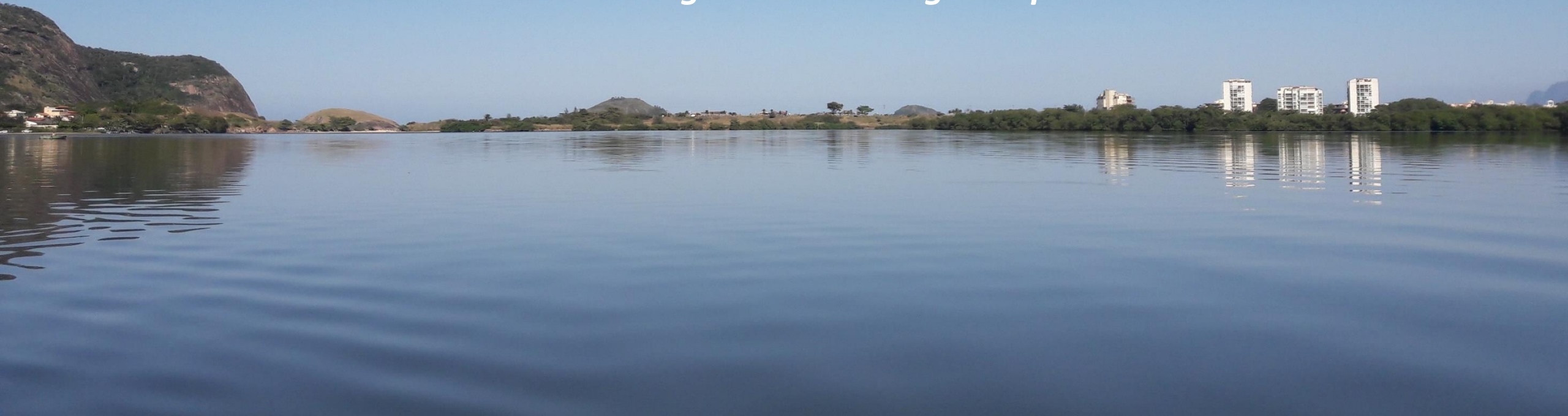
- Avaliar o estado atual das lagoas de Piratininga e Itaipu, dos rios afluentes e das áreas úmidas circundantes, através de monitoramento ambiental e simulações computacionais;
- Propor e estudar, através de simulações computacionais, ações de recuperação da qualidade ambiental do sistema lagunar Piratininga-Itaipu, procurando atender aos usos múltiplos das lagoas;



- **Monitoramento ambiental – atividades e resultados;**
 - A. *Comunidade Planctônica;*
 - B. *Comunidade Bentônica;*
 - C. *Comunidade Ictiofaunística;*
 - D. *Comunidade Herpetofaunística;*
 - E. *Macrófitas Aquáticas;*
 - F. *Monitoramento de sedimentos;*
 - G. *Levantamento de dados hidrológicos;*
 - H. *Qualidade da Água.*
- **Qualidade da água atual X CONAMA 357/2005;**
- **Modelagem computacional:**
 - A. *Resultados do cenário atual;*
 - B. *Modelagem hidrodinâmica – alterações propostas;*
 - C. *Modelagem de Qualidade da Água – cenário atual e futuros;*
- **Ações recomendadas para recuperação ambiental do sistema.**

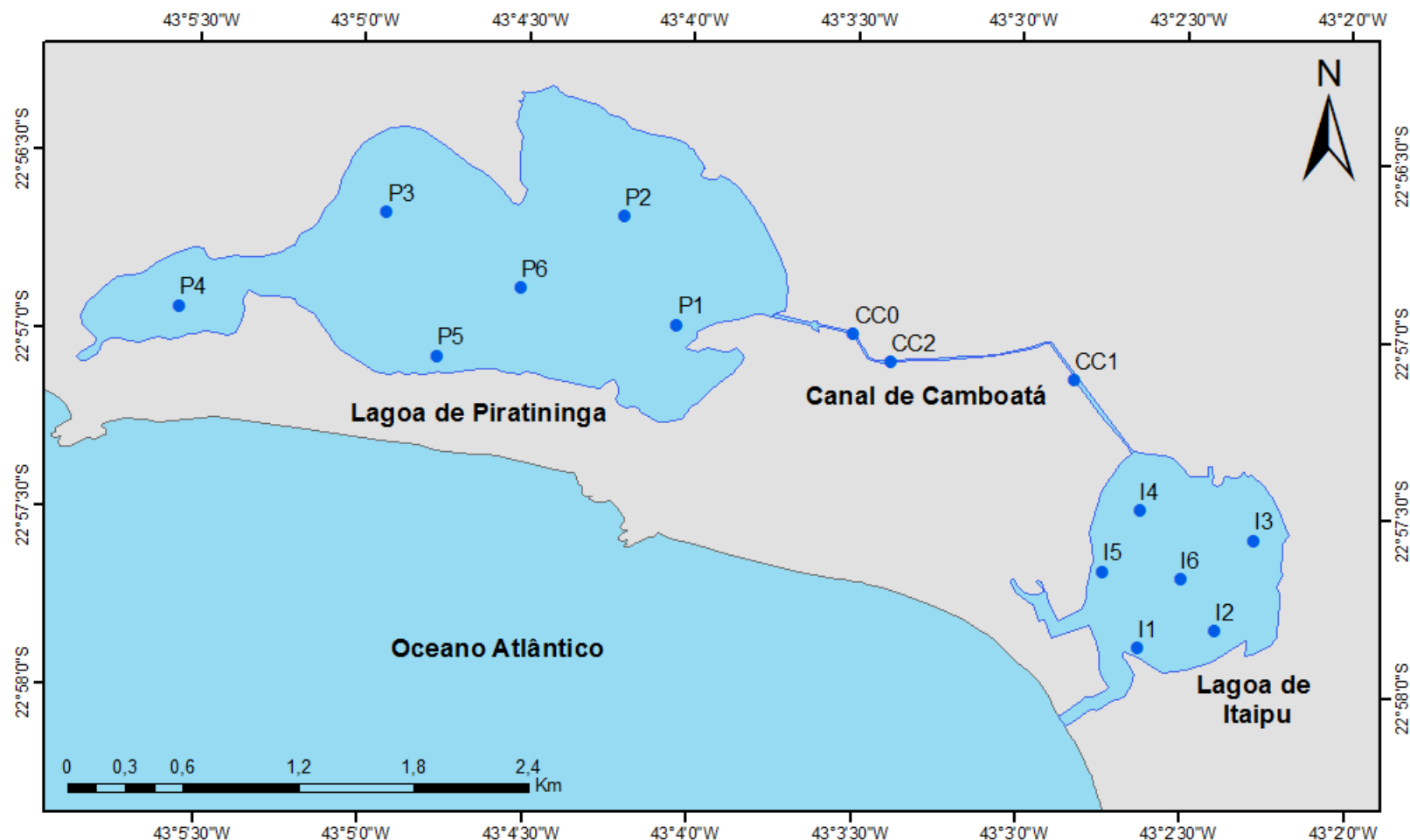
Monitoramento e diagnóstico ambiental

Sistema lagunar Piratininga-Itaipu



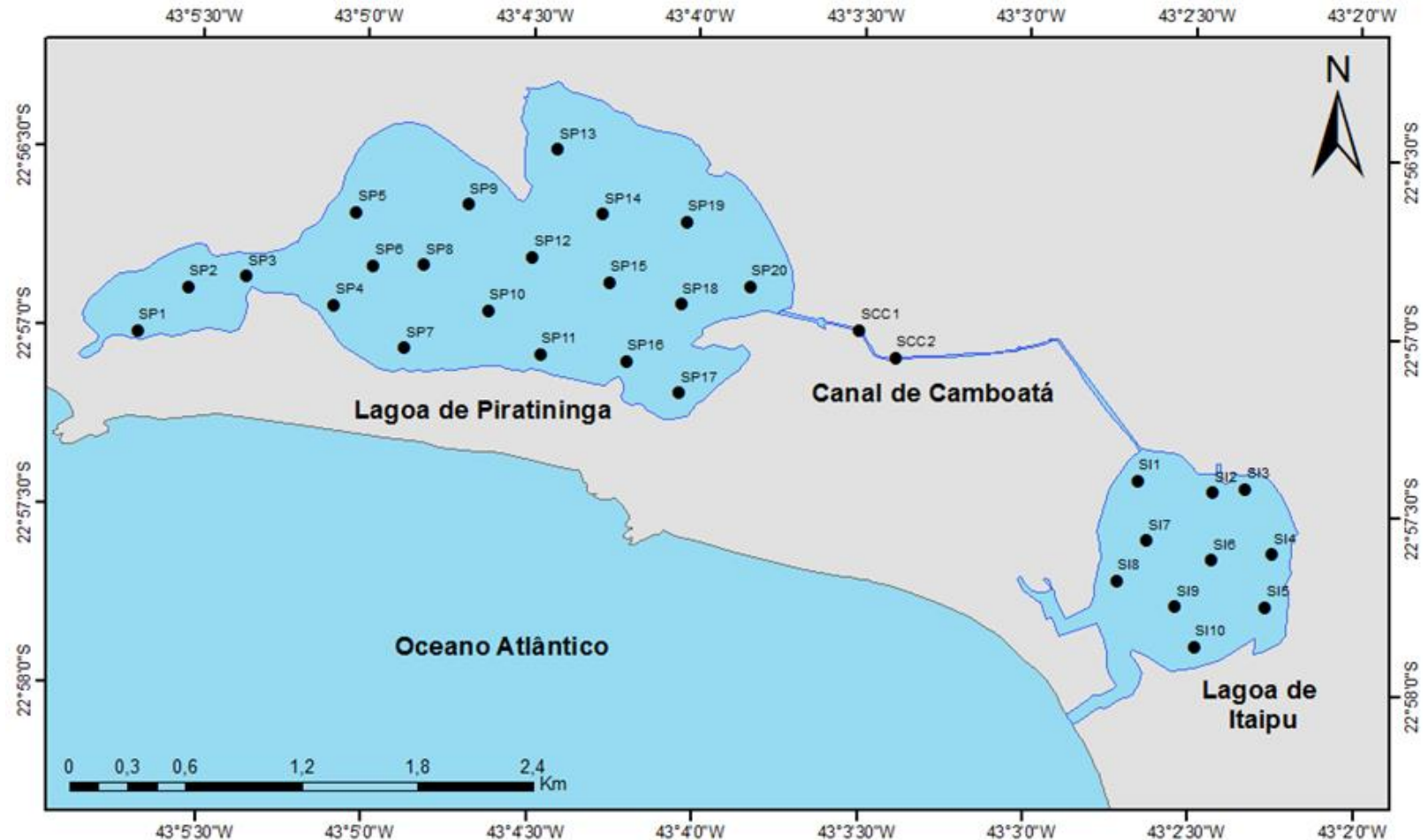
Caracterização da qualidade da água e comunidades aquáticas

- 6 pontos de monitoramento na lagoa de Piratininga;
- 2 pontos no Canal de Camboatá; e
- 6 pontos na lagoa de Itaipu.



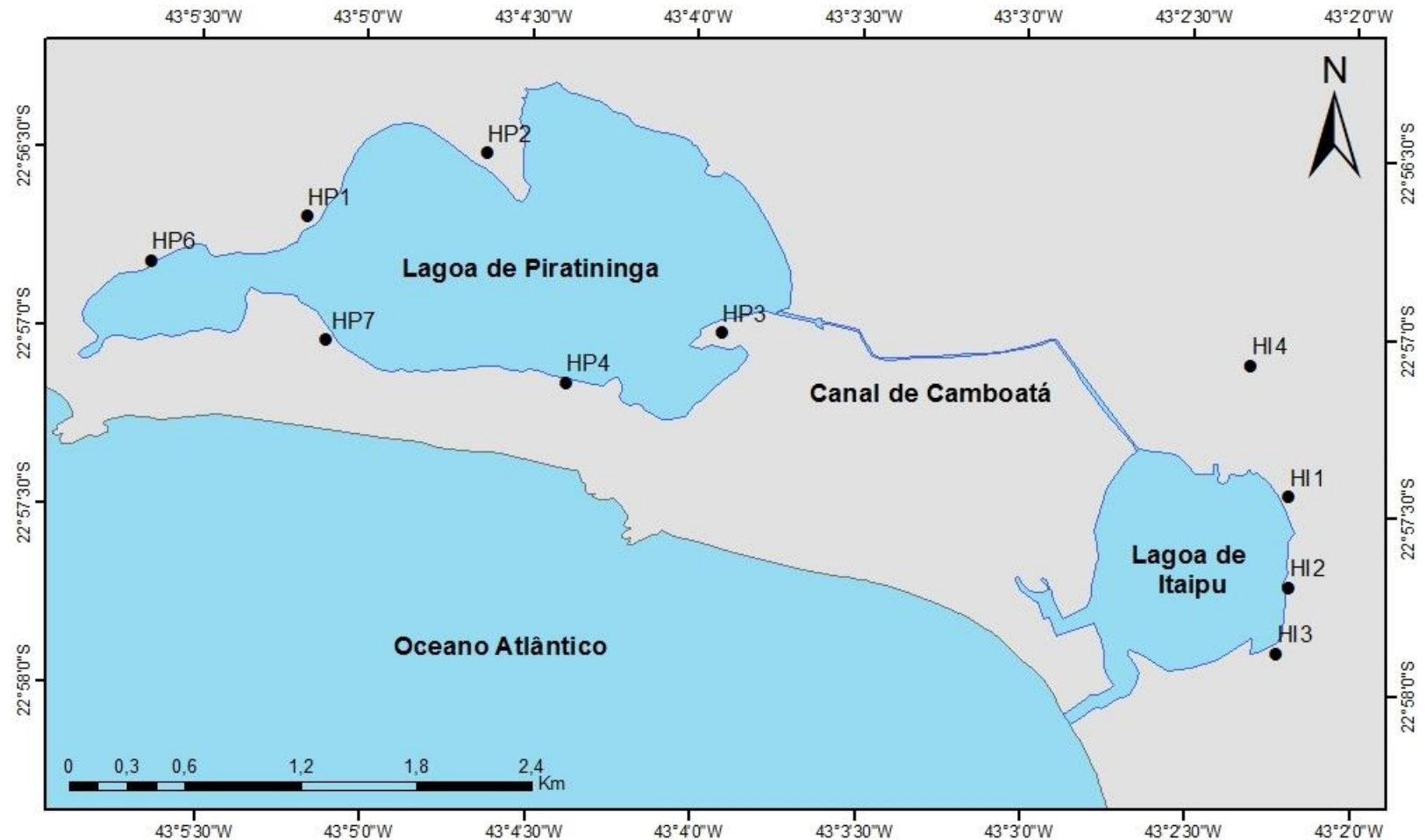
Caracterização dos sedimentos do sistema

- 20 pontos de monitoramento na lagoa de Piratininga;
- 2 pontos no Canal de Camboatá; e
- 10 pontos na lagoa de Itaipu.



Caracterização da comunidade herpetofaunística

6 pontos de monitoramento na lagoa de Piratininga; e
4 pontos na lagoa de Itaipu.



2018

Ago

Set

Out

Nov

Dez

2019

Jan

Fev

Mar

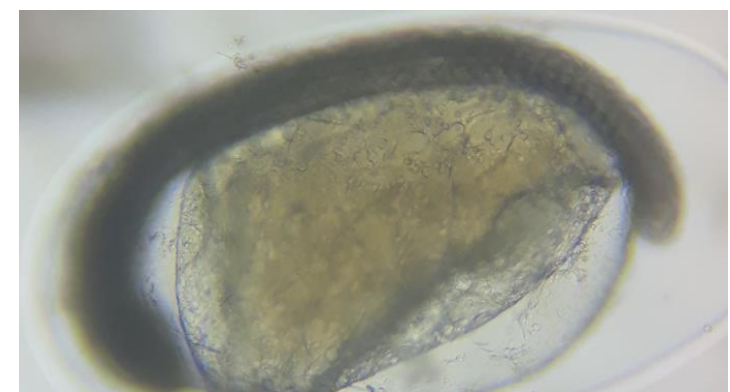
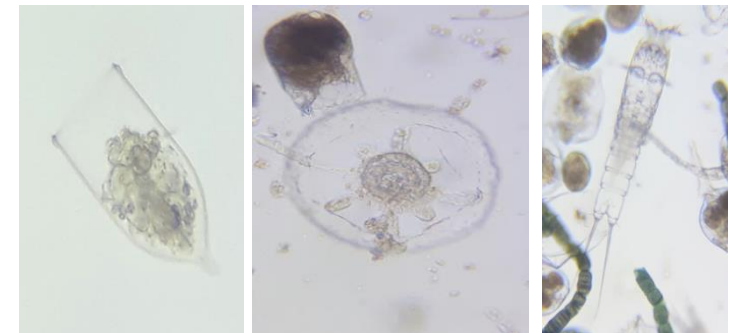
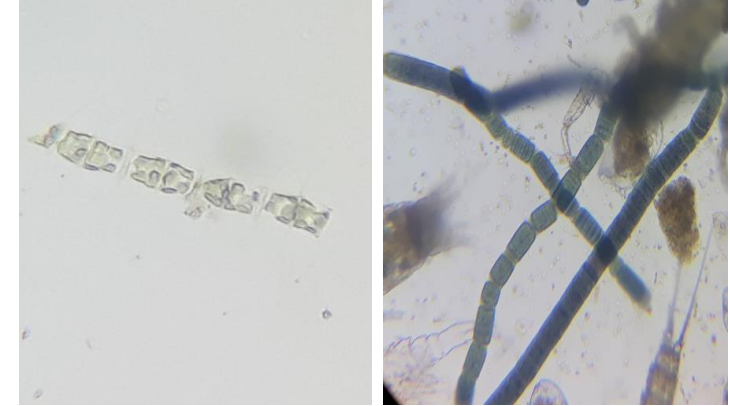
Abr

Mai

Jun

- Monitoramento da qualidade da água;
- Caracterização da comunidade planctônica;
- Caracterização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos;
- Caracterização da ictiofauna e carcinofauna;
- Inventário da comunidade herpetofaunística;
- Caracterização das macrófitas aquáticas;











Análise de metais, matéria orgânica e fonte interna de eutrofização (frações de fósforo biodisponíveis no sedimento)

2018

Ago

Set

Out

Nov

Dez

2019

Jan

Fev

Mar

Abr

Mai

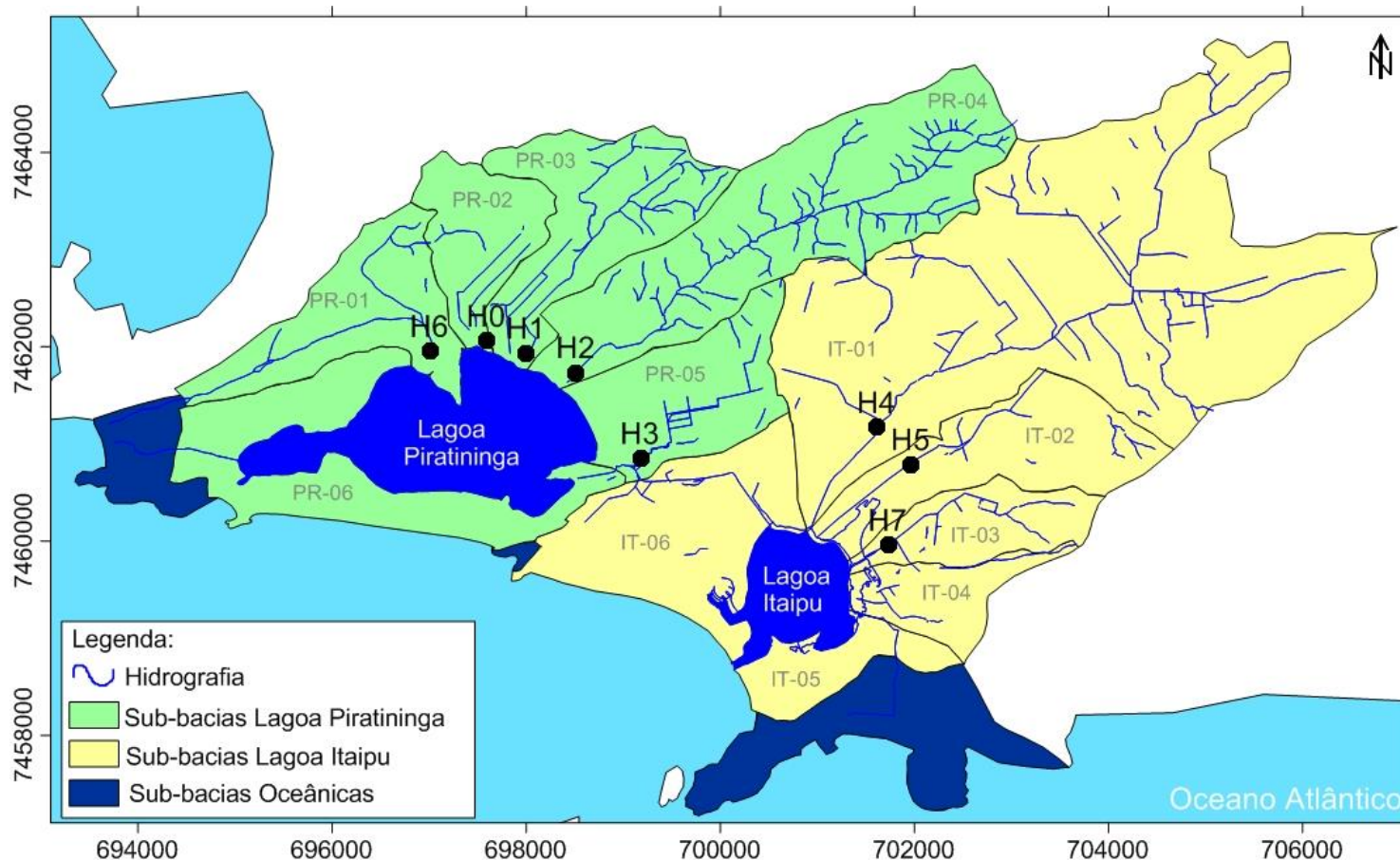
Jun

Jul

Ago

Set

- Monitoramento hidrológico dos contribuintes do sistema lagunar.
 1. Período de estiagem; e
 2. Período chuvoso (*first flush*).



- H0** – Canal do Cafubá
- H1** – Córrego Arrozal
- H2** – Jacaré
- H3** – Santo Antônio
- H4** – João Mendes
- H5** – Córrego da Vala
- H6** – Córrego da Viração
- H7** – Córrego Colímbri

2018

Ago

Set

Out

Nov

Dez

2019

Jan

Fev

Mar

Abr

Mai

Jun

Jul

Ago

Set

Monitoramento hidrológico dos
contribuintes do sistema lagunar.

Batimetria e medição de vazão

*Coleta de água e cálculo de
cargas*



2018

Ago

Set

Out

Nov

Dez

2019

Jan

Fev

Mar

Abr

Mai

Jun

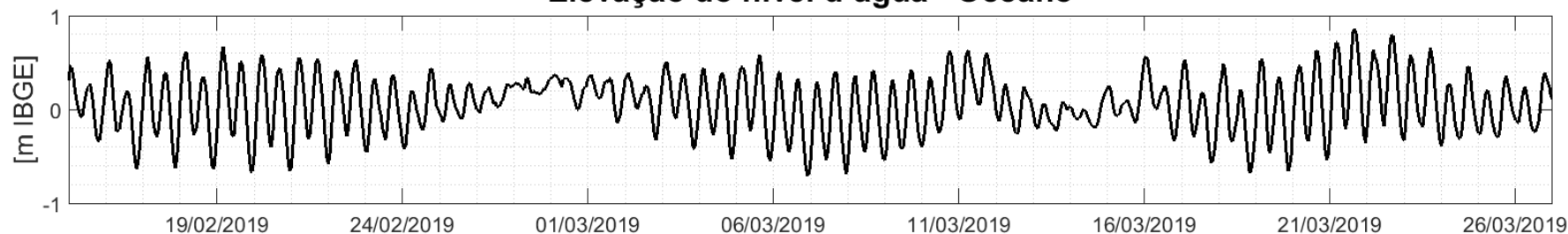
Levantamento de dados para calibração do modelo hidrodinâmico:

- Medição de nível em 3 locais, incluindo Piratininga, Itaipu e o oceano, em dois períodos:
 - Inverno: 21/09/2018 a 27/10/2018;
 - Verão: 15/02/2019 a 27/03/2019.
- Medição de correntes em 2 pontos por 48 horas (dois ciclos de maré completos) em duas campanhas.

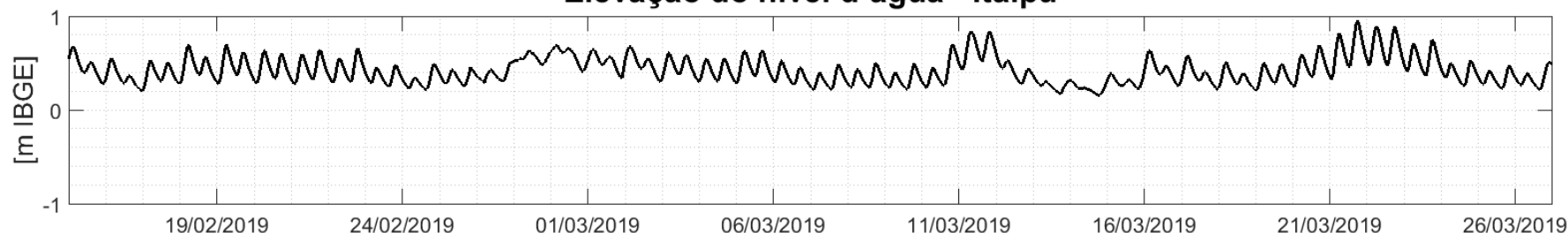




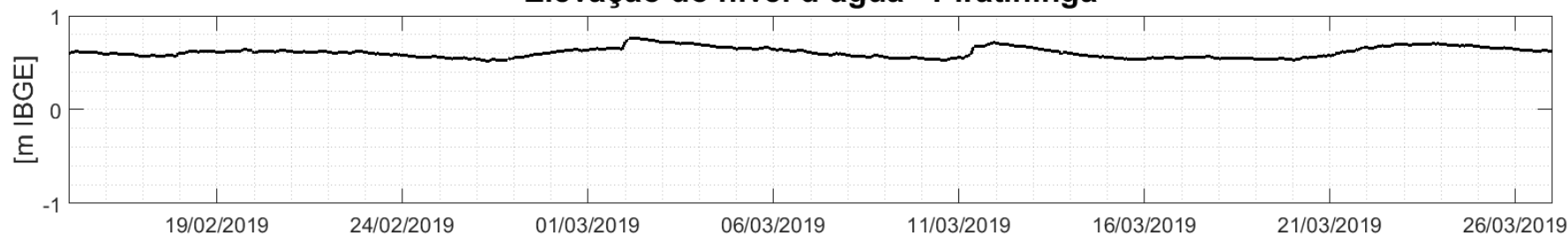
Elevação do nível d'água - Oceano



Elevação do nível d'água - Itaipu



Elevação do nível d'água - Piratininga



Tempo Total = 40 dias - início: 0h - 15/2/2019, fim: 0h - 27/3/2019

Medições de nível d'água nas lagoas e oceano adjacente.

2018

Ago

Set

Out

Nov

Dez

2019

Jan

Fev

Mar

Abr

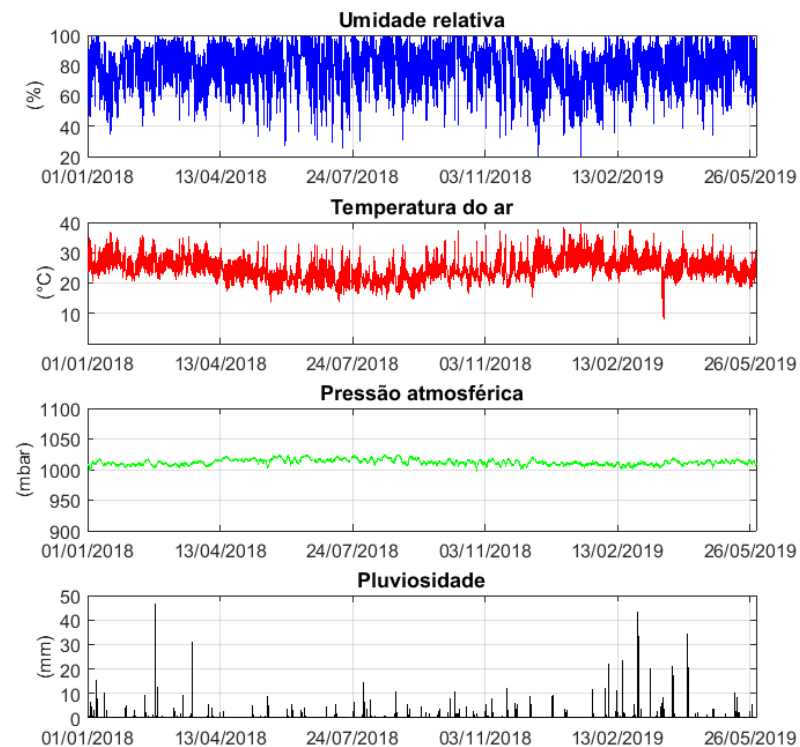
Mai

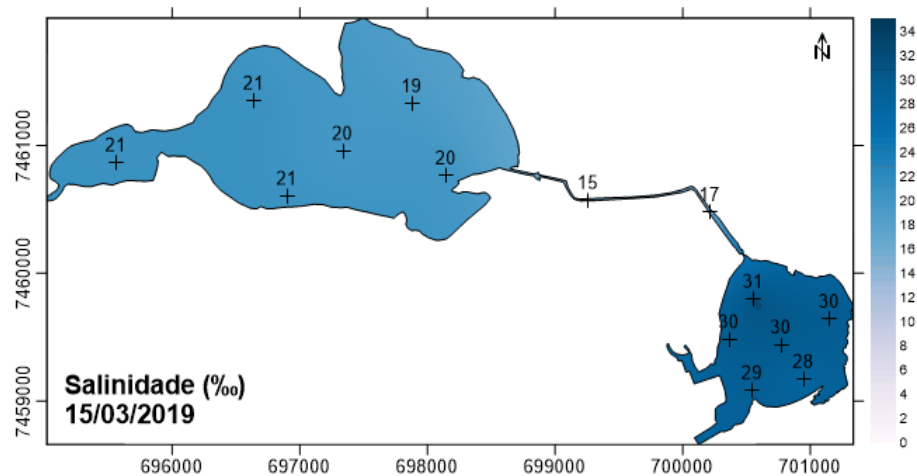
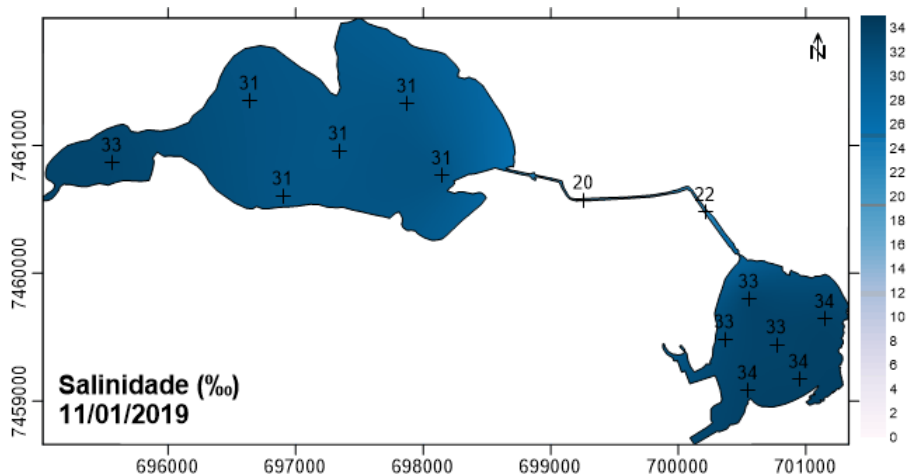
Jun

Jul

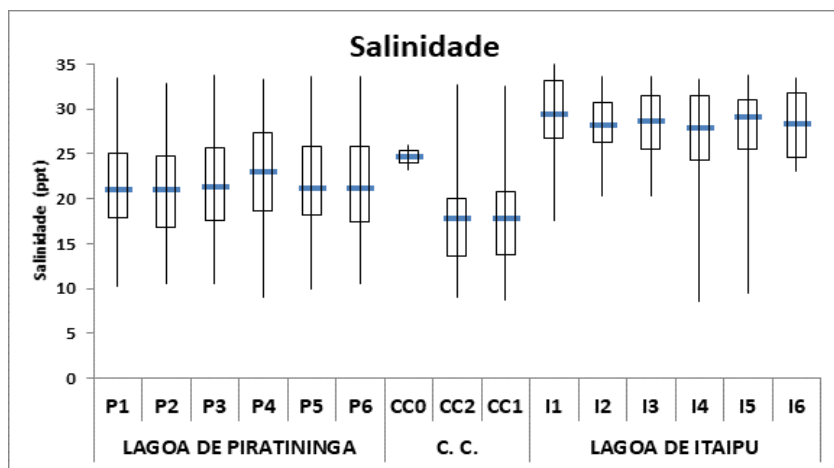
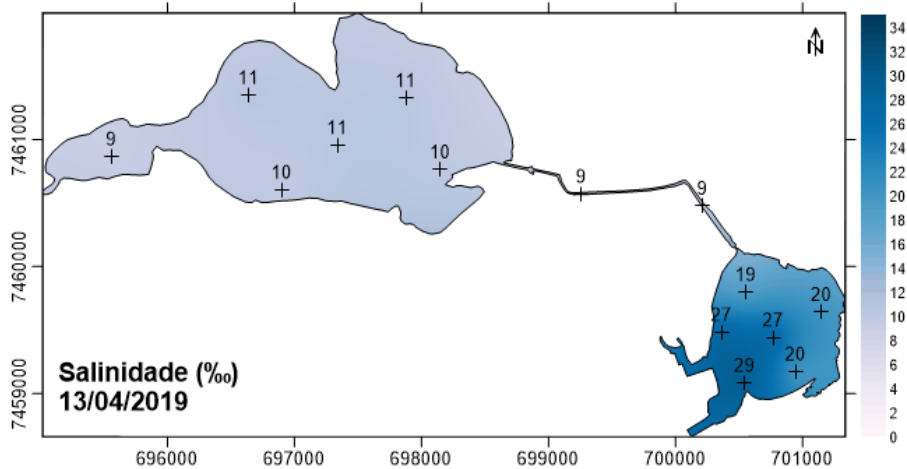
Ago

- Campanhas quinzenais para avaliação de parâmetros limnológicos *in situ*;
- Mensalmente avaliação de dados meteorológicos e oceanográficos.

