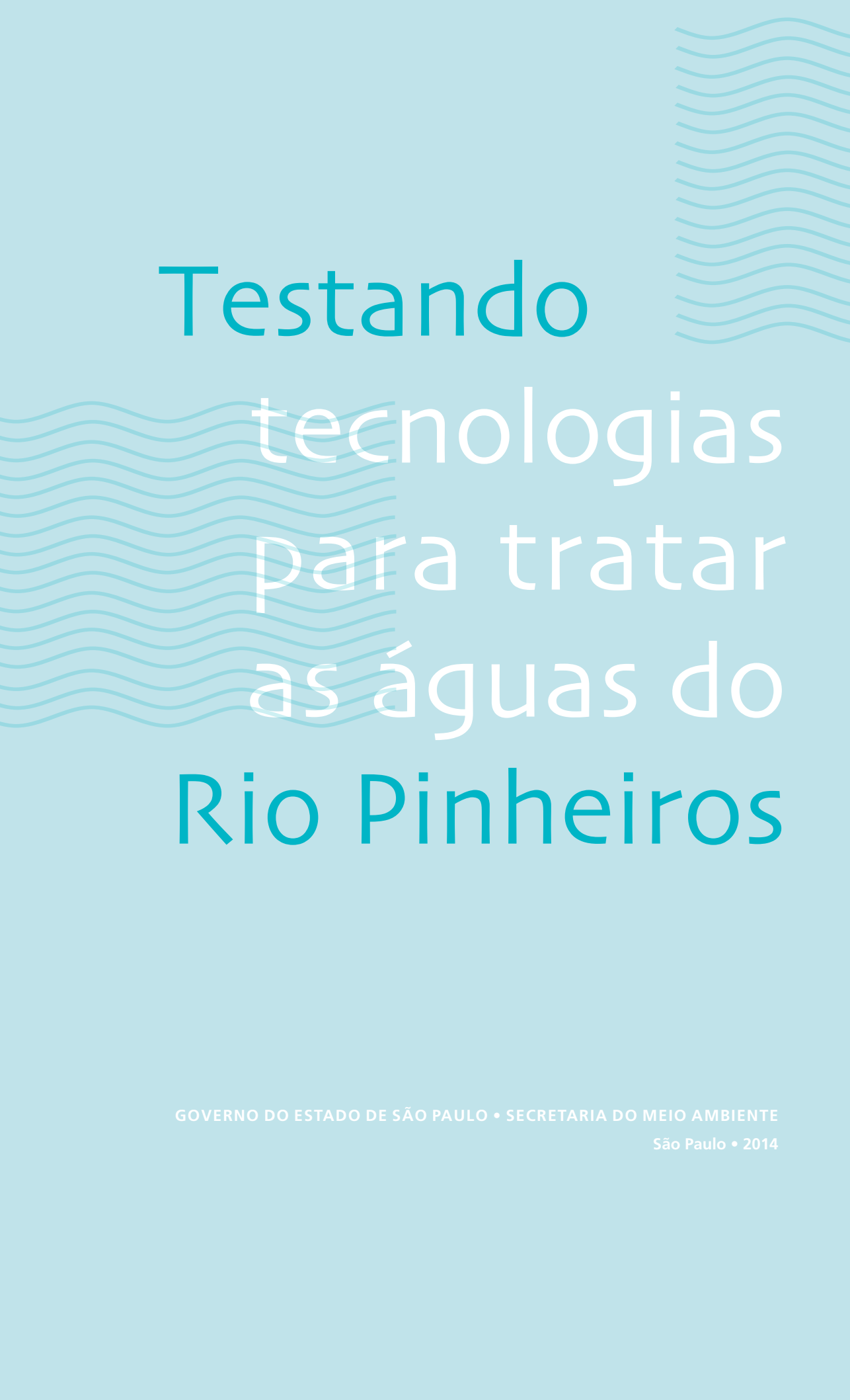




Testando tecnologias para tratar as águas do Rio Pinheiros

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE



Testando tecnologias para tratar as águas do Rio Pinheiros

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO • SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

São Paulo • 2014



O Canal Pinheiros nasce do encontro do Rio Guarapiranga com o Rio Grande e deságua no Rio Tietê. Por seu tamanho e localização (corta a cidade de São Paulo em área densamente urbanizada) é um dos corpos de água mais importante do Estado. Na década de 70, foram implantadas vias expressas de tráfego em suas margens o que afastou a população da cidade do convívio com o Rio. Além disso, por conta de uma série de mazelas, inclusive em decorrência da ocupação acelerada e mal planejada das áreas do entorno, as águas do Pinheiros estão gravemente poluídas, o que também contribui para o afastamento da população.

Objetivando a recuperação das margens do Rio, a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, em exitosa parceria com entes públicos e privados, implantou e mantém o Projeto Pomar Urbano, que melhorou muito o aspecto das margens do Pinheiros. Além disso, o Governo do Estado implantou a ciclovia ao longo da margem direita do Rio e tem planos de implantar ciclovias e ciclopasseiras também na outra margem, conjuntamente com intervenções de mobiliário urbano e incremento na melhoria contínua do paisagismo, tudo na tentativa de reaproximar o curso de água do convívio com a população e resgatar o vínculo de respeito e atenção entre sociedade e ambiente. Para melhorar o aspecto das águas, o Governo do Estado de São Paulo tem promovido grandes investimentos no âmbito do Projeto Tietê, na coleta e tratamento de esgotos de toda a bacia, objetivando a despoluição das águas dos principais rios metropolitanos. Mas apesar do enorme esforço do Governo na universalização do saneamento, ainda serão necessários estudos de alternativas tecnológicas para o enfrentamento da poluição remanescente e difusa, própria da dinâmica do entorno intensamente povoado. A intervenção de tecnologias inovadoras em um determinado corpo de água, objetivando melhorias de qualidade, passou a ser bem vinda e necessária no caso do Pinheiros. Com base nesta premissa, a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e a Associação Águas Claras do Rio Pinheiros juntaram esforços e ideias para organizar um programa de testes de tecnologias de tratamento em cursos de água e aplicá-lo ao canal poluído, respeitando as especificidades de escala, vazão e regime de drenagem, bem como das suas características metropolitanas.

Foi formado um grupo de trabalho composto por profissionais de renomadas instituições do Governo, da universidade e da sociedade civil, que elaborou e conduziu a execução desse ambicioso projeto. As empresas privadas, que atenderam as diretrizes e procedimentos ditados pelo grupo de trabalho interinstitucional puderam testar suas tecnologias em escalas pilotos, em seis canais experimentais idênticos, construídos pela EMAE junto a Usina Elevatória de Traição e que, em escala reduzida, simularam o comportamento do Canal Pinheiros Superior. Após uma intensa fase de preparação, as tecnologias propostas por seis empresas foram testadas ao longo de dois meses e monitoradas por um exaustivo plano de amostragem, a fim de possibilitar as avaliações de suas eficiências. Um dos canais de testes foi utilizado pela CETESB como referência para a avaliação da água bruta do Canal Pinheiros.

