

SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DA PAMPULHA – RESULTADOS INICIAIS



**Apresentação: Tiago Finkler Ferreira, PhD.
Coordenação Técnica**

APRESENTAÇÃO

- **Introdução sobre eutrofização e apresentação Remediadores**
- **Marco Zero – Condição de Referência de Qualidade da Água da Lagoa da Pampulha para avaliação do tratamento**
- **Programa de Monitoramento – metodologia para monitoramento**
- **Plano de Tratamento com as tecnologias**
- **Resultados 1º Trimestre**



■ ■ ■ ■ ■ CONSÓRCIO PAMPULHA VIVA



**Empresa Líder, Responsável pela Gestão e
Monitoramento Ambiental. ■ ■ ■ ■ ■**



Responsável pela Aplicação do remediador PHOSLOCK.



Responsável pela Aplicação do Biorremediador Enzilimp.



REMEDIADORES

Aplicação combinada dos remediadores:

- **PHOSLOCK®** – Remediador Físico-Químico para reduzir o fósforo (PT) e controlar florações de cianobactérias.



- **ENZILIMP®** – Biorremediador para degradação do excesso de matéria orgânica (DBO) e redução de Coliformes fecais (*E.coli*).

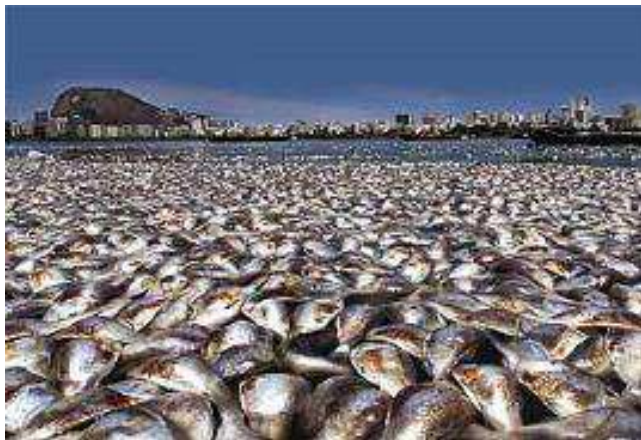
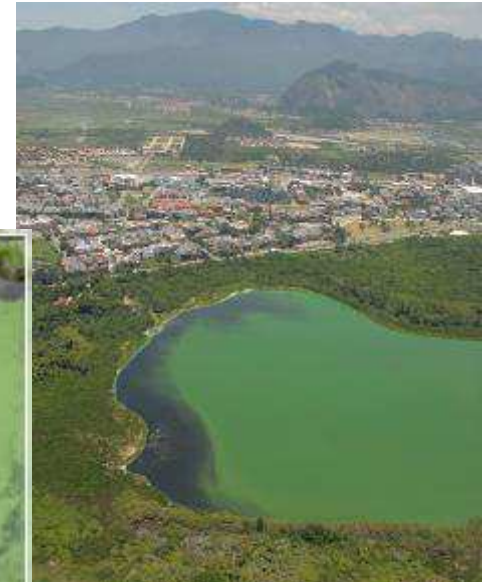


Ambas tecnologias seguras para o meio ambiente, com certificação
IBAMA.



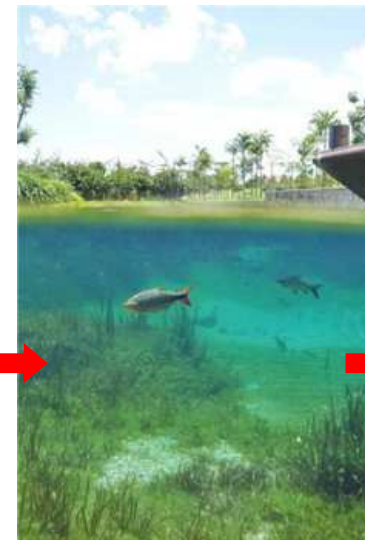
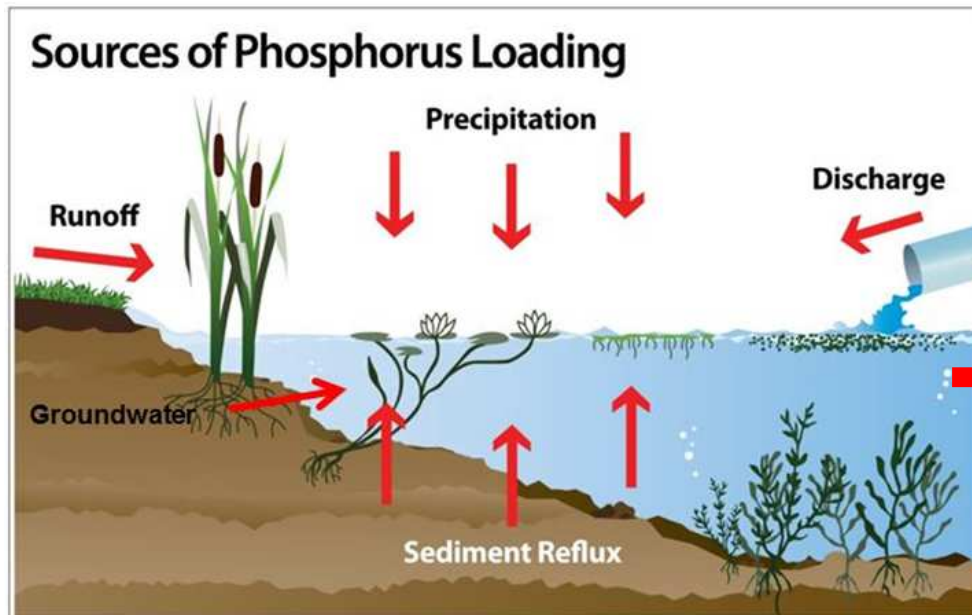
INTRODUÇÃO

Eutrofização, um grave problema de lagos e reservatórios urbanos no mundo



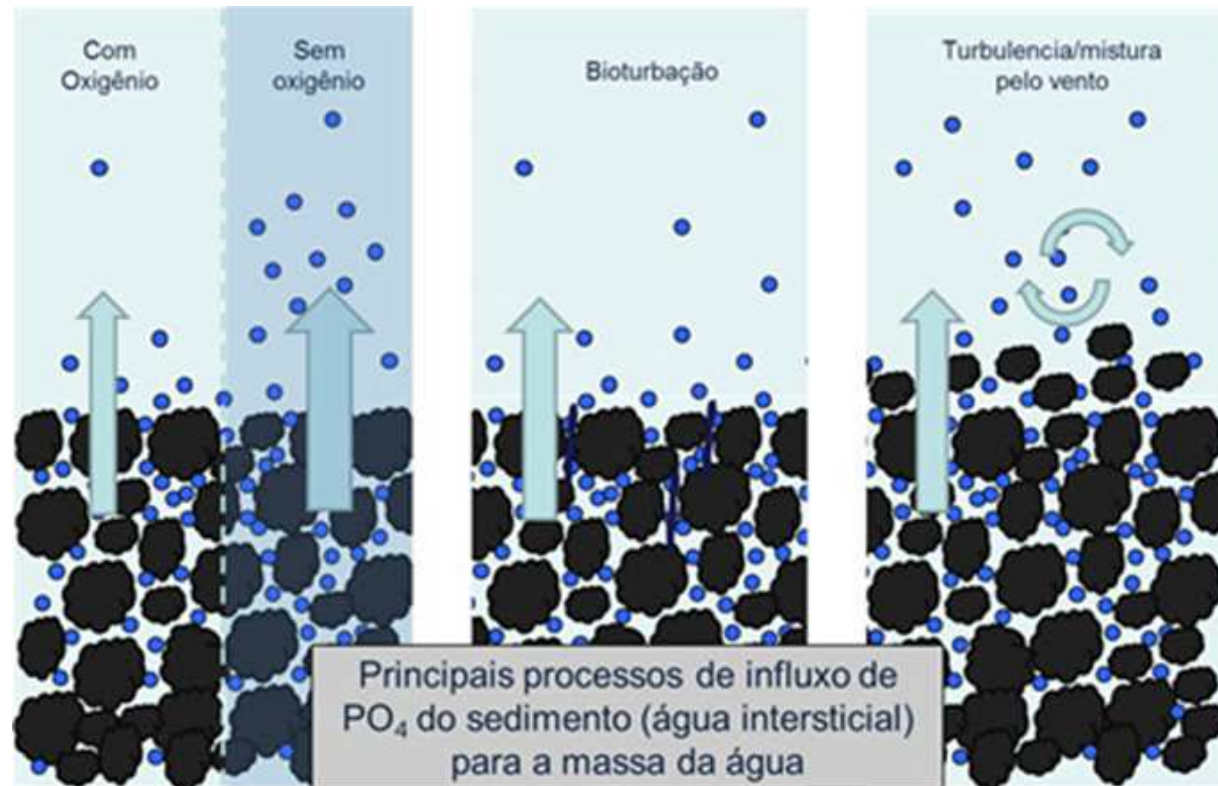
Fósforo (P)

- ❑ O Fósforo é o principal nutriente responsável pelas florações de cianobactérias
- ❑ Estequiometricamente é o fator limitante (C:N:P), regula todo sistema
- ❑ Não é gasoso, portanto, após entrar no sistema permanece
- ❑ P é o parâmetro mais difícil de ser alcançado enquadramento



Eutrofização Interna

Sedimento = Passivo Ambiental



- Sem controlar a fonte interna de fósforo no lago, o sistema continuará sofrendo os sintomas da eutrofização por décadas (VAN OOSTERHAUT & LÜRLING, 2011; REIZEL ET AL., 2012, 2013).
- Para a recuperação do sistema, o sedimento precisa ser tratado, mesmo que não haja mais cargas externas!!! (SHAPIRO, 1991; JEPPESEN ET AL., 2005; HEINRICH-PRAST, 2012; SPEARS ET AL.,

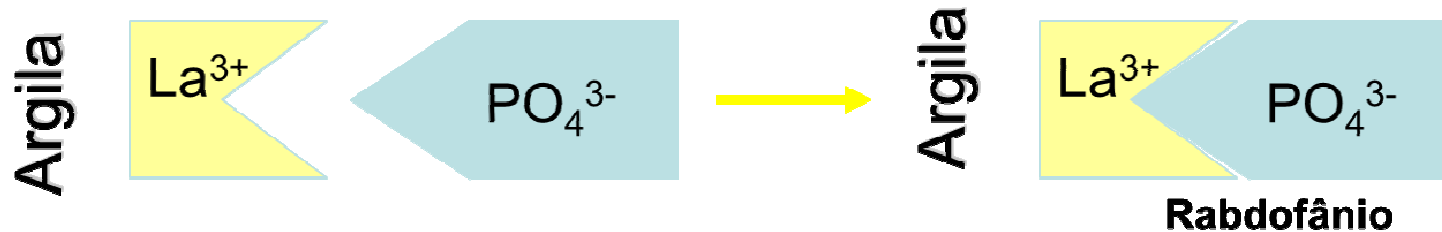
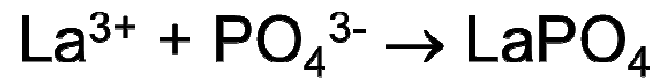
Desenvolvido pela Empresa do Governo Australiano CSIRO (www.csiro.au)

Produto Natural: Argila enriquecida com lantânio (La)

- ☐ Base: Bentonita (95%)
- ☐ Ingrediente ativo : Lantânio (5%)
- ☐ Seguro para humanos e fauna aquática



Mecanismo de ação



- ❑ Complexo insolúvel altamente estável (Rabdofânio)
- ❑ Estável em pH de 3 a 11 e condições anóxicas
- ❑ Não altera o pH
- ❑ 95% do PO_4^{3-} é adsorvido rapidamente
- ❑ Sem o nutriente disponível, as cianobactérias passam a morrer gradualmente