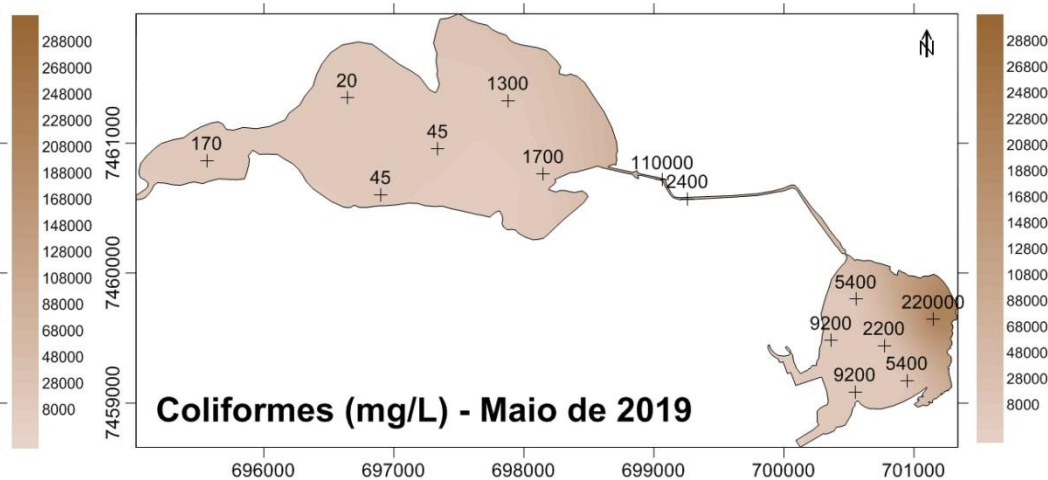
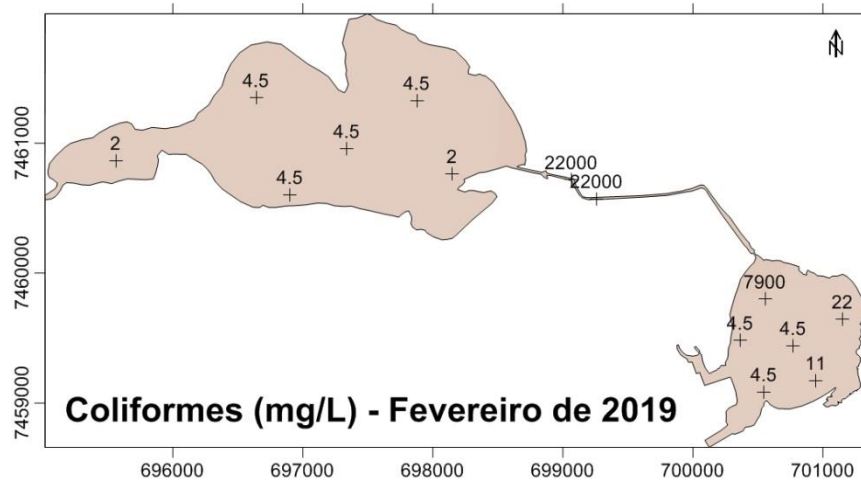
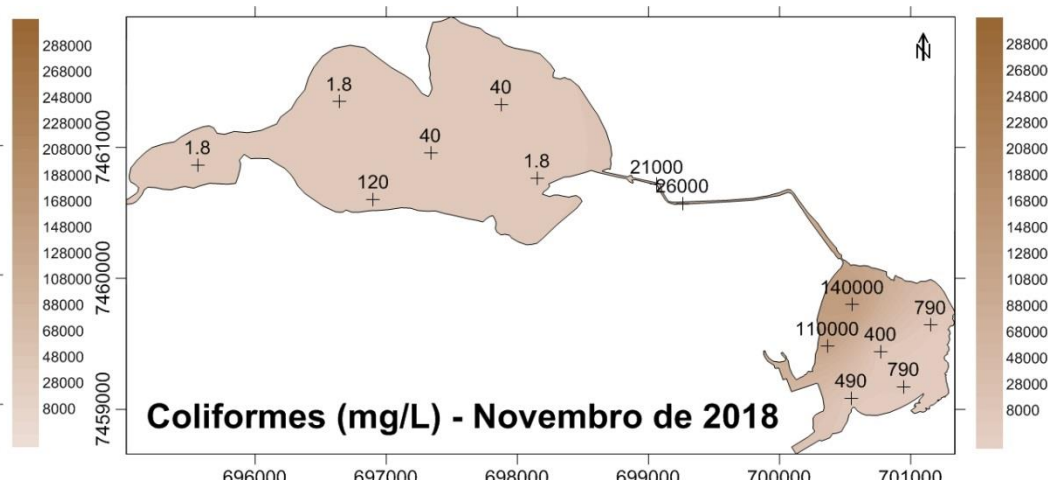
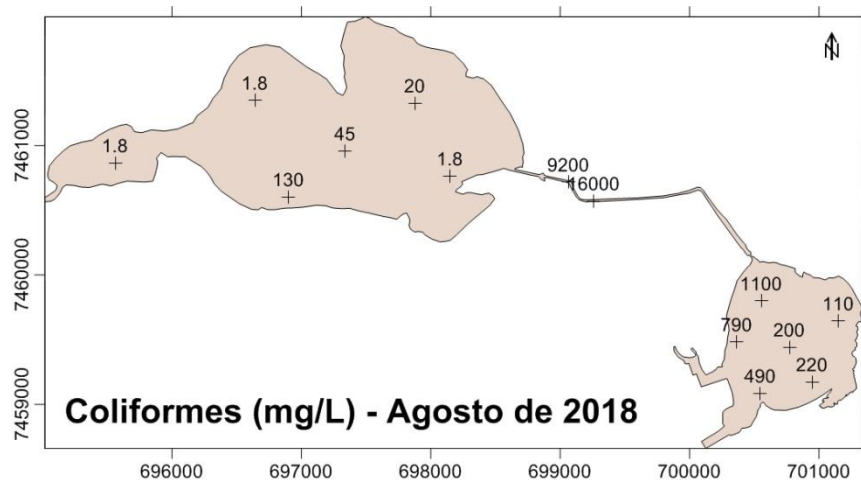




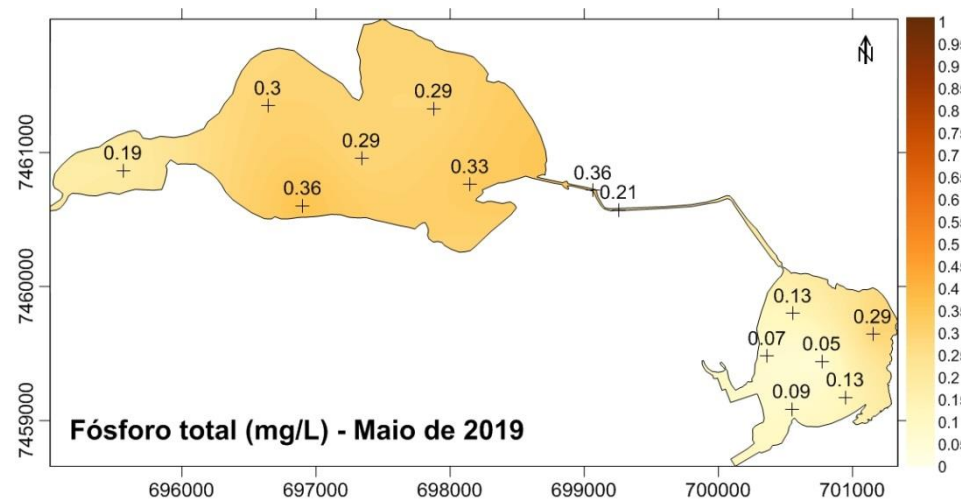
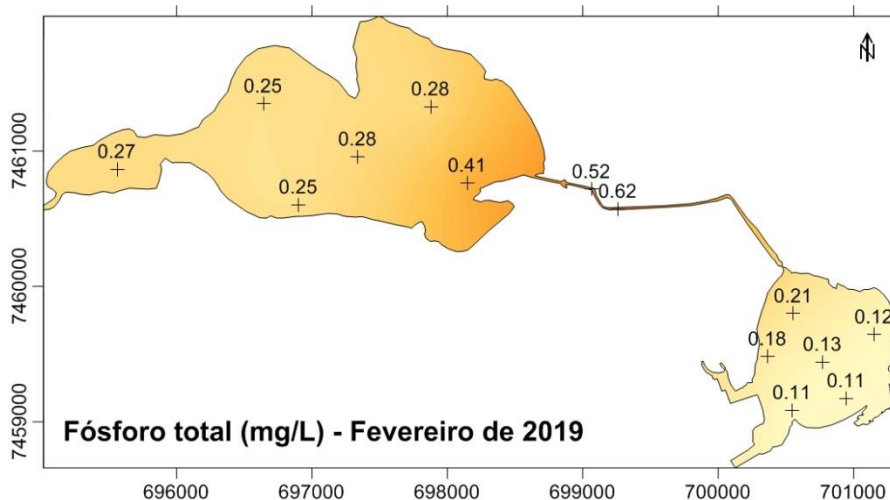
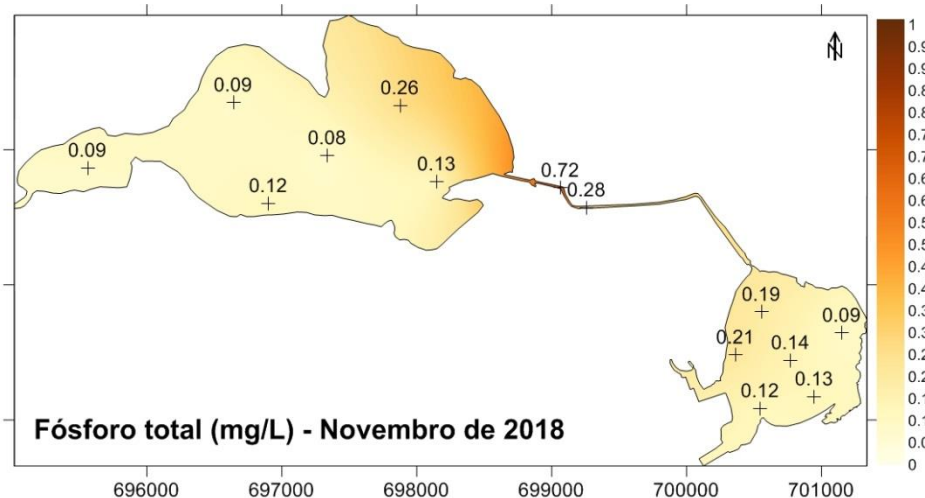
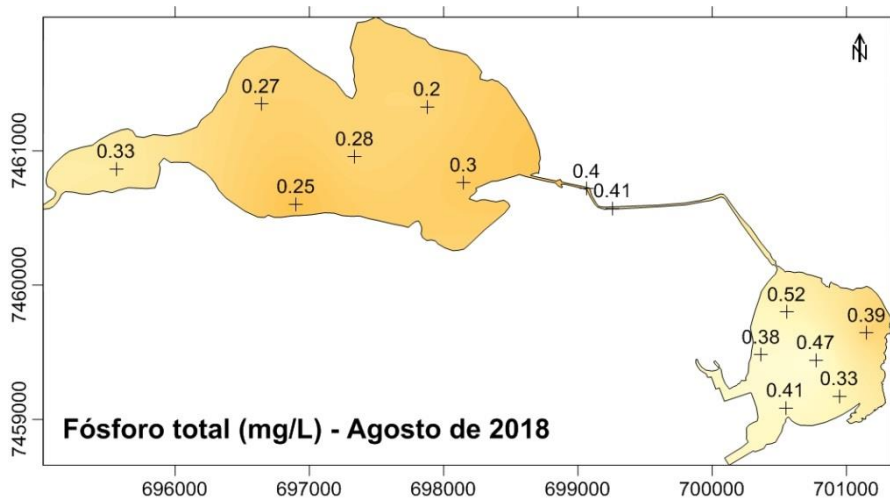
Distribuição espacial dos resultados de salinidade (‰) obtidos no sistema lagunar Piratininga-Itaipu



Varição de salinidade obtida no decorrer das 24 campanhas de monitoramento quinzenal (15/08/2018 a 23/08/2019).



Distribuição espacial das densidades de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) no sistema lagunar Piratininga-Itaipu



Distribuição espacial das concentrações de fósforo total (mg/L) no sistema lagunar Piratininga-Itaipu

Parâmetros	Unidade	1º Trim		2º Trim		3º Trim		4º Trim	
		Piratininga	Itaipu	Piratininga	Itaipu	Piratininga	Itaipu	Piratininga	Itaipu
Nitrato	mg/L	0,15	0,37	0,08	2,68	0,11	0,17	0,23	0,24
Nitrito	mg/L	0,01	0,02	0,01	0,20	0,02	0,01	0,01	0,05
Polifosfato	mg/L	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,17	0,1
Fósforo total	mg/L	0,27	0,41	0,12	0,14	0,29	0,14	0,29	0,12
Nitrogênio amoniacal	mg/L	1,2	1,23	0,19	0,85	0,09	0,14	0,69	0,21
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	33,4	485	34,23	42078	3,6	1324	546	41900
Carbono orgânico total	mg/L	11,4	5,76	7,21	6,01	0,27	0,33	1,38	2,61

Limites da Resolução

Parâmetros	CONAMA 357 - Águas Salobras		
	Classe I	Classe II	Classe III
Nitrato	0,40	0,70	-
Nitrito	0,07	0,20	-
Polifosfato	0,062	0,09	-
Fósforo total	0,12	0,186	-
Nitrogênio amoniacal	0,40	0,70	-
Coliformes termotolerantes	1000	2500	4000
Carbono orgânico total	3	5	10

Nitrato: 87,5% Classe I; 12,5% Classe III;

Nitrito: 87,5% Classe I; 12,5% Classe II;

Polifosfato: 75% Classe I; 25% Classe III;

Fósforo total: 25% Classe I; 25% Classe II; 50% Classe III;

Nitrogênio amoniacal: 50% Classe I; 12,5% Classe II; 37,5% Classe III;

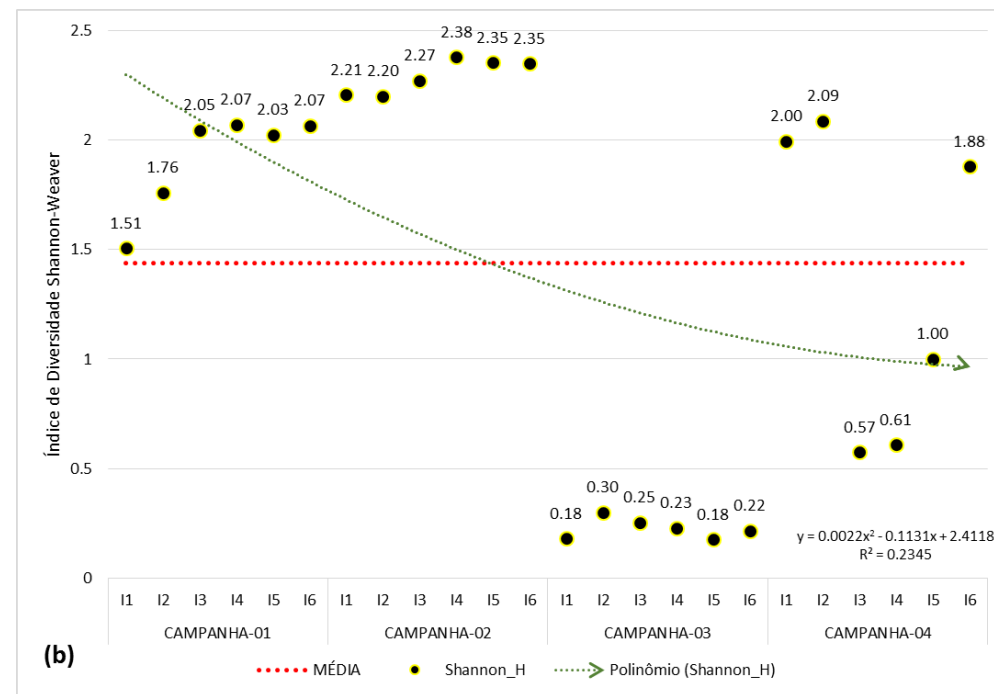
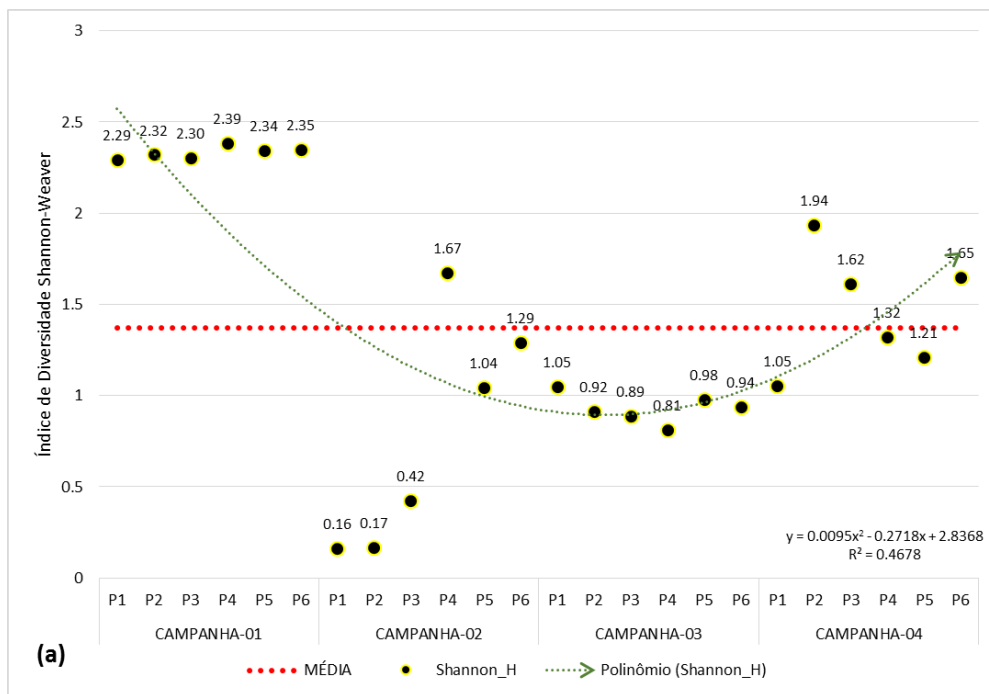
Coliformes: 62,5% Classe I; 12,5% Classe II; 25% Classe III;

Carbono orgânico total: 50% Classe I; 50% Classe III.

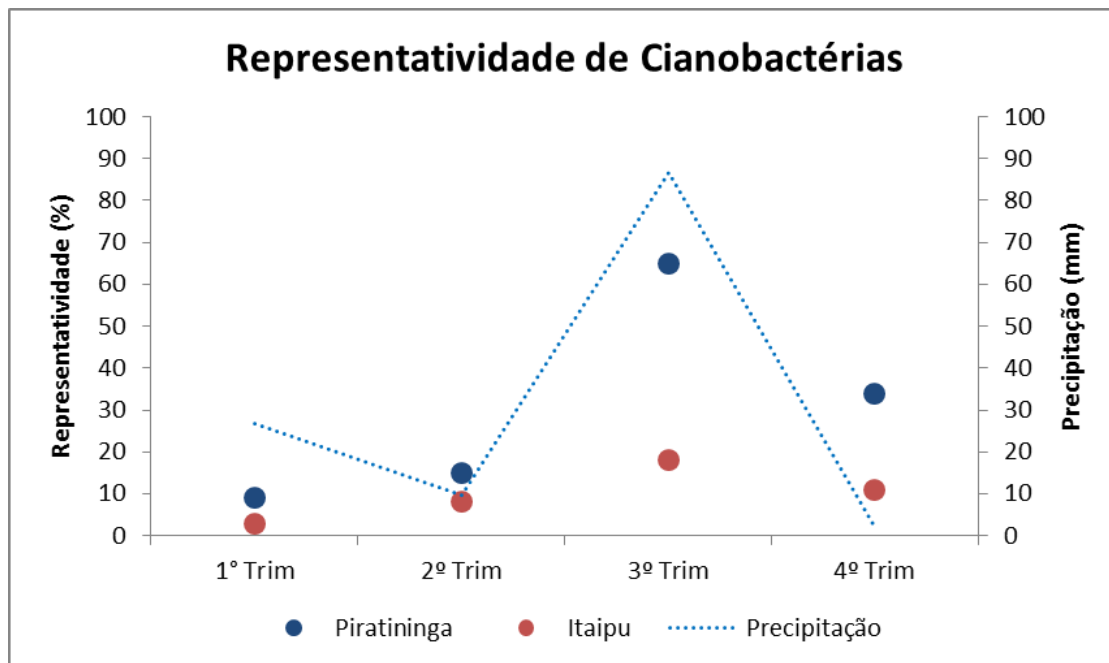
- Condições de Classe III para fósforo total na lagoa de Piratininga e Classe II a III para Itaipu;
- Coliformes mais elevados em Itaipu, principalmente após chuvas;
- Itaipu: maior carga poluente, mas maior diluição pelas águas do mar = menor tempo de residência desta lagoa = menor frequência e intensidade de florações;
- Piratininga: menor renovação hidráulica = maior tempo de residência = maior tempo de interação água/sedimento = maior efeito da fonte da interna de eutrofização;
- Fósforo muito elevado = florações contínuas de algas e piora no verão com cianobactérias = mortandade de peixes.

Comunidade Fitoplanctônica

Lagoa de Piratininga (a)
Lagoa de Itaipu (b)



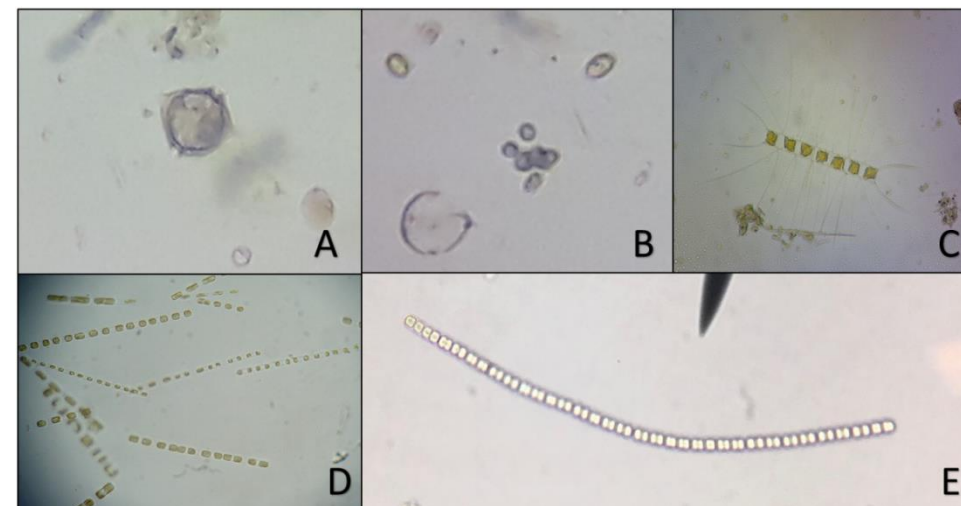
- Processos sazonais influenciam a composição qualitativa (riqueza) e quantitativa (abundância) da comunidade.
- Flutuações observadas apontam para variações entre a riqueza e a abundância de espécies generalistas;



Representatividade de cianobactérias no sistema lagunar Piratininga-Itaipu

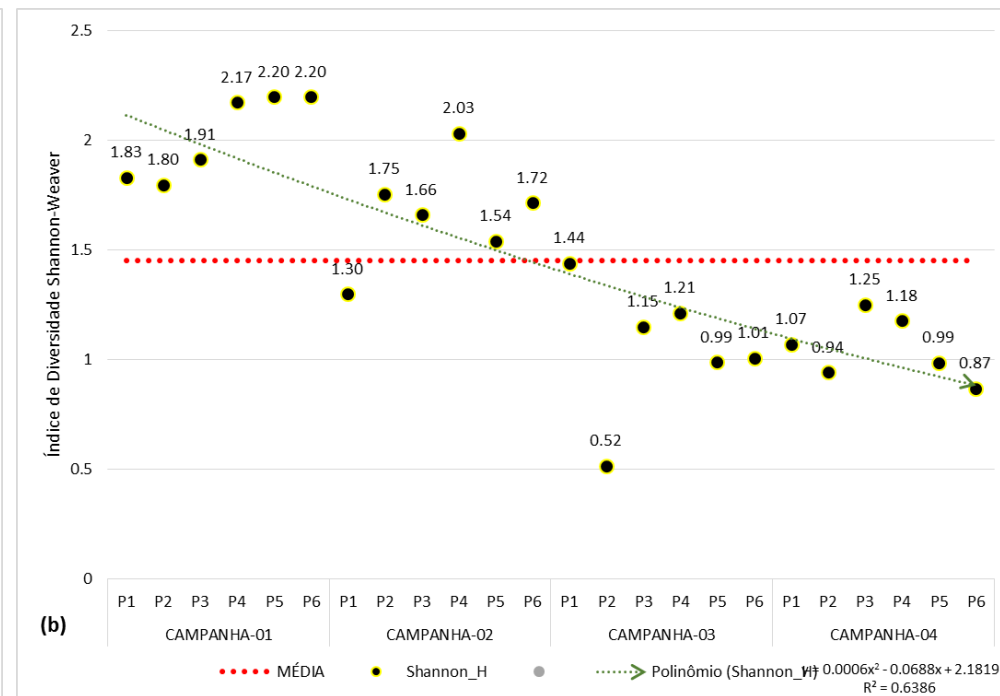
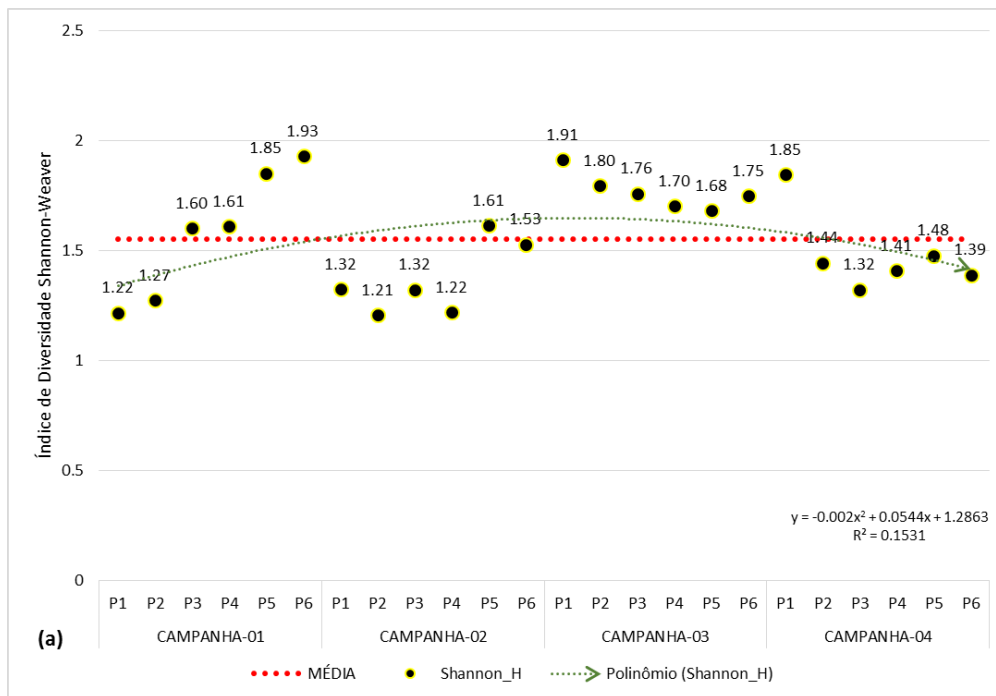
Amostragem	Lagoa de Piratininga	Lagoa de Itaipu
15/08/2018	9%	3%
06/11/2018	15%	8%
11/02/2019	65%	18%
14/05/2019	34%	11%

Algumas espécies fitoplanctônicas identificadas nos pontos amostrais da lagoa de Piratininga. A) *Protoperidinium* sp.; B) *Synechocystis* sp.; C) *Chaetoceros* sp.; D) *Skeletonema* sp.; E) *Cianobactéria filamentosa* sp.