Os relatórios individuais, suportados por dados analíticos fornecidos por laboratórios independentes e acreditados pelo INMETRO, foram entregues, avaliados, comentados pelo grupo de trabalho e originaram um relatório técnico, ao qual foi dada publicidade por meio da Resolução SMA n.º 21, de 17 de março de 2014.

O trabalho que ora se apresenta procurou tornar mais didático o relatório técnico elaborado e apresenta, para todos os segmentos sociais, os resultados desse importante e exitoso projeto de pesquisa aplicada, iniciado em janeiro de 2013 e concluído em janeiro de 2014 e que tive a honra de coordenar.

Na certeza de que este trabalho vai contribuir muito com o futuro próximo de um rio totalmente amigável ao lazer e desfrute intensivo da população de São Paulo, inclusive com navegabilidade, a Secretaria do Meio Ambiente continua auxiliando o Governo no desavio enorme e constante de recuperar completamente o Rio Pinheiros e suas margens para o povo de São Paulo.

Rubens Rizek
Secretário de Estado do Meio Ambiente

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Geraldo Alckmin • *Governador*

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Rubens Naman Rizek Junior • *Secretário do Meio Ambiente*

Testando tecnologias para tratar as águas do rio Pinheiros

Marcos Antonio Veiga de Campos, Stela Goldenstein, José Eduardo Bevilacqua, Nelson Menegon Junior e Lucas Rodrigues - Autores/colaboradores do texto adaptado do resultado do relatório técnico apresentado pelo Grupo de Trabalho para despoluição do rio Pinheiros.

Grupo de Trabalho

Marcos Antonio Veiga de Campos - SMA - Secretário Executivo
Zuleica Maria de Lisboa Perez - SMA/CPLA - Membro Titular
Maria Sílvia Romitelli - CETESB/Diretoria I - Membro Titular
José Eduardo Bevilacqua - CETESB/Diretoria I - Membro Suplente
Nelson Menegon Junior - CETESB/Diretoria E - Membro Titular
Maria Inês Zanoli Sato - CETESB/Diretoria E - Membro Suplente
Eduardo Mazzolenis de Oliveira - CETESB/Diretoria C - Membro Titular
Cristiano Kenji Iwai - CETESB/Diretoria C - Membro Suplente
Genivaldo Maximiliano de Aguiar - EMAE - Membro Titular
Carlos Eduardo Epaminondas França - EMAE - Membro Titular
Paulo Cesar Accioli Nobre - SABESP - Membro Titular
Antonio Cesar da Costa e Silva - SABESP - Membro Titular
Pedro Caetano Sanches Mancuso - FSP/CEAP - Membro Titular
Stela Goldenstein - Associação Águas Claras do Rio Pinheiros - Membro Titular
Wolney Castilho Alves - IPT - Membro Convidado

Coordenação do Grupo de Trabalho • Rubens Naman Rizek Junior - SMA

Revisão do Texto • Maria Cristina de Souza Leite

Projeto Gráfico • Vera Severo

Foto da Capa • Evandro Monteiro

Ficha Catalográfica

S24t São Paulo (estado). Secretaria do Meio Ambiente. Testando tecnologias para as águas do rio Pinheiros. Texto adaptado do resultado do relatório técnico apresentado pelo Grupo de Trabalho para despoluição do rio Pinheiros. José Eduardo Bevilacqua; Lucas Rodrigues; Marcos Antonio Veiga de Campos; Nelson Menegon Junior; Stela Goldenstein. - São Paulo : SMA, 2014.
76 p. ; 17 x 28 cm.

1. Rio Pinheiros – despoluição 2. Tecnologias de despoluição. I. Bevilacqua, José Eduardo II. Rodrigues, Lucas III. Campos, Marcos Antonio Veiga de IV. Menegon Junior, Nelson V. Goldenstein, Stela VI. Título.

Sumário

- 1 Introdução • **7**
- 2 A poluição do rio Pinheiros • **8**
- 3 Discutindo novas estratégias para a despoluição • **10**
- 4 O Grupo de Trabalho • **11**
- 5 Convocando a apresentação de propostas • **12**
- 6 Definindo metas de despoluição solicitadas às tecnologias • **13**
- 7 Que tecnologias não poderiam ser testadas? • **14**
- 8 Como e onde testar? • **14**
- 9 As empresas que atenderam ao Comunicado SMA • **21**
- 10 Ajustando a quantidade de canais para testes e o plano de monitoramento • **21**
- 11 As empresas que permaneceram no projeto • **22**
- 12 Início dos testes • **23**
- 13 O monitoramento dos resultados • **24**
- 14 Os resultados obtidos • **31**
 - A. O monitoramento da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo • 31
 - B. Comparando os dados da CETESB e os resultados obtidos por cada uma das tecnologias • 33
 - C. EVONIK DEGUSSA BRASIL Ltda. e TANAC S.A. • 36
 - D. ENGEFORM CONSTRUÇÕES E COMÉRCIO Ltda. • 41
 - E. CONSLADEL CONSTRUTORA, LAÇOS DETETORES E ELETRÔNICA Ltda.e SUPERBAC PROTEÇÃO AMBIENTAL S.A. • 47
 - F. BERACA SABARÁ QUÍMICOS E INGREDIENTES S.A. • 53
 - G. DT ENGENHARIA DE EMPREENDIMENTOS Ltda. • 59
 - H. BAUER AMBIENTAL SERVIÇOS & TECNOLOGIAS Ltda. • 66
- 15 Considerações finais • **73**



Foto Mario Sergio Coelho Alvarim



1 Introdução

A despoluição dos rios na região metropolitana vem sendo objeto de ambiciosos planos e investimentos, que se encontram bastante avançados. Na bacia do rio Pinheiros, a conclusão das obras já previstas vai garantir a coleta e o envio de parcela majoritária dos efluentes domésticos da bacia para tratamento na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Barueri.

No entanto, a qualidade das águas de nossos rios ainda deixa muito a desejar. É preciso que se discuta a origem dessa poluição, o que já foi feito para controlá-la, o que ainda falta fazer e quais são as estratégias que podemos adotar para acelerar essa despoluição.

A ansiedade com que a sociedade acompanha esses fatos tem origem na constatação de que as águas continuam inaceitavelmente poluídas. Pior: está claro que, concluídas as obras programadas, ainda teremos aporte diário de poluição de origem difusa aos nossos rios.

Apresentamos aqui os resultados da iniciativa desenvolvida para a discussão de tecnologias que são potencialmente interessantes para a despoluição deste rio, de forma a antecipar e a dar perenidade a resultados que ainda dependem de ações complexas, como a universalização da coleta e tratamento dos esgotos, a urbanização de áreas de ocupação precária, o aprimoramento da coleta de resíduos, a varrição de rua e a ampliação das áreas permeáveis na bacia.