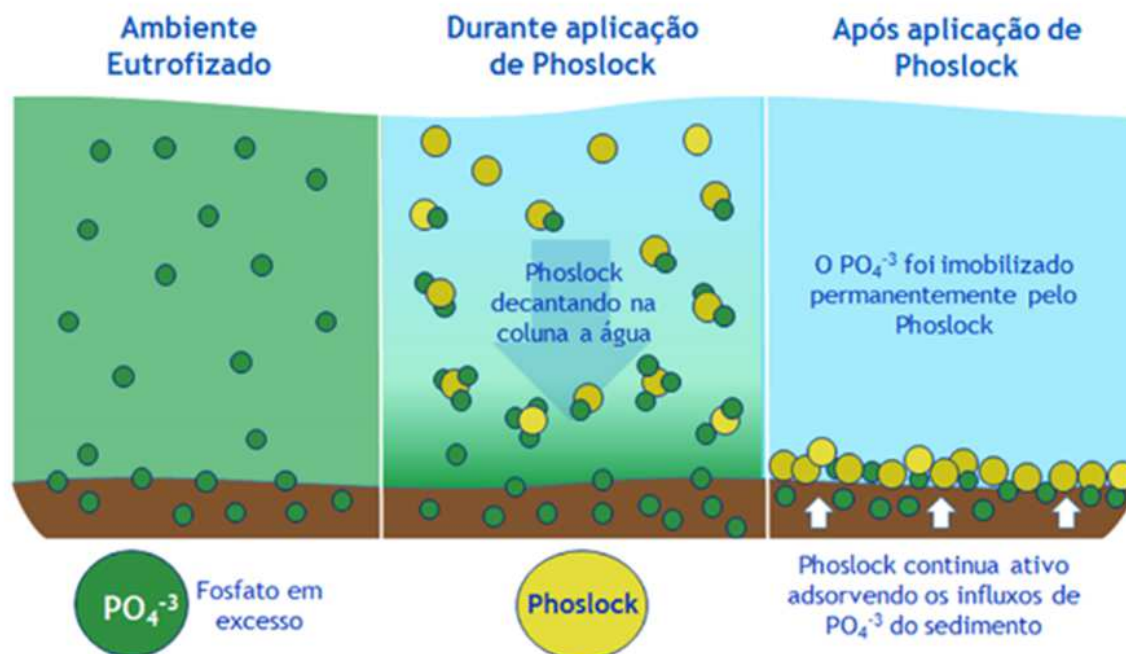
Aplicação em Lagos e reservatórios



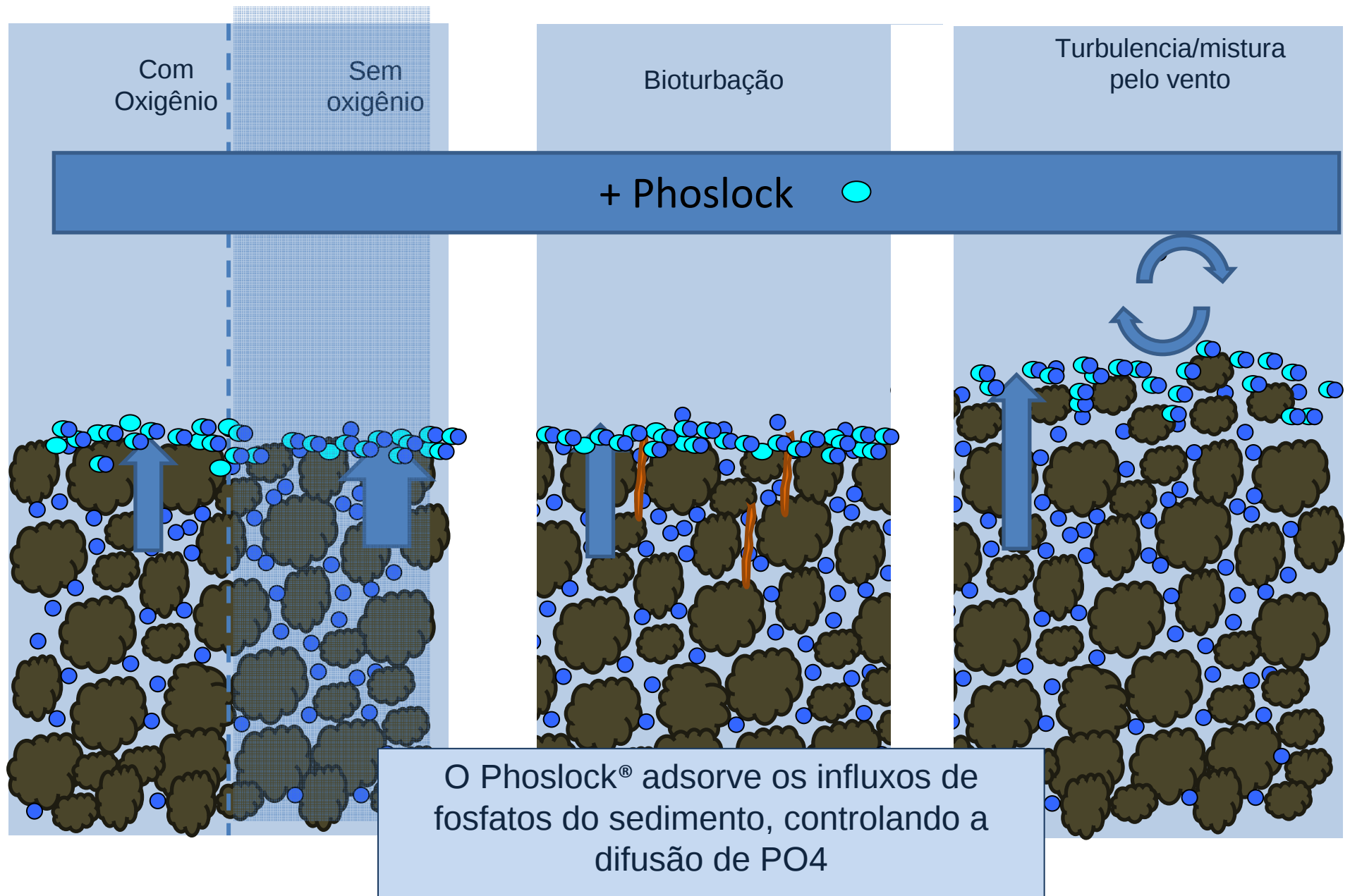
Aplicação



- ☐ Aplicado homogeneamente sobre a superfície
- ☐ Sedimentação rápida em até 24 h
- ☐ Forma-se uma fina camada de poeira (1mm) que se comporta como o próprio sedimento no fundo



Dinâmica no fundo – com Phoslock



Certificações ambientais



Certificações na Inglaterra, UK



Certificação NSF/ANSI 60 permite uso em águas de abastecimento



Certificado WQA Golden Label de produção industrial.



Registro IBAMA nº 475/12-63



Biorremediador Enzilimp

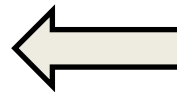
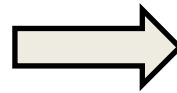


Biorremediação/Bioaumentação

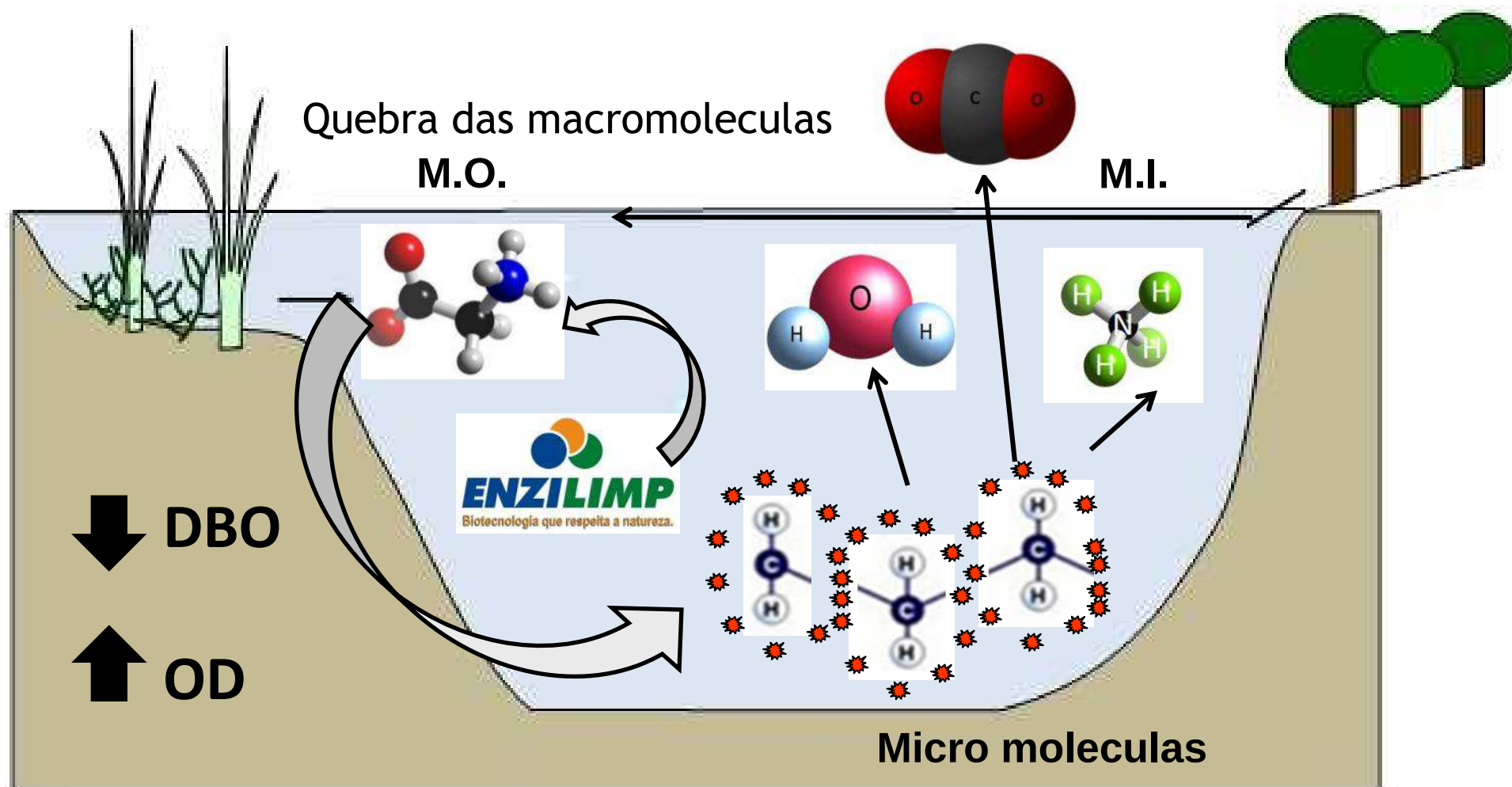
Processo no qual organismos vivos, normalmente plantas ou microrganismos, são utilizados tecnologicamente para remover ou reduzir (remediar) poluentes do ambiente (Gaylarde et al, 2005). A introdução de microrganismos nos ambientes é chamada de bioaumentação.



PRODUTO



MECANISMO DE AÇÃO



IN N° 05/2010 E CONAMA 463/2014

MARCO ZERO

SÉRIE DE DADOS

SECUNDÁRIOS

- Prefeitura de Belo Horizonte (2013 a 2015)

PRIMÁRIOS



MARCO ZERO



Situação anterior ao início do serviço:

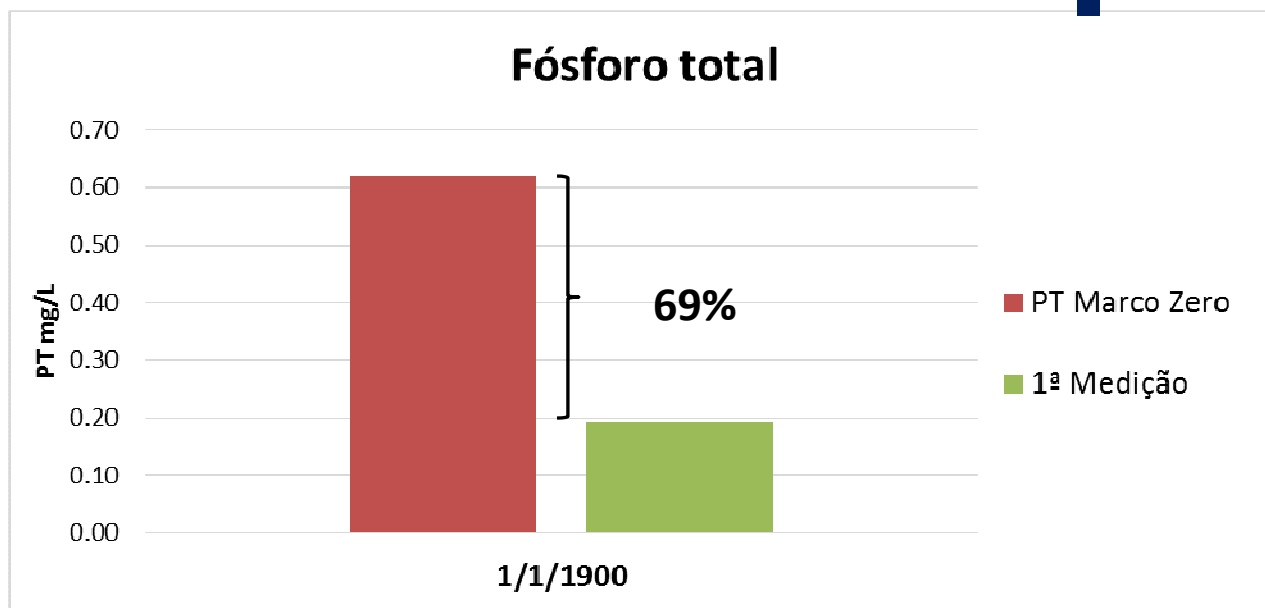
- ✓ Escumas de cianobactérias
- ✓ Excesso de matéria orgânica
- ✓ Sedimento rico em nutrientes



COLETA DE AMOSTRAS

MARCO ZERO

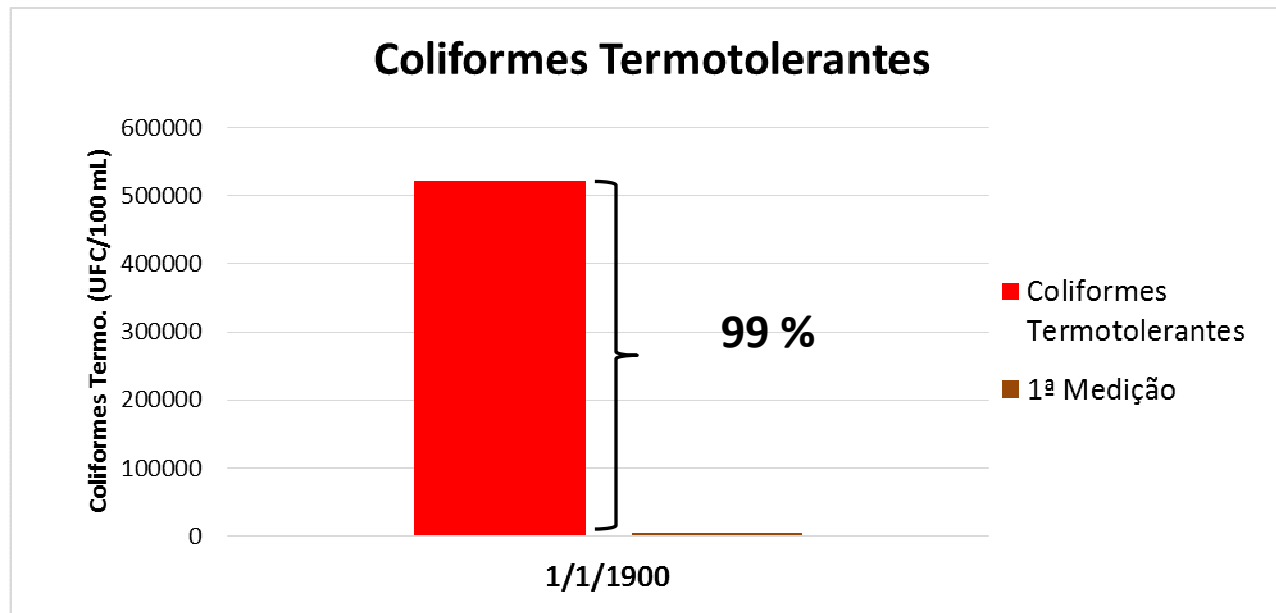
Condição de referência para Fósforo Total