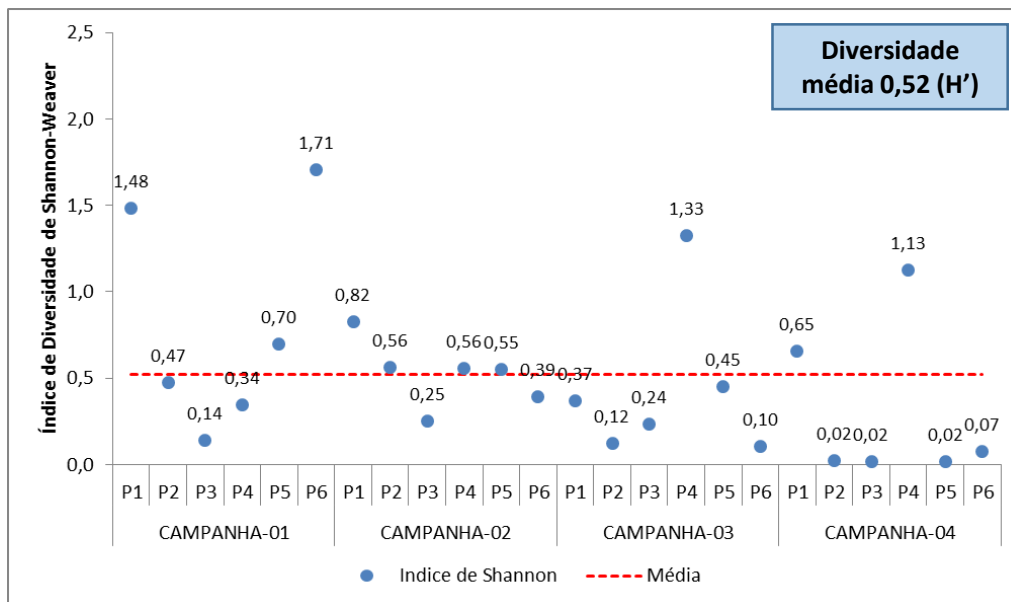
Comunidade Zooplanctônica

Lagoa de Piratininga (a)
Lagoa de Itaipu (b)

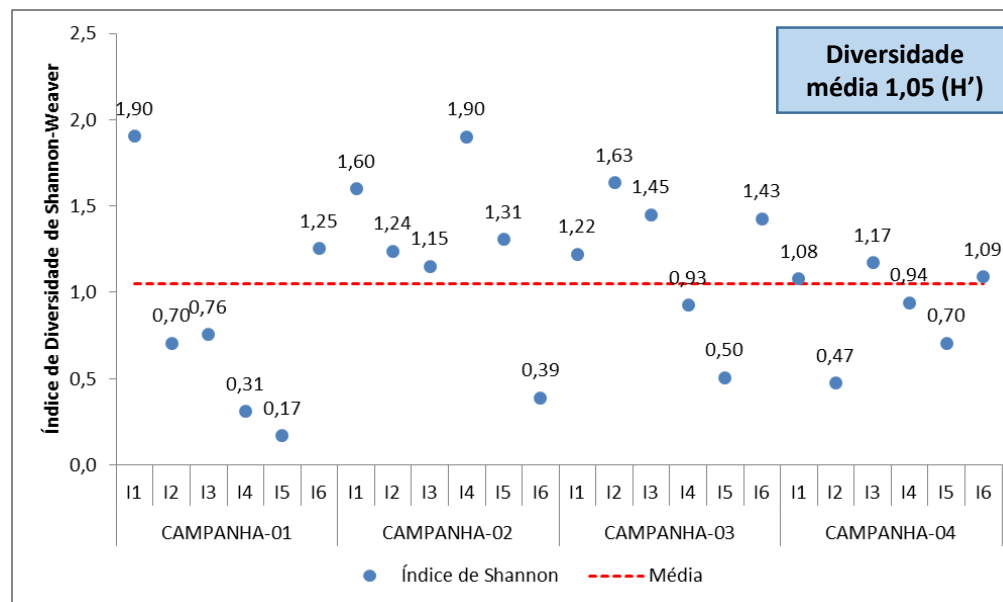


- Em ambas as lagoas é possível observar reduções na diversidade biológica, sendo mais preeminente na lagoa de Itaipu;
- Na lagoa de Itaipu, a redução na diversidade ao longo das campanhas de monitoramento pode ser em decorrência do aumento observado da salinidade, fator que impacta diretamente na abundância de espécies estenohalinas.

Lagoa de Piratininga

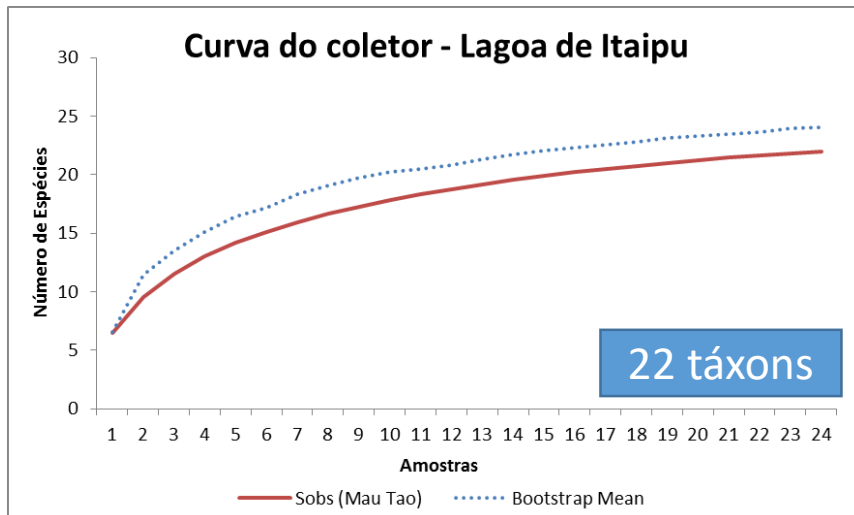
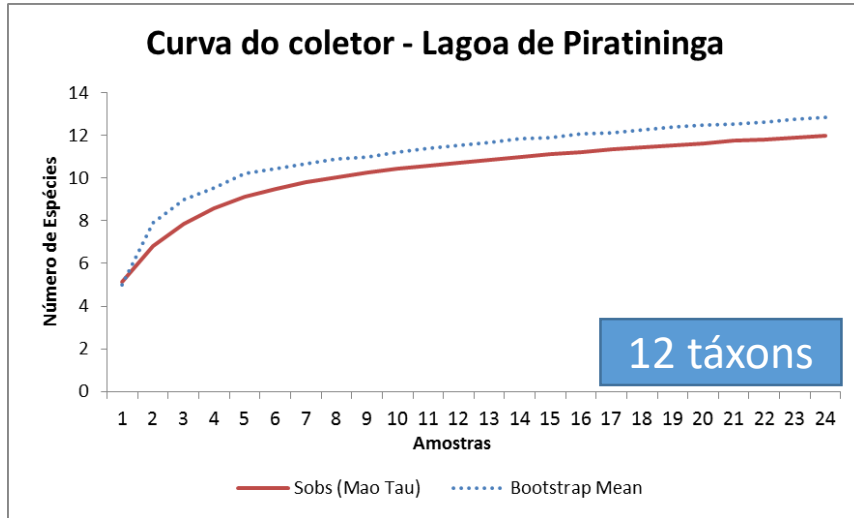


Lagoa de Itaipu

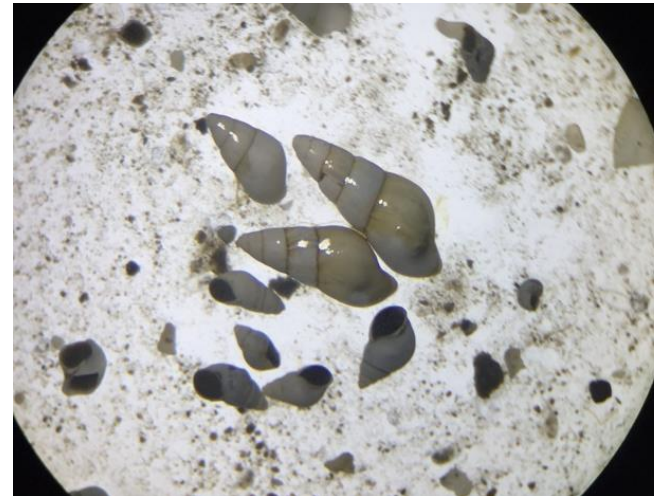


- As flutuações registradas em ambas as lagoas não indicam um claro padrão de distribuição das espécies;
- Apesar das diferenças de diversidade, a riqueza em ambas as lagoas é baixa. Isso pode estar relacionado à composição dos sedimentos do sistema, visto que apresentam características homogêneas;
- Sedimentos predominantes nas lagoas são silte e argila, embora com muita matéria orgânica em muitos pontos;

	MÉDIA Piratininga	MÉDIA Itaipu
Areia muito grossa	78,88	23,44
Areia grossa	144,13	59,225
Areia média	128,59	128,29
Areia fina	56,70	63,205
Areia muito fina	27,02	42,065
Silte	291,22	426,895
Argila	273,42	256,905



- Maior número de espécies em Itaipu esta relacionado a condição de poluição do sistema;
- Ocorrência de espécies generalistas e oportunistas;
- Na lagoa de Piratininga, a espécie mais abundante foi *Heleobia australis*, uma espécie adaptada a ambientes inóspitos e eutrofizados;
- Na lagoa de Itaipu, o gênero *Streblospio* foi o mais abundante. Sua ocorrência está condicionada as características lodosas do sedimento, visto que apresentam demasiada concentração de compostos orgânicos.

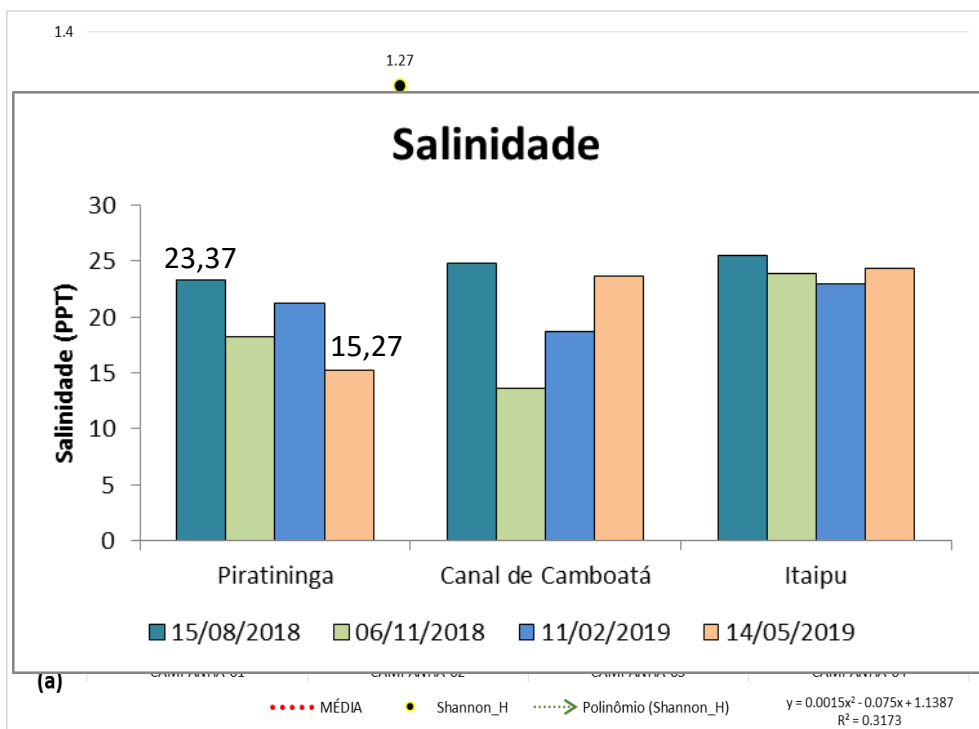


Heleobia australis



Streblospio sp.

✓ Lagoa de Piratininga



Índice de diversidade de Shannon-Weaver

Expressivas diferenças na diversidade taxonômica entre a primeira campanha e as demais;

Causas:

- Baixa influência marinha na dinâmica do sistema;
- Redução da salinidade média da lagoa;
- Elevadas temperaturas;
- Baixas concentrações de oxigênio;
- Dominância de espécies de cianobactérias;



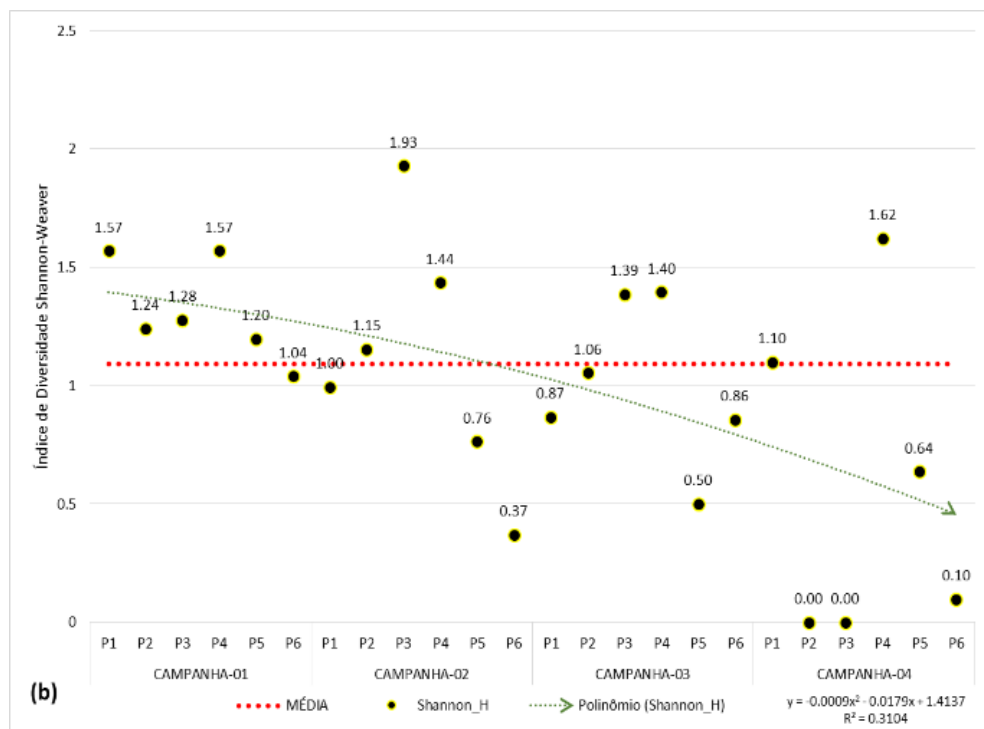
Apesar da aparente abundância, os peixes são todos de pequeno porte (~10 cm).

✓ Lagoa de Itaipu

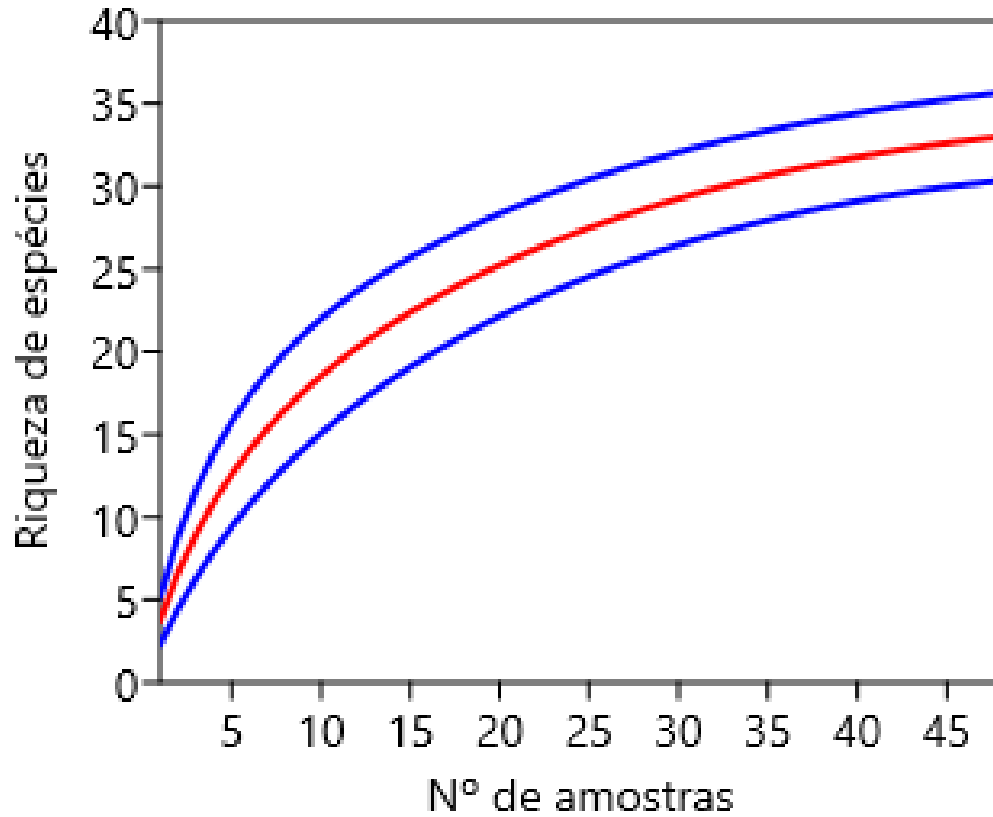
Significativas diferenças na estrutura da comunidade;
 → menor proporção quando comparada a lagoa de Piratininga.

Fatores:

- Variações sazonais;
- Elevada influência marinha na dinâmica do sistema;
- Maior renovação da água no sistema;
- Maiores valores de OD.



Índice de diversidade de Shannon-Weaver



Curva de acumulação de espécies considerando todas as coletas realizadas. A linha vermelha representa o valor real medido e as linhas azuis delimitam os desvios esperados na riqueza potencial.

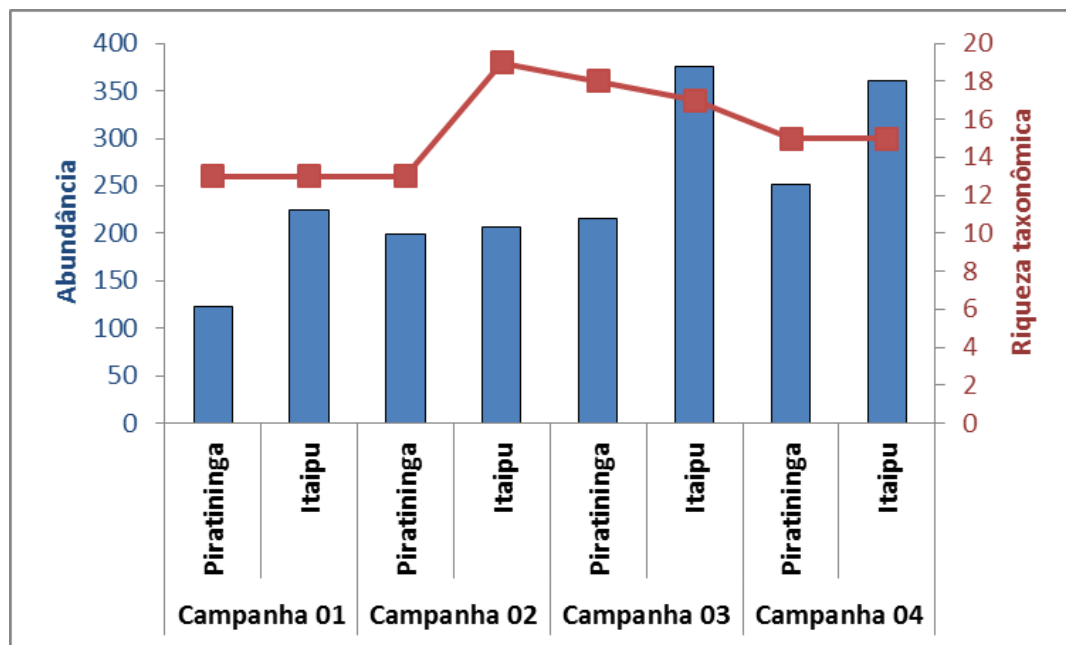
- 33 espécies registradas nas lagoas durante as campanhas;
- Por meio dos resultados obtidos com a curva do coletor foi possível observar uma maior tendência de estabilização;
- O estimador de riqueza Mau Tao estimou um desvio padrão de 1,36 ao redor dos valores observados, indicando uma riqueza máxima de 34 espécies;
- Presença de espécies comercialmente importantes: A) *Litopenaeus schmitti* (camarão branco); B) *Caranx latus* (Xareu).



Arquivo próprio

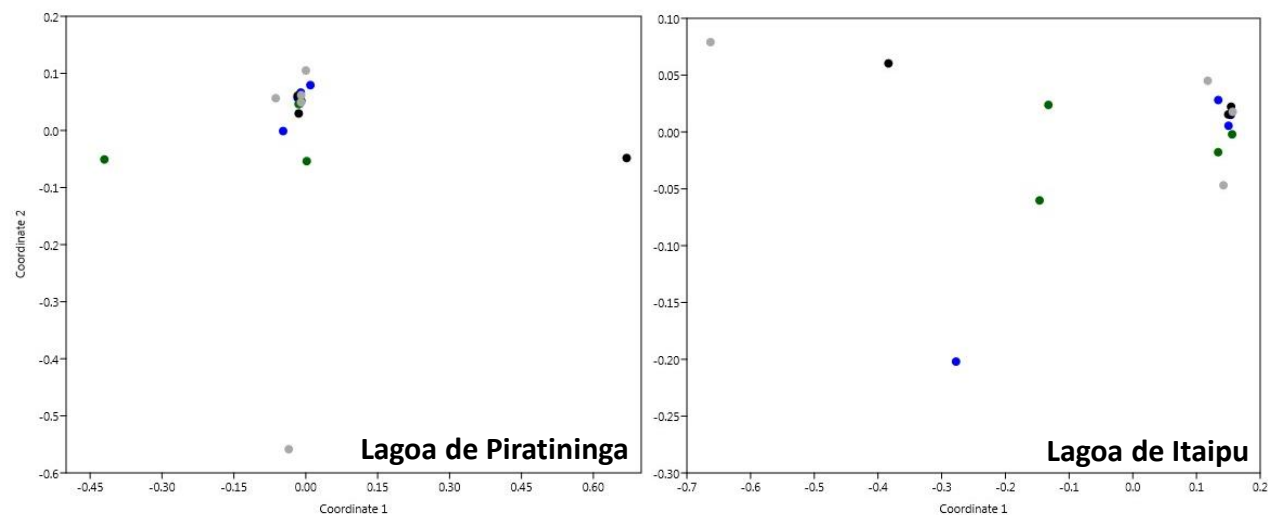


Fishbase.se



- Maior abundância nas duas últimas campanhas de Itaipu;
- Maior riqueza no entorno da lagoa de Itaipu – 2ª campanha;

Análise de escalonamento multidimensional



- As espécies não apresentaram nenhum padrão de distribuição, ou seja, os organismos registrados não apresentaram uma heterogeneidade estrutural entre as campanhas;
- Resultado dos processos de urbanização do entorno e homogeneidade ambiental → predominância de *Typha* sp.

Lagoa de Piratininga

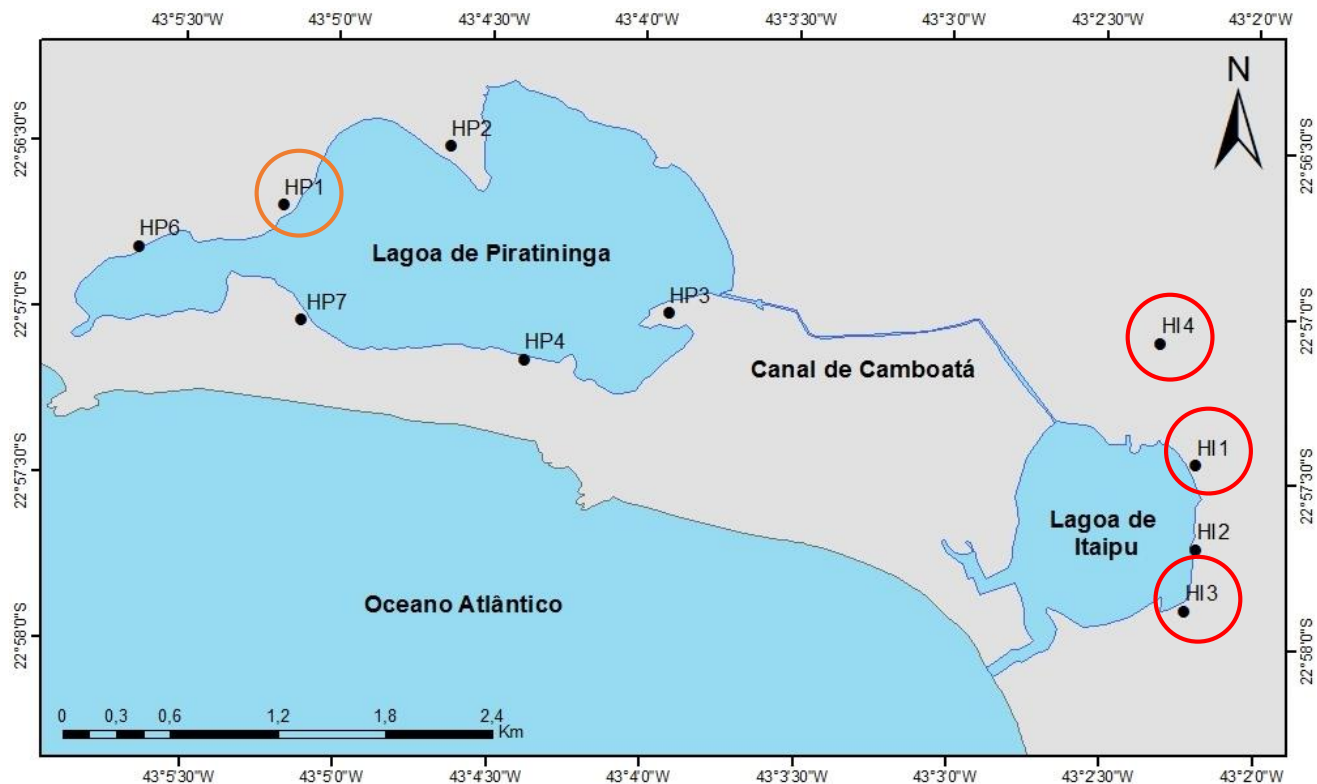
- *Scinax altex* (290 registros) - A
- *Hypsiboas albomarginatus* (246 registros) - C
- *Dendropsophus meridianus* (220 registros) - B

Lagoa de Itaipu

- *Ololygon argyreornatus* (114 registros) - E
- *Scinax alter* (106 registros) - A
- *Leptodactylus latrans* (84 registros) - D

Espécies comuns em brejos e poças permanentes ou temporárias.





Caiman latirostris – jacaré do papo amarelo

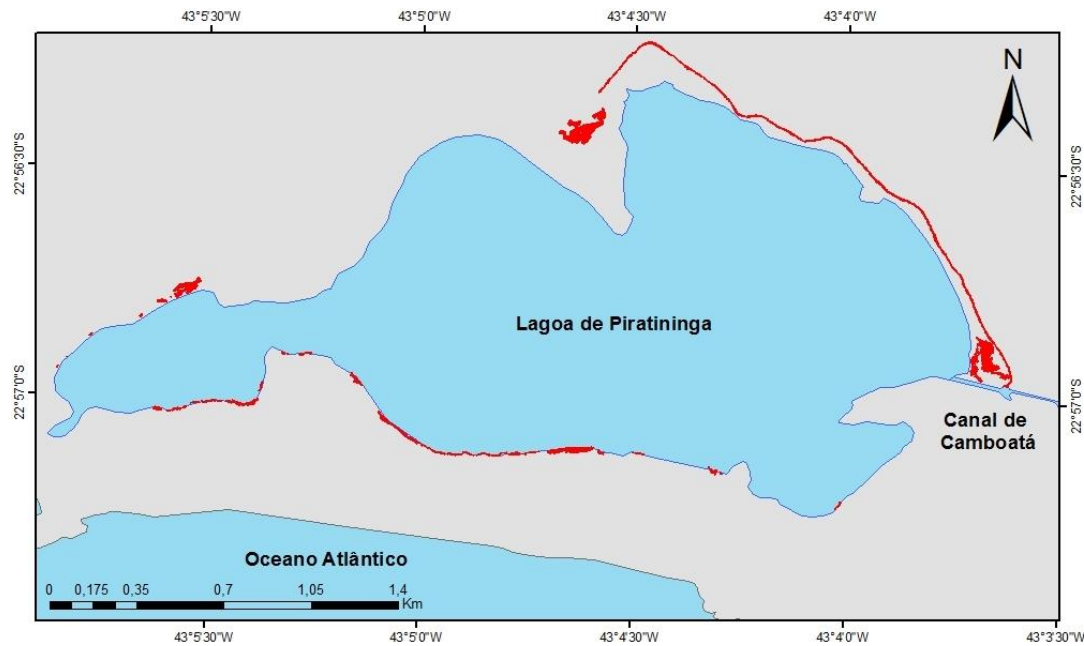
Lagoa de Piratininga

Ponto HP1 – um dos pontos de maior diversidade no entorno da lagoa.

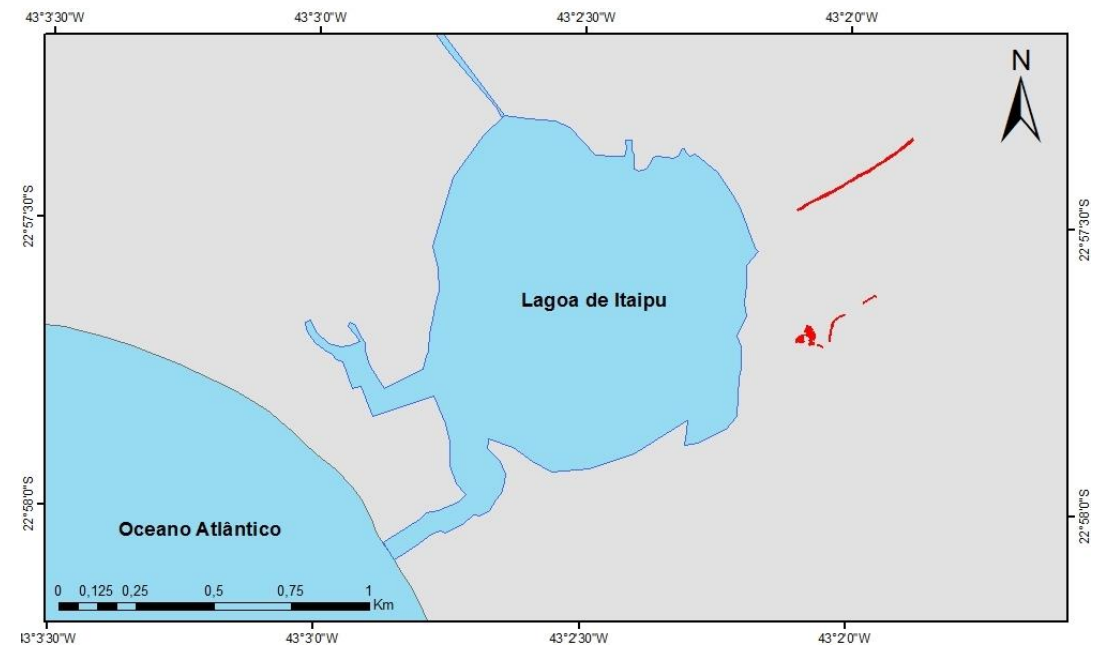
Lagoa de Itaipu

Ponto HI1 – elevada diversidade de habitats com lagoas permanentes cobertas por vegetação de brejo;
Pontos HI3 e HI4 – apresentam elevada influência antrópica.
Ponto HI4 apresenta grande potencial para criação de uma área de preservação.

Área total estimada – 3,6 hectares



Área total estimada – 0,22 hectares



No entorno de ambas as lagoas as espécies predominantes são do tipo emergente do gênero *Typha*.