Este trabalho foi fruto da integração e do esforço articulado por diferentes instituições públicas e privadas, e seu bom resultado advém desse esforço coletivo. Estiveram ativamente representados os usuários da água, os gestores de sua qualidade, a universidade e a sociedade civil.

Trata-se de uma bela demonstração de que os problemas ambientais devem ser enfrentados com a articulação de diferentes setores da sociedade, na busca de alternativas inovadoras, factíveis e eficazes.

Stela Goldenstein

Diretora Executiva da Associação Águas Claras do Rio Pinheiros



2 A poluição do rio Pinheiros

A área de contribuição para o rio Pinheiros encontra-se fundamentalmente no município de São Paulo; apenas as nascentes de córregos afluentes, como Pirajuçara e Poá, estão nos municípios de Embu e Taboão da Serra. Além disso, uma pequena parcela da drenagem contida no município de Osasco, próximo à divisa com São Paulo, também contribui para esta bacia hidrográfica.

Continuarão por muito tempo sem coleta e tratamento os esgotos gerados em áreas cujo padrão de ocupação, por ser irregular, exige que sejam previamente realizadas obras de urbanização para viabilizar a infraestrutura sanitária. Essa urbanização, por seu lado, depende frequentemente de autorizações judiciais, de projetos complexos, de retirada de população de áreas de risco, de oferta de habitação para sua realocação, de longas negociações com ocupantes e de recursos financeiros que nem sempre estão disponíveis.

Na bacia do rio Pinheiros, especialmente nas áreas das franjas da urbanização, temos cerca de 850 locais de ocupação irregular, muitos deles de difícil implantação das redes de coleta de esgotos e próximos de cursos-d'água.

Outras fontes de poluição também terão que ser enfrentadas, porque os afluentes do rio Pinheiros e, por consequência, as águas deste rio ainda recebem diversos poluentes, oriundos de fontes difusas, tais como os resíduos sólidos domésticos (cuja coleta e destinação ainda são precárias em diferentes segmentos das nossas cidades), os resíduos da insuficiente varrição das ruas e o entulho de construção civil despejado sem controle.

Os efluentes industriais deixaram de ser uma fonte pontual de poluição significativa nesta bacia hidrográfica, seja em razão da acelerada desindustrialização, seja em razão do controle efetivado pelas empresas, financiado por alguns anos pelo Governo do Estado e fiscalizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Mas, os contaminantes industriais lançados ao solo da região em tempos passados, e que, pelo lençol freático, chegam lentamente aos córregos e rios, podem estar apenas parcialmente filtrados em seu percurso pelo subsolo, também interferindo na qualidade das águas.

Uma segunda fonte, que deve ser compreendida, é a poluição que chega ao Pinheiros periodicamente, sempre que as águas do rio Tietê são parcialmente bombeadas para o rio Pinheiros na direção da represa Billings, por ocasião dos eventos de chuvas mais impactantes.

A terceira fonte de poluição é o lodo acumulado no leito do rio Pinheiros, gerado a partir da deposição de material que concentra substâncias potencialmente danosas, com origem nos efluentes domésticos e industriais, que podem ser disponibilizados para as águas, inclusive pela necessidade de desassoreamento permanente.

A bacia do Pinheiros é região extremamente urbanizada e, em razão disso, impermeabilizada de forma extensiva. Isso faz com que as águas de chuva sejam rapidamente escoadas para os córregos canalizados e enviadas ao corpo do rio. Todos esses problemas são agravados dramaticamente pelo fato de que há pouca quantidade de água neste rio, que praticamente não recebe águas de melhor qualidade das represas Billings e Guarapiranga. Suas nascentes são barradas e suas águas de boa qualidade são utilizadas antes que cheguem ao Pinheiros, para produzir energia e para abastecimento público. Com pouca água, o rio não consegue exercer a autodepuração, a diluição e o afastamento dos poluentes.

Além disso, por ocasião dos eventos de chuvas mais impactantes, o rio Pinheiros recebe também as águas do rio Tietê, e com elas a contaminação oriunda de municípios que têm coleta de esgoto e de resíduos ainda mais insuficiente.

Percebe-se que os programas já previstos para a despoluição vêm trazendo melhorias progressivas, mas também se sabe que a população espera e demanda a aceleração dos ganhos de qualidade. Percebe-se, também, que as ações de controle de efluentes domésticos, ou seja, a coleta, o afastamento e o tratamento dos esgotos precisam ser complementados com tecnologias e infraestruturas para o tratamento das águas que trazem carga difusa para os rios.

Assim, em paralelo aos esforços que estão em andamento para minimizar radicalmente o aporte dos poluentes de origem pontual, é preciso que se aprofundem os estudos para a identificação de alternativas tecnológicas de tratamento das águas do rio Pinheiros em sua própria calha.

Diferentes tecnologias têm sido apresentadas aos técnicos da CETESB, da SABESP e de órgãos de pesquisa e vêm sendo discutidas nos mais variados fóruns. Mas não há, ainda, segurança de quais seriam as mais seguras e mais eficazes. A experiência internacional, o desenvolvimento científico e a demanda da sociedade apontam no sentido da urgência e não se pode mais tardar na análise, no teste, na discussão e nas escolhas para que se inove nesse campo.

3 Discutindo novas estratégias para a despoluição

Todas essas questões levam a considerar que é necessário que se aprofundem os estudos para a identificação de tecnologias de tratamento das águas do rio Pinheiros. Assim, paralelamente a todos os investimentos e ações do Governo do Estado de São Paulo ao longo dos últimos anos para que se reduza o aporte de poluentes urbanos e industriais, é preciso que se faça amplo cotejo de alternativas tecnológicas para o enfrentamento da poluição difusa e remanescente, visando a uma contínua recuperação da qualidade de suas águas.

A Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SMA, em entendimento com a Associação Águas Claras do Rio Pinheiros, formou um grupo de trabalho (GT) com a participação da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. – EMAE, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Centro de Apoio à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (CEAP/FSP – USP) e da Associação Águas Claras do Rio Pinheiros, objetivando aprofundar estudos para a identificação de diferentes tecnologias que fossem capazes de efetuar o tratamento das águas no canal do Rio Pinheiros e que fossem passíveis de serem testadas em escala piloto.

No âmbito deste GT, foram estabelecidas as bases para que fosse identificado e discutido o mais amplo leque de tecnologias desenvolvidas por empresas que se dispusessem a tal.

4 O Grupo de Trabalho

A primeira providência que a SMA e a Associação Águas Claras tomaram foi a identificação de um grupo de representantes de entidades fundamentais para essa discussão, tanto no âmbito do Estado, como fora dele. Por meio de um ato administrativo (a Resolução SMA nº 004), foi criado, em 17.01.2013, um Grupo de Trabalho (GT) com essa atribuição.