- **Concentração de Referência: 0,62 mg/L**
- **Limite Classe 3: 0,05 mg/L**

MARCO ZERO

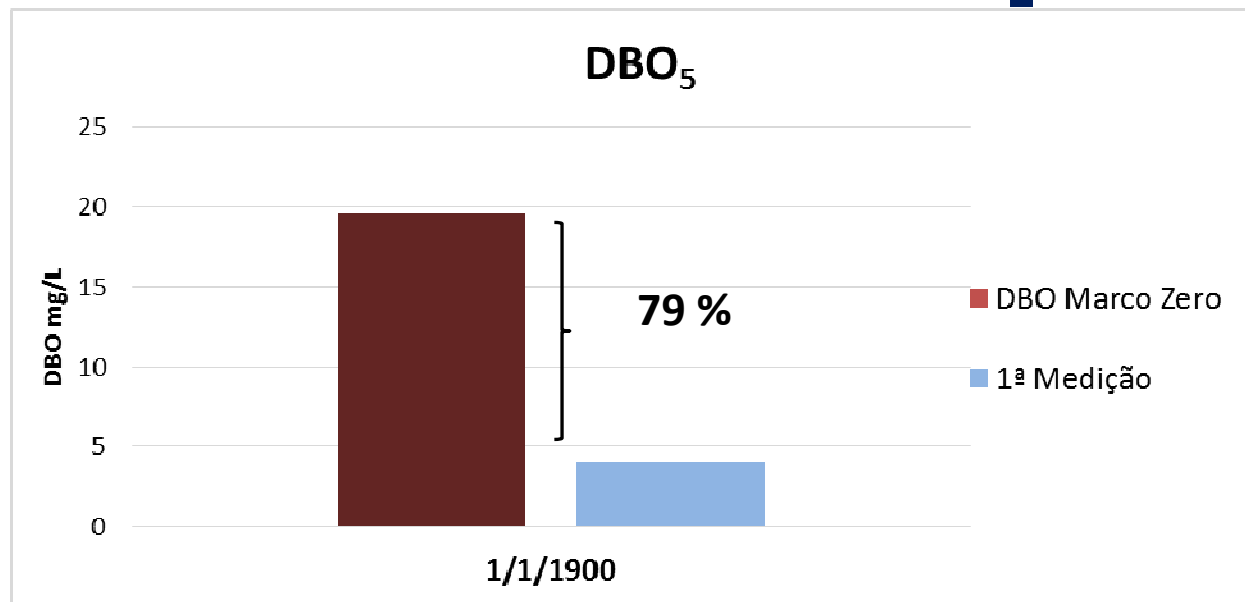
Condição de referência para Coliformes Termotolerantes



- **Concentração de Referência: 521.417 UFC/100 mL**
- **Limite Classe 3: 2500 UFC/100 mL**

MARCO ZERO

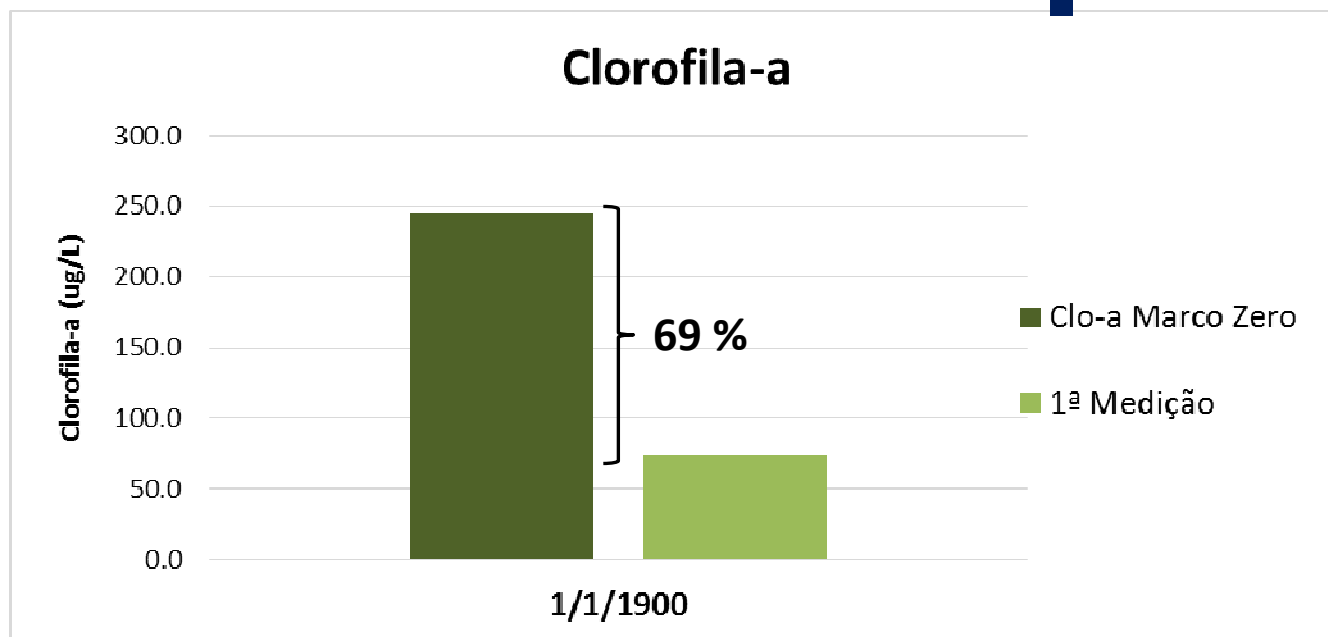
Condição de referência para DBO₅



- **Concentração de Referência: 19,5 mg/L**
- **Limite Classe 3: 10 mg/L**

MARCO ZERO

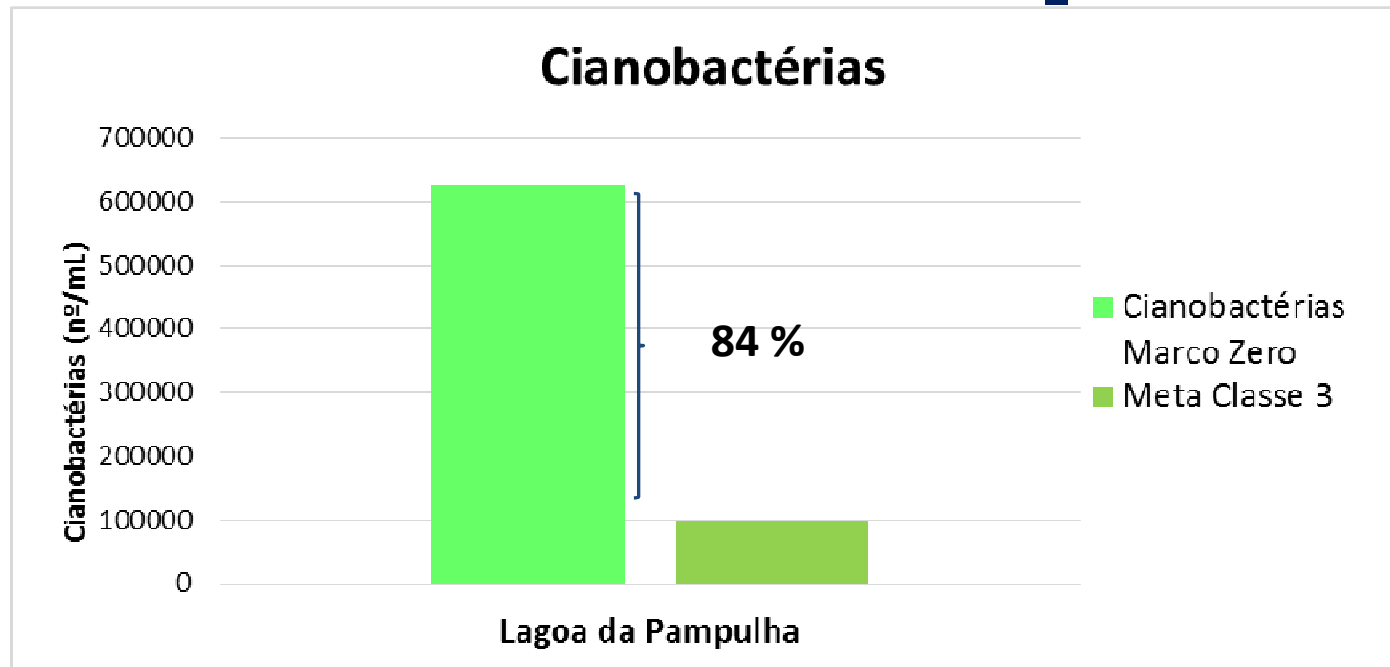
Condição de referência para Clorofila-a



- **Concentração de Referência: 245,2 ug/L**
- **Limite Classe 3: 60 ug/L**

MARCO ZERO

Condição de referência para Cianobactérias



- **Concentração de Referência: 626279 (céls/mL)**
- **Limite Classe 3: 100.000 Céls/mL**

..... MARCO ZERO



MARCO ZERO

CENÁRIO DE REFERÊNCIA

Cenário conservador, considerando concentrações críticas do período chuvoso, de estiagem e dados do Consórcio

Variáveis	Médias dos pontos amostrais				Médias Gerais		Máximas Consórcio Out/15	Piores Concentrações selecionadas para Marco Zero	Limites Classe 3 CONAMA 357/2005
	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre	4º trimestre	Período Chuvoso PBH (1º e 4º trim)	Período estiagem PBH (2º e 3º trim)			
Coliformes Ter. (UFC/100 mL)	1033883	39183	784	8950	521417	19984	1600	521417	<2500
pH	8,8	7,6	7,5	9,1	9,0	7,5	7,5	9,0	6<pH<9
DBO (mg/L)	17,5	19,1	19,9	15,0	16,3	19,5	14,9	19,5	<10,0
NT (mg/L)	7,23	8,23	10,30	5,47	6,35	9,27	11,00	11,0	-
PT (mg/L)	0,173	0,073	0,073	0,287	0,230	0,073	0,62	0,62	<0,05
Turbidez (NTU)	73,0	45,7	148,3	76,3	74,6	97,0		97,0	<100
OD (mg/L)	12,6	5,6	7,3	11,5	12,1	6,4		6,4	>4
SDT (mg/L)	223,0	199,7	302,3	208,7	215,8	251,0		251,0	<500
Clo-a (µg/L)							245,2	245,2	<60
Cianobactérias (Céls/mL)							626279	626279	<100.000
Nitrato (mg/L)							0,12	0,12	-
Amônia (mg/L)							13,0	13,0	<13,7 (pH 7,5)
Ortofosfato (mg/L)							0,30	0,30	-
Carbono Orgânico (mg/L)							12,0	12,0	10
Cor (mgPt/L)	155,0	83,3	216,0	186,7	170,8	149,7		170,8	75,0
DQO (mg/L)	81,9	38,7	134,7	97,2	89,6	86,7		89,6	-

MARCO ZERO

CONCLUSÕES

- A melhoria na qualidade da água ao longo dos últimos dois anos se verificou apenas naqueles parâmetros diretamente influenciados pelo processo de autodepuração e de redução das cargas afluentes (DBO e Coliformes Fecais).
- As variáveis indicadoras de estado trófico, como fósforo total, clorofila-a e densidade de cianobactérias confirmam a hipertrofia do sistema, típica de Classe 4 segundo a Resolução CONAMA 357/2005.
- O sedimento da lagoa consiste em uma fonte interna de eutrofização, rico em matéria orgânica e fósforo (passivo instalado no fundo do lago).
- Necessidade de intervenção direta na redução do fósforo, principal nutriente do sistema e maior responsável pela degradação da qualidade das águas do lago.

METAS

Ação Combinada dos Produtos sobre as Principais Variáveis

REMEDIADORES	INDICADORES DE DESEMPENHO - CLASSE 3
PHOSLOCK	Fósforo Total $\leq 0,05$ mg/L
	Cianobactérias ≤ 100.000 céls/mL
	Clorofila-a ≤ 60 µg/L
ENZILIMP	DBO ≤ 10 mg/L
	Coliformes termotolerantes ≤ 2500 UFC/100 mL



■ ■ ■ ■ ■ PLANO DE TRATAMENTO ■ ■ ■ ■ ■

Plano de Aplicações - Etapa 1 (10 meses)



■ ■ ■ ■ ■ PLANO DE TRATAMENTO ■ ■ ■ ■ ■

CICLOS DE TRATAMENTO PARA CADA ÁREA: MÉDIA DE 22 DIAS = 88 DIAS

1ª Etapa: Aplicação do Biorremediador Enzilimp

- ☐ Tempo de aplicação: 5 dias
- ☐ Tempo de ação: 10 dias
- ☐ Função: Degradação da matéria orgânica, disponibilização do nutriente P na forma solúvel, redução de Coliformes
- ☐ Aplicação em contribuintes para redução de cargas de DBO e Coliformes

2ª Etapa Aplicação do Remediador Phoslock

- ☐ Tempo de aplicação: 5 dias
- ☐ Tempo de ação: 2 a 7 dias
- ☐ Função: redução de fósforo na água e sedimento, redução de clorofila-a e redução de cianobactérias



■ ■ ■ ■ ■ PLANO DE TRATAMENTO ■ ■ ■ ■ ■

Plano de Aplicações - Etapa 2 (12 meses)



Controle de cargas dos contribuintes!!!