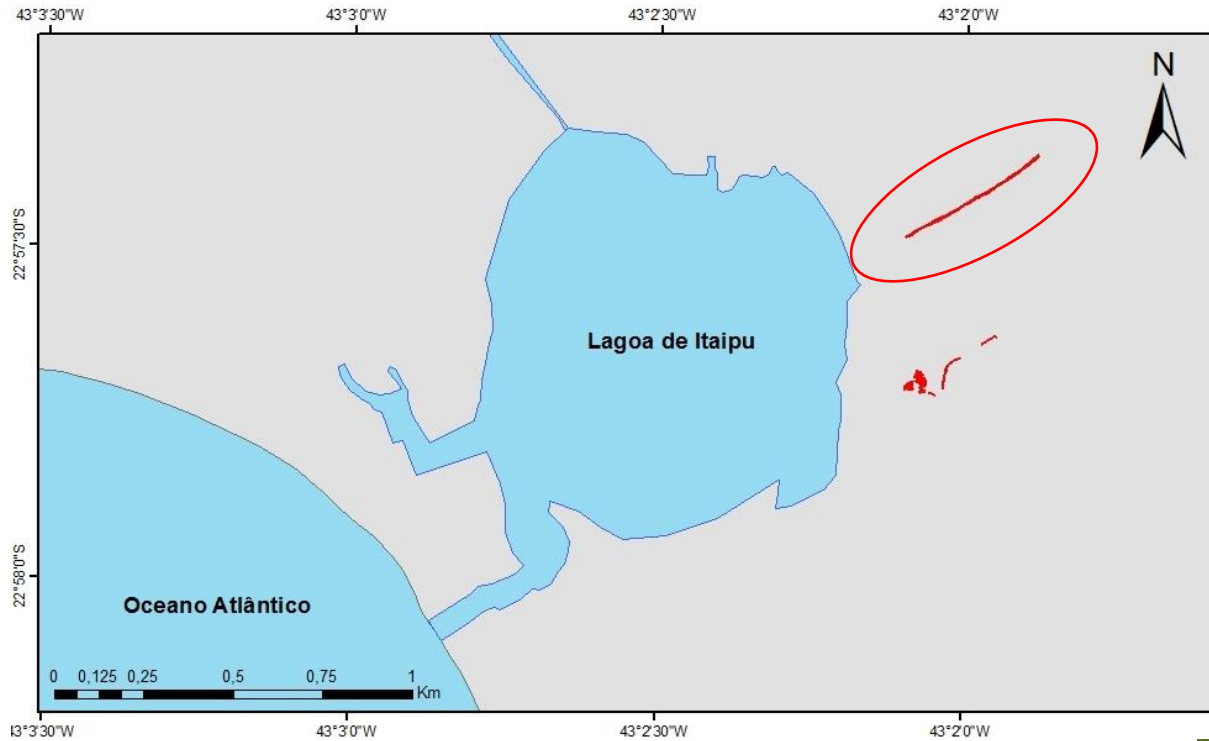
- *Typha dominguensis*;
- *T. latifolia*.



A – *Typha domingensis* (esquerda) e *T. latifolia* (direita); B – *Cyperus* sp.; C - *Thelypteris interrupta*; D – *Brachiaria* sp. E – *Blutaparon* sp.; F – *Eichornia crassipes*; G – *Lemna* sp.; e H - *Laguncularia racemosa*.



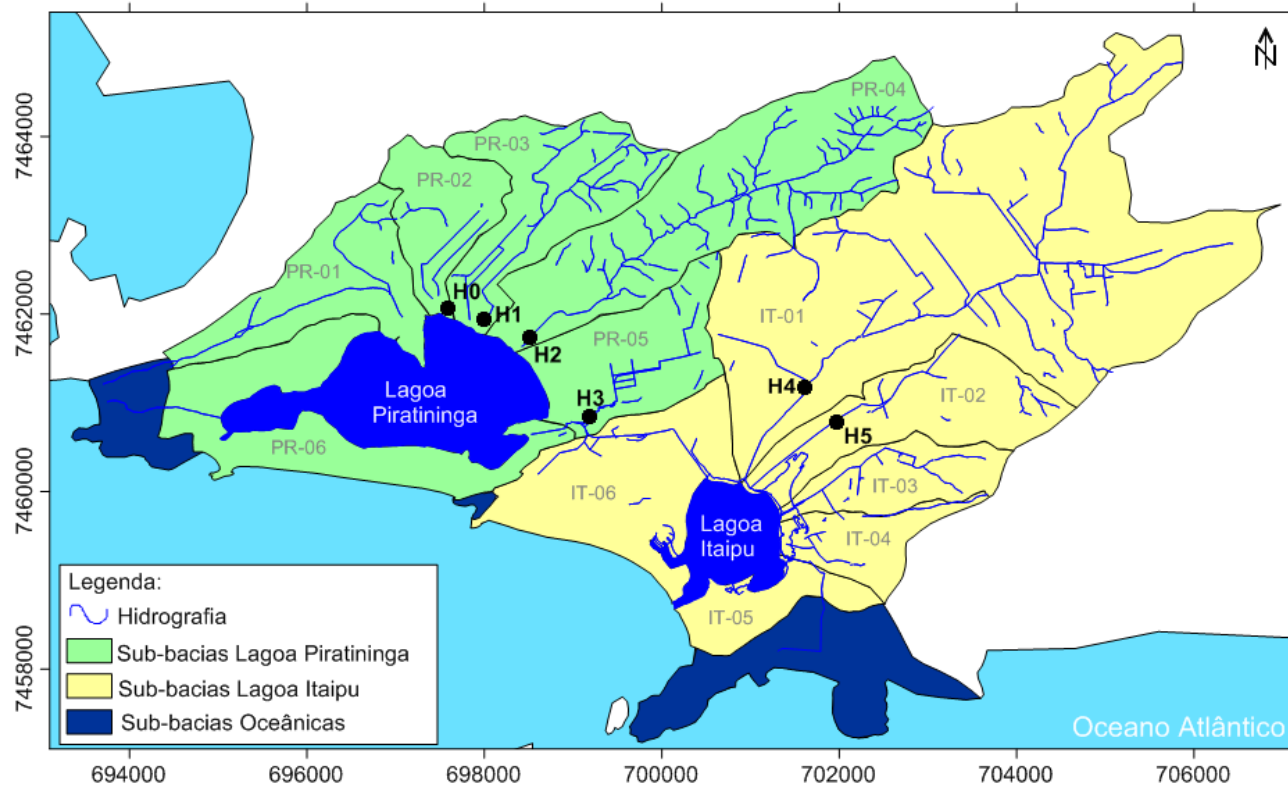
Eichornia crassipes - encontrada principalmente no canal de cintura.



***Lemna* sp** - encontrada principalmente no córrego dos Colibrís, próximo a lagoa de Itaipu.



Monitoramento durante o período de estiagem



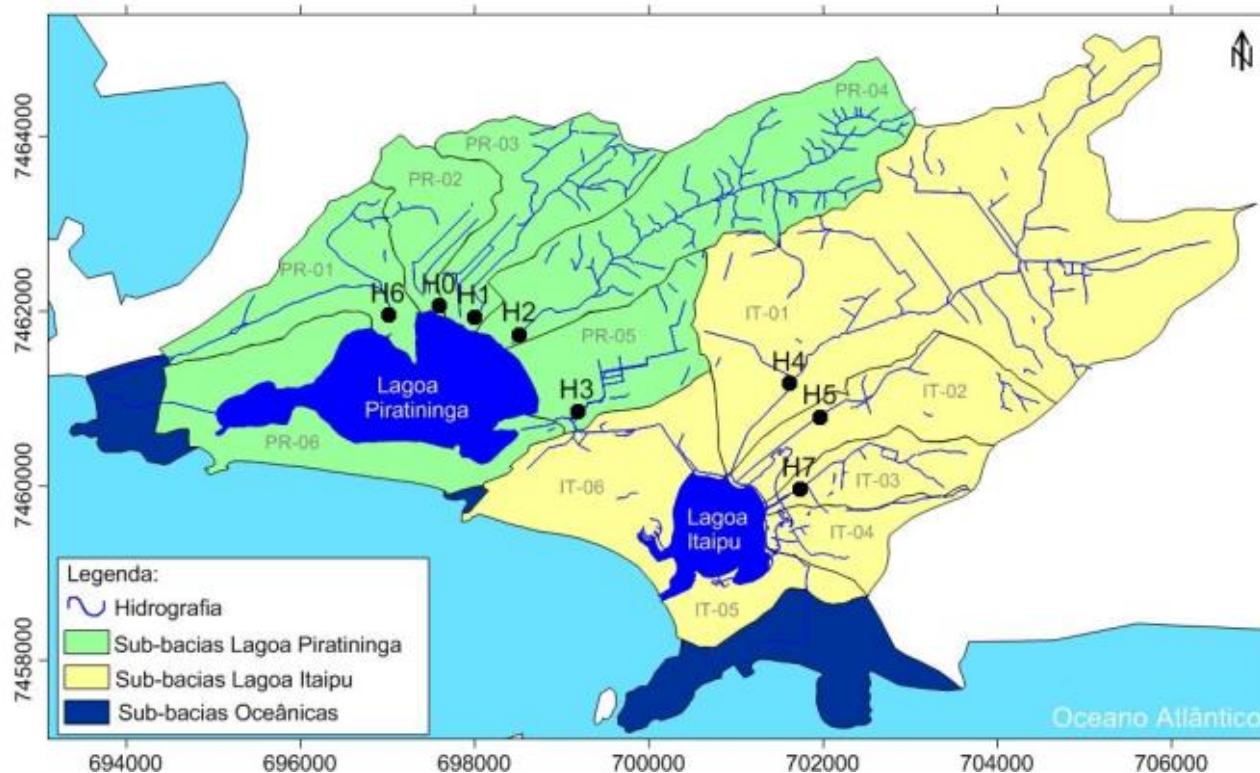
- H0** – Canal do Cafubá
- H1** – Córrego Arrozal
- H2** – Jacaré
- H3** – Santo Antônio
- H4** – João Mendes
- H5** – Córrego da Vala

Parâmetros	Média Piratininga	Média Itaipu
DBO	88,00	126,75
Nitrato	0,10	0,09
Sólidos totais dissolvidos	283,00	267,00
Fósforo total	2,30	2,58
Nitrogênio amoniacal	16,30	16,75
Coliformes termotolerantes	11.466.667	1.635.000
Carbono orgânico total	24,00	54,25
pH	10,32	10,20
Oxigênio dissolvido	0,67	0,85
Turbidez	61,40	64,85

Monitoramento durante o período de estiagem – cálculo de cargas

Parâmetros	Unidade	Córrego Arrozal	Jacaré	Santo Antônio	João Mendes	Córrego da Vala
Carga de DBO	Kg/dia	4.439	58.386	86.508	697.824	52.183
Carga de Nitrato	Kg/dia	0.004	0.135	0.073	0.585	0.032
Carga de Sólidos totais dissolvidos	Kg/dia	14.517	12.363	12.878	8.663	16.343
Carga de Fósforo Total	Kg/dia	0.120	2.844	1.612	13.462	1.099
Carga de Nitrogênio Amoniacal	Kg/dia	0.482	25.732	14.263	113.161	5.747

Monitoramento durante o período chuvoso



Inclusão de mais dois pontos

- H0** – Canal do Cafubá
- H1** – Córrego Arrozal
- H2** – Jacaré
- H3** – Santo Antônio
- H4** – João Mendes
- H5** – Córrego da Vala
- H6** – Córrego da Viração
- H7** – Córrego dos Colíbris

Levantamento das seções batimétricas;
Monitoramento *first-flush*;
Coletas após a chuva.

Principais resultados

Contribuintes da lagoa de Piratininga

Maiores vazões médias dos rio Jacaré e rio Santo Antônio, sendo os responsáveis pelas maiores cargas de nitrato, sólidos dissolvidos totais e fósforo total.

Além disso, observou-se maior contribuição de DBO e nitrogênio amoniacal no rio Jacaré e Canal do Cafubá – indicativo de contaminação recente por esgoto bruto.

Contribuintes da lagoa de Itaipu

A maior vazão registrada no período foi observada no rio João Mendes (660 L/s).

A soma das cargas do rio João Mendes, seu tributário A.D. e rio da Vala, resulta em altas cargas poluentes para lagoa de Itaipu.

- Permitiu identificar flutuações sazonais e pontuais (associadas a eventos temporais) nas comunidades avaliadas e na qualidade da água;
- Condição do sistema é influenciada pelo constante aporte de cargas da região de entorno e pelas questões hidrodinâmicas do sistema;
- Redução das espécies sensíveis e aumento na abundância de espécies tolerantes (ex. cianobactérias);
- Identificação das variáveis que mais contribuem para a degradação do sistema: **carbono orgânico total (COT)**, **amônia** e **fósforo total**;

A wide-angle landscape photograph showing a large body of water in the foreground, likely a lagoon. In the middle ground, there is a town or village built on a hillside, with buildings and trees. The background features several large, rounded hills or mountains under a blue sky with scattered white clouds. The foreground is partially obscured by dark, silhouetted trees and bushes.

Modelagem computacional – Deflt-3D

Sistema lagunar Piratininga-Itaipu

MODELAGEM NUMÉRICA

- Sistema Piratininga-Itaipu

- ✓ **Modelo hidrodinâmico**
- ✓ **Modelo morfológico**
- ✓ **Modelo de qualidade de água**

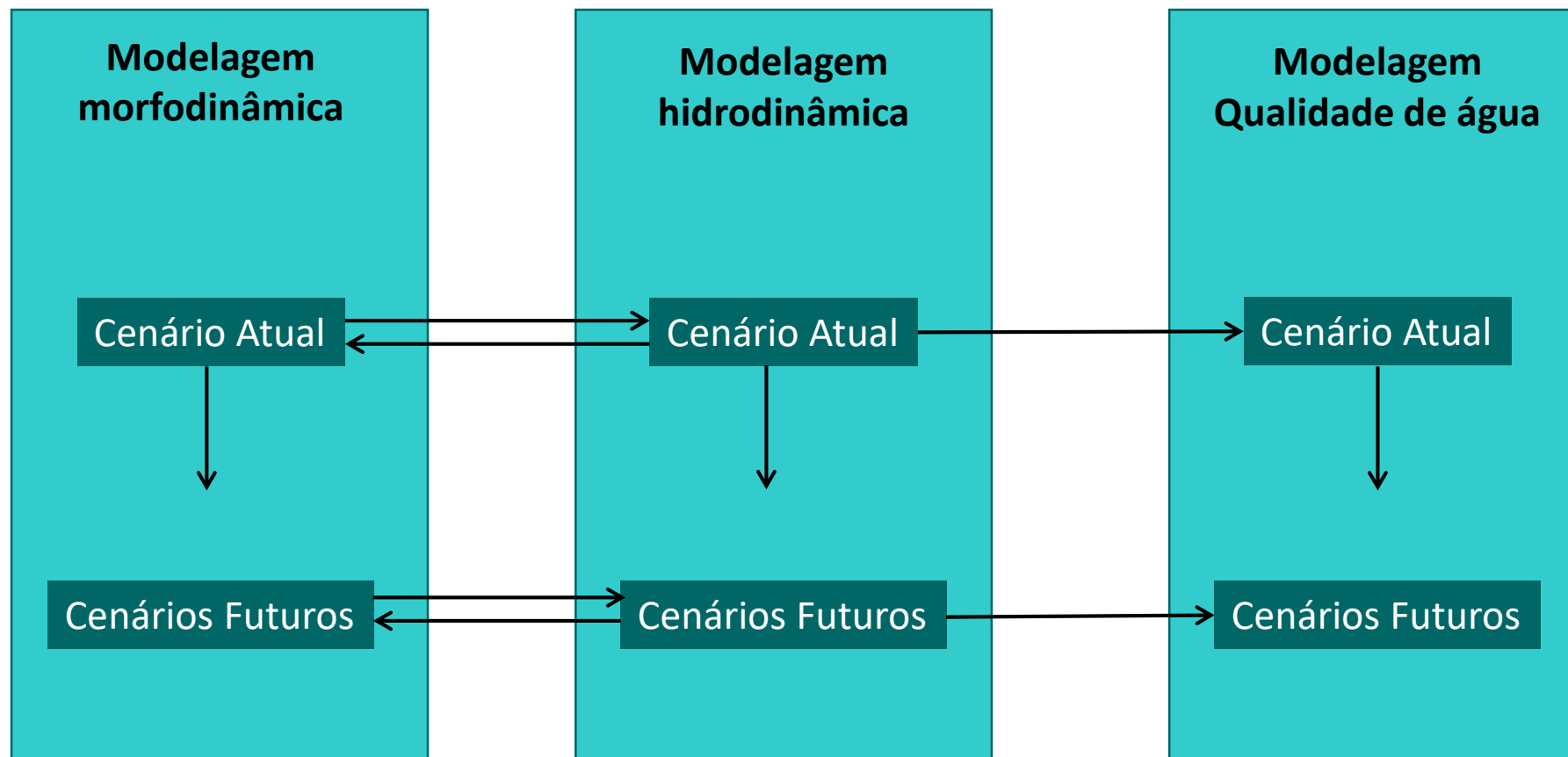
Delft3D:

Utilizada como ferramenta de análise, avaliação de prognósticos e auxílio na gestão do sistema lagunar

Os objetivos da modelagem computacional são:

- Entender o atual padrão de circulação hidrodinâmica do sistema a partir do modelo calibrado;
- Avaliar o efeito das chuvas e da maré sobre a dinâmica hídrica das lagoas;
- Estimar o tempo de residência atual das lagoas;
- Avaliar o efeito do aporte de cargas sobre a qualidade de água das lagoas, durante o período chuvoso e de estiagem;
- Avaliar o comportamento hidrodinâmico e morfodinâmico em diferentes cenários futuros, considerando alterações físicas (obras hidráulicas) no sistema;
- Avaliar a qualidade de água das lagoas em diferentes cenários futuros: alterações físicas (obras hidráulicas) e/ou abatimento de cargas (jardins filtrantes e/ou ampliação do sistema de esgotamento sanitário).

Modelagem computacional



Cenários estudados de prognóstico

- Dragagem do Canal de Itaipu;
- Recuperação e prolongamento dos molhes;
- Dragagem do Canal de Camboatá;
- Desobstrução do túnel do Tibau;
- Diferentes percentuais de abatimentos de cargas; e
- Jardins Filtrantes

Modelagem de qualidade da água

- Salinidade;
- Oxigênio dissolvido;
- DBO;
- COT;
- Amônia;
- Nitrato;
- Fósforo total
- Coliformes termotolerantes.

Melhorias no saneamento



Execução das obras

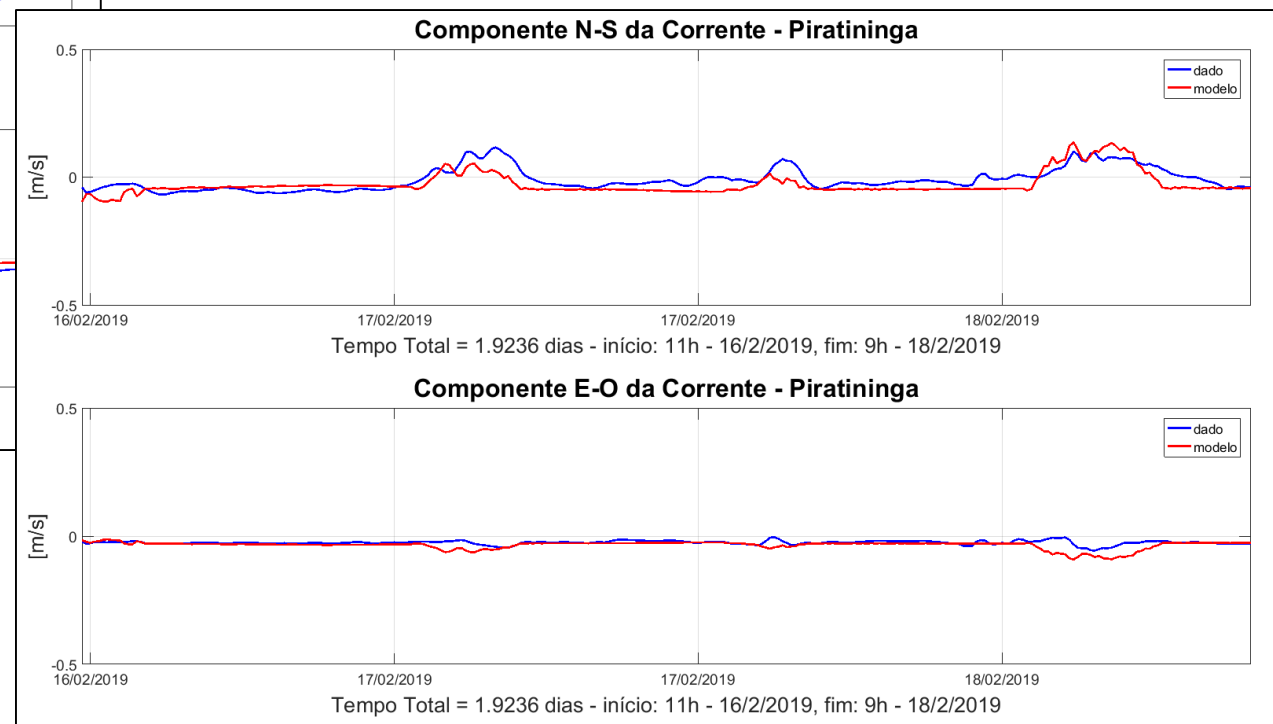
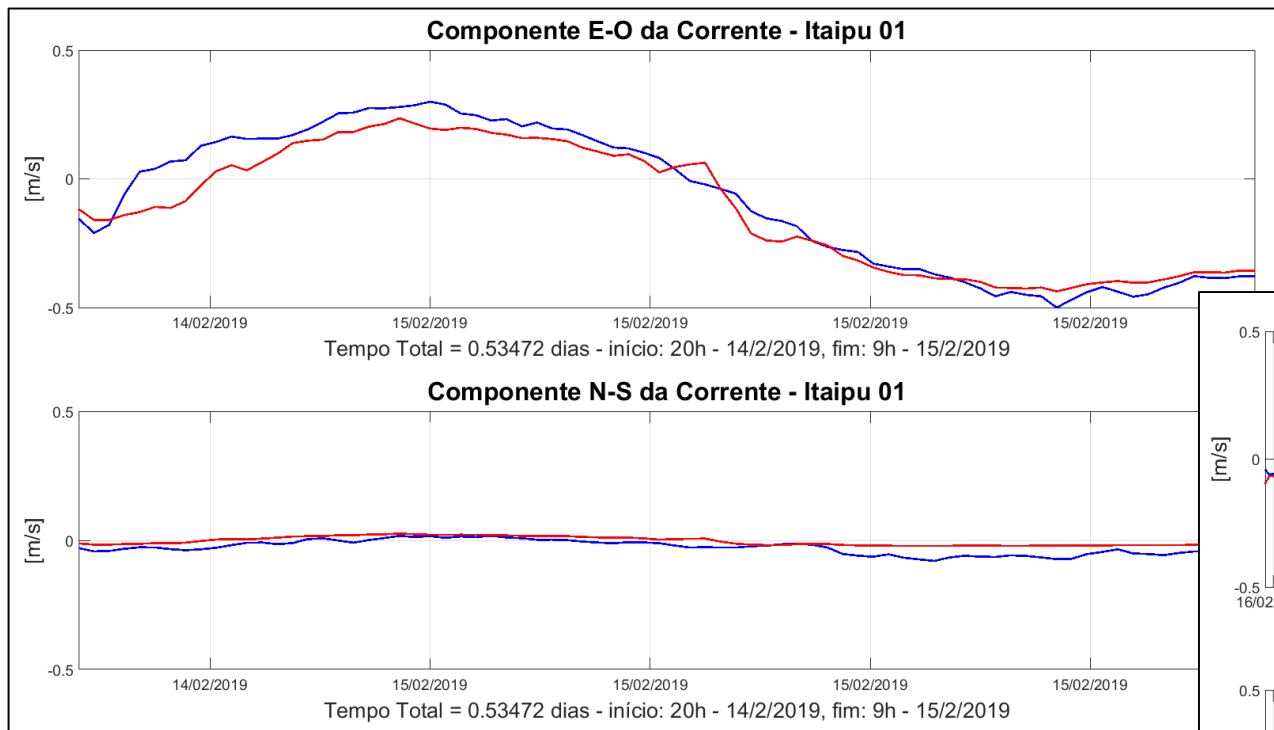


Modelagem hidrodinâmica – Delft-3D

Sistema lagunar Piratininga-Itaipu

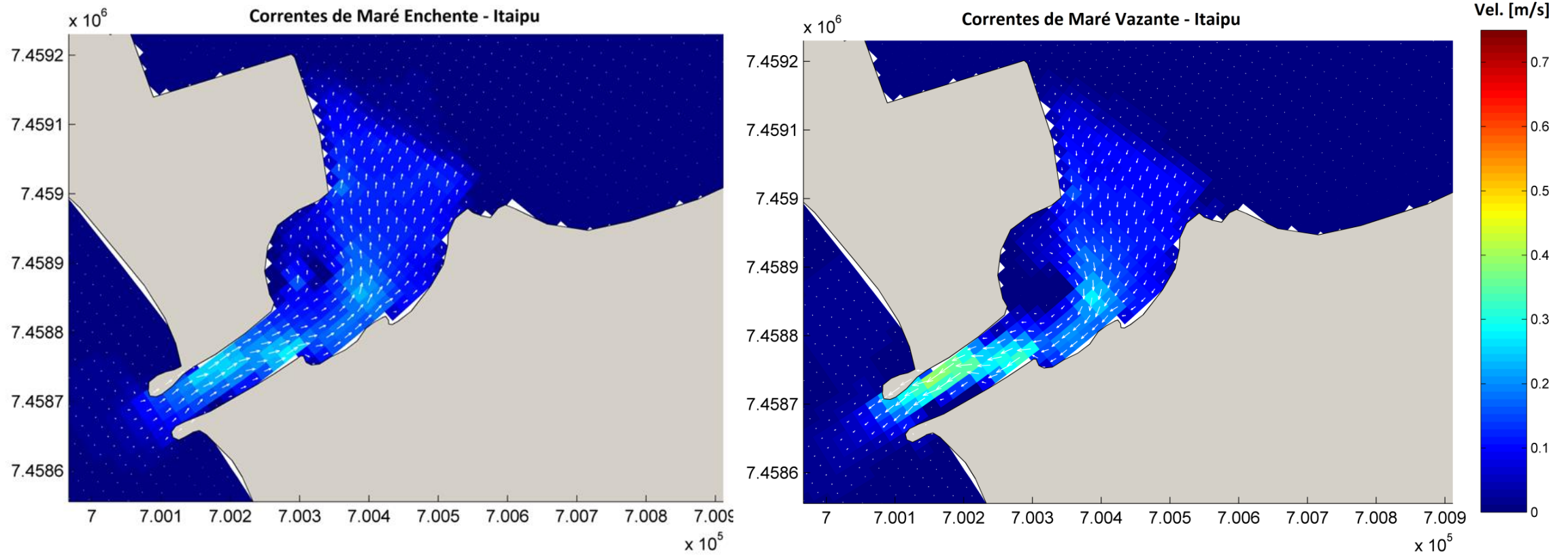
Resultados calibração – Modelo Hidrodinâmico

Corrente



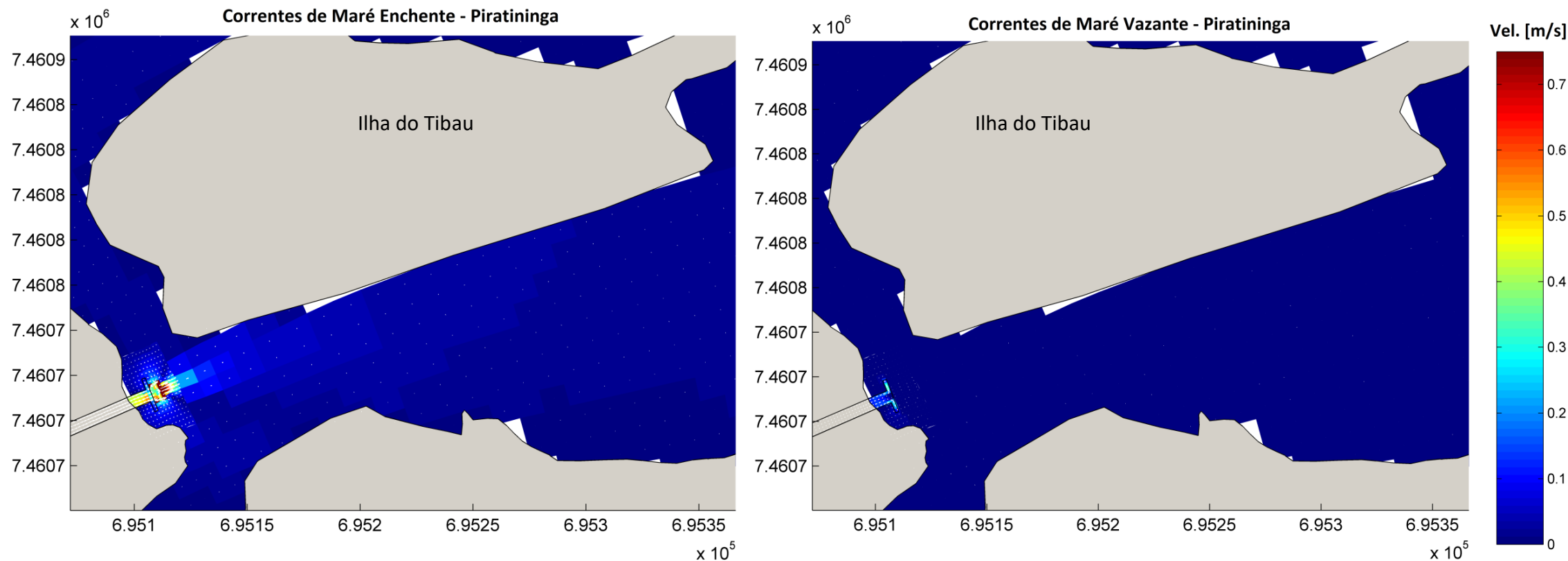
Resultados calibração – Modelo Hidrodinâmico

Correntes

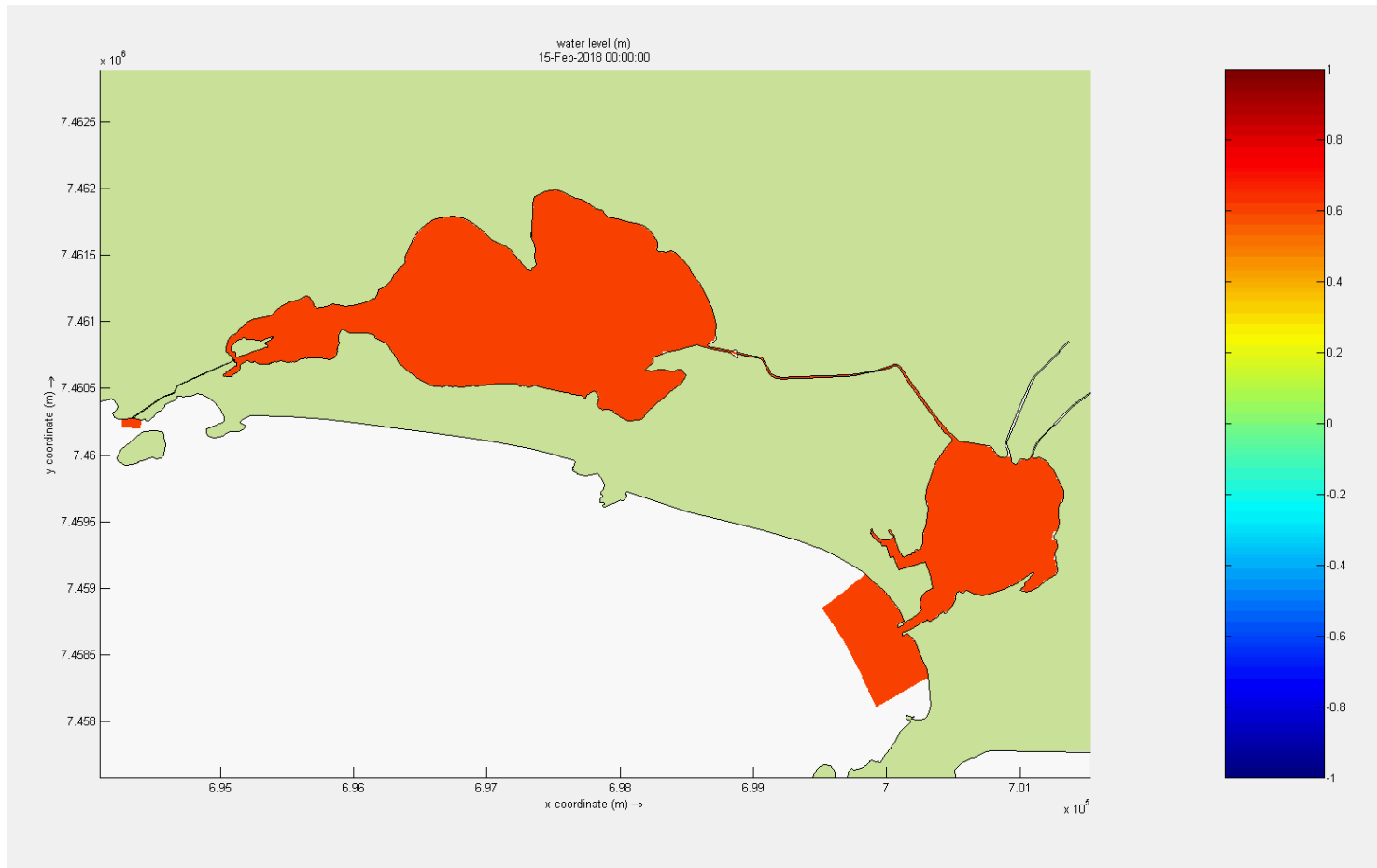


Resultados calibração – Modelo Hidrodinâmico

Corrente

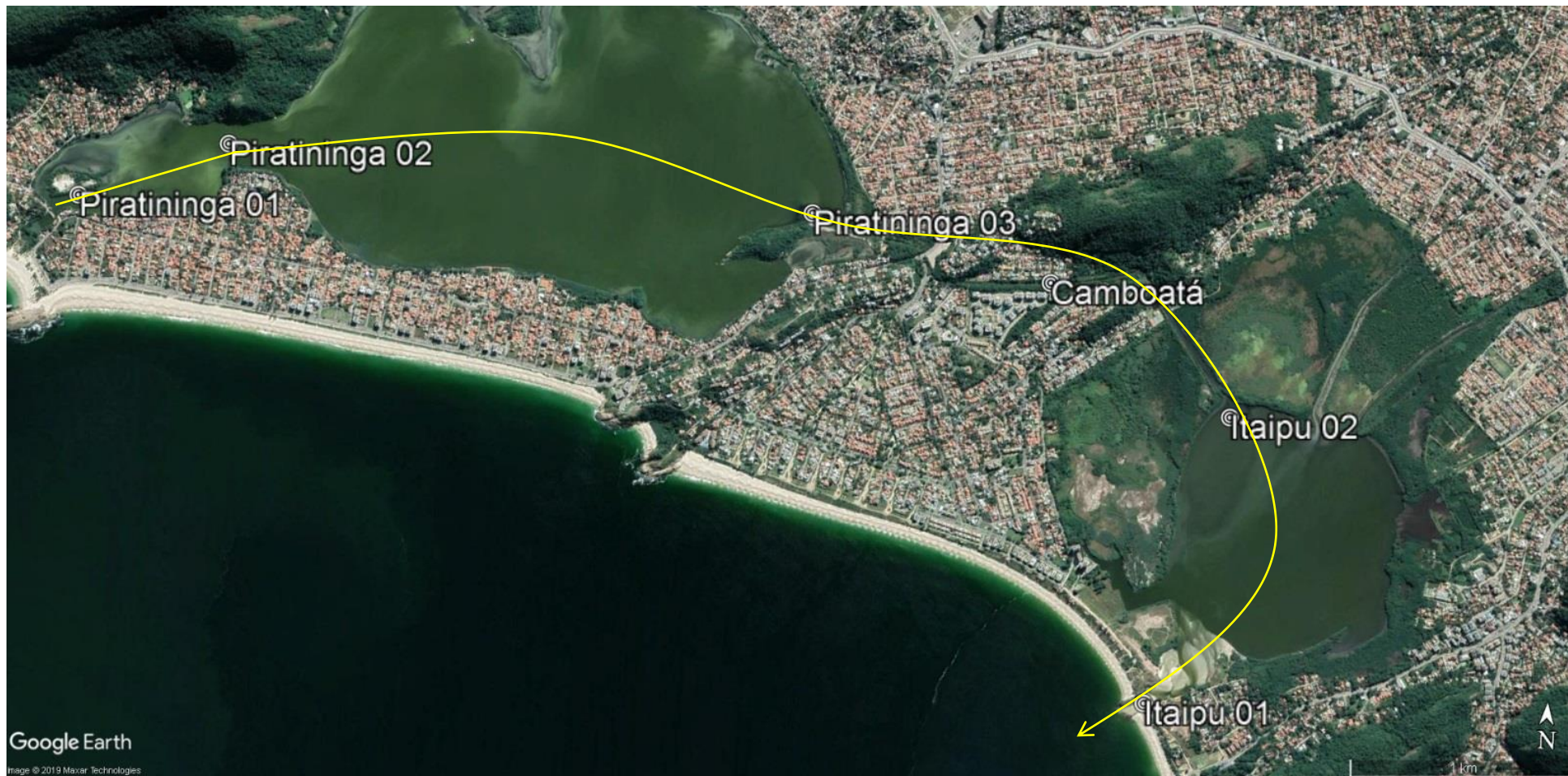


Modelo Hidrodinâmico



- Itaipu conexão franca com o mar = maior variação de NA por efeito da maré;
- Piratininga conexão via Túnel do Tibau: dissipação da energia das oscilações com frequência mareal – menor variação de NA.