Coube a esse GT a convocação de alternativas e a seleção de propostas de tecnologias de despoluição das águas do rio Pinheiros que fossem passíveis de teste em escala piloto.

O grupo de trabalho foi coordenado pelo então secretário adjunto do Meio Ambiente, Rubens Naman Rizek Junior, e teve como secretário executivo o engenheiro Marcos Antonio Veiga de Campos, da Assessoria Técnica de Gabinete da SMA. Foram chamados a participar representantes de

- SMA / Coordenadoria de Planejamento Ambiental (Zuleica Maria de Lisboa Perez),
- CETESB / Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental (Maria Silvia Romitelli e José Eduardo Bevilacqua),
- CETESB / Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental (Eduardo Mazzolenis de Oliveira e Cristiano Kenji Iwai),
- CETESB / Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental (Nelson Menecon Junior e Maria Inês Zanolli Sato),
- EMAE (Genivaldo Maximiliano de Aguiar e Carlos Eduardo Epaminondas França),
- SABESP (Paulo Cesar Accioli Nobre e Antonio Cesar da Costa e Silva),
- IPT (Wolney Castilho Alves),
- CEAP/FSPUSP (Pedro Caetano Sanches Mancuso),
- Associação Águas Claras do Rio Pinheiros (Stela Goldenstein).

A função do GT foi coordenar os trabalhos de apresentação de tecnologias para identificar potenciais soluções que possam ser aplicadas no tratamento da despoluição das águas do rio Pinheiros e supervisionar, por intermédio da CETESB, os testes em escala piloto, visando cotejar a eficácia e a complexidade das tecnologias testadas.

Para atingir o objetivo estabelecido para o grupo de trabalho, foram definidas três principais etapas de trabalho:

Etapla 1: definir condições técnicas mínimas para a execução de testes em escala piloto, estabelecendo protocolos de execução e de acompanhamento.

Etapla 2: avaliar as propostas técnicas apresentadas pelas empresas interessadas.

Etapla 3: selecionar as tecnologias a serem testadas, observando as restrições da legislação ambiental, de prazos e processos e de demais determinações estabelecidas no edital da SMA.

Além disso, coube ao GT estabelecer procedimentos de acompanhamento técnico e social dos testes, garantindo transparência, cuidados técnicos e a visibilidade que o tema requer.



5 Convocando a apresentação de propostas

Em 19.03.2013, foi publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo o Comunicado SMA que o GT elaborou, já convidando as empresas eventualmente interessadas em expor suas tecnologias e testá-las para a despoluição do rio Pinheiros em escala piloto. Esse Comunicado estabelecia também prazos para a apresentação das propostas e, principalmente, várias diretrizes e condicionantes para que as propostas fossem aceitas para testes.

Acordou-se, entre várias condicionantes, que os resultados dos testes não representarão qualquer compromisso presente ou futuro de contratação de proponente pela Secretaria do Meio Ambiente ou pelo Governo do Estado de São Paulo e ainda que as participações no projeto serão de natureza absolutamente voluntária, pelas quais não haverá qualquer forma de remuneração.

Do mesmo modo, acordou-se que uma vez oferecida a infraestrutura necessária, todos os investimentos na realização dos testes e no monitoramento dos resultados seriam de responsabilidade financeira e operacional das empresas proponentes. O Comunicado da SMA já estabelecia, em seu

Anexo II, um Plano de Monitoramento dos resultados dos testes, a ser executado pelos proponentes, com o suporte de laboratórios acreditados no Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO.

6 Definindo metas de despoluição solicitadas às tecnologias

Foi feita, com discussão e cuidado, a definição de que expectativas de metas que essas tecnologias deveriam atingir e o que seria considerado satisfatório em termos de despoluição.

A Resolução que criou o GT estabeleceu como critério fundamental para a escolha das tecnologias a serem testadas que essas deveriam ter como objetivo permitir melhoria da qualidade em curto prazo, no aguardo da completude das tarefas da SABESP.

Considerou-se que as metas de despoluição que se a serem necessariamente atingidas são aquelas definidas pelo Decreto Estadual nº 10.755/1977, com os valores dos parâmetros definidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005¹ para rios de bacias urbanas, que devem atender aos padrões de qualidade da classe 4.

O resultado do chamamento foi muito interessante e, já preliminarmente à realização dos testes, prenunciou resultados animadores e discussão técnica de nível elevado.

1. Resolução CONAMA nº 357/2005 – ART. 17

As águas doce de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

I. materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II. odor e aspecto: não objetáveis;

III. óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV. substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

V. fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;

VI. OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,

VII. pH: 6,0 a 9,0

7

7 Que tecnologias não poderiam ser testadas?

Para garantir segurança aos procedimentos, o GT definiu que, dentre as tecnologias que se utilizam material biológico, apenas seriam aceitas para testes aquelas que tivessem registro no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

8

8 Como e onde testar?

As discussões sobre os procedimentos que poderiam permitir uma efetiva avaliação do desempenho de cada uma das tecnologias propostas foram bastante interessantes, porque havia restrições a definir, facilidades operacionais a oferecer e controles a estabelecer. Logo de início descartou-se a possibilidade de testar cada uma das tecnologias no próprio rio, pois os testes teriam que ser feitos em uma sequência cronológica, para não haver mescla de resultados. O prazo para isso seria inaceitavelmente longo. Assim sendo, escolheu-se realizar um teste em escala piloto, ou seja, com uma quantidade menor de água, menos interferência no local e mais controle sobre as muitas variáveis que interferem no rio e que poderiam modificar os resultados.

As atenções do grupo voltaram-se para um pequeno canal artificial já existente na margem esquerda do rio, construído pela EMAE e de sua propriedade junto à Usina Elevatória de Traição e que, em escala reduzida, simula o próprio Canal Pinheiros Superior, ou seja, o trecho do rio que vai desde a Usina de Traição até a represa Billings. Trata-se de um dos poucos locais junto ao rio que tem uma área significativa de terra entre a via marginal e o próprio rio.

Essa área junto à Usina é área operacional de manutenção de equipamentos e trabalhos diversos, não sendo arborizada, o que permitiu a construção dos canais. As intervenções para modificação e ampliação dos canais para testes de tecnologias para tratamento das águas do canal Pinheiros não implicaram em novos impactos para a área, que já se apresentava completamente modificada desde a década de 1940 - época de construção da Elevatória de Traição.

Ao mesmo tempo, esse local é atravessado pela rede pública coletora de esgotos da SABESP, o que permite que os efluentes resultantes de cada um dos tratamentos a serem testados sejam enviados à ETE de Barueri.

Tratava-se do local ideal para simular as condições de vazão do rio, aplicar as tecnologias que se dispusessem ao teste e monitorar os resultados! Para isso, seria necessário transportar para esse canal água poluída do rio Pinheiros, na velocidade similar à do próprio rio. A aplicação das tecnologias nesse canal ofereceria informações preciosas sobre a evolução do comportamento da qualidade das águas do rio, caso as mesmas tecnologias fossem aplicadas em escala real.