■ ■ ■ ■ EQUIPAMENTOS UTILIZADOS ■ ■ ■ ■

BALSA PARA APLICAÇÃO DO ENZILIMP



■ ■ ■ ■ EQUIPAMENTOS UTILIZADOS ■ ■ ■ ■

BALSA PARA APLICAÇÃO DO PHOSLOCK



1ª ETAPA DO TRATAMENTO (MAR/16 A JAN/17)



APLICAÇÃO DOS PRODUTOS NAS 4 REGIÕES

1ª ETAPA DO TRATAMENTO (MAR/16 A JAN/17)



APLICAÇÃO DOS PRODUTOS NAS 4 REGIÕES

1ª ETAPA DO TRATAMENTO (MAR/16 A JAN/17)



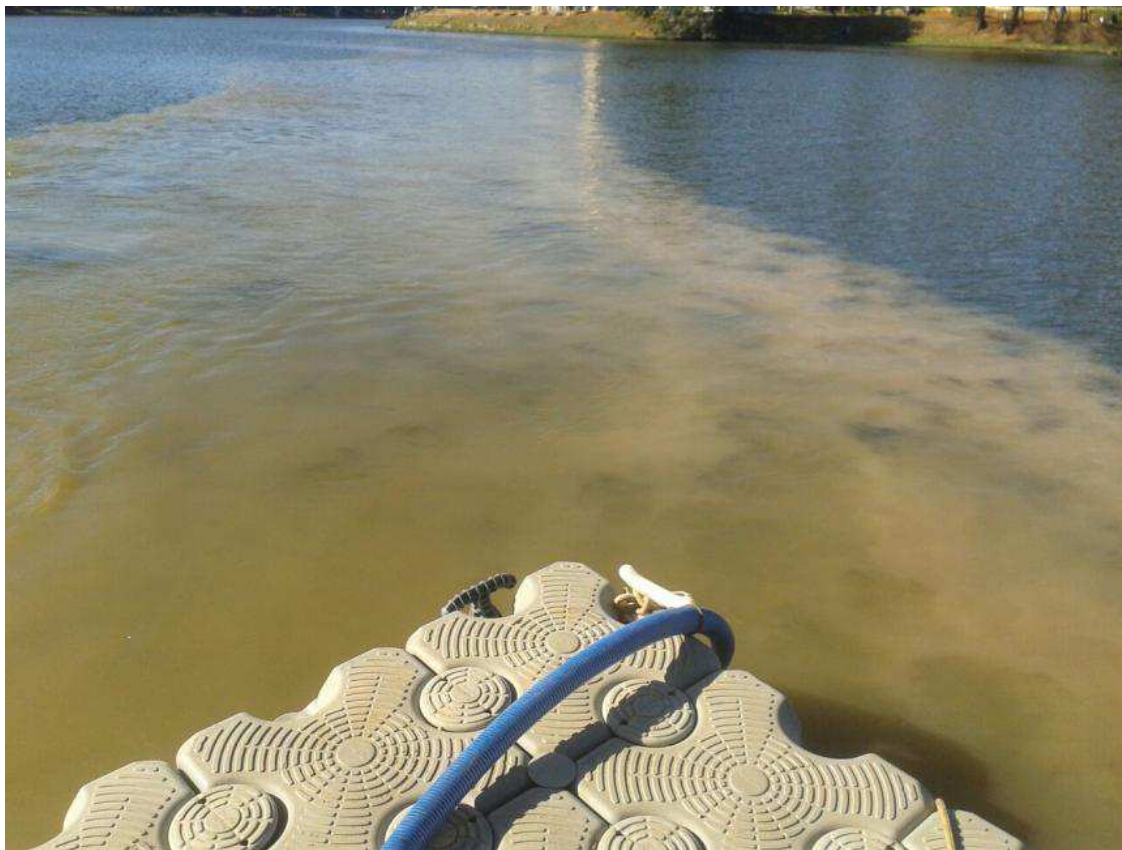
APLICAÇÃO DOS PRODUTOS NAS 4 REGIÕES

1ª ETAPA DO TRATAMENTO (MAR/16 A JAN/17)



APLICAÇÃO DOS PRODUTOS NAS 4 REGIÕES

1ª ETAPA DO TRATAMENTO (MAR/16 A JAN/17)



APLICAÇÃO DOS PRODUTOS NAS 4 REGIÕES



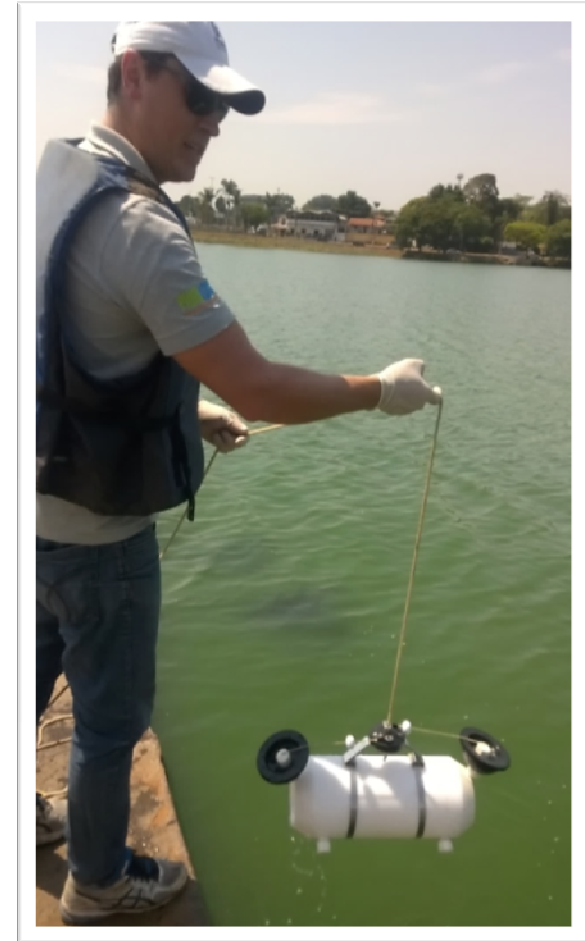
1ª ETAPA DO TRATAMENTO (MAR/16 A JAN/17)

APLICAÇÃO DOS PRODUTOS NAS 4 REGIÕES

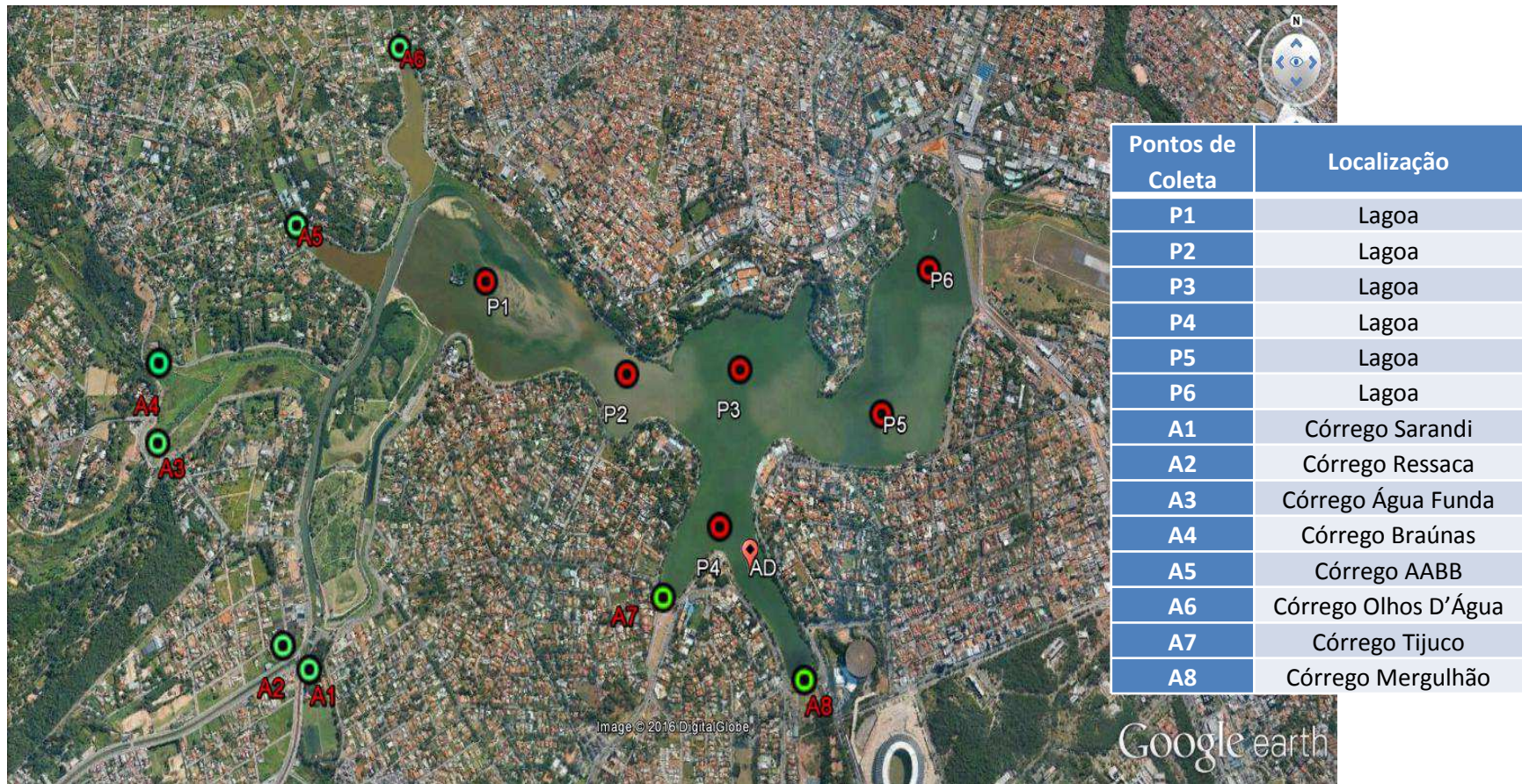


■ ■ PROGRAMA DE MONITORAMENTO. ■ ■ ■

Aplicação e Monitoramento



PROGRAMA DE MONITORAMENTO



- ✓ Monitoramento mensal na Lagoa e em todos tributários
- ✓ Medição de vazão nos tributários e por evento (chuva) e modelagem
- ✓ Determinação exata de cargas da bacia (média, mínima e máxima)

PROGRAMA DE MONITORAMENTO

Evolução do Tratamento

VARIÁVEIS	Limite	1ª Etapa de Tratamento										
	Classe 3	Marco Zero	Percentual de redução estimado para cada variável em função do tratamento									
	CONAMA		Meses									
	357/2005		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Fósforo Total (mg/L)	<0,05	0,62	0,0%	10,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	70,0%	80,0%	92,0%	92,0%
Clorofila-a (µg/L)	<60	245	0,0%	10,0%	30,0%	40,0%	40,0%	60,0%	65,0%	75,0%	76,0%	76,0%
Cianobactérias (cél/mL)	<100.000	626279	0,0%	10,0%	30,0%	40,0%	40,0%	60,0%	60,0%	70,0%	85,0%	85,0%
Coliformes (UFC/100 mL)	<2500	521417	0,0%	10,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	70,0%	80,0%	99,55%	99,55%
DBO (mg/L)	<10,0	19,9	0,0%	10,0%	20,0%	30,0%	35,0%	40,0%	50,0%	55,0%	55,0%	55,0%

VARIÁVEIS	Limite	2ª Etapa de Tratamento - Manutenção											
	Classe 3	Percentual de redução estimado para cada variável em função do tratamento											
	CONAMA	Meses											
	357/2005	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º	21º	22º
Fósforo Total (mg/L)	<0,05	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%	92,0%
Clorofila-a (µg/L)	<60	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%
Cianobactérias (cél/mL)	<100.000	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%
Coliformes (UFC/100 mL)	<2500	99,55%	99,55%	99,55%	99,6%	99,6%	99,6%	99,6%	99,6%	99,6%	99,6%	99,6%	99,6%
DBO (mg/L)	<10,0	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%