Correntes residuais





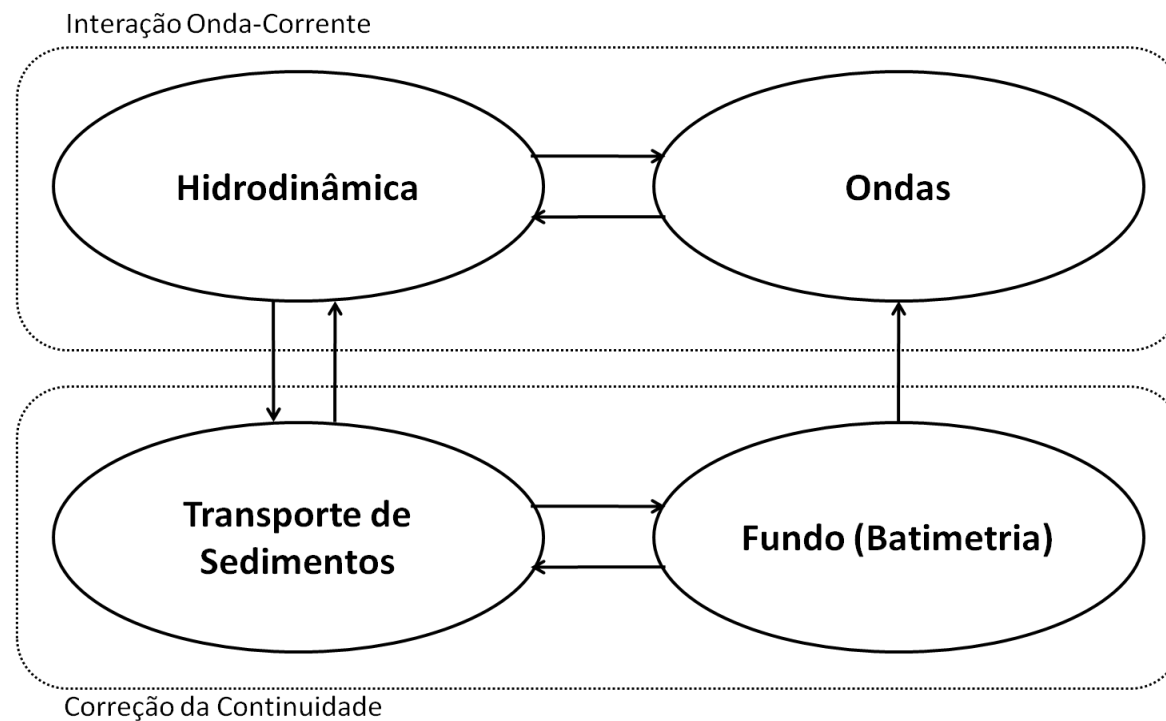
Modelagem morfológica – Delft-3D

Sistema lagunar Piratininga-Itaipu

MODELO MORFODINÂMICO

Objetivo: definir o comprimento ideal dos molhes para minimizar o transporte e deposição de sedimentos da praia na Lagoa de Itaipu

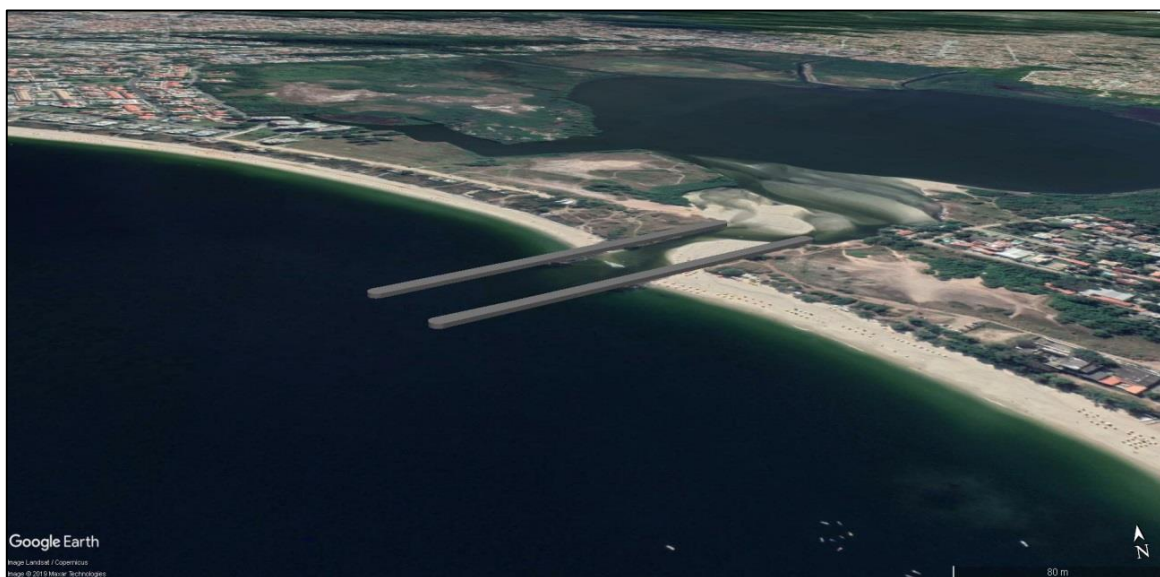
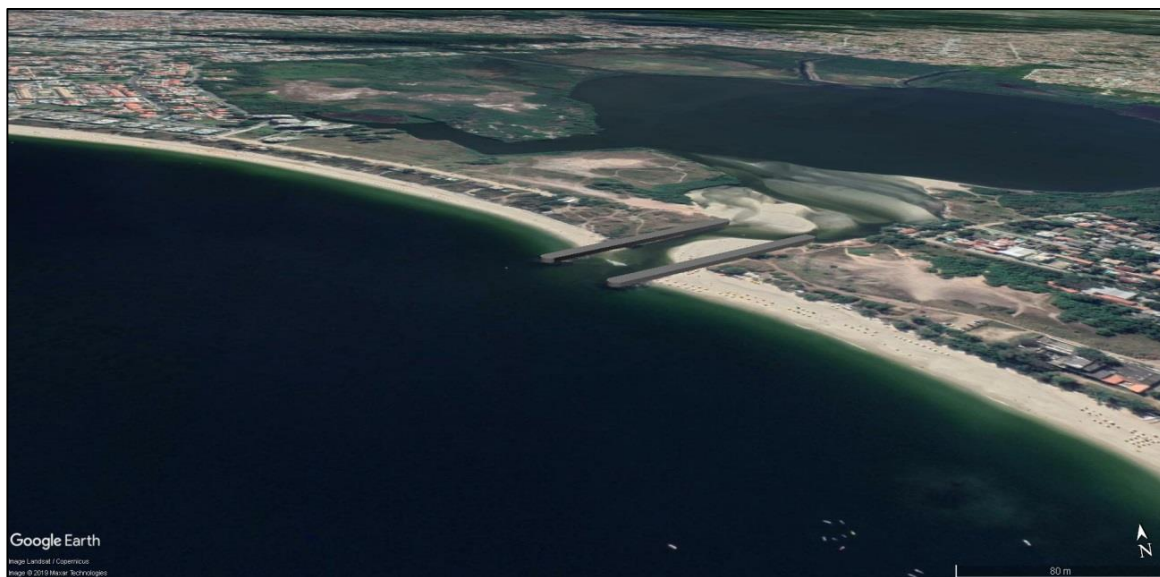
Acoplamento dinâmico entre os módulos



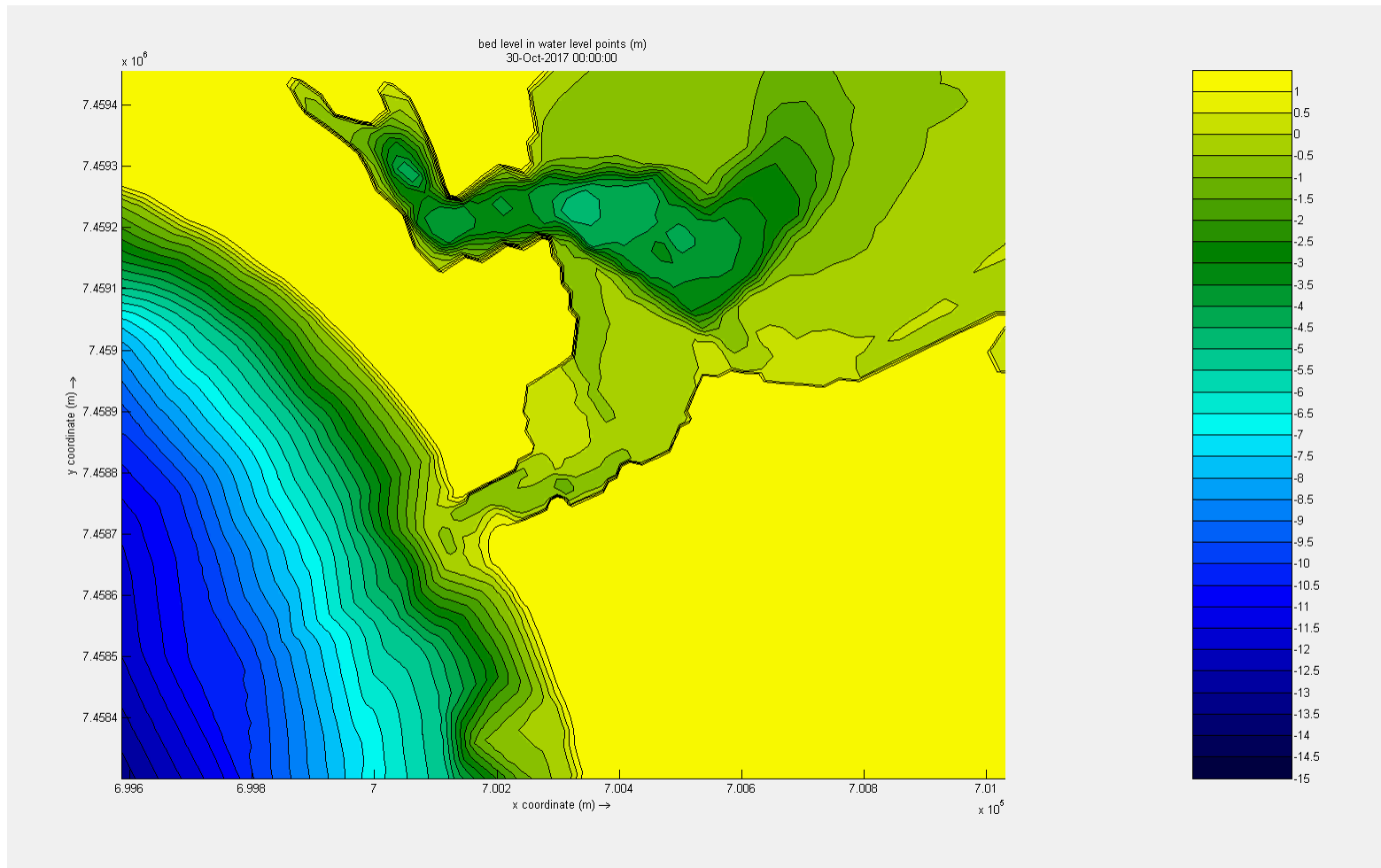
Cenários morfodinâmicos:

- Alternativa 1: comprimento atual dos molhes + alteamento;
- Alternativa 2: comprimento atual dos molhes + alteamento + dragagem na cota -2m;
- Alternativa 3: alteamento + dragagem na cota -2m + prolongamento do molhe em 80m;
- Alternativa 4: alteamento + dragagem na cota -2m + prolongamento do molhe em 140m.



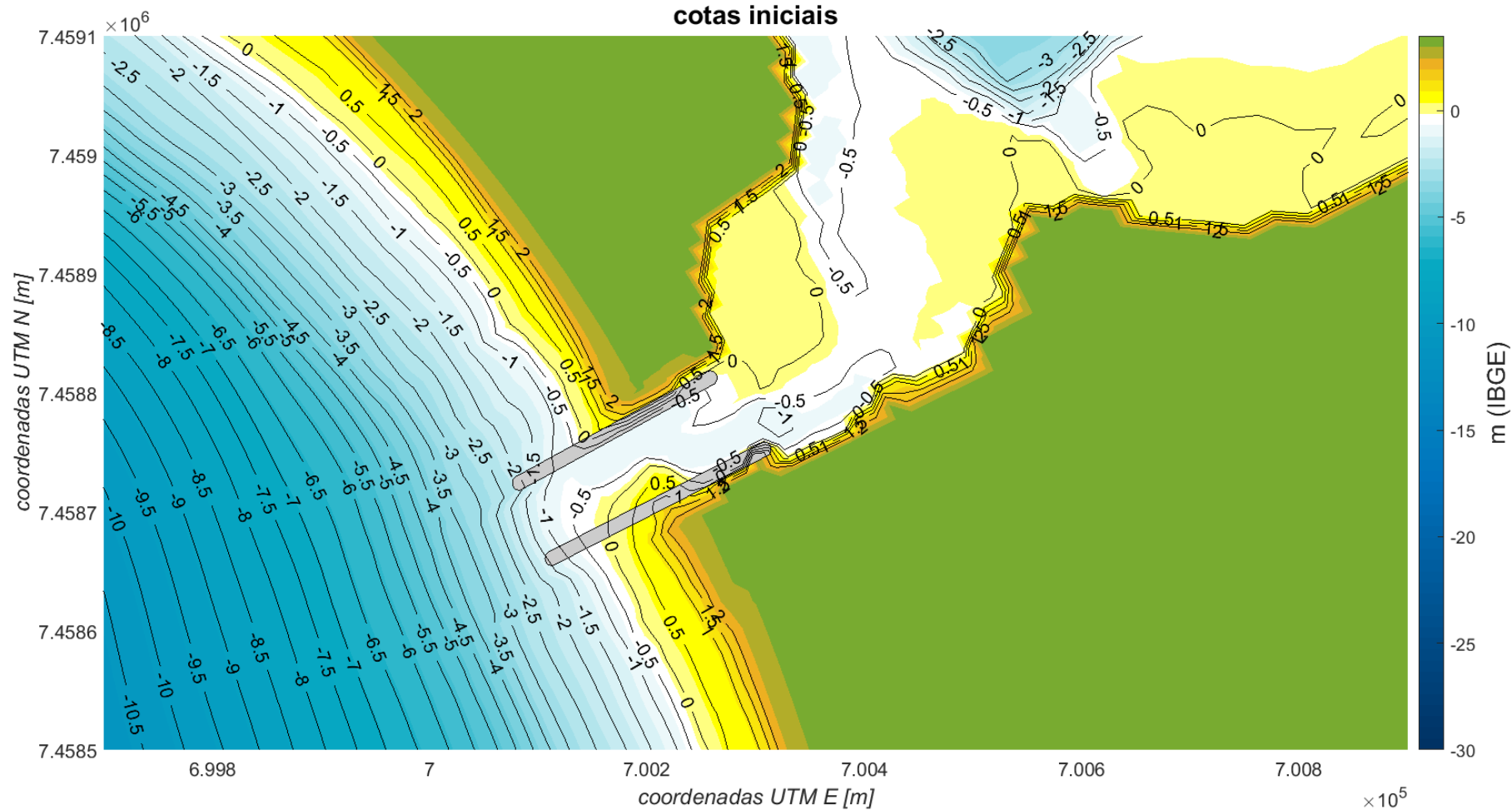


Modelo Morfodinâmico



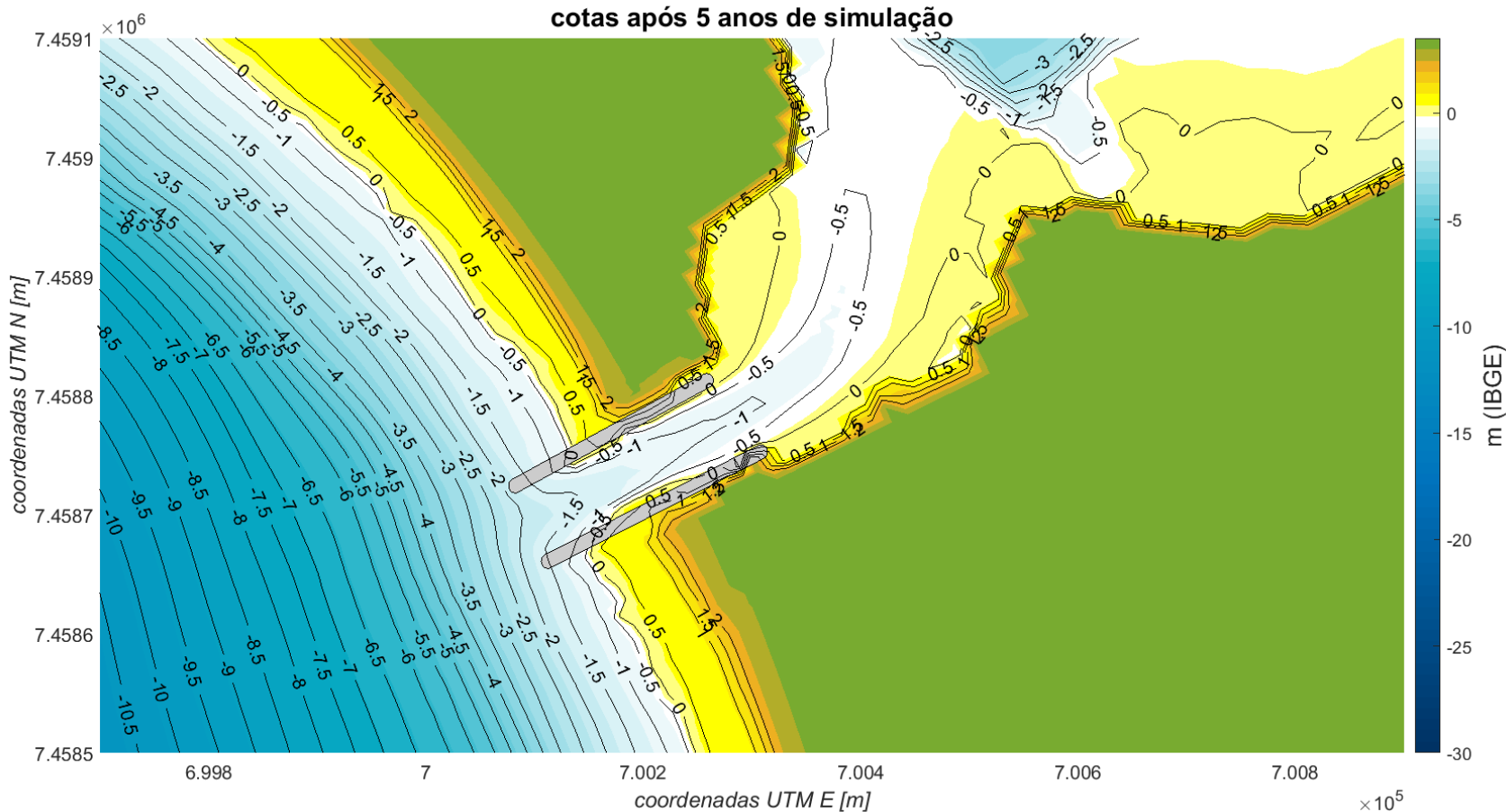
- Molhes atuais dentro da zona de transporte litorâneo;
- Entrada de areia da praia na desembocadura e incapacidade hidráulica para retorno;
- Simulação de alternativas considerando o alteamento, o prolongamento e a dragagem do canal.

Alternativa 1: comprimento atual dos molhes + alteamento



Batimetria atual

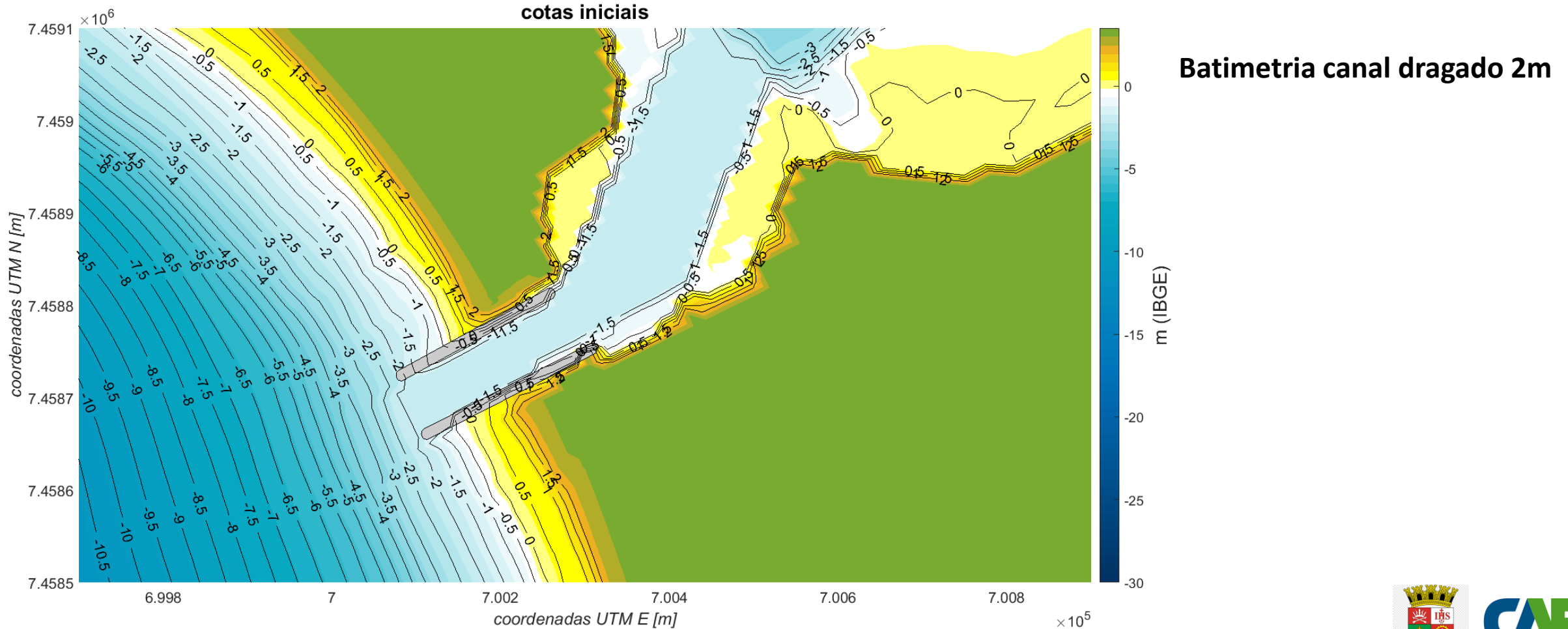
Alternativa 1: comprimento atual dos molhes + alteamento



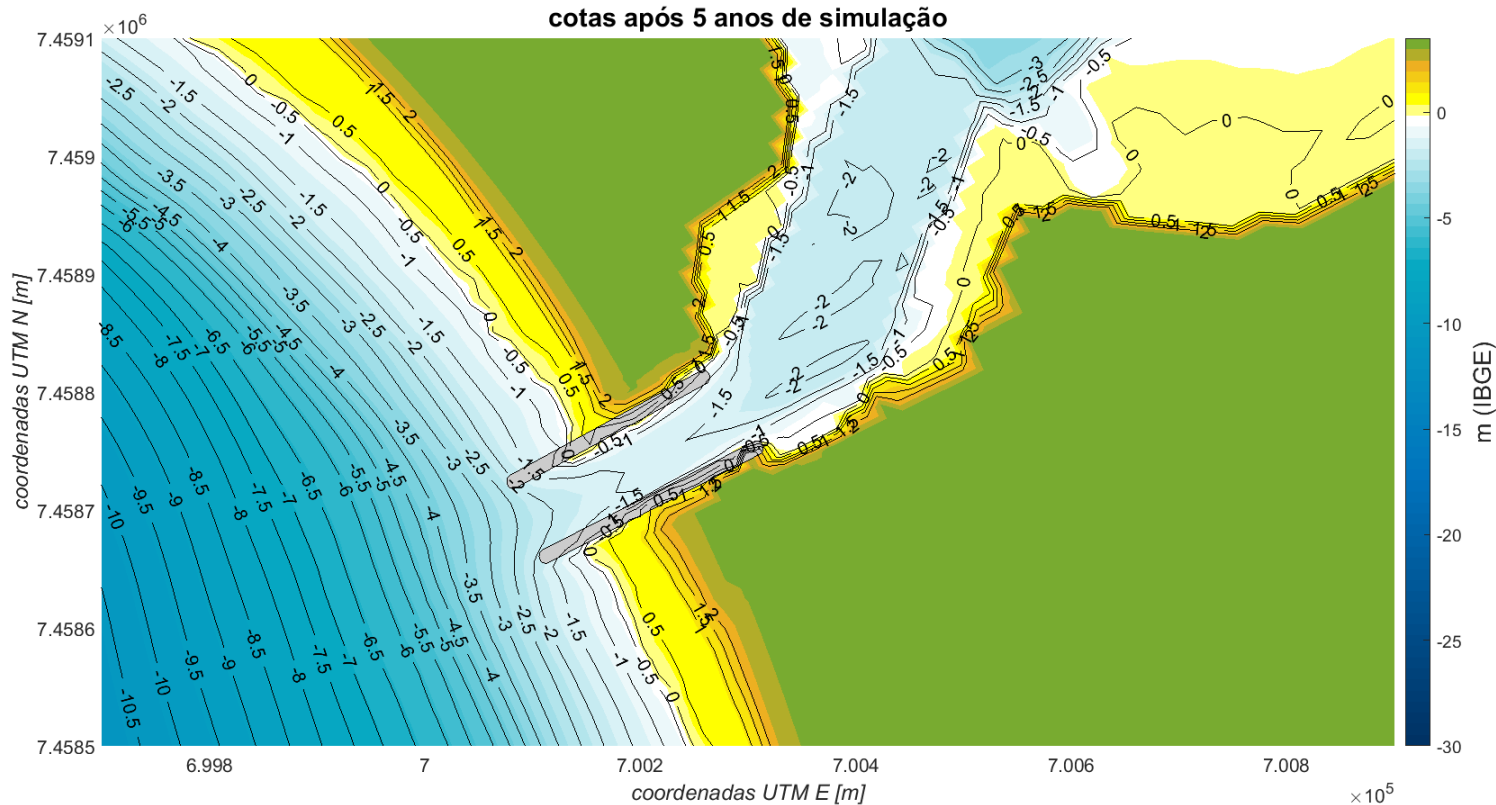
- Formação de um canal central aproximadamente retilíneo;
- Desaparecimento dos bancos laterais internos adjacentes decorrente do alteamento;
- Os molhes existentes não são suficientemente longos para impedir o transpasse de sedimentos provenientes do processo de deriva litorânea.