FOTO 1

Na foto, vê-se em primeiro plano um poço de visita, ligado à rede coletora da SABESP. Ao fundo, galpão de serviços e a Elevatória de Traição.



Buscando garantir proporcionalidade com o Canal Pinheiros Superior, essa baía construída pela EMAE possui 50 m de extensão, largura livre de 1 m e profundidade de 0,6 m.

No entanto, o GT concluiu que a utilização de um único canal experimental obrigaria a fazer testes consecutivos, com etapas de limpeza e desinfecção no intervalo entre eles, levando a um período de execução muito longo, implicando em uma duração do projeto não esperada, nem desejável, com situações distintas de chuvas e temperatura, o que dificultaria a homogeneização das condições de teste.

Para evitar esse tipo de situação, o GT trabalhou a hipótese de construir diversos canais experimentais e utilizá-los concomitantemente para os testes.

Foi expressamente feito um estudo pelo IPT, demonstrando que na redução do comprimento do canal para 30 m, conservadas sua largura e sua profundidade, seria mantida a simulação com o Canal Pinheiros Superior no que tange à velocidade média de escoamento e ao tempo de detenção das águas.

Assim é que o grupo concluiu pela implantação, no mesmo local (ao lado da Usina de Traição), de seis canais com 30 m de comprimento cada um. O canal existente de 50 m foi seccionado, formando um canal de 30 m. O trecho restante foi alongado, até atingir 30 metros de comprimento. Mais um canal de 30 m, nesse mesmo alinhamento, foi construído. Paralelos a esses três, já mais próximo da marginal do rio Pinheiros, foram construídos mais outros três canais, totalizando os seis canais experimentais preconizados.

A EMAE encarregou-se da execução da obra e da implantação de toda a infraestrutura necessária aos testes.

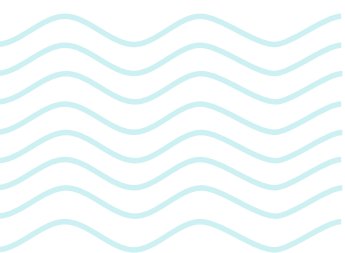




FOTO 2

Este era o canal existente originalmente, e que foi seccionado nos primeiros 30 m. Vê-se ao fundo a Estação Elevatória de Traição, à direita o rio Pinheiros, com um acúmulo significativo de lixo que, recolhido insuficientemente nas ruas, chega ao rio e se detém junto à Usina.

FOTO 3

À esquerda da imagem: prolongamento do segundo trecho do canal existente e construção de um novo canal. À direita da imagem: construção de dois novos canais. Ao fundo, vê-se a subestação de rebaixamento de energia e um galpão de serviços. No canto superior direito, trecho da rua de serviços não pavimentada.





FOTO 4

*Escavação para
implantação de novo
canal.*



FOTO 5

*Imagem das duas
fileiras de canais sendo
construídas. Ao centro, o
canal de drenagem que
já existia no local.*



FOTO 6

*Prolongamento do canal existente.
Ao lado, à direita, local onde será
implantado um dos canais da fileira
paralela ao canal existente.*



FOTO 7

*Vista aérea dos canais
experimentais concluídos.*

FOTO 8

Canais experimentais concluídos.



9 As empresas que atenderam ao Comunicado SMA

O Comunicado SMA, de 18.03.2013, que fez um chamamento público para a apresentação de tecnologias teve muito boa repercussão.

No total, foram recebidas 24 propostas, em envelopes fechados, que foram entregues ao GT.

Dessas, três foram de pronto desclassificadas: por não entregar a proposta no prazo estabelecido, por ter manifestado não interesse em participar dos testes ou ainda por não atender aos requisitos dos testes.

As 21 empresas restantes foram comunicadas de que haviam sido pré-selecionadas e então orientadas no sentido de encaminharem seus cronogramas completos de todos os testes e seus planos de monitoramento, conforme previsto originalmente no Comunicado SMA.

10 Ajustando a quantidade de canais para testes e o plano de monitoramento

Todos os proponentes foram cientificados de que o GT havia conseguido viabilizar a construção de um número maior de canais experimentais, para a realização simultânea de testes. Esses teriam uma nova dimensão, diferente da prevista originalmente, em razão do estudo e relatório técnico do IPT, que apontava para o fato de que um canal plano de 30 metros de comprimento, com largura livre de 1,0 metro, profundidade total de 0,6 metros e vazão projetada de 104 L/hora, guarda relação e mantém a proporcionalidade com o Canal Pinheiros Superior em termos do tempo de residência hidráulico.

Em razão dessas alterações da estrutura dos canais experimentais, foi preciso adaptar também o Plano de Monitoramento a ser desenvolvido por cada uma das empresas.

11 As empresas que permaneceram no projeto

Depois de diversos contatos e reuniões de esclarecimentos, apenas seis empresas permaneceram no projeto. Os argumentos que levaram às desistências das demais foram vários, sendo, principalmente, relativos aos custos operacionais elevados que os testes implicariam.

Outras deixaram de participar porque seus materiais e processos biotecnológicos não possuíam os devidos registros no IBAMA.

EMPRESA	TECNOLOGIA
1. BAUER AMBIENTAL SERVIÇOS & TECNOLOGIAS Ltda.. Curitiba/PR	Eletrocoagulação
2. BERACA SABARÁ QUÍMICOS E INGREDIENTES S.A. São Paulo/SP	Aplicação de fungos, leveduras e bactérias
3. CONSLADEL CONSTRUTORA, LAÇOS DETETORES E ELETRÔNICA Ltda.. e SUPERBAC PROTEÇÃO AMBIENTAL S.A. São Bernardo do Campo e Cotia/SP	Aplicação de bactérias
4. DT ENGENHARIA DE EMPREENDIMENTOS Ltda.. Barueri/SP	Processo físico químico de flotação
5. ENGEFORM CONTRUÇÕES E COMÉRCIO Ltda.. São Paulo/SP	Aplicação de proteínas, surfactantes e adjuvantes
6. EVONIK DEGUSSA BRASIL Ltda.. São Paulo/SP	Oxidação

As empresas que efetivamente participaram dos testes foram as seguintes:

Alguns problemas de comunicação com a empresa Bauer Ambiental Serviços e Tecnologias indicaram possibilidades de desistência dessa empresa, fato que gerou a decisão de início dos testes simultaneamente para as demais empresas. Os problemas de comunicação com a Bauer foram solucionados posteriormente e a empresa participou dos testes em uma segunda etapa, de forma a poder ser devidamente avaliada.

12 Início dos testes

Construídos os canais e instalada a infraestrutura, as empresas se organizaram e os testes tiveram início simultaneamente, pelas cinco empresas dessa primeira fase, em 21.10.2013.