Classe 4

2ª ETAPA DE TRATAMENTO - JAN.2017 A JAN.2018 - MANUTENÇÃO DA META – CLASSE 3



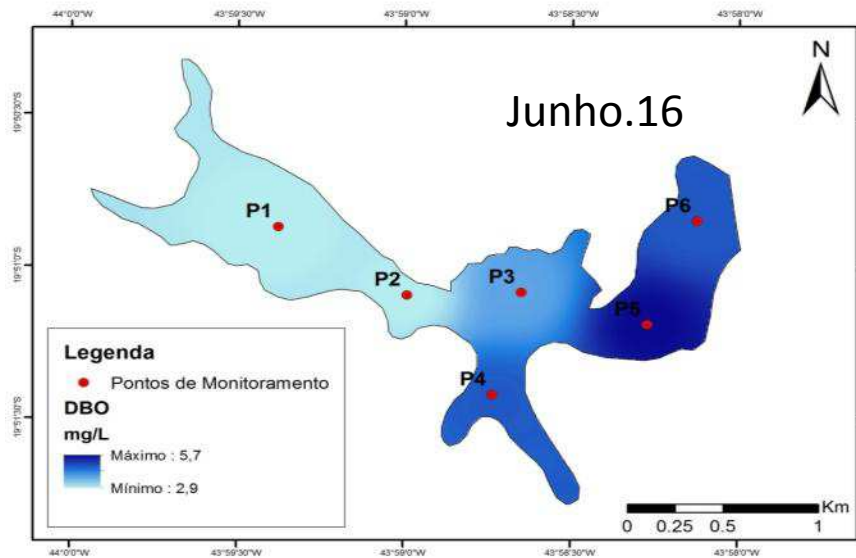
Classe 3

1ª ETAPA DE TRATAMENTO - MAR.2016 A JAN.2017 (ATUAL) - ATINGIMENTO DA META – CLASSE 3

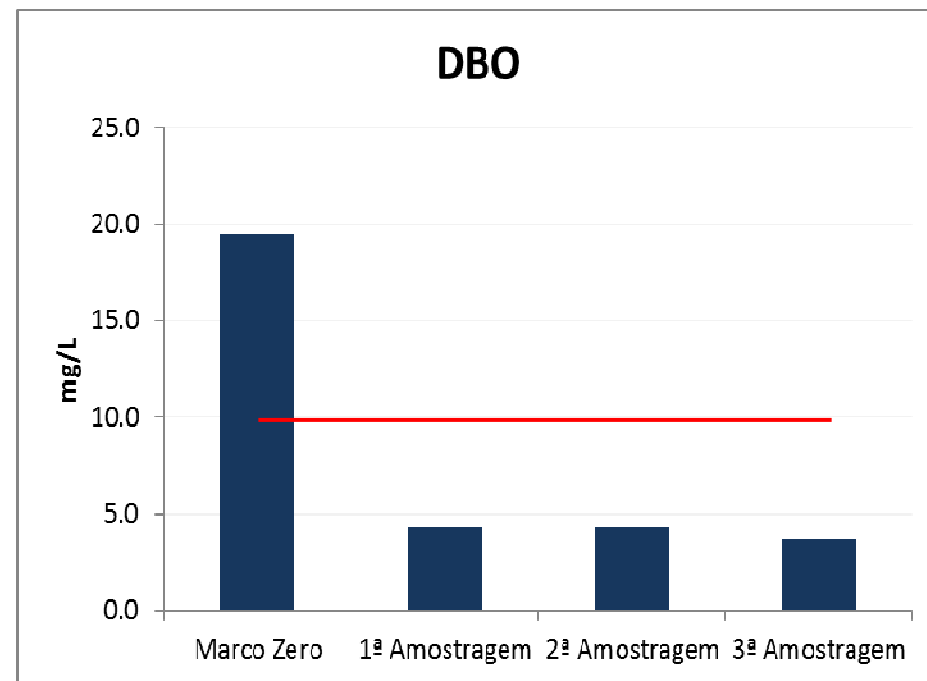
MARCO ZERO - ETAPA DE CONSOLIDAÇÃO DO DIAGNÓSTICO – ANTERIOR AO INÍCIO DOS SERVIÇOS

PARÂMETROS INDICADORES DE DESEMPENHO

1º trimestre (março a junho/2016)



— Limite COPAM e CONAMA

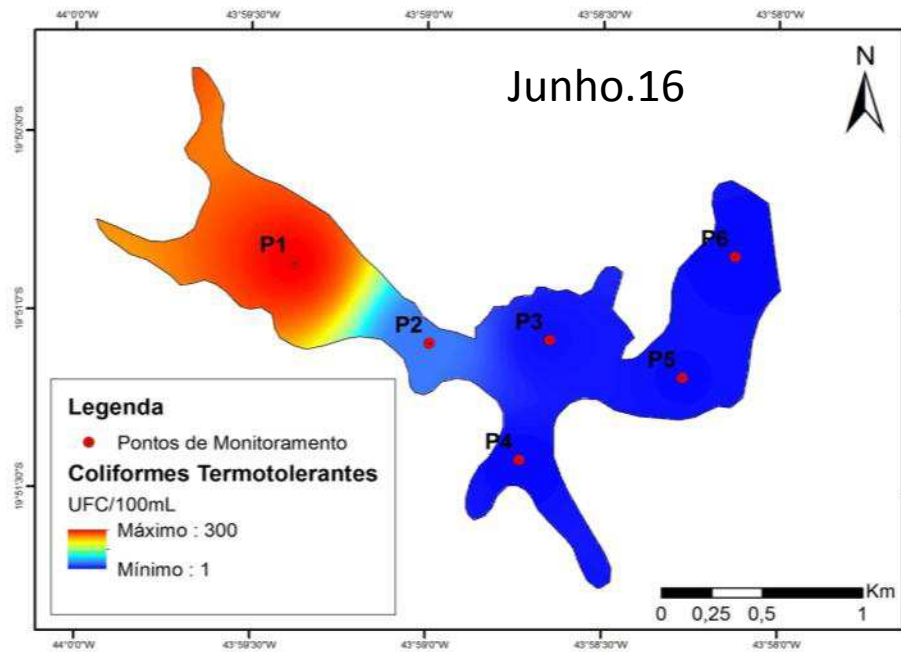


Médias de todos os pontos

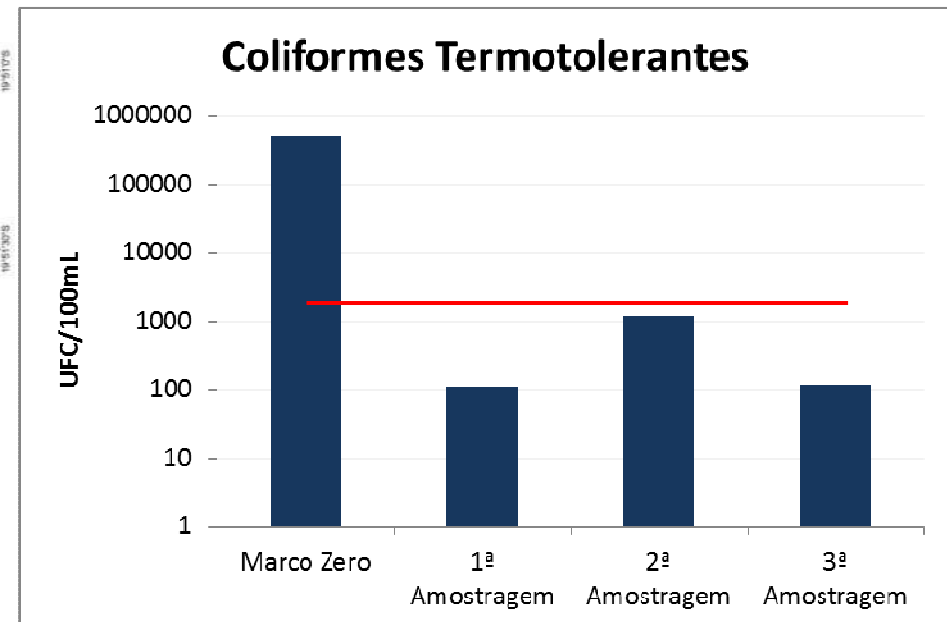


PARÂMETROS INDICADORES DE DESEMPENHO

1º trimestre (março a junho/2016)



— Limite COPAM e CONAMA

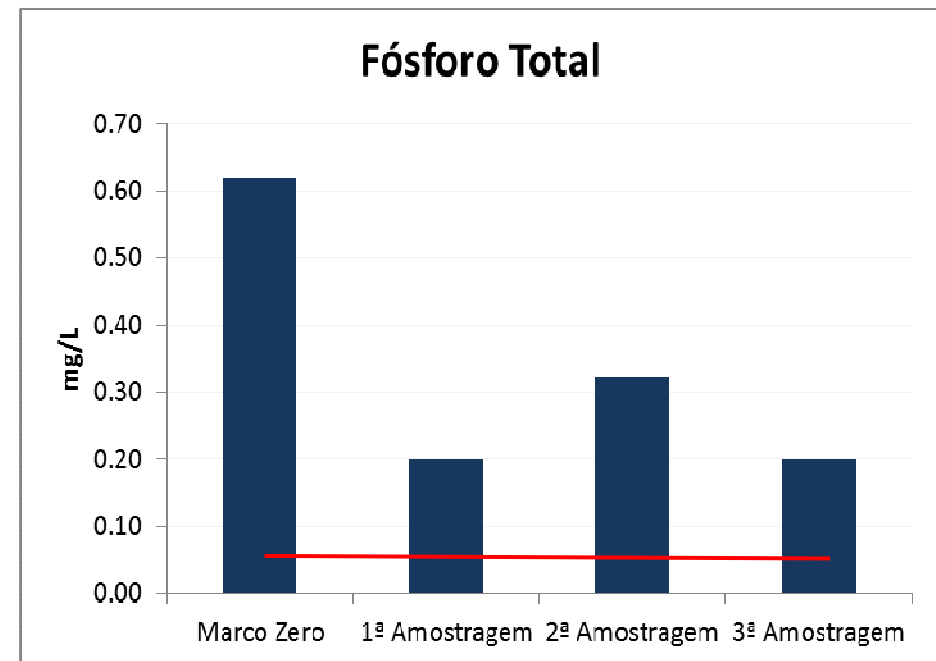
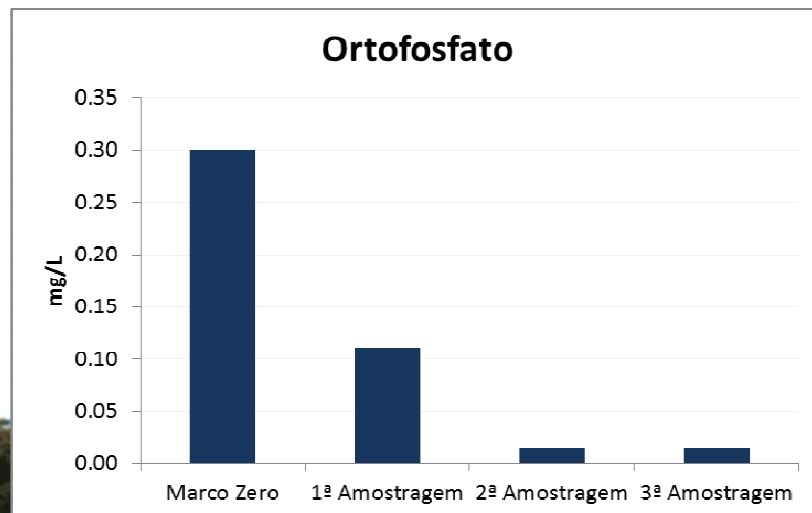
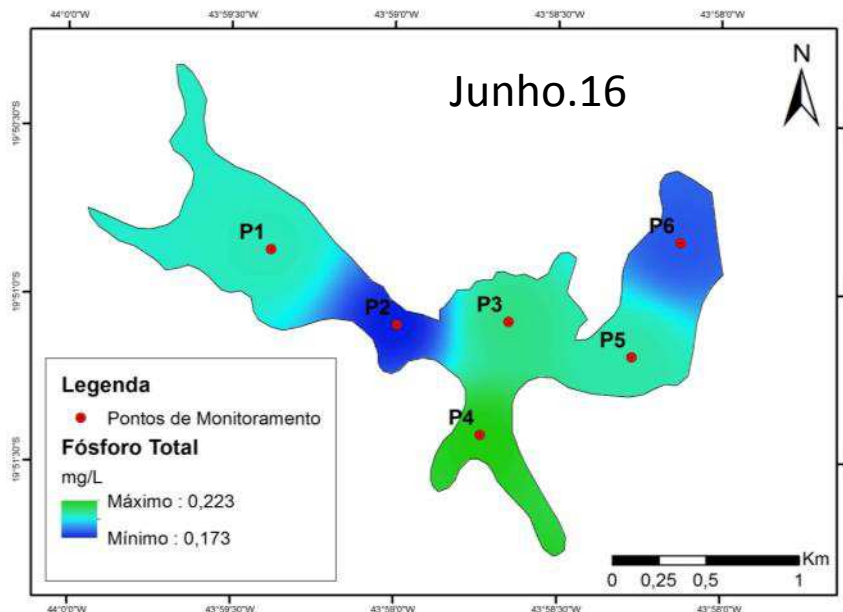


Médias de todos os pontos



PARÂMETROS INDICADORES DE DESEMPENHO

1º trimestre (março a junho/2016)