Batimetria após 5 anos

Alternativa 2: comprimento atual dos molhes + alteamento + dragagem na cota -2m



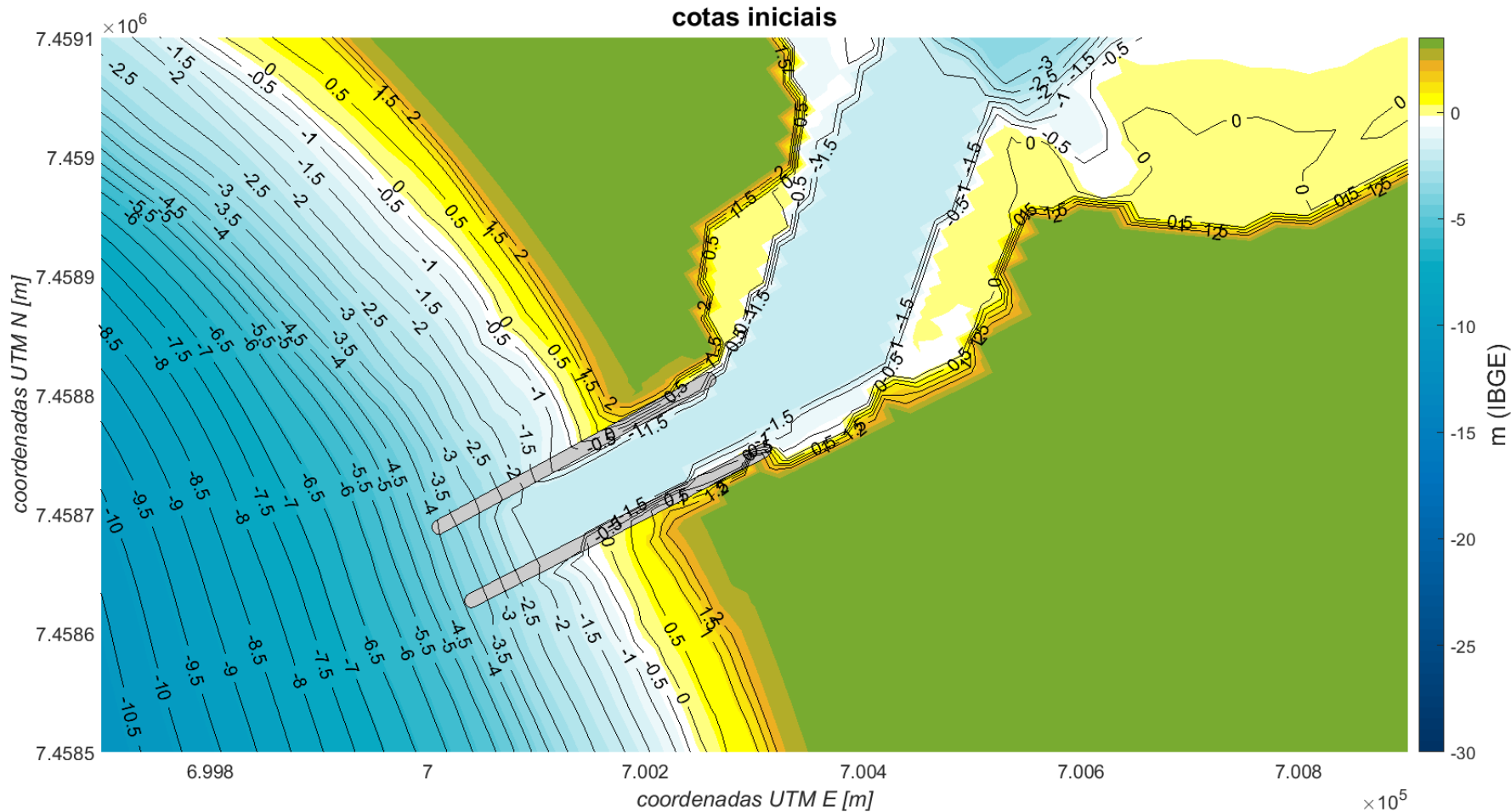
Alternativa 2: comprimento atual dos molhes + alteamento + dragagem na cota -2m



- A dragagem do canal interno, sem o prolongamento dos molhes, provoca uma diminuição no transpasse direto de sedimentos através do delta de maré vazante e o aumento do transporte residual para a região entre os molhes;
- O canal é degradado em função do aporte de sedimentos provenientes da porção externa e da remobilização dos sedimentos ainda presentes no interior da desembocadura.

Batimetria após 5 anos

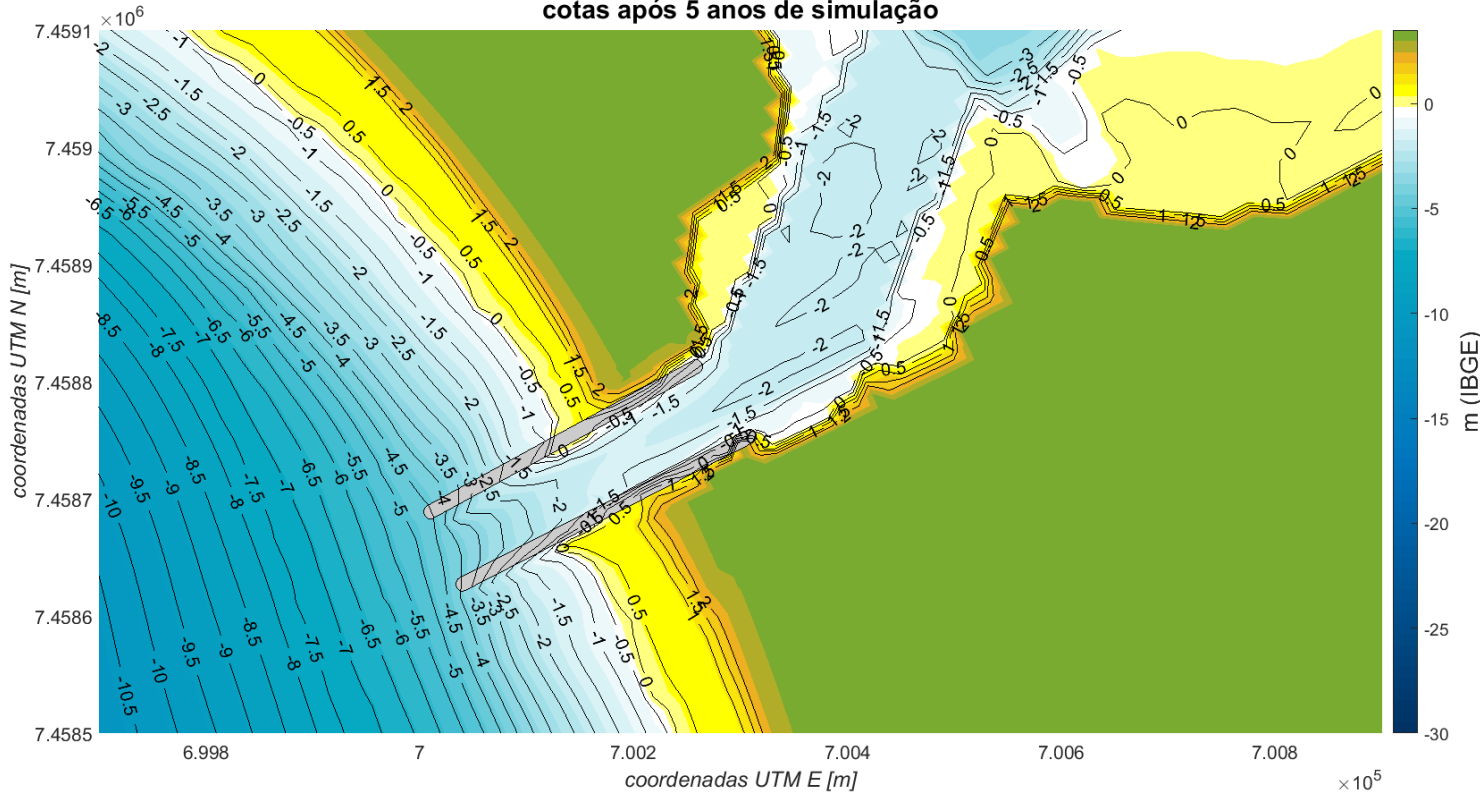
Alternativa 3: comprimento atual dos molhes + alteamento + dragagem na cota -2m + prolongamento do molhe em 80m



Batimetria canal dragado 2m

Alternativa 3: comprimento atual dos molhes + alteamento + dragagem na cota -2m + prolongamento do molhe em 80m

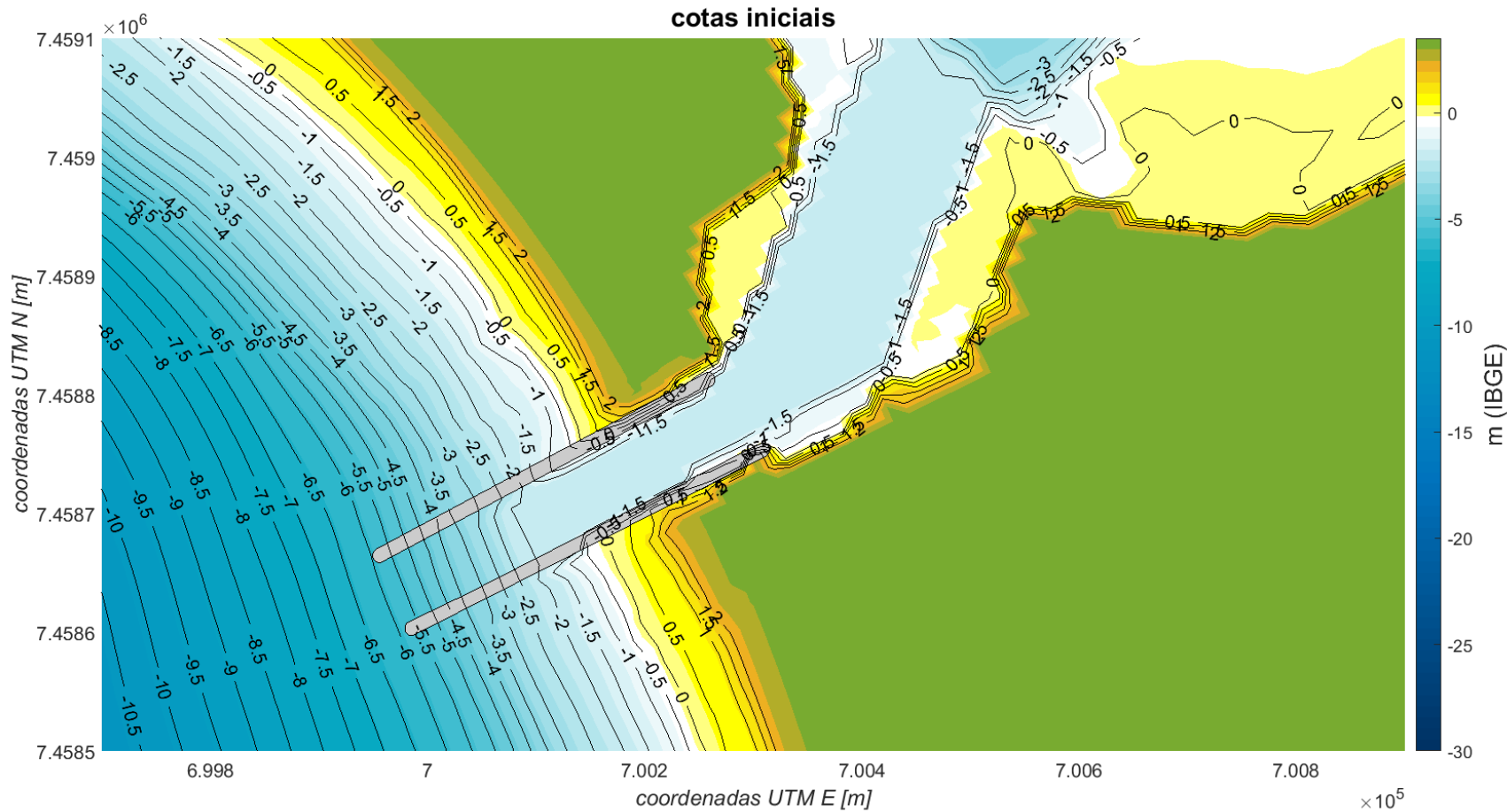
cotas após 5 anos de simulação



- O prolongamento dos molhes em 80 m diminui consideravelmente o transpasse de sedimentos, porém não o elimina completamente;
- A degradação do canal interno ocorre, em parte, pelo pequeno aporte de sedimentos provenientes da deriva litorânea. Porém, o principal processo de degradação do canal é a remobilização dos sedimentos ainda presentes no interior da desembocadura

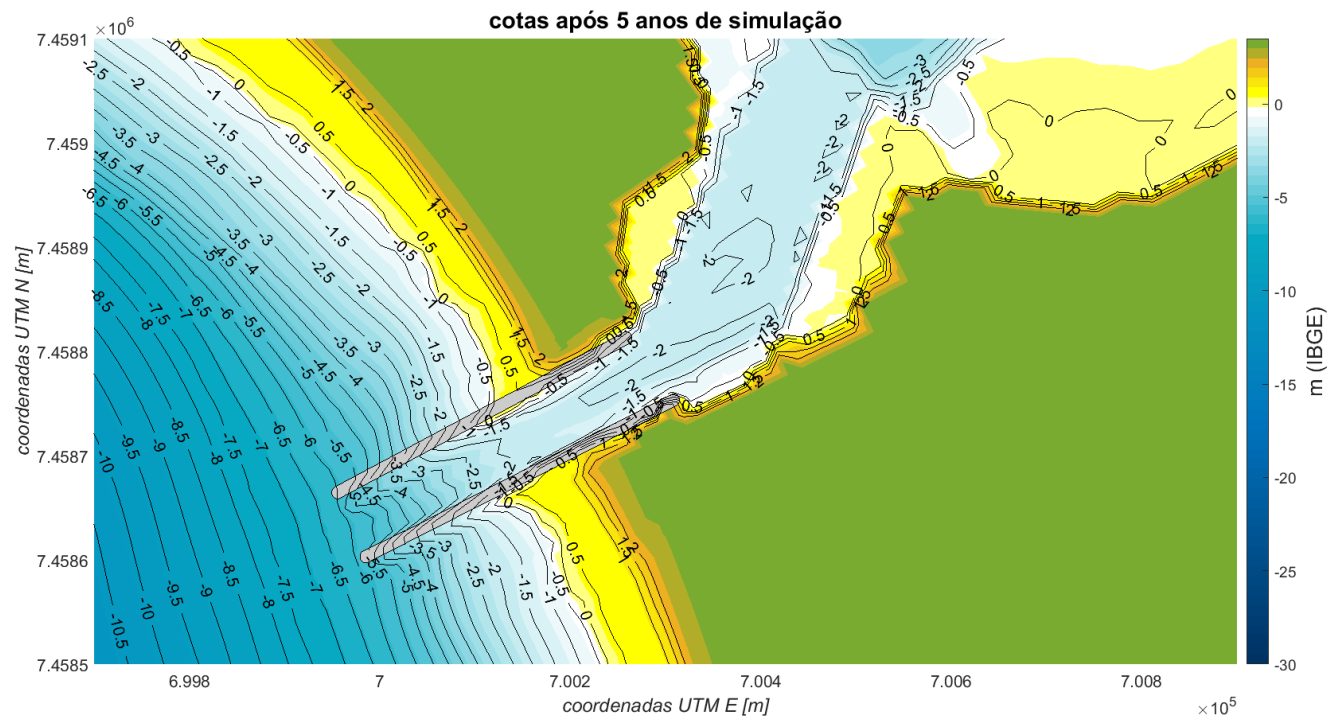
Batimetria após 5 anos

Alternativa 4: comprimento atual dos molhes + alteamento + dragagem na cota -2m + prolongamento do molhe em 140m



Batimetria canal dragado 2m

Alternativa 4: comprimento atual dos molhes + alteamento + dragagem na cota -2m + prolongamento do molhe em 140m



Batimetria após 5 anos

Comprimento ideal do molhe para manutenção da dragagem
-> Utilizado nos cenários futuros de simulação de qualidade da água das lagoas

- Não há aporte de sedimentos provenientes da deriva litorânea. A degradação do canal interno ocorre somente em função da remobilização dos sedimentos ainda presentes no interior da desembocadura;
- A alternativa 4 possui maior capacidade de manutenção das profundidades no interior da desembocadura

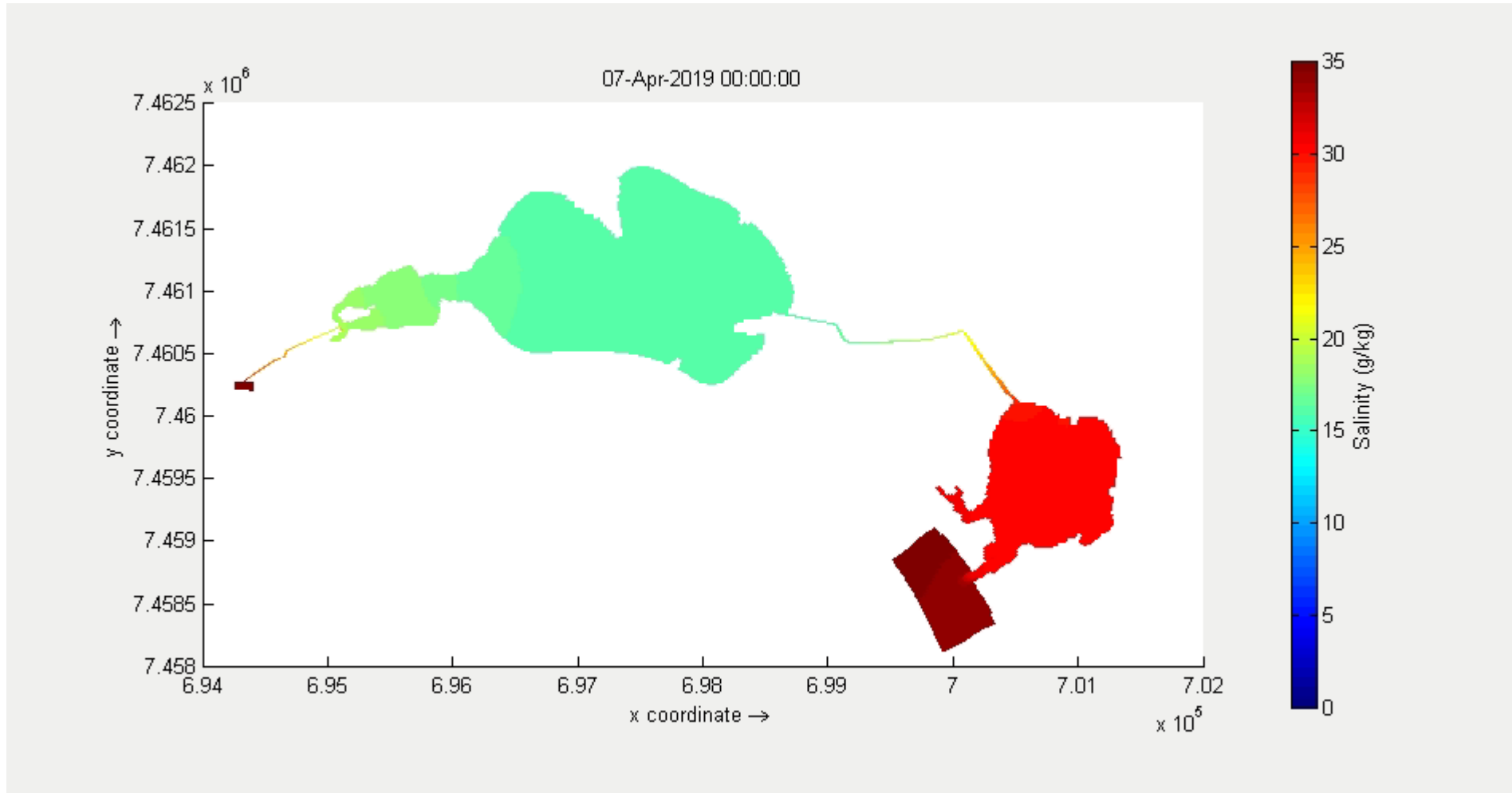
MODELAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA

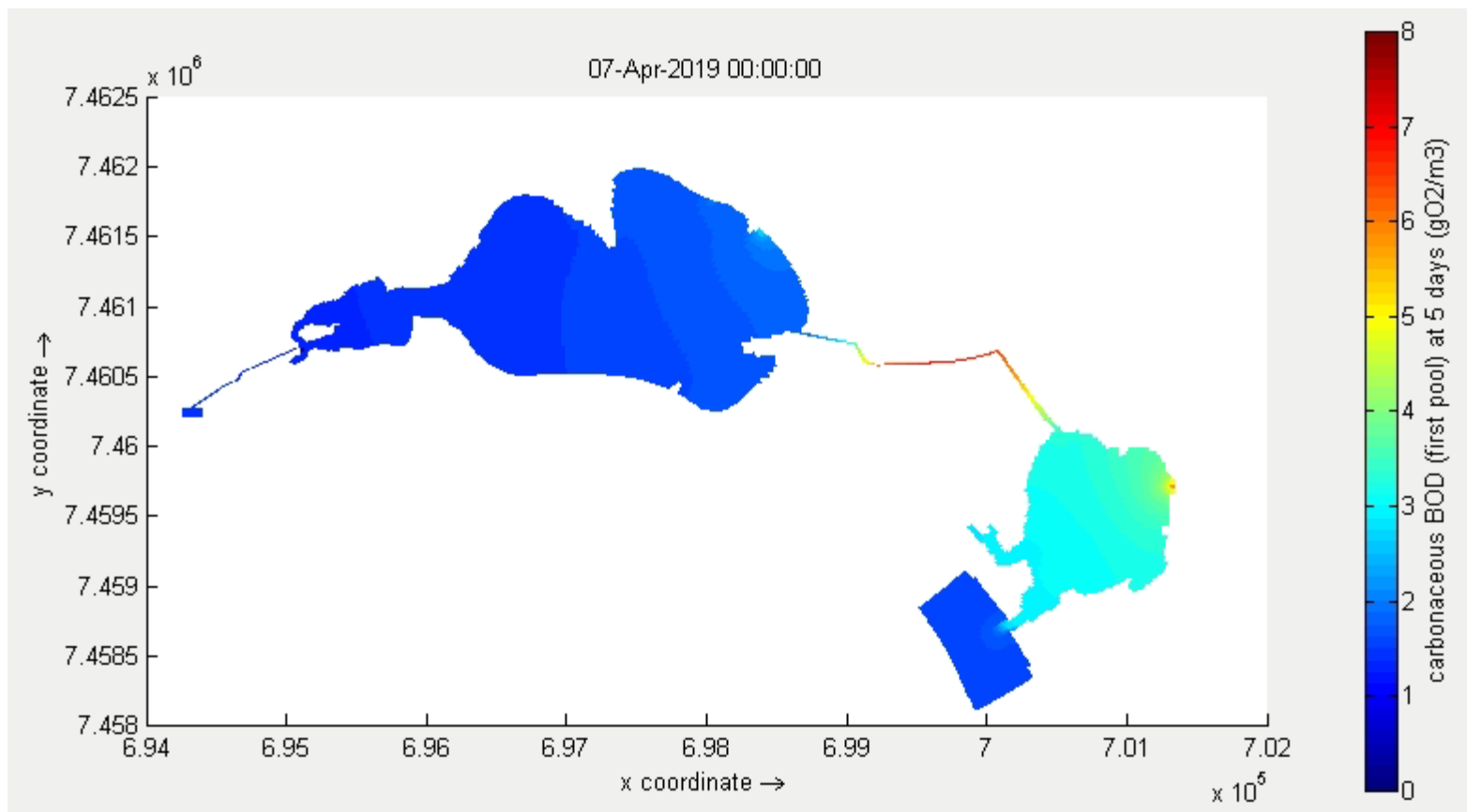
- Sistema Piratininga-Itaipu

Modelagem computacional

Efeito da chuva na salinidade das lagunas

Cenário atual





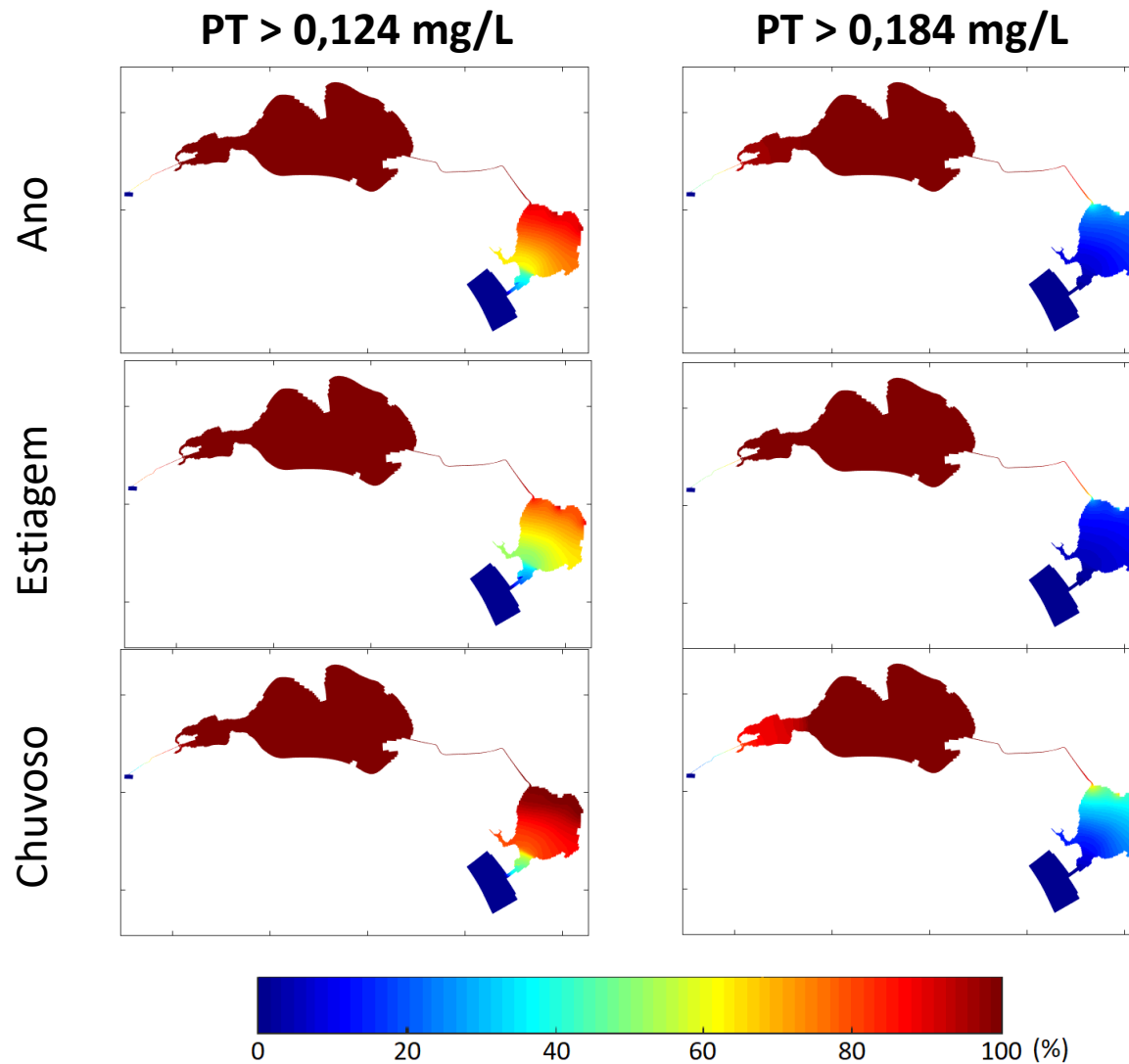
- Antes da chuva => DBO = 1 mg/L em Piratininga e 3 mg/L em Itaipu
- Início da chuva: 09/04 => DBO_{máx} de 9 mg/L nas duas lagoas
- 10 dias após a chuva ainda => DBO = 3 mg/L em Piratininga e 4 mg/L em Itaipu

Modelagem computacional

Percentual de ocorrência de fósforo maior que 0,124 e 0,184 mg/L

Cenário atual

- Atualmente o fósforo na Lagoa de Piratininga está constantemente em Classe II ou III para água salobra;
- Em Itaipu, o fósforo se mantém entre Classe II e Classe III

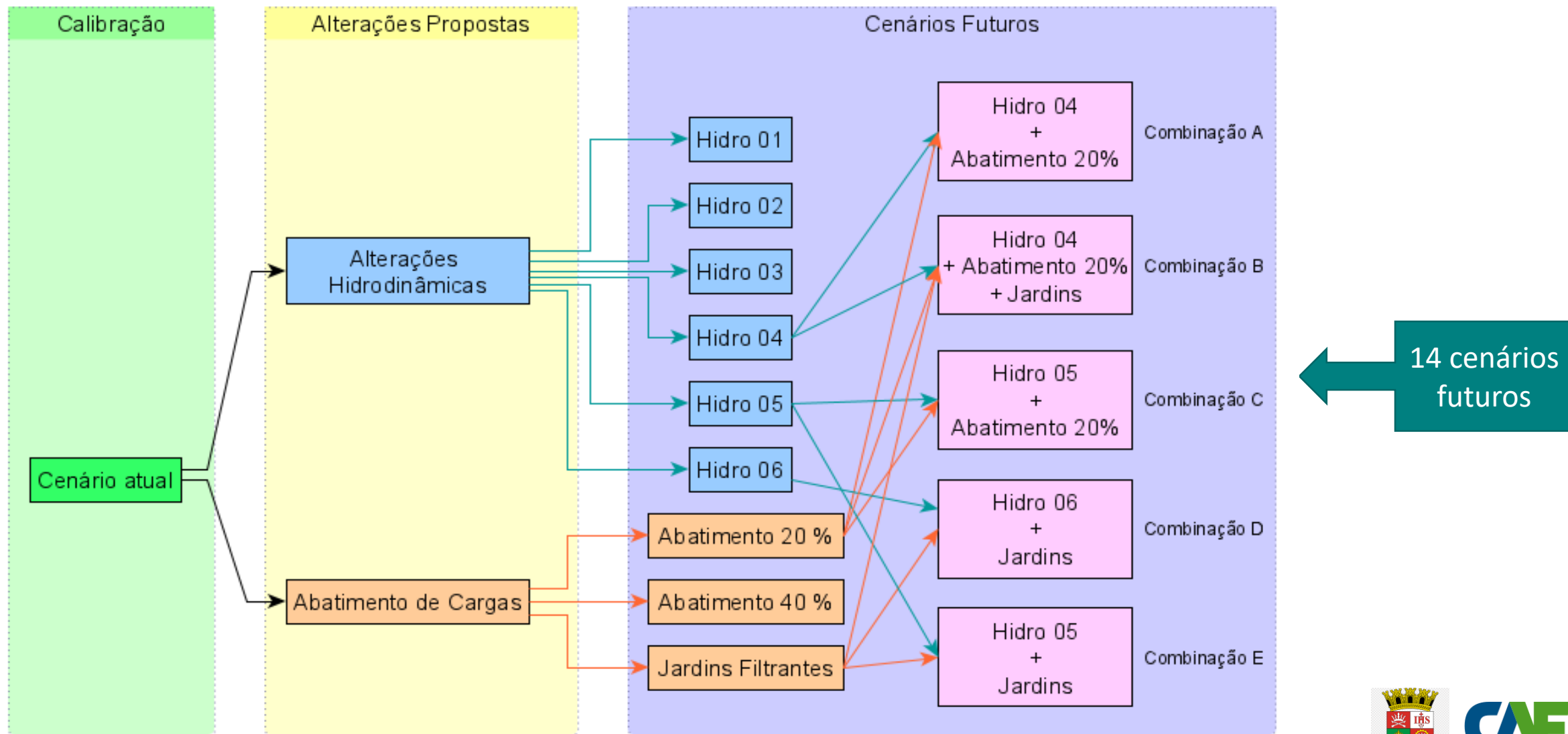


Resultados calibração e cenário atual

- Os resultados da calibração indicam que a simulação é capaz de representar adequadamente o recebimento das cargas poluentes pelas lagoa e influência das marés nas lagoas e a dinâmica de interação lagoa-mar;
- Atualmente os parâmetros que estão em desacordo, na maior parte do tempo, com os limites de Classe I para águas salobras são: COT, amônia, fósforo;

**CENÁRIOS FUTUROS
QUALIDADE DE ÁGUA
SISTEMA LAGUNAR
PIRATININGA-ITAIPU**

Modelagem Computacional



14 cenários futuros

Alterações hidrodinâmicas avaliadas nas simulações computacionais:

HIDRO 01	HIDRO 02	HIDRO 03	HIDRO 04	HIDRO 05	HIDRO 06
Dragagem Canal de Itaipu	Dragagem Canal de Itaipu	Dragagem Canal de Itaipu	Dragagem Canal de Itaipu	x	x
x	Prolongamento Molhe Itaipu*	Prolongamento Molhe Itaipu*	Prolongamento Molhe Itaipu*	x	x
x	x	Dragagem Canal de Camboata**	Dragagem Canal de Camboata**	x	Dragagem Canal de Camboatá**
x	x	x	Desobstrução Túnel do Tibau	Desobstrução Túnel do Tibau	Desobstrução Túnel do Tibau

* Comprimento ideal determinado nas simulações morfodinâmicas realizadas previamente (140 m)

** profundidade do canal após dragagem=1,50 m

Abatimento de cargas avaliadas nas simulações computacionais:

Implantação dos Jardins Filtrantes

Abatimento de 20 % das cargas
poluentes das bacias contribuintes

Abatimento de 40 % das cargas
poluentes das bacias contribuintes

Abatimento?