A vazão projetada para o teste em todos os canais foi de 104 L/h e a alimentação foi realizada com captação, por meio de bomba submersa que era operada pela EMAE, da água bruta do canal Pinheiros.

Na entrada de cada canal foi instalada uma caixa de fibra de vidro com capacidade de 0,320 m³ para recepção, equalização e controle de vazão.

Um dos canais foi operado pela CETESB exclusivamente para monitoramento e registro da qualidade da água bruta, permitindo assim, melhor avaliação dos resultados obtidos por cada empresa.

FOTO 9

A água bruta foi captada do corpo do rio Pinheiros e lançada em cada um dos canais na velocidade necessária para simular a dinâmica do próprio rio.

Aqui, vê-se a instalação da proteção da bomba de captação de água bruta.



13

O monitoramento dos resultados

O Plano de Amostragem exigido e cumprido por cada empresa definiu:

1. A coleta e a análise em sete pontos, de cinco em cinco metros ao longo do canal piloto, desde o seu ponto de entrada, para parâmetros básicos (oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico - pH, temperatura, condutividade e turbidez) em três horários definidos - 6h00, 14h00 e 22h00.
2. Coletas de amostras feitas em três pontos do canal – entrada, 15 metros e saída - duas vezes ao dia – 6h00 e 22h00, para parâmetros complementares (fósforo, carbono orgânico total, série nitrogenada, *E.coli*, série de resíduos sólidos sedimentáveis, surfactantes, sulfeto e toxicidade – Microtox ®).
3. O período de amostragem em cada canal não poderia ser inferior a 15 dias.

O que foi monitorado

Foram analisados os indicadores definidos para os rios de classe 4 e, também, vários que são previstos para Classe 3, mas que eram significativos para que se pudesse entender o funcionamento dos testes, avaliar as tecnologias testadas e seus resultados. A seguir, é apresentada a lista com os indicadores solicitados nos testes de despoluição.

• pH

O pH ou potencial hidrogeniônico é uma medida utilizada para avaliar o equilíbrio entre as cargas de hidroxila (OH-) e hidrogênio (H+) de uma determinada solução. Essa avaliação é baseada em uma escala de valores que varia entre 0 e 14, sendo que soluções que apresentem valores entre 0 e 6 são consideradas ácidas, valor 7 são neutras e valores entre 8 e 14 são básicas.

A legislação ambiental define que as águas devem permanecer em uma faixa de 6 a 9 unidades de pH, para que se garanta a proteção da vida aquática. A existência de um desequilíbrio entre as cargas de hidroxila e de hidrogênio podem gerar efeitos sobre a fisiologia de espécies e a solubilidade de nutrientes contidos em soluções.

• Temperatura

A temperatura é uma característica física da água, sendo uma me-

dida de intensidade de calor ou energia térmica em trânsito, pois indica o grau de agitação das moléculas. Alterações na temperatura de determinado meio ocorrem por causa de diversos fatores: desde influência do regime climático e da profundidade até o despejo de resíduos. Entretanto, o aumento ou a diminuição excessiva e/ou instantânea da temperatura pode não só alterar as características próprias da água como afetar diretamente a fauna e a flora de determinado meio.

• Condutividade

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna de água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

• Carbono Orgânico Total

O Carbono Orgânico Total (COT) é composto pelo carbono orgânico dissolvido e particulado. A análise de COT independe do estado de oxidação da matéria orgânica e não sofre a interferência de outros átomos que sejam ligados à estrutura orgânica, quantificando apenas o carbono presente na amostra. O carbono orgânico em água doce origina-se da matéria viva e também como componente de vários efluentes e resíduos. Dessa maneira, o carbono orgânico total na água é um indicador útil do grau de poluição do corpo hídrico.

• *Escherichia coli* (*E.coli*):

A *Escherichia coli* é a única bactéria do grupo dos coliformes totais cujo *habitat* exclusivo é o trato intestinal de humanos e de animais de sangue quente, sendo geralmente a bactéria predominante do subgrupo dos coliformes termotolerantes. Por esse motivo, a *E. coli* é considerada o indicador ideal de contaminação fecal, mas são igualmente aceitáveis para esse fim os coliformes termotolerantes.

A legislação brasileira sobre qualidade das águas para consumo humano, águas minerais e águas naturais determina que sejam analisados os coliformes termotolerantes ou, de preferência, a *E. coli*.

• Surfactantes

Analiticamente, isto é, de acordo com a metodologia analítica recomendada, detergentes ou surfactantes são definidos como compostos que, sob certas condições especificadas, reagem com o azul de metileno. Esses compostos são designados “substâncias ativas ao azul de metileno” (MBAS – Metilene Blue Active Substances) e suas concentrações referem-se ao sulfonato de aquil benzeno de cadeia linear (LAS) que é utilizado como padrão de análise. As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais levam a prejuízos de ordem estética, provocados pela formação de espumas. Além disso, os detergentes podem exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos e têm sido responsabilizados também pela aceleração da eutrofização. Além da maioria dos detergentes comerciais empregados possuírem fósforo em suas formulações, sabe-se que exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas.

• Sulfetos

Os sulfetos são combinações de metais, não metais, complexos e radicais orgânicos, ou então os sais e ésteres do ácido sulfídrico (H_2S), respectivamente. Sulfetos metálicos têm importante papel na química analítica para a identificação de metais. Sulfetos inorgânicos encontram aplicações como pigmentos e substâncias luminescentes. Sulfetos orgânicos e dissulfetos são amplamente distribuídos na natureza. Sulfetos orgânicos são aplicados industrialmente como protetores de radiação e queratolítica. Os íons de sulfeto presentes na água podem precipitar na forma de sulfetos metálicos em condições anaeróbicas e na presença de determinados íons metálicos. A fonte principal de sulfetos nos corpos-d’água da bacia do rio Pinheiros são os esgotos domésticos. O gás sulfídrico (H_2S) apresenta um intenso cheiro similar ao de ovo podre e pode ser produzido naturalmente e em altas concentrações em reservatórios profundos com períodos prolongados de estratificação da coluna de água.

• Toxicidade

Para se identificar a toxicidade aguda, expõe-se o microrganismo *Vibrio fischeri* à água que se quer avaliar, para verificar a ocorrência de efeitos agudos em corpos-d’água que apresentem baixas ou nenhuma concentração de oxigênio dissolvido por causa do grande aporte de matéria orgânica, como é o caso do rio Pinheiros.

O resultado do teste é expresso em CE20 15 minutos, que é a concentração da amostra, que causa 20% de redução na quantidade de luz emitida pelo microrganismo após 15 minutos de exposição. Assim, quanto menor o valor da CE20, mais tóxica é a amostra analisada.

A CETESB considera que um corpo hídrico não é tóxico quando apresenta valor superior a 81,9%, é moderadamente tóxico quando apresenta valor entre 50% e 81,9%, tóxico quando apresenta valor entre 25% e 50% e muito tóxico quando apresenta valor igual ou inferior a 25%.