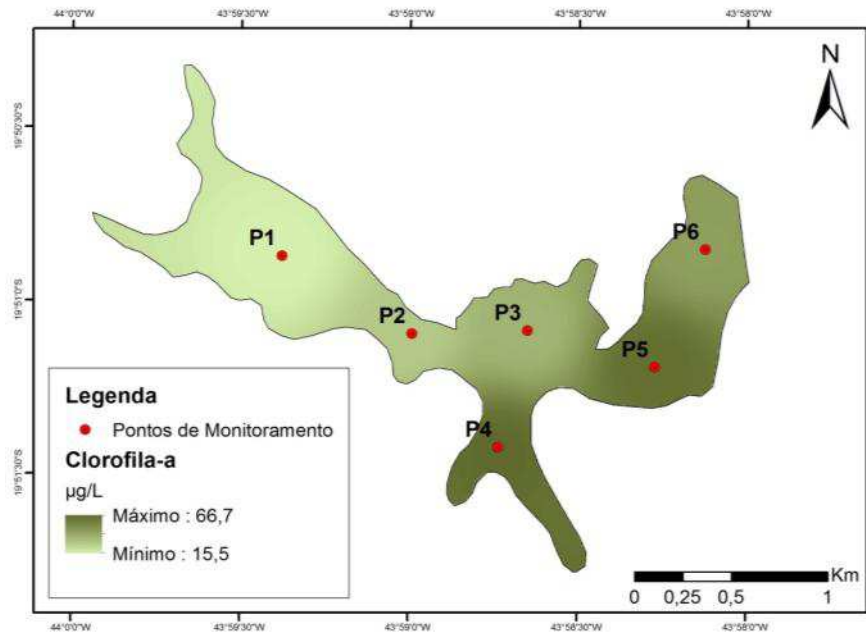
Médias de todos os pontos

— Limite COPAM e CONAMA

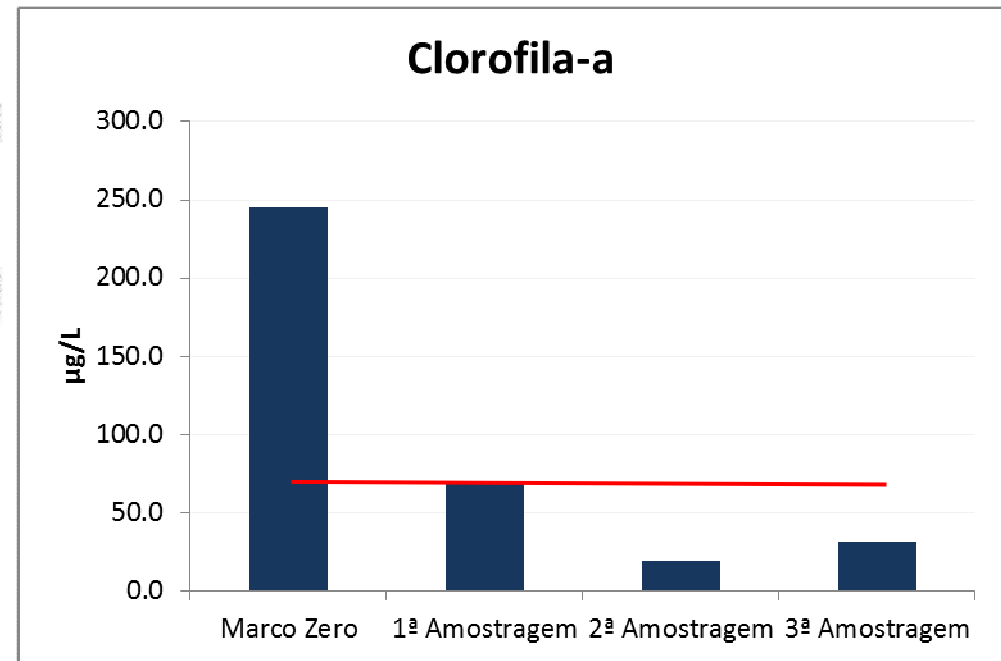


PARÂMETROS INDICADORES DE DESEMPENHO

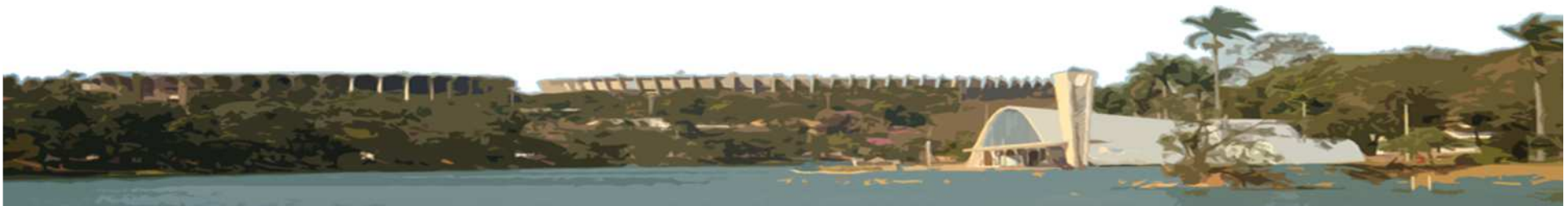
1º trimestre (março a junho/2016)



— Limite COPAM e CONAMA

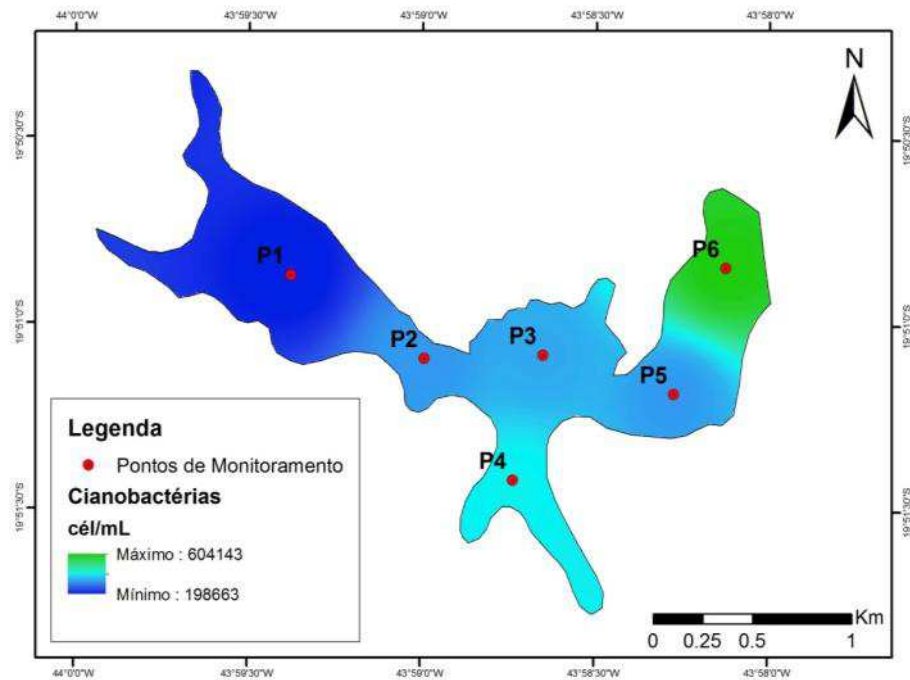


Médias de todos os pontos

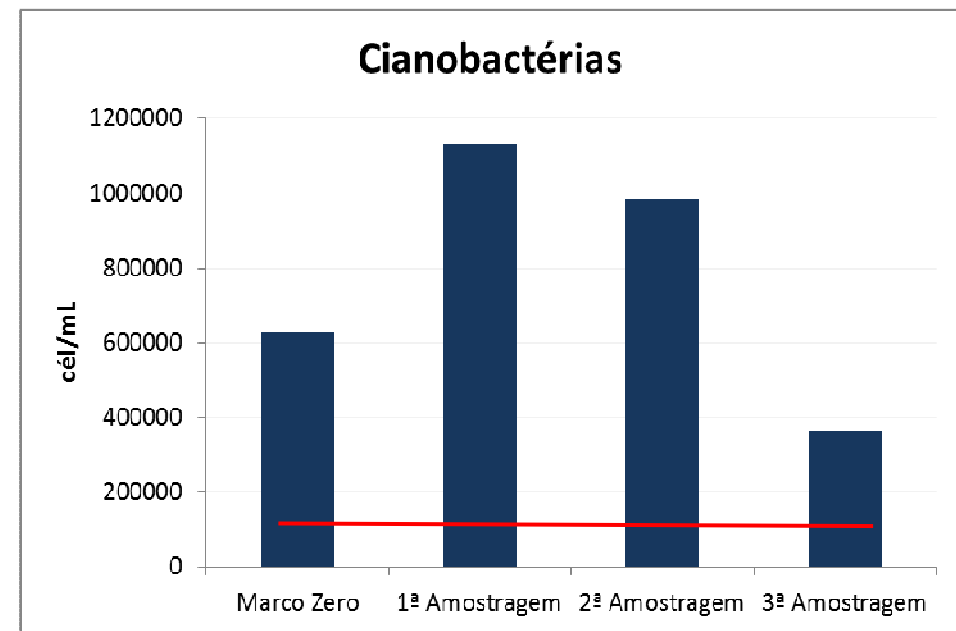


PARÂMETROS INDICADORES DE DESEMPENHO

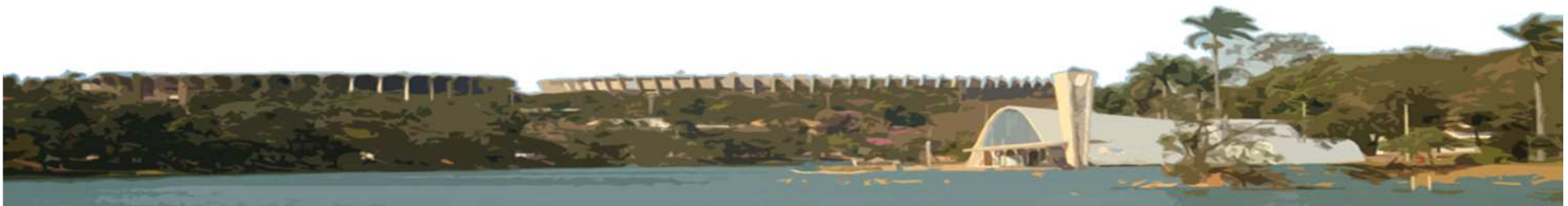
1º trimestre (março a junho/2016)



— Limite COPAM e CONAMA



Médias de todos os pontos



ATENDIMENTO DAS METAS CONFORME INDICADORES DE DESEMPENHO

1º trimestre (abril a junho/2016)

Parâmetros	Marco Zero	Abril	Redução %	Maio	Redução %	Junho	Redução %
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	521.417	112	99,9	1189	99,7	115	99,9
DBO (mg/L)	19,5	4,3	77,8	4,3	77,9	3,7	81,0
Fósforo Total (mg/L)	0,62	0,2	67,9	0,32	48,1	0,2	67,6
Clorofila-a (µg/L)	245	70	71,4	19,6	91,9	31,7	87,1
Cianobactérias (cél/ml)	626.279	1.129.520	-	983.929	-	366.672	41,4



ATENDIMENTO DAS METAS CONFORME INDICADORES DE DESEMPENHO

1º trimestre (abril a junho/2016)

Parâmetros	Junho	Redução %	Concentrações estimadas	Redução estimada (%)	Meta
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	115	99,9	364.991	30	Atingida
DBO (mg/L)	3,7	81,0	15,92	20	Atingida
Fósforo Total (mg/L)	0,2	67,6	0,434	30	Atingida
Clorofila-a (µg/L)	31,7	87,1	171,6	30	Atingida
Cianobactérias (cél/ml)	366.672	41,4	438.395	30	Atingida



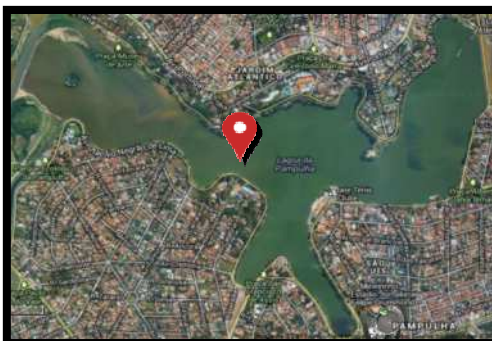
RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)



RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)



RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)



PON
28.0



PONTO 2
18.07.16

RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)



RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)

MUSEU DE ARTE MODERNA EM 23.07.16



CASA DO BAILE EM 23.06.16

RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)



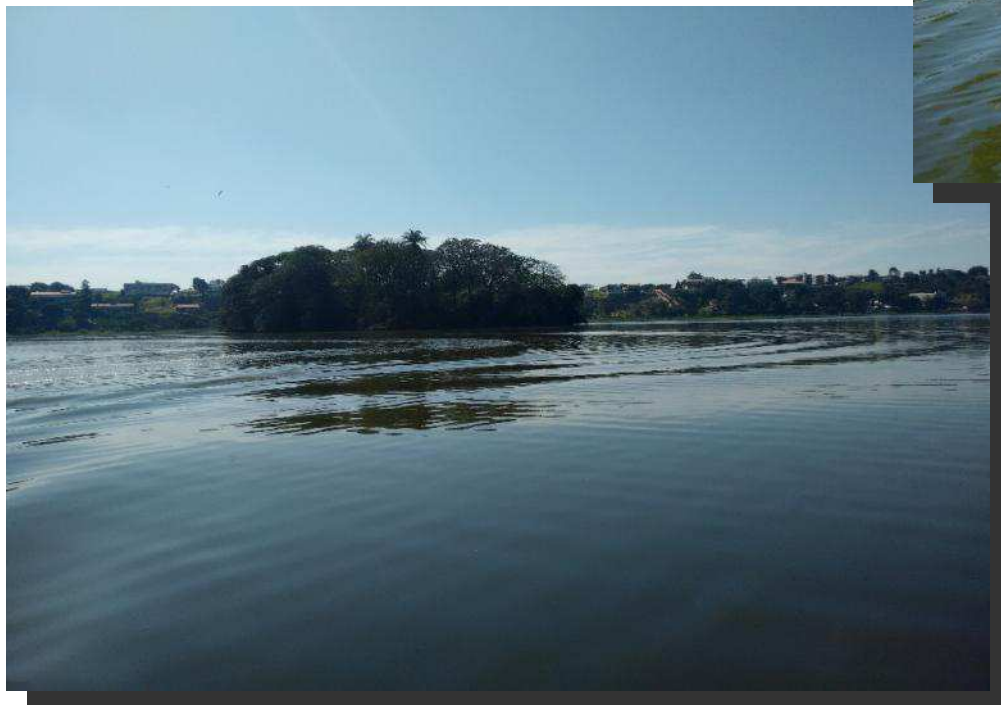
PRÓXIMO À CASA DO BAILE EM 23.06.16

PRÓXIMO AO IATE TÊNIS CLUBE EM 23.06.16



RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)

ILHA DOS AMORES EM 23.06.16



FOZ DO CÓRREGO MERGULHÃO EM 23.06.16

RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)



VISTA DO ESPELHO D' ÁGUA EM 23.06.16

VISTA DO ESPELHO D' ÁGUA EM 23.06.16



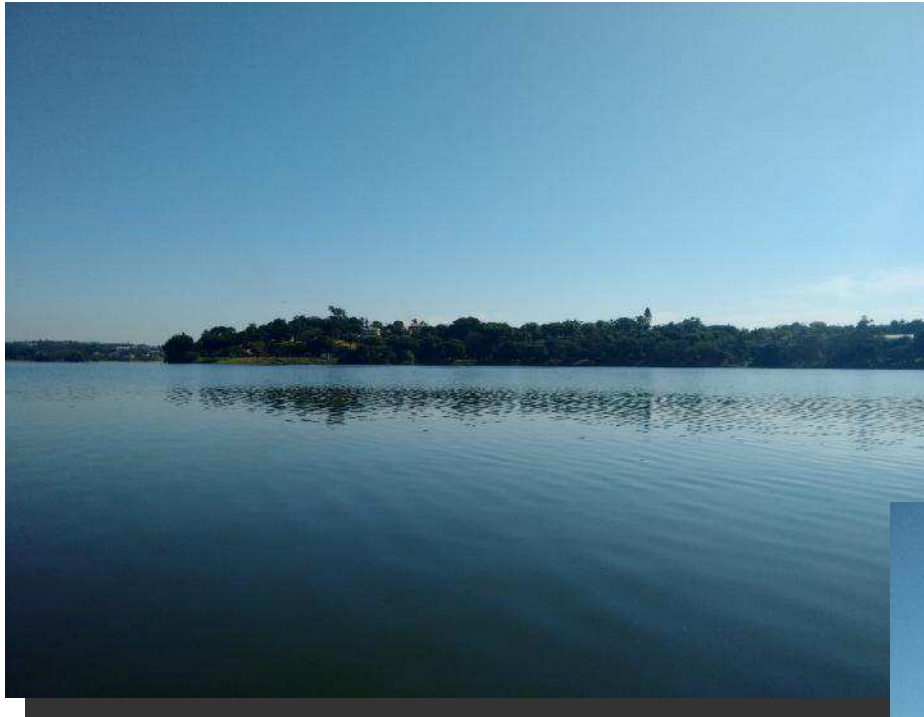
RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)