- Aumento da cobertura do sistema de coleta de esgoto;
- Combate às ligações clandestinas do sistema pluvial.

Abatimento de cargas avaliadas nas simulações computacionais:

Implantação dos Jardins Filtrantes

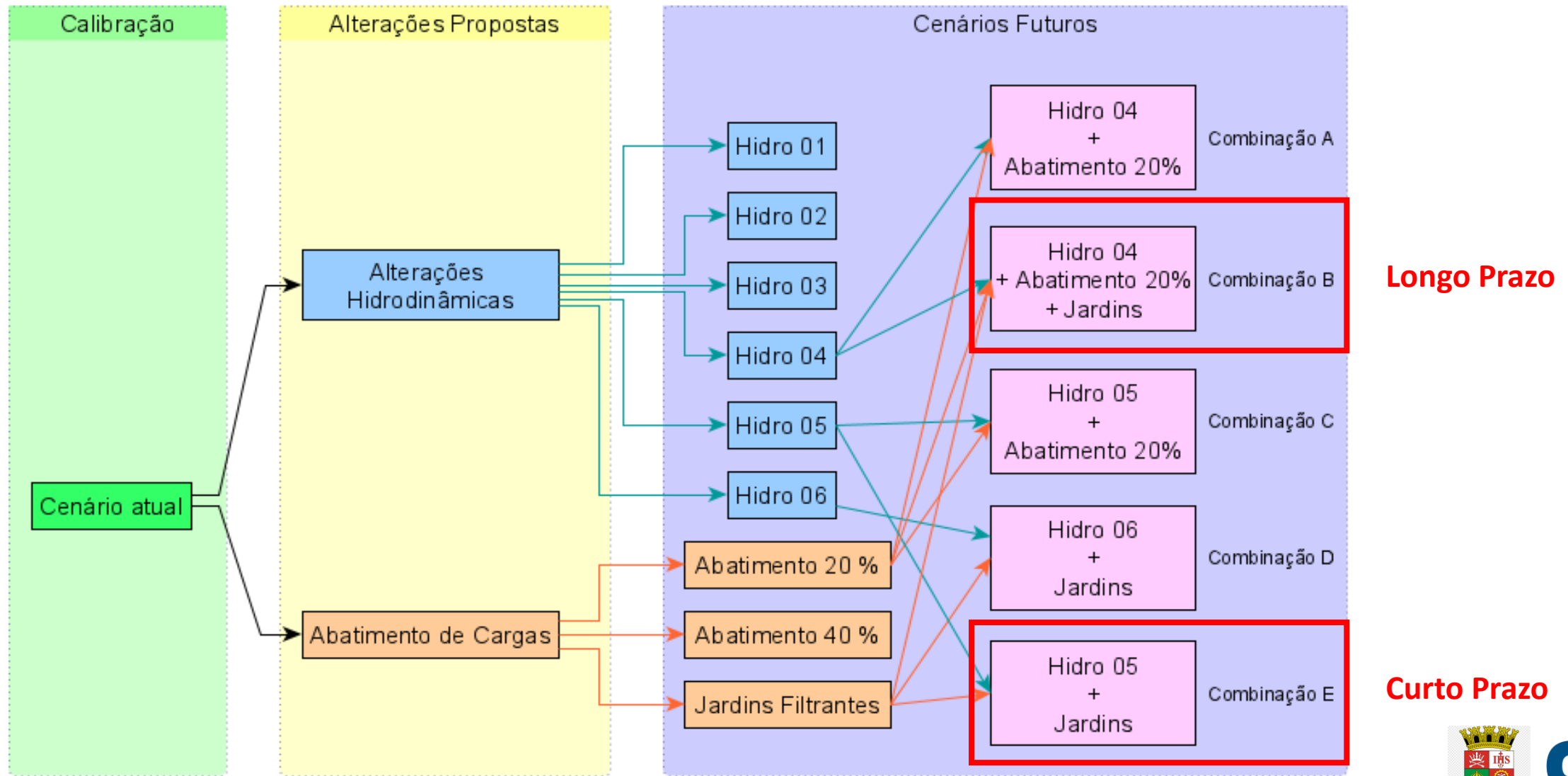


TABELA 12 - EFICIÊNCIA DO SISTEMA PROPOSTO

SUB BACIAS	PARAMETRO	CARGA	CARGA TRATADA	CARGA NÃO TRATADA	EFICIÊNCIA
		TON/ANO	TON/ANO	TON/ANO	%
Rio Cafubá	Pt	4,45	3,50	0,95	79%
	No ³	2,56	1,90	0,66	74%
	DBO	80,50	61,50	19,00	76%
	SST	486,34	412,80	73,54	85%
Rio Arrozal	Pt	5,60	1,86	3,74	33%
	No ³	3,23	1,02	2,21	32%
	DBO	101,38	33,20	68,18	33%
	SST	612,49	438,11	174,38	72%
Rio Jacaré	Pt	15,48	9,56	5,92	62%
	No ³	3,12	1,45	1,68	46%
	DBO	194,23	81,43	112,80	42%
	SST	1158,93	846,02	312,91	73%

**RESULTADOS
AÇÕES E MEDIDAS
SELECIONADAS**

Modelagem Computacional



Modelagem Computacional

CENÁRIOS DE CURTO PRAZO:

- Desobstrução do Túnel do Tibau;
- Implantação dos Jardins Filtrantes;

Suficiente para alcançar o enquadramento da amônia e do COT na Lagoa de Piratininga, e do COT na Lagoa de Itaipu;

CENÁRIOS DE LONGO PRAZO:

- Desobstrução do Túnel do Tibau;
- Dragagem do Canal de Itaipu;
- Dragagem do Canal de Camboatá
- Implantação dos Jardins Filtrantes;
- Abatimento de pelo menos 20% da carga poluente gerada na bacia

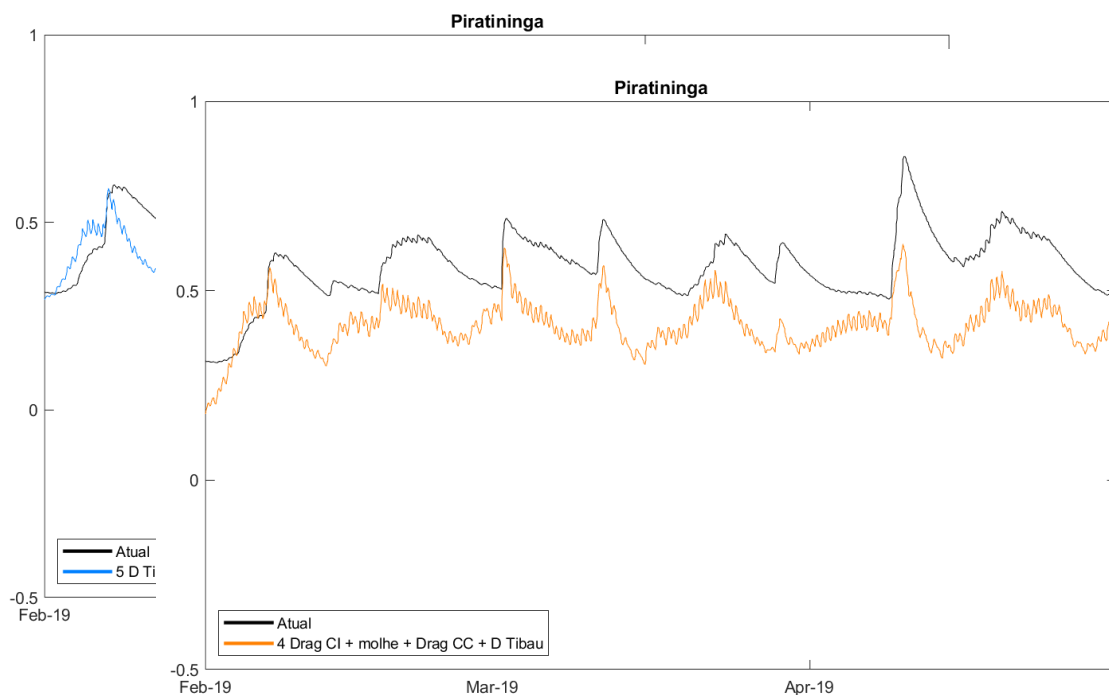
Suficiente para alcançar o enquadramento da maioria das variáveis em ambas as lagoas, com exceção do fósforo total;

Alterações hidrodinâmicas

Nível d'água

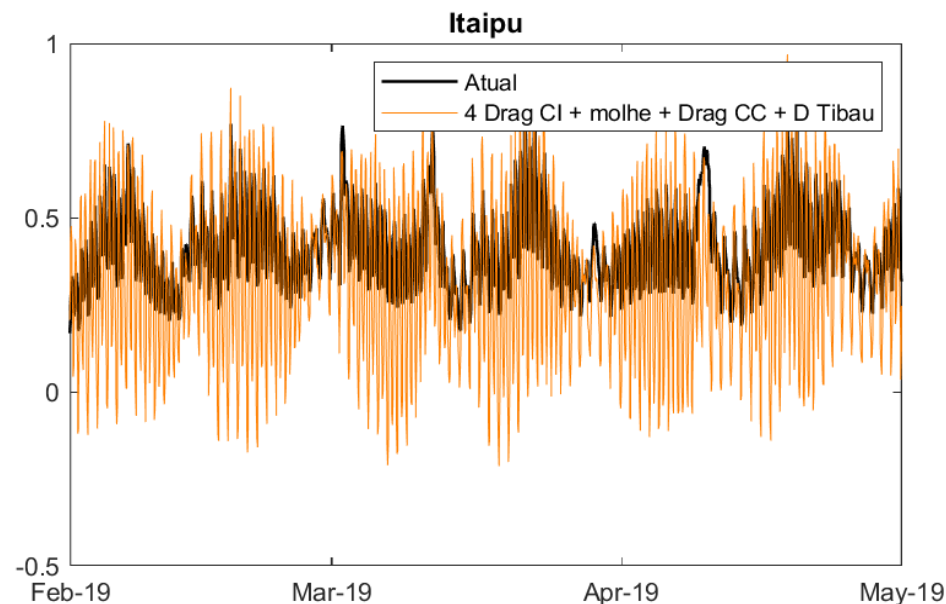
Piratininga:

- CP: Redução de 5cm no nível médio;
- LP: Redução de 11cm no nível médio e perda de 2,4% da área nos instantes de nível mínimo (área que poderia ficar seca em 20% do ano e por até 2 semanas ininterruptas);



Itaipu:

- CP: Redução de 1cm no nível médio;
- LP: Redução de 9cm no nível médio e perda de 8% da área nos instantes de nível mínimo (área que poderia ficar seca em 20% do ano e por até 6 hs ininterruptas);



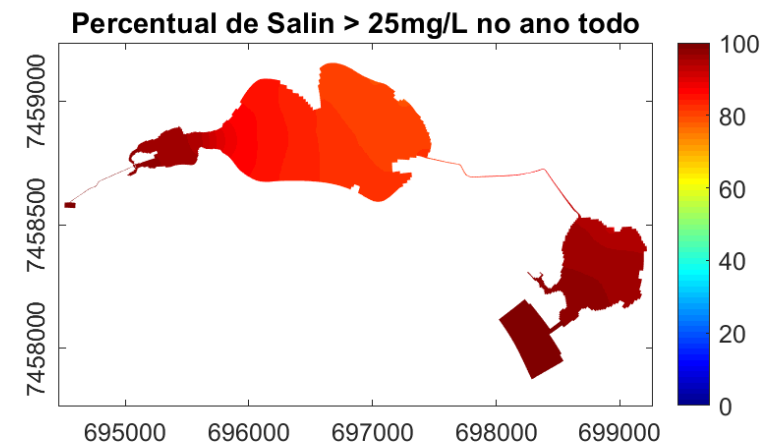
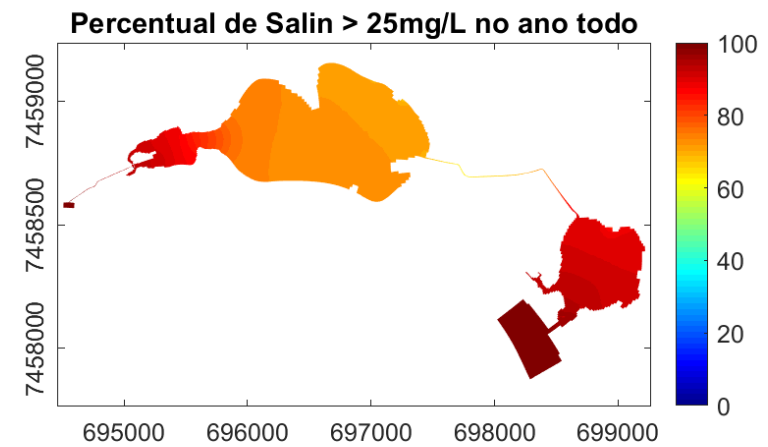
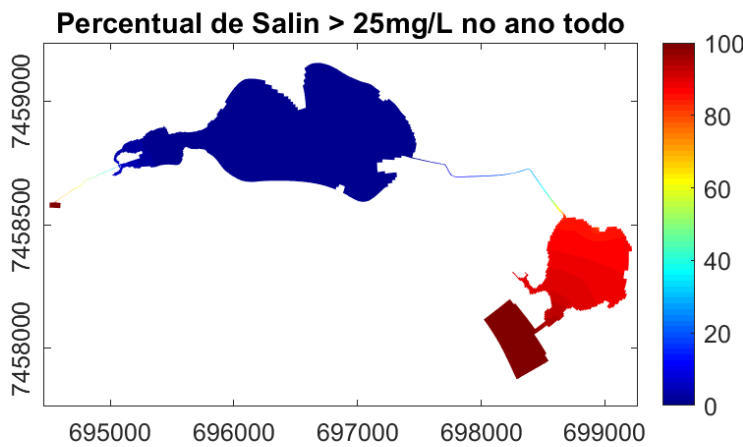
Alterações hidrodinâmicas

Salinidade

Atual

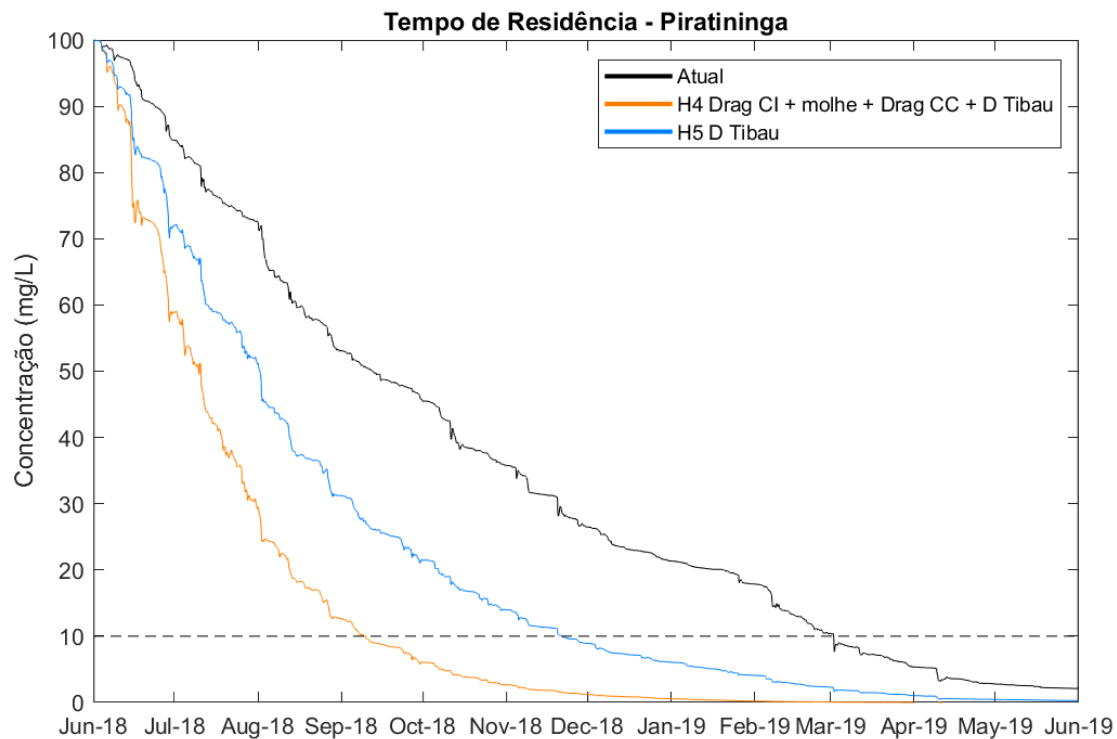
HIDRO 05
Desobst. Tibau

HIDRO 04
Todas as obras

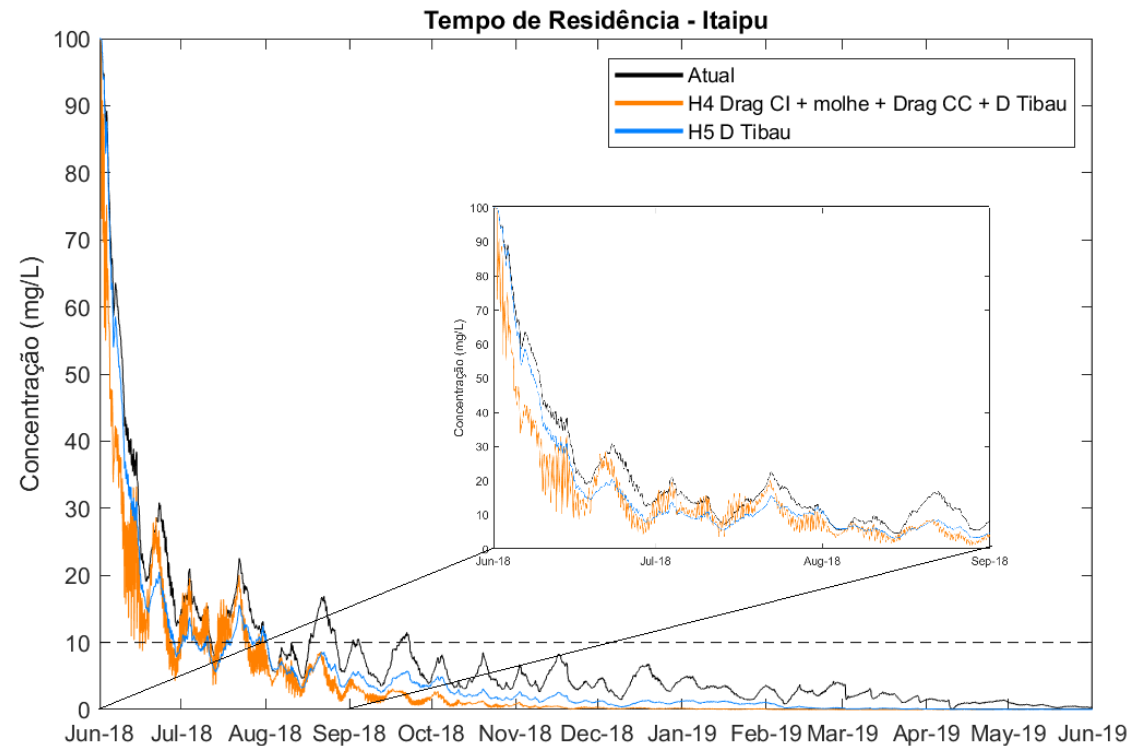


Alterações hidrodinâmicas

Tempo de residência



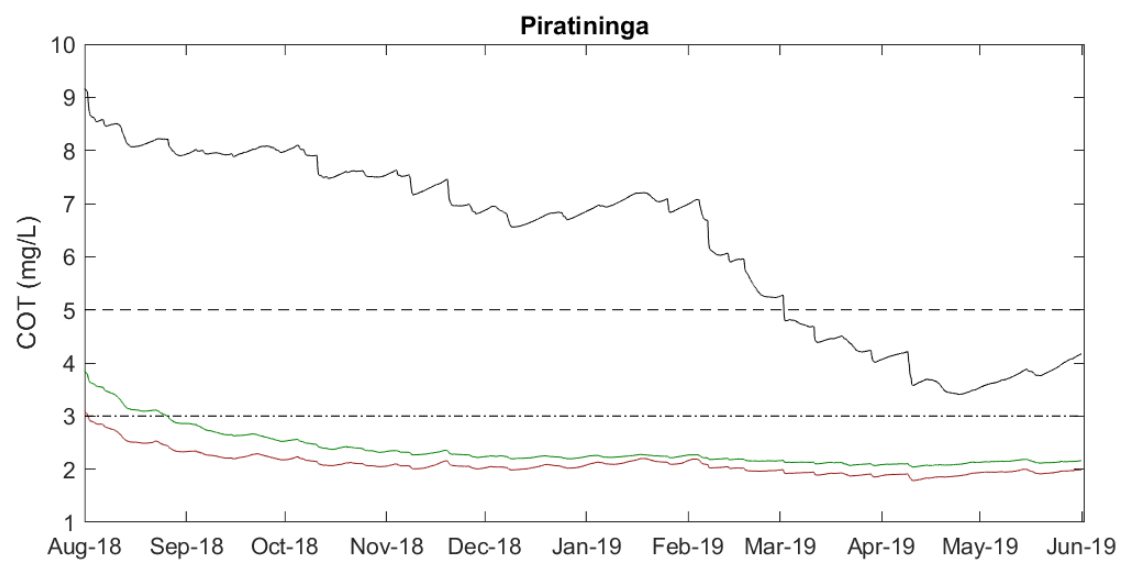
Lagoa de Piratininga:
 Atual: 90% em 9 meses
 CP: 90% em 6 meses
 LP: 90% em 3 meses



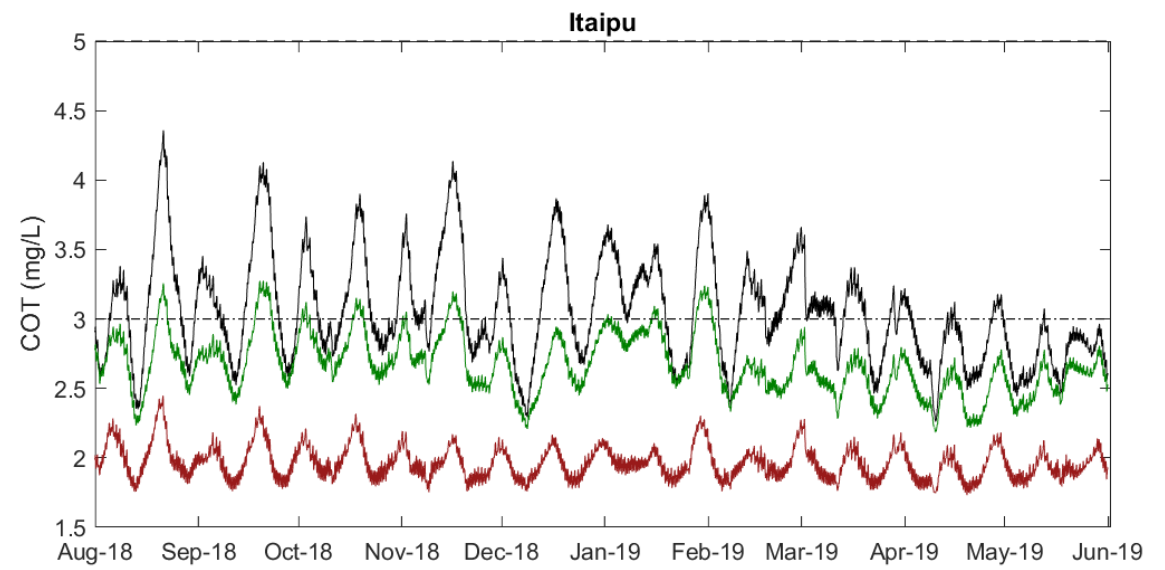
Lagoa de Itaipu:
 Atual: 90% em 2 meses
 CP: 90% em 2 meses
 LP: 90% em 15 dias (dragagem de Itaipu)

**RESULTADOS DA QUALIDADE
DE ÁGUA NOS
CENÁRIOS DE CURTO E
LONGO PRAZO**

Abatimento de cargas



— Atual - - - Classe 1
 — Tibau + Jardins (CP) - - - Classe 2
 — Todas as obras + Abat20 + Jardins (LP)

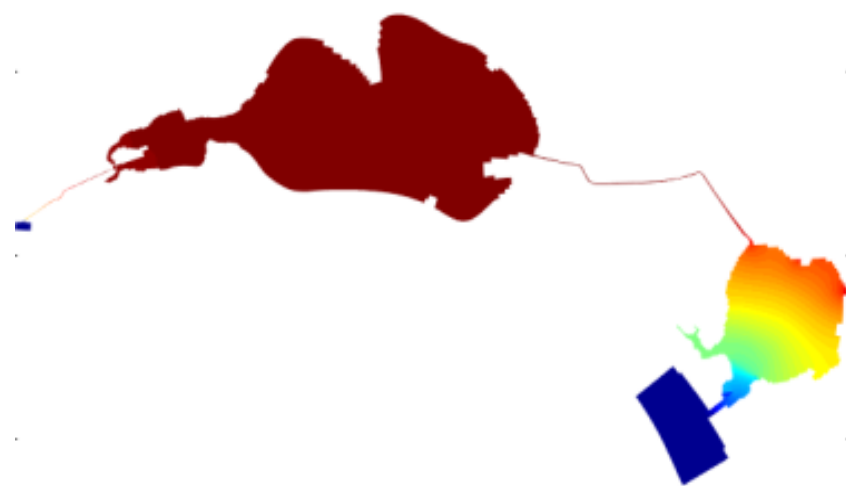
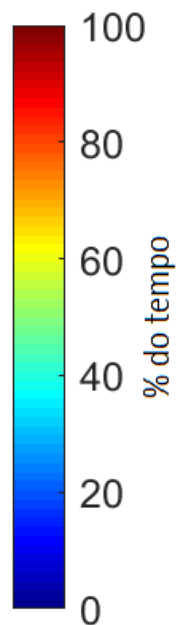


— Atual - - - Classe 1
 — Tibau + Jardins (CP) - - - Classe 2
 — Todas as obras + Abat20 + Jardins (LP)

Cenário de curto prazo não é suficiente para enquadrar o COT na Lagoa de Itaipu durante todo o período

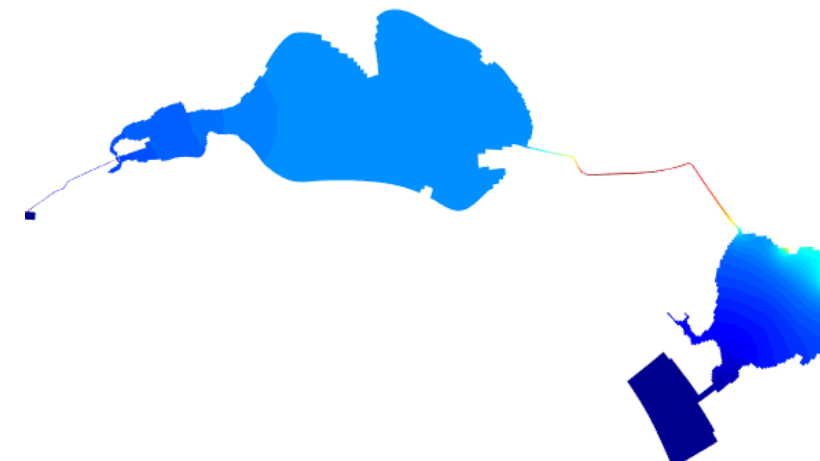
Abatimento de cargas

Tempo da permanência de concentrações de COT superiores a 3,0 mg/L (% de tempo ao longo de 1 ano)

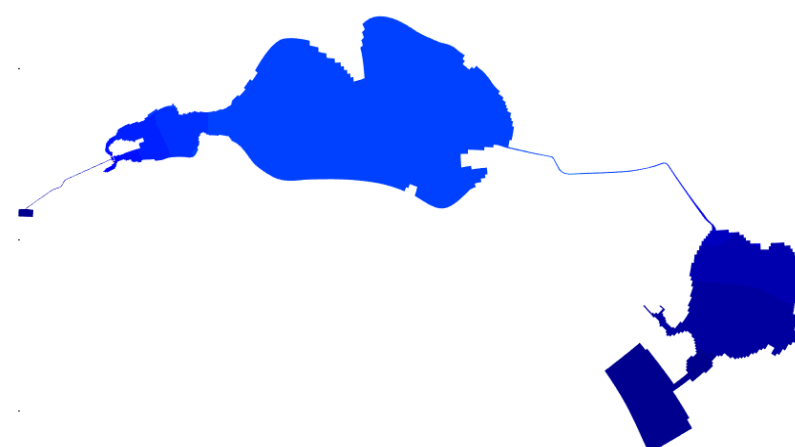


Atual

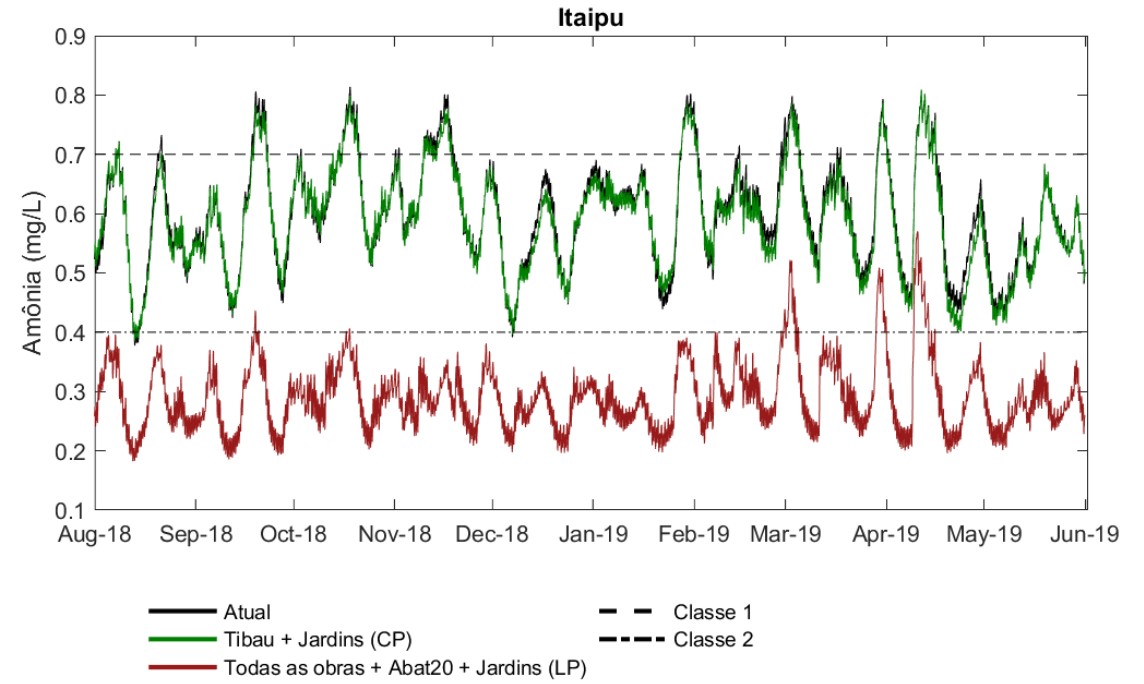
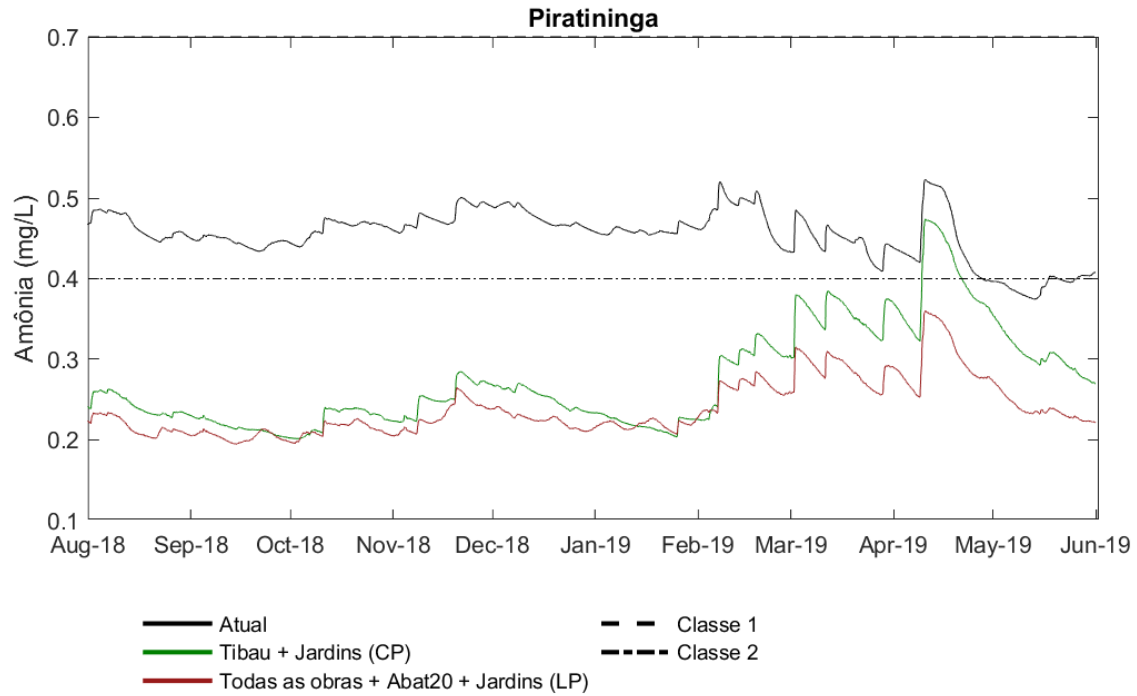
Curto Prazo