Esse parâmetro foi incluído no monitoramento para que se garantisse maior controle sobre os processos biológicos que eram objeto de algumas das tecnologias em teste.

• Oxigênio Dissolvido (OD)

Oxigênio Dissolvido (OD) é um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração nos sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir causar uma redução de sua concentração no meio.

Uma das causas mais frequentes de mortandade de fauna e flora aquáticas é a queda na concentração de oxigênio nos corpos-d'água. O valor mínimo de oxigênio dissolvido presente em meio aquoso capaz de garantir a preservação da vida aquática, estabelecido pela Resolução CO-NAMA nº 357/05, é de 5 mg/L O_2 , mas existe uma variação na tolerância de espécie para espécie. De maneira geral, os valores de OD menores que 2 mg/L O_2 pertencem a uma condição perigosa denominada hipóxia, ou seja, baixa concentração de oxigênio dissolvido na água.

A concentração de oxigênio presente na água vai variar de acordo com a pressão atmosférica (altitude) e com a temperatura do meio. Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio; já em maiores altitudes, onde é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade.

A concentração de saturação de oxigênio na água, a uma temperatura de 20°C, é de 9,2 mg/L. A supersaturação, que ocorre a partir da obtenção de valores superiores, pode indicar presença de algas em um determinado corpo hídrico.

• Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (essa redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento da onda da luz branca), por causa da presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral, dentre outros.

Variações na turbidez alteram o ambiente aquático e a composição daquele sistema de diversas maneiras. Se, por exemplo, a turbidez é

devida a um grande volume de sedimentos em suspensão, ocorre uma diminuição da atividade fotossintética de macrófitas e de algas sub-superficiais. Se a população de organismos na superfície for basicamente de algas, a luz não penetra para camadas mais profundas e a produção primária será limitada às camadas superiores de água, favorecendo então a proliferação de cianobactérias produtoras de toxinas. Se, por outro lado, a turbidez ocorrer por causa de uma massa maior de partículas orgânicas, deve ocorrer diminuição do oxigênio dissolvido, o que, em casos extremos, causa a morte de peixes.

• Série de Sólidos

Sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura preestabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). Os métodos empregados para a determinação de sólidos são gravimétricos.

Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

• Fósforo

O fósforo é um nutriente indispensável para todas as formas de vida. É um nutriente limitante que controla o crescimento de algas, indicando que se todo o fósforo for utilizado, o crescimento de plantas cessará independentemente da quantidade de nitrogênio presente.

Organismos aquáticos como macrófitas e fitoplâncton são estimulados principalmente por nutrientes como fósforo e nitrogênio. Para sua manutenção necessitam de concentrações muito baixas desses nutrientes, e seu excesso, mesmo em pequenos níveis de concentração, pode desencadear uma série de eventos não desejáveis. Pode ocorrer o crescimento acelerado e descontrolado de plantas, principalmente de algas, e o desaparecimento da fauna aquática.

Em águas naturais, que não foram submetidas a processos de poluição, a quantidade de fósforo varia de 0,005 mg/L a 0,020 mg/L. Geralmente, concentrações na faixa de 0,01 mg/L de fosfato são suficientes para manu-

tenção do fitoplâncton, e concentrações na faixa de 0,03 mg/L a 0,1 mg/L (ou maiores), já são suficientes para disparar o seu crescimento desenfreado.

Os efluentes domésticos, as descargas de efluentes industriais e fertilizantes agrícolas são as principais fontes não naturais, que levam à elevação dos níveis de fósforo nas águas.

• Série de Nitrogênio (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico)

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas, mas os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico por causa da presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água. Alguns efluentes industriais de algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas.

A atmosfera é outra fonte importante por causa de diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para as presenças de amônia e nitratos nas águas e as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico, bem como para a dissolução de amônia e nitratos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização.

Assim, o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas.

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos e são caracterizados como macronutrientes, pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização.

Quando as descargas de nutrientes são muito fortes, dá-se o florescimento muito intenso de gêneros que predominam em cada situação em particular. Essas grandes concentrações de algas podem trazer

prejuízos aos múltiplos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição. O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio, é comprometido pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico, por parte de alguns gêneros de algas. Por isso, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo.

Pela legislação federal em vigor, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L N. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20}$) de segundo estágio. Por esses motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

FOTO 10

Canais experimentais já construídos. No detalhe, se vê o vertedouro para a saída dos efluentes. Esses efluentes resultantes dos testes foram medidos e amostras foram colhidas e analisadas, ao longo dos testes.



14 Os resultados obtidos

Cada uma das empresas enviou para a CETESB um relatório contendo resultados obtidos no monitoramento da qualidade da água ao longo de seus testes. Comentamos aqui cada um, individualmente, de forma sintética.

Da mesma forma, a CETESB efetuou e apresentou os resultados obtidos no monitoramento de seu próprio canal, que continha apenas a água bruta, percorrendo o canal em velocidade igual a de todos os demais canais, na maior parte do tempo. Houve uma semana em que o canal da CETESB foi operado com vazão dez vezes superior, como se verá.

Os boletins analíticos completos com as informações enviadas pelos laboratórios acreditados foram mantidos em arquivo e são disponibilizados para consultas pela CETESB.

Uma questão bastante importante nesses testes e na análise de seus resultados é que a normatização que define as Classes de qualidade para os corpos-d'água estabelece que para um rio de classe 4, que é a preconizada para este curso-d'água e é a meta estabelecida para os testes, os indicadores principais a serem alcançados referem-se a oxigênio dissolvido (OD) e o pH. Hoje, o rio Pinheiros tem desempenho péssimo com relação ao indicador de oxigênio dissolvido.

Os demais indicadores que comentamos são todos bastante tradicionais no monitoramento da qualidade das águas. O desempenho de cada um deles é normatizado para rios de Classe 3 ou Classe 2 – para o caso do ensaio ecotoxicológico com *Vibrio fischeri*, ou seja, dos quais se espera desempenho ambiental melhor do que se pode esperar do rio Pinheiros. No entanto, esses parâmetros também foram monitorados para que se possa avaliar a eficácia de cada um dos tratamentos testados.

A. O monitoramento da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Um dos canais de testes foi utilizado pela CETESB como referência e avaliação do comportamento da água bruta do canal Pinheiros nesse período. Dessa forma, neste canal, ao contrário dos demais, não houve aplicação de tecnologia alguma de tratamento, mas apenas amostragens para aferição do comportamento das águas nesse período e posterior cotejo com os resultados obtidos pelas diferentes tecnologias. As metodologias empregadas pela CETESB para a coleta de amostras e sua análise constam dos boletins analíticos.

A CETESB desenvolveu duas formas de monitoramento. O monitoramento automático (iniciado em 21.10.2013 e encerrado em 21.11.2013) realizou medidas a cada 1 hora e analisou: pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, potencial redox, temperatura (ar e água) e turbidez (somente na saída).