PRÓXIMO AO MEIO DA LAGOA 23.06.16



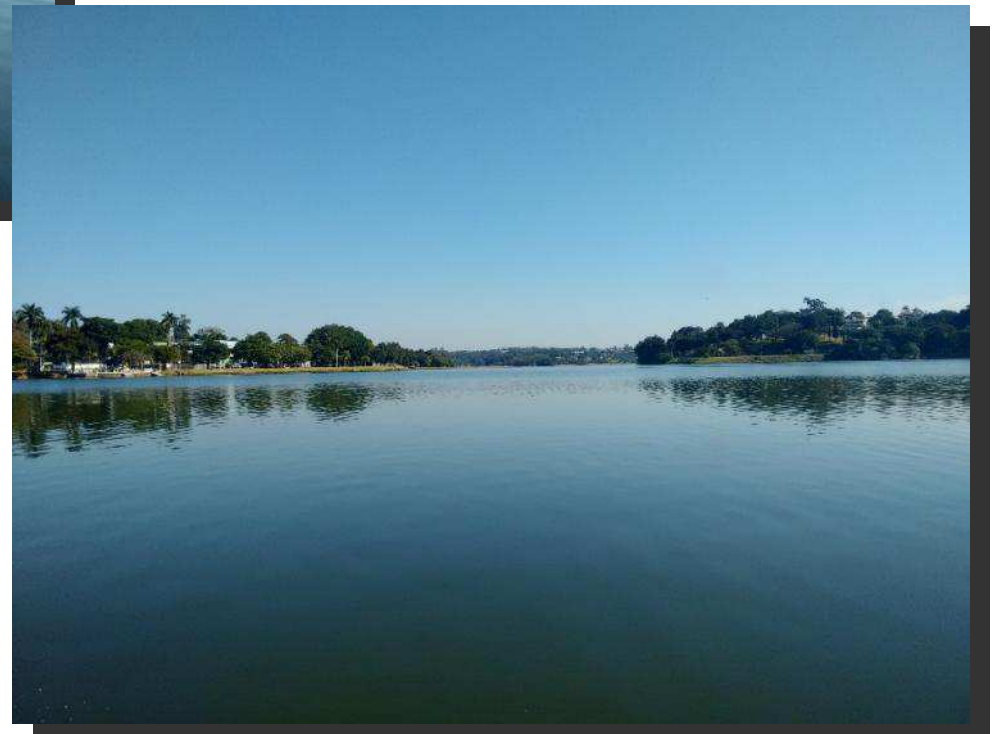
VISTA DO VERTEDOURO EM 23.06.16

RESULTADOS VISUAIS 1º TRIMESTRE (MAR A JUN/16)



VISTA DO ESPELHO D' ÁGUA EM 23.06.16

VISTA DO ESPELHO D' ÁGUA EM 23.06.16



RESULTADOS VISUAIS JUL/16



20.07.16

RESULTADOS VISUAIS JUL/16



20.07.16

RESULTADOS VISUAIS JUL/16



20.07.16

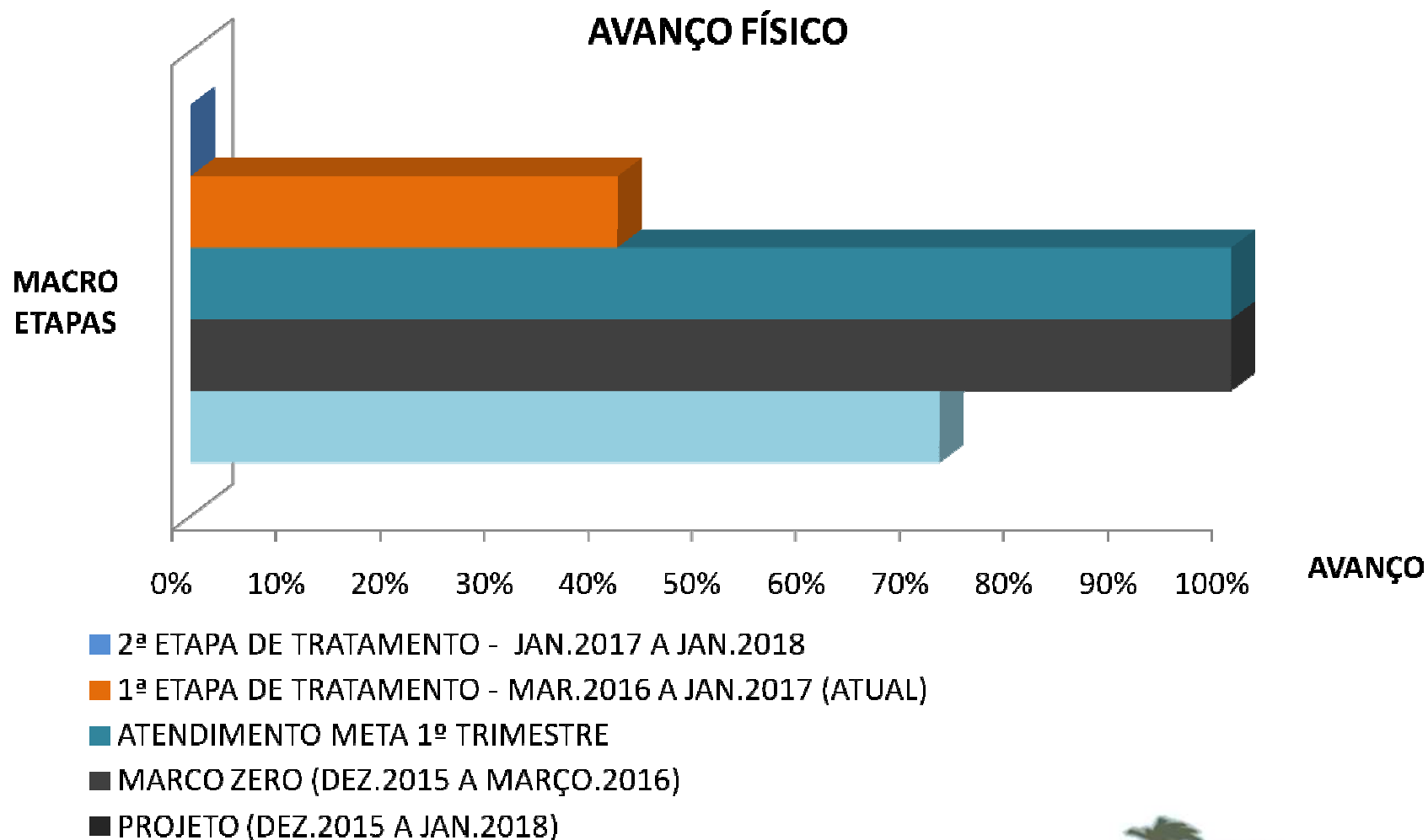
RESULTADOS VISUAIS JUL/16



20.07.16

CONSIDERAÇÕES FINAIS

MOMENTO ATUAL DO PROJETO





CONSÓRCIO
PAMPULHA VIVA

Alguns Casos famosos de Tratamento

Mais de 230 lagos tratados com Phoslock no mundo



Otterstedter See, Germany



Size: 4 ha
Date: November 2006

Silbersee, Germany



Size: 7 ha
Date: November 2006

Bärensee, Germany



Size: 3 ha
Date: June 2007

Het Groene Eiland, Netherlands



Size: 3 ha
Date: March 2008

De Rauwbraken, Netherlands



Size: 5 ha
Date: March 2008

Clatto, UK



Size: 9 ha
Date: March 2009

De Kuil, Netherlands



Size: 7 ha
Date: April 2009

Lago di Varese, Italy



Size: 1,400 ha
Date: 2009

Blankensee, Germany



Size: 22 ha
Date: December 2009

Behlendorfer See, Germany



Size: 62 ha
Date: December 2009

Flemington, UK



Size: 13 ha
Date: March 2010

Eichbaumsee, Germany



Size: 24 ha
Date: November 2010

Canning & Vasse Rivers, Australia



Size: Sections of River
Date: January 2000

Lake Okareka, New Zealand



Size: 330 ha
Date: August 2005

Hartbeespoort Dam, South Africa



Size: 2.5 ha
Date: January 2006

Torrens Lake, Australia



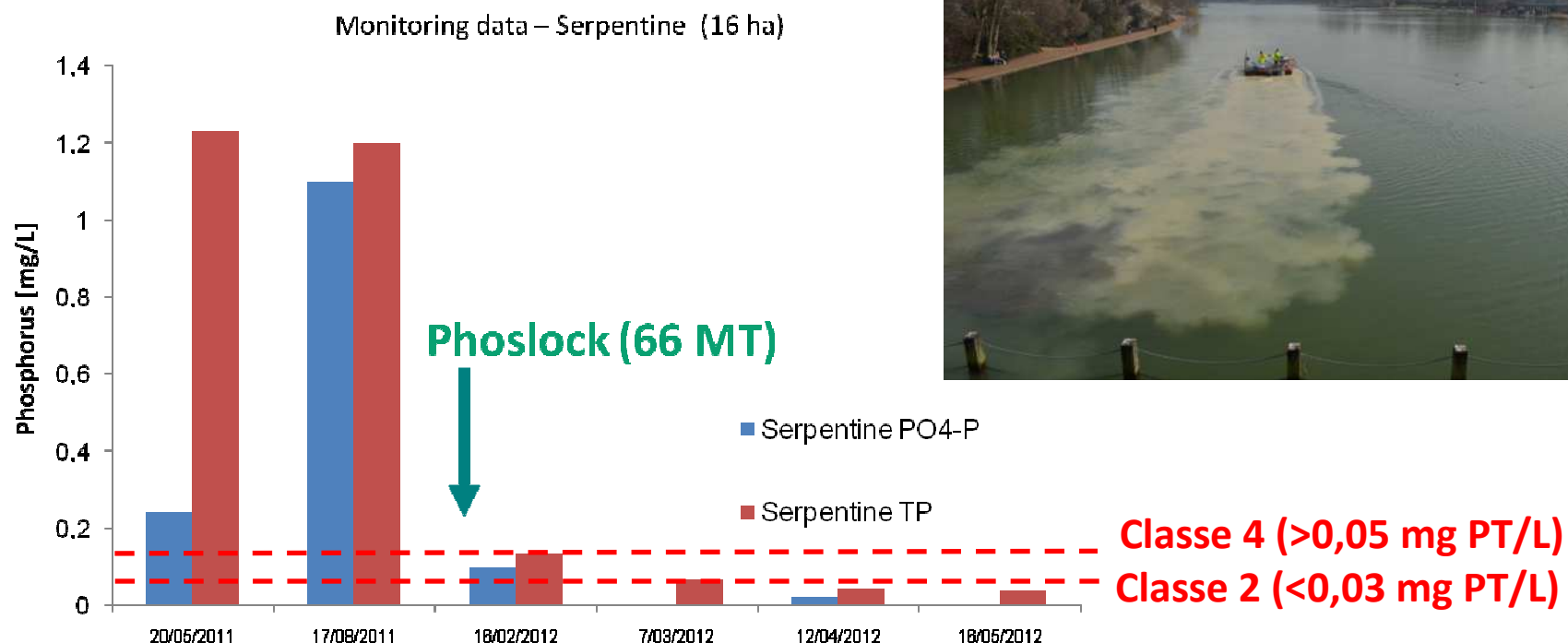
Size: Sections of River
Date: March 2007