Longo Prazo



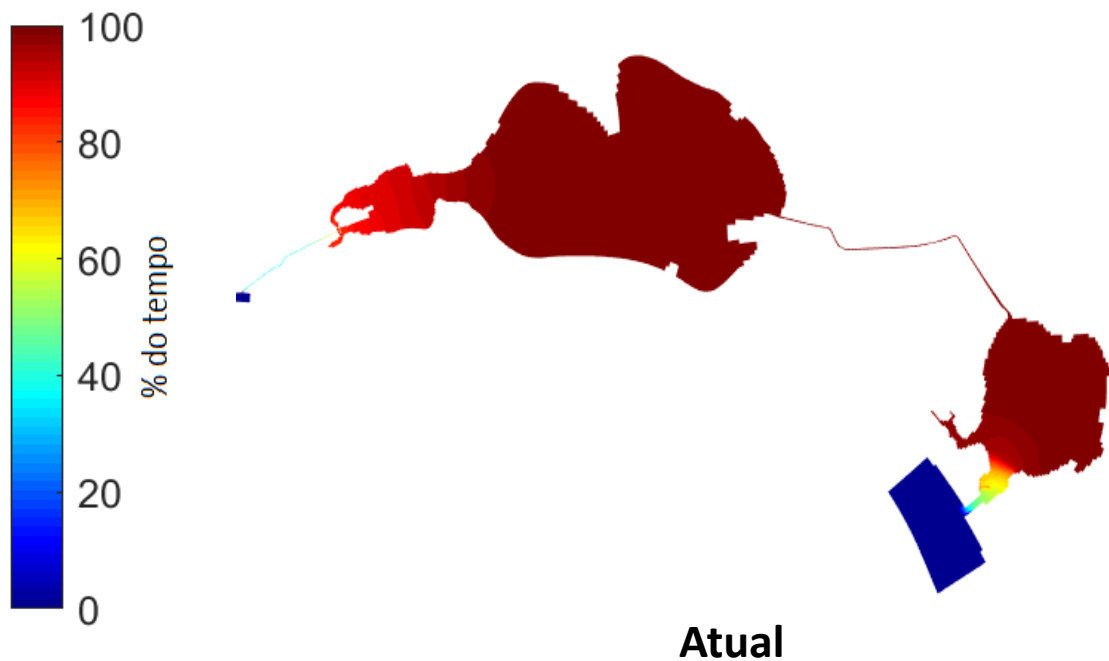
Abatimento de cargas



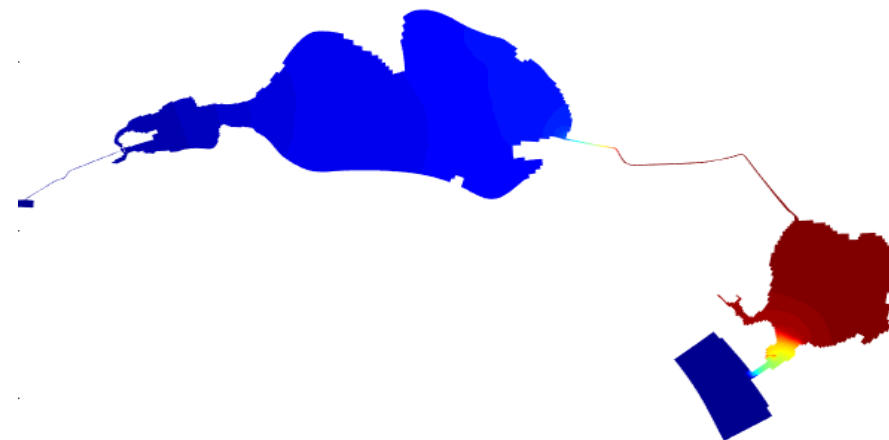
Enquadrado em Piratininga no cenário de CP e na lagoa de Itaipu somente no cenário de LP

Abatimento de cargas

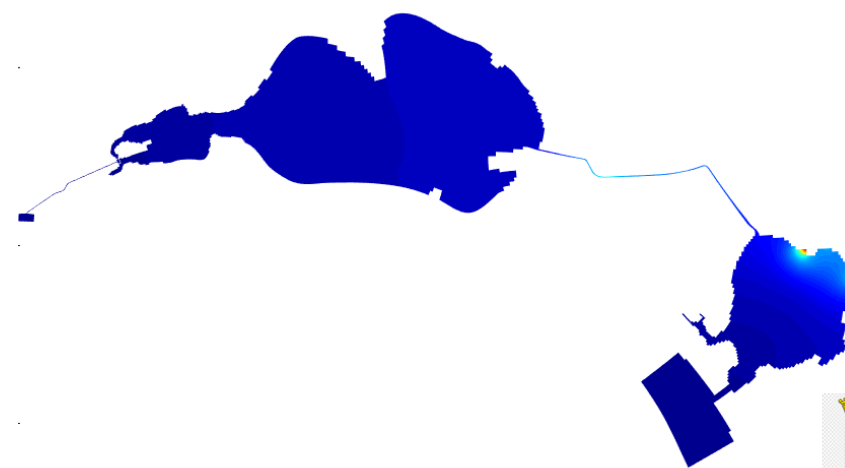
Tempo da permanência de concentrações de amônia superiores a 0,4 mg/L (% de tempo ao longo de 1 ano)



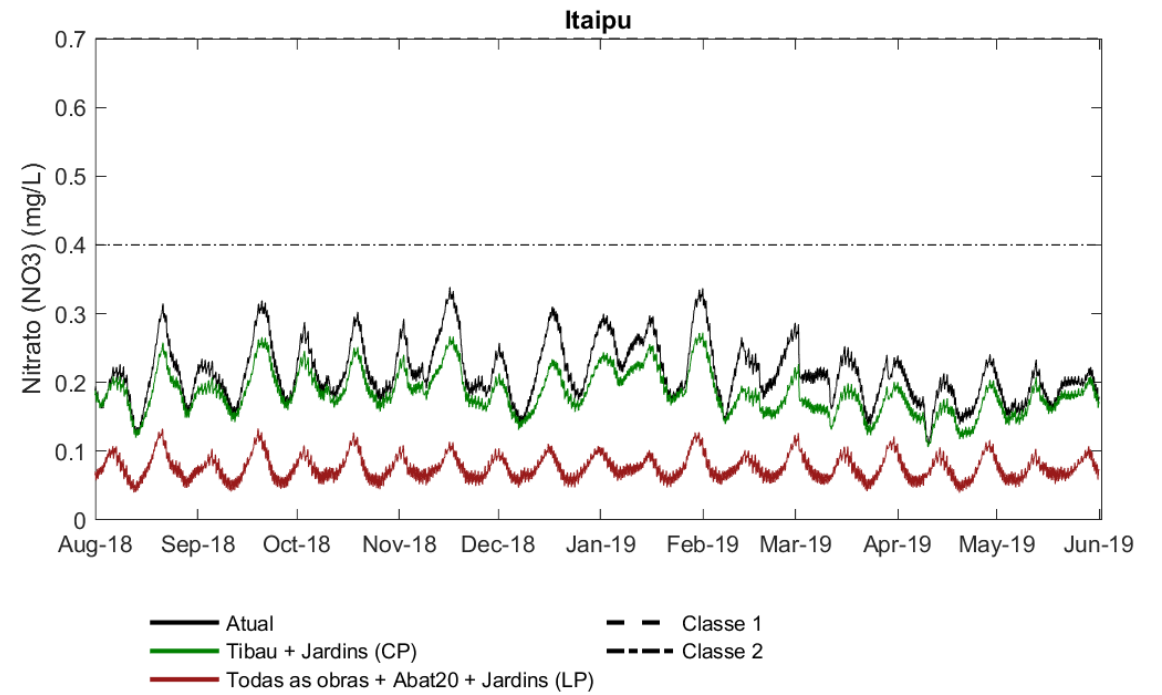
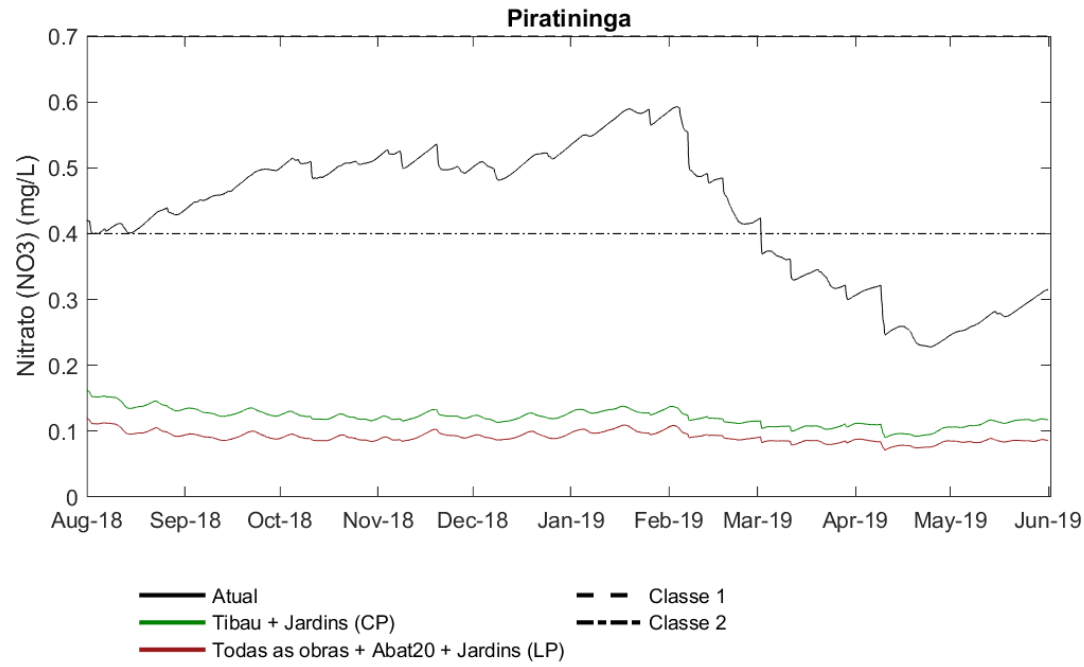
Curto Prazo



Longo Prazo



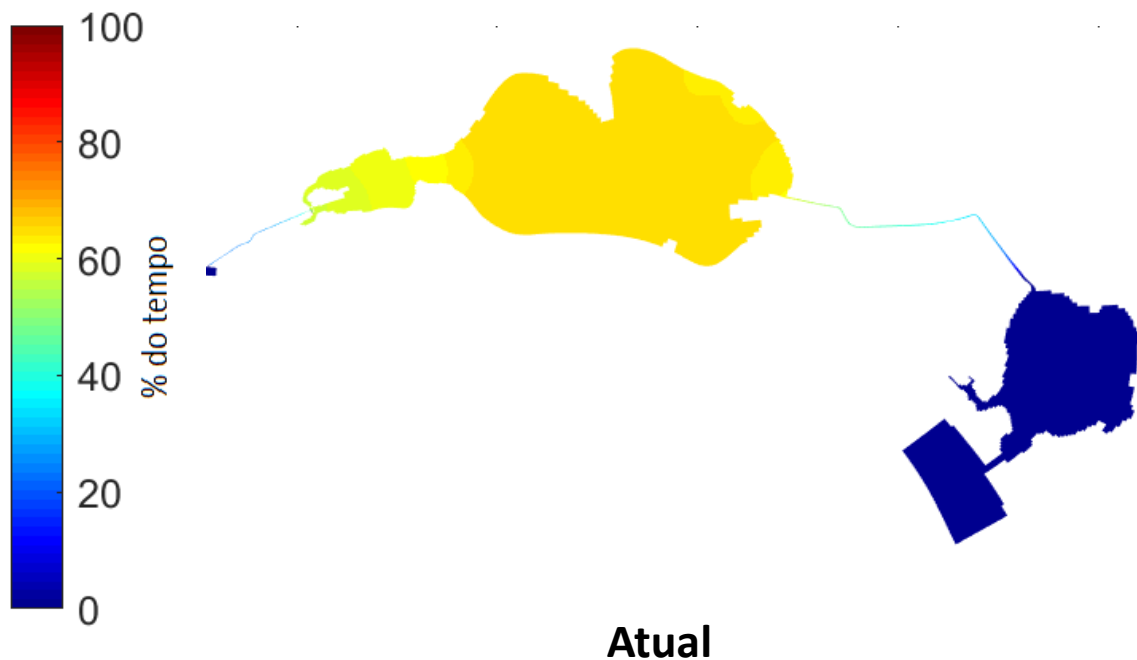
Abatimento de cargas



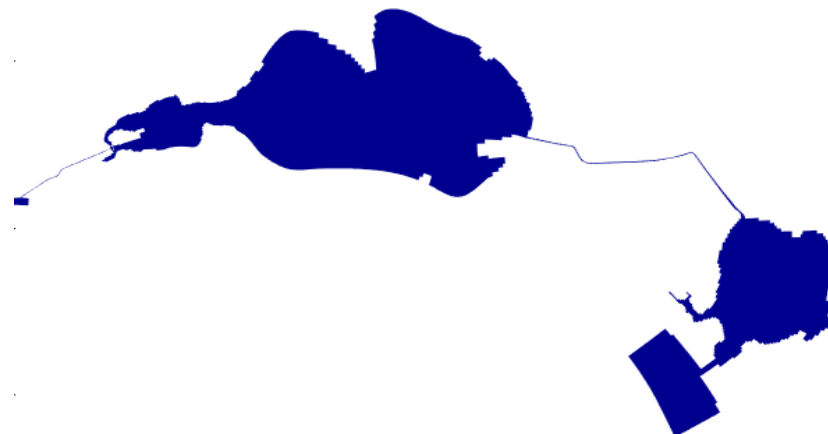
Enquadrado já no cenário de curto prazo nas duas lagoas

Abatimento de cargas

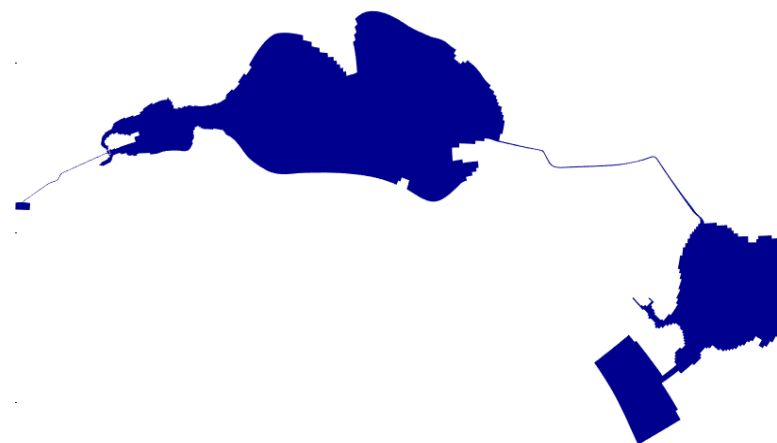
Tempo da permanência de concentrações de nitrato superiores a 0,4 mg/L (% de tempo ao longo de 1 ano)



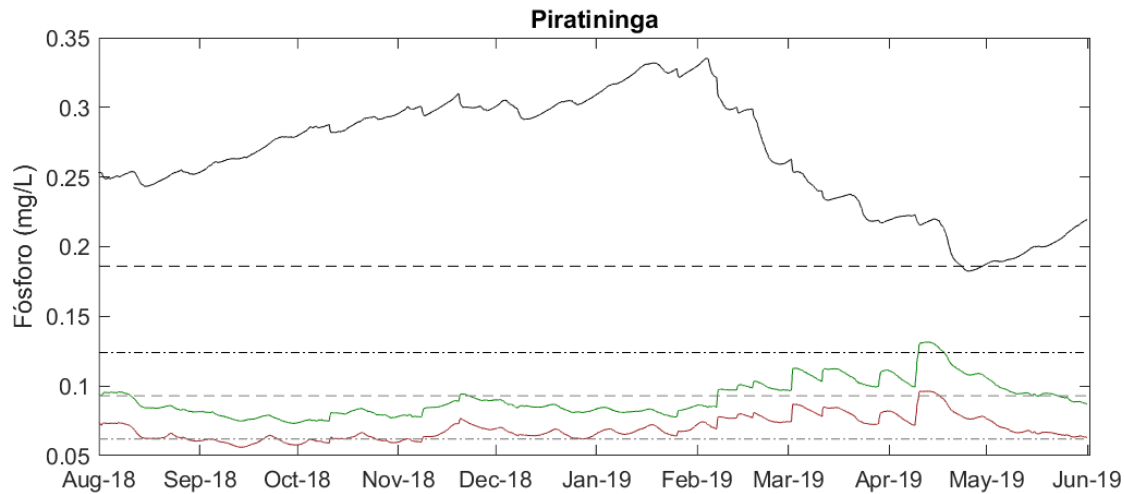
Curto Prazo



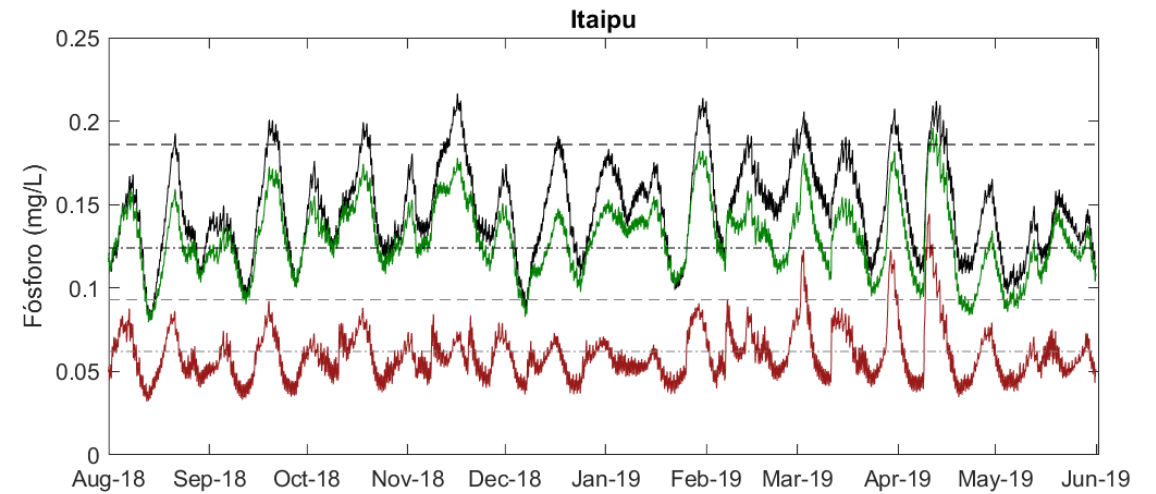
Longo Prazo



Abatimento de cargas



- Atual
- Tibau + Jardins (CP)
- Todas as obras + Abat20 + Jardins (LP)
- Salobra Classe 1
- Salobra Classe 2
- Salina Classe 1
- Salina Classe 2

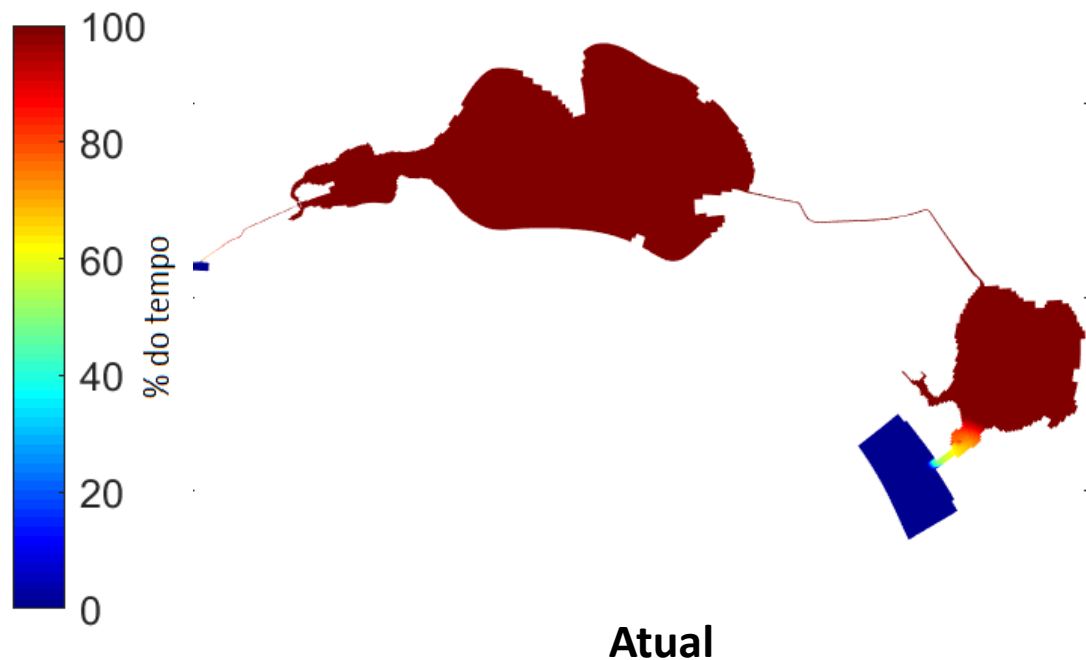


- Atual
- Tibau + Jardins (CP)
- Todas as obras + Abat20 + Jardins (LP)
- Salobra Classe 1
- Salobra Classe 2
- Salina Classe 1
- Salina Classe 2

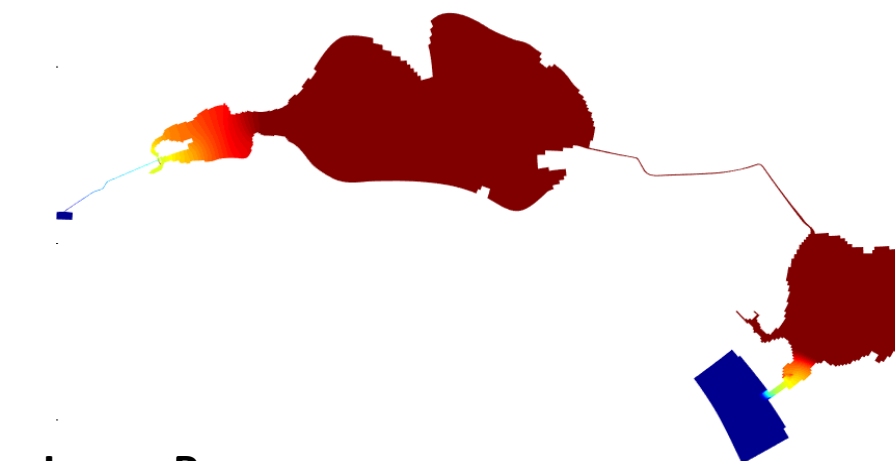
Valores ainda elevados em todo o sistema mesmo no cenário de longo prazo

Abatimento de cargas

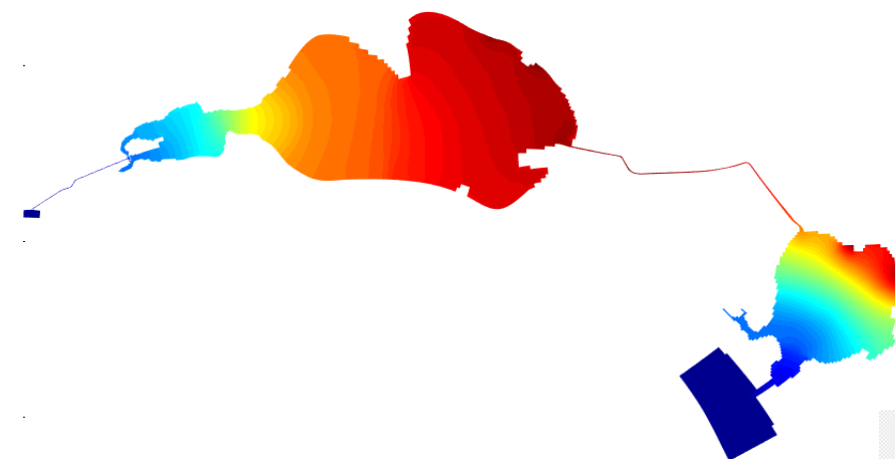
Tempo da permanência de concentrações de fósforo superiores a 0,062 mg/L (% de tempo do ano todo) – Limite de classe salina



Curto Prazo



Longo Prazo



Cenários Futuros

Conclusões

Table 10. Characteristic features in (A) freshwater systems, (B) brackish coastal systems and (C) marine coastal systems of different trophic levels (see also OECD, 1982; Håkanson and Jansson, 1983; Wallin et al., 1992; Håkanson and Boulion, 2002; Håkanson et al., 2006). All data represent characteristic (median) values for the growing season for the surface water layer.

A. Fresh water systems, salinity < 5‰

Trophic level	Secchi* (m)	Chl-a (µg/l)	Total-N (µg/l)	Total-P (µg/l)	Cyanobacteria** (µg ww/l)
Oligotrophic	>5	<2	<60	<8	<2.2
Mesotrophic	3-5	2-6	60-180	8-25	2.2-250
Eutrophic	1-3	6-20	180-430	25-60	250-1400
Hypertrophic	<1	>20	>430	>60	>1400

B. Brackish systems, salinity 5-20‰

Oligotrophic	>8	<2	<70	<10	<9.5
Mesotrophic	4.5-8	2-6	70-220	10-30	9.5-380
Eutrophic	1.5-4.5	6-20	220-650	30-90	380-2500
Hypertrophic	<1.5	>20	>650	>90	>2500

C. Marine systems, salinity >20‰

Oligotrophic	>11	<2	<110	<15	<55
Mesotrophic	6-11	2-6	110-290	15-40	55-680
Eutrophic	2-6	6-20	290-940	40-130	680-4040
Hypertrophic	<2	>20	>940	>130	>4040

Relationships between chlorophyll, TP, TN and salinity calculated from Håkanson (2006).

* Secchi depth calculated from Håkanson (2006), see table 9.

** Concentration of cyanobacteria (CB) calculated from our model when TP/TP is set to 15, surface water temperature to 17.5 °C and the salinity to 2.5, 12.5 and 36, respectively for fresh water, brackish and marine systems.

Limites máximos de fósforo total (CONAMA 357/2005)

Águas	Classe 1	Classe 2
Salinas	0,062 mg/L	0,093 mg/L
Salobras	0,124 mg/L	0,186 mg/L

Limite máximo do fósforo sugerido: 0,04 mg/L

Cenários Futuros

Recomendações

- 1º Desobstrução do Túnel do Tibau;**
- 2º Implantação dos Jardins Filtrantes;**
- 3º Abatimento de pelo menos 20% da carga poluidora que as lagoas recebem das sub-bacias contribuintes;**
- 4º Dragagem do Canal de Itaipu e recuperação dos molhes existentes*;**
- 5º Dragagem do Canal de Camboatá;**

* Deve-se prever a manutenção do canal (prolongamento dos molhes ou dragagem periódica)

A dragagem do Canal de Camboatá somente deve ser executada após a desobstrução do Túnel do Tibau e abatimento de carga de 20% na bacia para melhoria da qualidade de água na Lagoa de Piratininga

Cenários Futuros Recomendações

Mesmo com todas as intervenções as concentrações de fósforo continuarão extremamente elevadas, tipicamente de ambientes Eutróficos a Hipereutróficos.

Portanto, recomenda-se a remediação do fósforo no sistema:

- 1. Redução do estoque de fósforo na coluna d'água;***
- 2. Controle da fonte interna de fósforo no sedimento ou dragagem***

Sem a remediação a Lagoa de Piratininga continuará sujeita à ocorrência de florações de cianobactérias tóxicas no verão principalmente.

Magnitude dos custos esperados

Obras	Custo aproximado em reais
Alteamento do Molhe: altura de 6,2m e distância de 30m	737 mil
Prolongamento do Molhe em 80m	12 milhões
Prolongamento do Molhe em 140 m	21 milhões
Dragagem do Canal de Itaipu	3,0 milhões
Proteção contra erosão das margens internas caso haja prolongamento do molhe em 140m	2,5 milhões
Implantação dos Jardins Filtrantes	1,7 milhões*
Programa “Se Liga”	1,5 milhões



Cenários Futuros

Resultados esperados

Obras
propostas

Melhorar o
nível trófico

Aumentará a
riqueza a
comunidade
planctônica

Alimento de
melhor
qualidade para
os peixes

Aumento da
piscosidade



Produto da pescaria de pescadores locais em Piratininga, apesar da aparente abundância, os peixes da foto são todos de pequeno porte com cerca de 10 cms. Na imagem são vistos: Tilápias (*Oreochromis niloticus*), Paratis (*Mugil curema*), Ubaranas (*Elops saurus*) e Carapebas (*Diapterus rhombeus*);

Cenários Futuros

Comunidade biótica

“No início do século XX, não se derramava nenhum produto tóxico de fábrica, nem esgotos nas lagoas. A maior poluição era feita por fezes de bois e cavalos que pastavam nas suas margens. Quanto à fauna aquática, as espécies mais comuns de peixes eram: a tainhota, a tainha, o parati (todos da família Mugil), o acará (Geophagus brasiliensis), os barrigudinhos (Poecila sp.), as savelhas (Brevoortia tyrannus), corvinas (Micropogen sp.) e robalos (Centropomus undecimalis e Oxylabrax sp.). Entre os crustáceos eram encontrados principalmente os siris do tipo azulão e puã (Callinectes sapidus). Os pitus, camarões de água doce existiam nas fozes dos pequenos rios e recebiam o nome local de camarão-pau (gênero Palaemon). Os camarões do gênero Penaeus cresciam desde os estágios larvais até adultos nas lagoas.” (Oliveira, 1948)



Produto da pescaria de pescadores locais em Piratininga, apesar da aparente abundância, os peixes da foto são todos de pequeno porte com cerca de 10 cms. Na imagem são vistos: Tilápias (Oreochromis niloticus), Paratis (Mugil curema), Ubaranas (Elops saurus) e Carapebas (Diapterus rhombeus);

MUITO OBRIGADO!!



HYDRO
SCIENCE

• tiago.ferreira@hydroscience.com.br