Olimpíadas de Londres, 2012



Lago Serpentine, Hyde Park- Londres, 2012





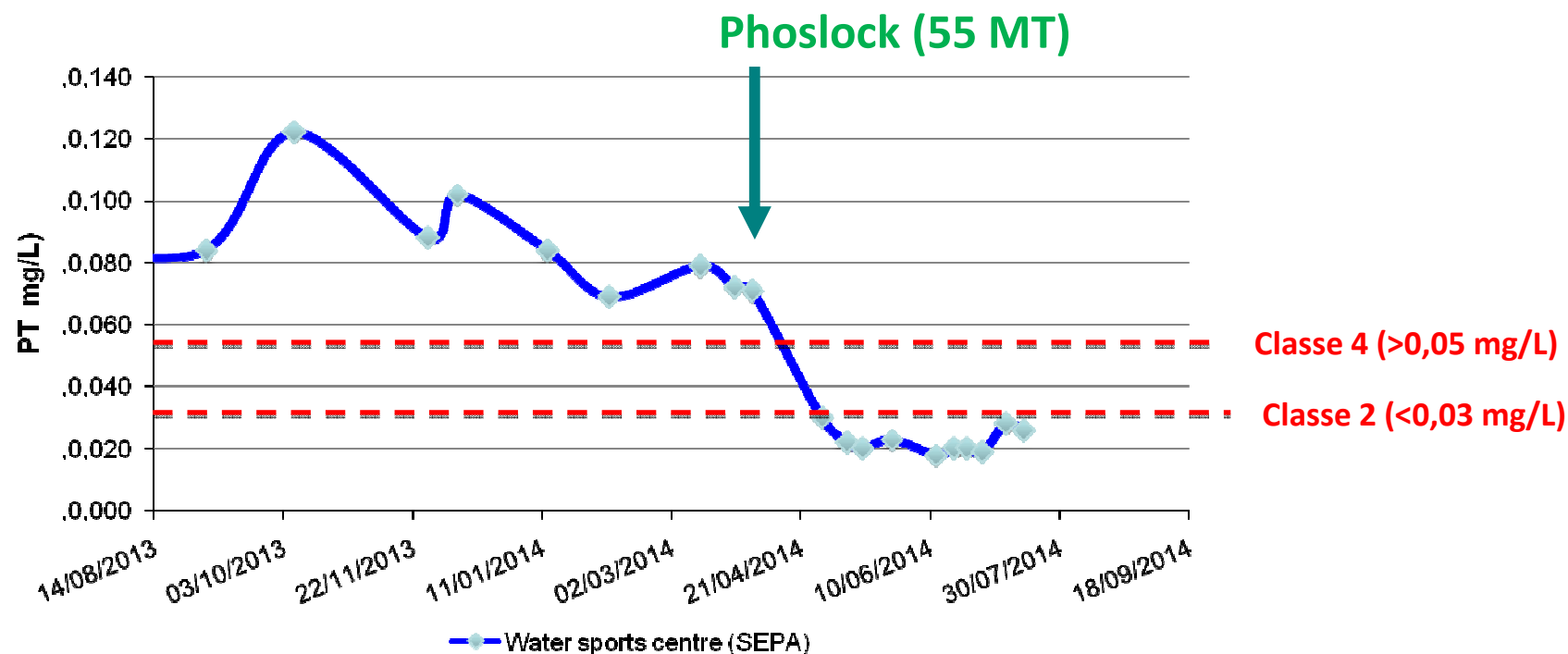
- ✓ Redução de TP para Classe 2 (0,03 mg/L) em apenas 1 mês
- ✓ PO₄ abaixo do limite de detecção do método (<0,01 mg/L)
- ✓ Aumento da transparência de 1m para 4m

Provas de Triatlon



Jogos da Commonwealth - Lago Strathclyde, Escócia, 2014





- ✓ Redução de TP para Classe 2 em apenas 1 mês
- ✓ Valores de PO₄ abaixo de 0,01 mg/L
- ✓ Aumento da transparência
- ✓ Controle de florações



Lago Behlendorfer - Alemanha

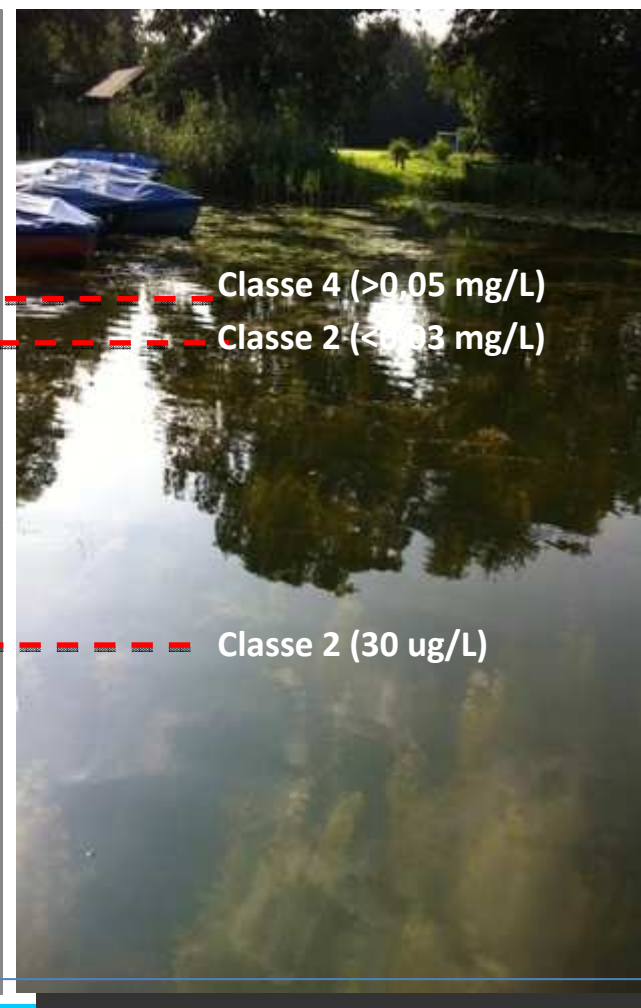
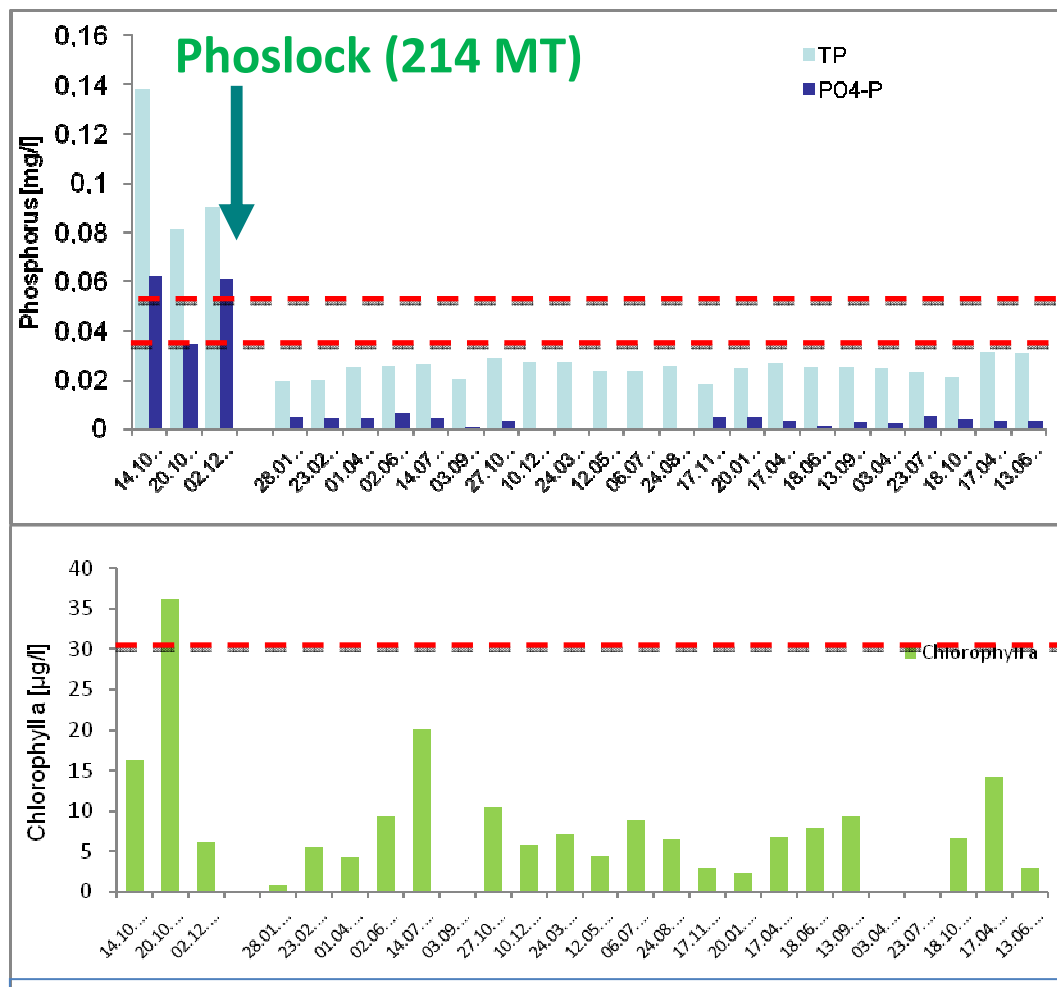
Recreational lake



area	63 ha
volume	3.9M m ³
avg. depth	7.5 m
max. depth	16 m



Status in 2007 (2 yr before restoring):
320 µg TP/l lake water = 1248 kg TP
-cyanobacterial blooms e.g
-*Planktothrix*
- no macrophytes



- ✓ Redução de TP para Classe 2 em apenas 1 mês
- ✓ Valores de PO4 abaixo de 0,01 mg/L
- ✓ Florações de cianobactérias eliminadas e aumento da transparência

Tratamento Reservatório de Abastecimento

Reservatório Joanes I – Salvador – Bahia- EMBASA



- 120 ha
- Eutrófico
- Florações de cianobactérias
- 125 toneladas iniciais



CASOS DE APLICAÇÃO

ADEQUAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA MARINA DA GLÓRIA CONFORME CONAMA 357 - CLASSE II



Aquece Rio
TEST EVENTS

ADEQUAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA MARINA DA GLÓRIA CONFORME CONAMA 357 - CLASSE II



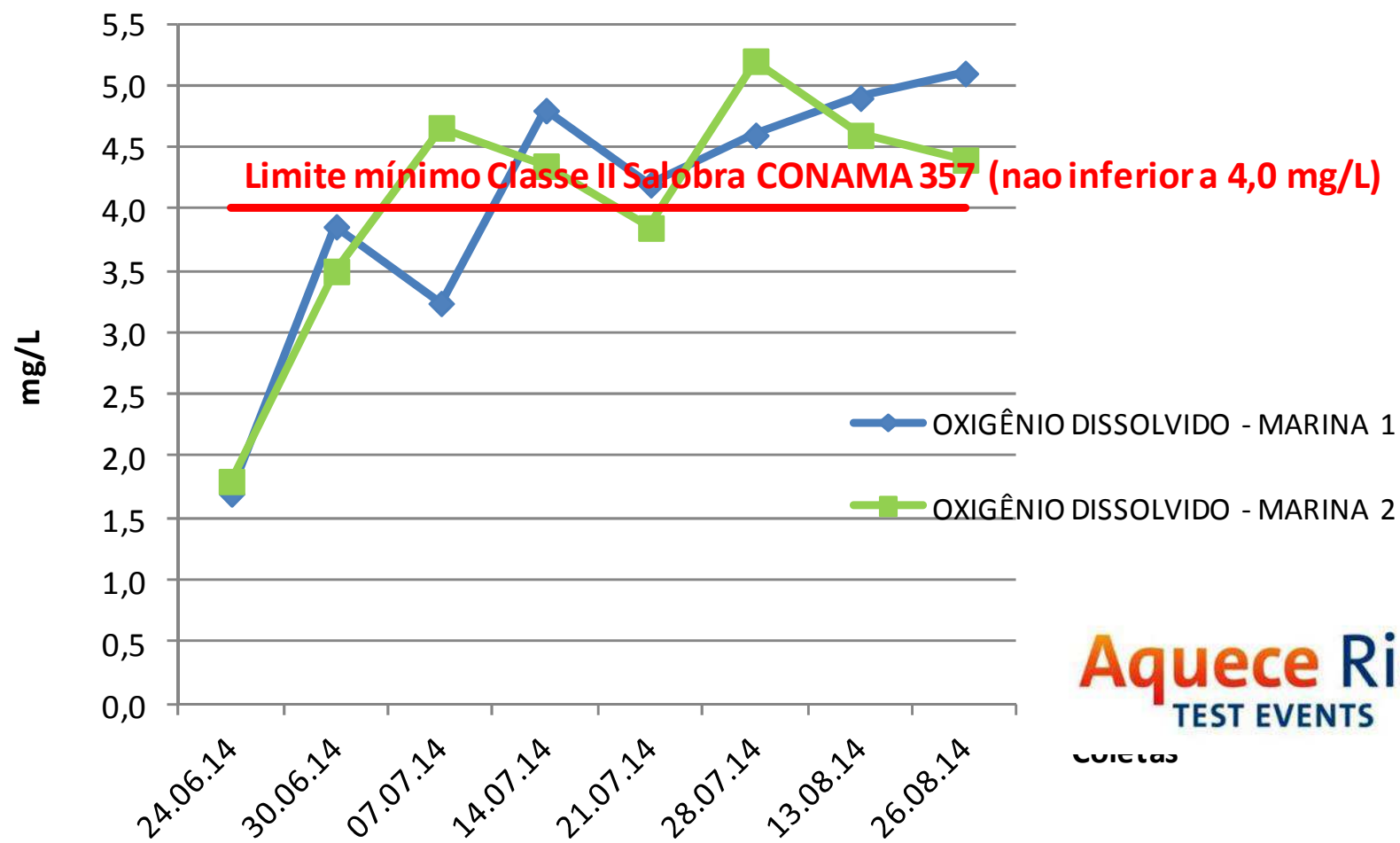


Aquece Rio
TEST EVENTS



Aquece Rio
TEST EVENTS





APLICAÇÃO



LAUDO TÉCNICO NOVAS TECNOLOGIAS

N.º: 003/2014	RT
DATA: 12/11/2014	FL.: 01/14

Tabela 7 – Volumes de lodo retirados das unidades da ETE Jardim Canadá de janeiro de 2013 a agosto de 2014

Período	Origem e volume de lodo retirado	Total de lodo removido no período (m³)	Média mensal de lodo removido (m³/mês)
Pré-teste Jan a jul de 2013 (7 meses)	Reator UASB – 27 m³	98	14
	ETEs móveis – 17 m³		
	Decantadores – 54 m³		
Teste Ago 2013 a jan 2014 (6 meses)	Reator UASB – 8 m³	35 	5,8 
	ETEs móveis – 9 m³		
	Decantadores – 18 m³		
Pós-teste Fev a ago 2014 (7 meses)	Reator UASB – 16 m³	60	8,6
	ETEs móveis – 8 m³		
	Decantadores – 36 m³		

V – CONCLUSÃO

De maneira geral, a aplicação do produto Enzilimp **SN** propiciou a amortização das variações dos parâmetros analisados (DQO, DBO, óleos e graxas e sólidos suspensos totais), decorrente do lançamento de efluentes não domésticos com consequente melhora no processo de tratamento. Durante a realização do teste foi observada a redução dos odores emanados, evidenciado pela diminuição do n.º de reclamações, e também da quantidade de lodo gerado.