O monitoramento manual (iniciado em 25.10.2013 e encerrado em 21.11.2013) teve amostragens semanais na entrada, meio e saída do canal experimental e analisou: condutividade, oxigênio dissolvido (OD), pH, temperatura (ar e água), fósforo total, série de nitrogênio (nitrato, nitrito, amoniacal total e Kjeldahl total), série de sólidos (dissolvidos totais, fixos totais, sedimentáveis, voláteis totais), turbidez, sulfeto total, surfactantes, carbono orgânico total e testes de toxicidade aguda – *Vibrio fischeri* e *E.coli*.

Os resultados de condutividade obtidos no monitoramento automático não mostraram diferença importante entre a entrada e a saída do canal. Nos períodos de precipitação houve um decréscimo acentuado da condutividade, com valores próximos a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por causa da diluição causada pela chuva.

Ainda em períodos chuvosos foi observado aumento da turbidez, que quadruplicou, indicando a contribuição de partículas que as chuvas, ao enxaguar as ruas, levam a cada um dos córregos que são afluentes do rio Pinheiros.

Houve uma variação diária para os valores de OD e pH, já desde o dia 26.10.2013. Essa variação ocorreu em decorrência de uma forte proliferação de algas no canal experimental.

O crescimento elevado de cianobactérias provocou, ao longo de cada dia, o aparecimento de organismos associados, como o microcrustáceo *Moina micrura* – Cladocera, bem como a elevação do OD e pH no período diurno, em razão do processo fotossintético. Já nos períodos noturnos, em razão da respiração, os valores de OD decaíram próximos de zero e os de pH se mostraram menos alcalinos.

A alteração dos perfis dessas variáveis foi tamanha, e tão atípica, que entre os dias 5 e 12.11.2013, a vazão do canal foi elevada cerca de 10 vezes, para valores próximos de 1000 L/h, de forma a se alcançar a interrupção da proliferação de algas e a volta aos perfis originais de OD e pH. A partir de 16.11.2013, com o retorno para a vazão original, as algas voltaram a proliferar e os valores de OD voltaram a subir até o final do experimento.

Essa floração verificada nos canais de teste não reflete as séries históricas do rio Pinheiros, mas teve reflexos nos resultados alcançados nos testes de cada uma das empresas, como se verá. O fenômeno pode ser creditado ao fato de que o canal, sendo mais raso, permitiu uma maior entrada de luz. Para evitar a interferência das florações nos valores de OD,

adotou-se a concentração de 0,1 mg/L O₂ na entrada e na saída do canal de controle da CETESB.

Com relação aos sólidos, os sedimentáveis estiveram abaixo de 0,1 mg/L durante todo o experimento, os sólidos dissolvidos totais na faixa de 185 mg/L, os fixos totais na faixa de 155 mg/L e os voláteis totais na faixa de 115 mg/L.

Na série nitrogenada, as concentrações de nitrato estiveram abaixo de 0,20 mg/L e as de nitrito praticamente todas abaixo de 0,10 mg/L. O nitrogênio amoniacal manteve-se, em média, próximo de 9,0 mg/L, com concentração máxima de 18,5 mg/L determinada no dia 12 de novembro de 2013. A concentração média do nitrogênio Kjeldahl Total foi de aproximadamente 12,50 mg/L, com valor máximo 22,3 mg/L também obtido no dia 12 de novembro.

A presença de sulfeto não foi quantificada na maioria das amostras, apresentando concentrações inferiores a 1,0 mg/L.

A concentração média de surfactantes ficou em torno 1,40 mg/L, com valor máximo de 6,94 mg/L medido em 12.11.2013. De fato, o rio Pinheiros praticamente não apresenta espumas, que são resultantes da presença de surfactantes.

O carbono orgânico total apresentou concentração média em torno de 25 mg/L, com valor máximo de 39,5 mg/L obtido em 12.11.2013.

Foi identificada toxicidade aguda e contaminação microbiológica na maior parte das amostras.

Na comparação das concentrações médias de todos os parâmetros que foram avaliados no monitoramento manual, não foi observada variação significativa entre os dados de entrada, meio e saída nas diferentes campanhas de amostragem, embora tenha havido variação temporal em razão das alterações das condições pluviométricas.

B. Comparando os dados da CETESB e os resultados obtidos por cada uma das tecnologias

O período estipulado para que as análises de água fossem feitas pelas empresas, em realidade, não coincidiu exatamente com o período de amostragens feitas pela CETESB, tanto no que se refere ao monitoramento automático quanto ao manual. Em razão disso e das alterações provocadas pela floração de algas no canal de teste, foi preciso assumir, para fins desse relatório, e para a comparação entre os valores de OD anotados pela CETESB e pelas empresas, que a concentração de OD e os valores de referência do pH, na entrada e na saída do canal de controle (CETESB), serão de, respectivamente 0,1 mg/L O₂ e 7,05 u.pH, que correspondem aos valores mais comumente verificados no monitoramento histórico da CETESB e ao valor médio

obtido no canal de testes, sem a interferência de algas, respectivamente.

Além disso, os resultados dos parâmetros básicos de cada empresa que serão comentados são referentes ao monitoramento efetuado às 14h00 dos dias selecionados para essa análise. Com a escolha desse dado, se evidencia o comportamento dos parâmetros no início e no fim das medições, e minimizam-se os efeitos gerados pelas algas nos valores de parâmetros essenciais, tal como oxigênio dissolvido (OD). Os resultados relacionados à média de cada parâmetro serão eventualmente comentados, quando significativos.

Os resultados das empresas com relação à turbidez foram avaliados em face dos valores verificados na saída do canal de controle conforme dados obtidos no monitoramento automático das 14h00, a partir do dia 21.10.2013. Buscou-se assim uma padronização temporal entre os dados oriundos do monitoramento manual e do início das análises individuais, realizadas pelas empresas participantes.

Esse valor de saída também foi adotado na entrada do canal de controle por dois principais motivos:

1. Foi estabelecido que o monitoramento automático somente iria aferir os resultados de saída do parâmetro turbidez. Apesar de o monitoramento manual também analisar este parâmetro, seus dados eram divulgados somente a cada seis dias, inviabilizando a comparação proposta.
2. O valor inicial da turbidez não irá divergir significativamente do valor aferido no ponto de saída do canal de controle, pois o seu conteúdo não foi alterado.

Para os parâmetros complementares, são comentados os valores médios obtidos durante o período de testes realizado por cada empresa.

Nos gráficos que apresentam os resultados de cada empresa, os valores de entrada e saída são comparados aos da CETESB, que são identificados como dados de “Controle”.

Para a avaliação que aqui fazemos dos resultados obtidos por cada uma das tecnologias testadas, selecionamos os parâmetros que, segundo a legislação, definem um corpo-d’água de classe 4, além de alguns parâmetros que são relevantes para que se compreendam as dinâmicas ocorridas.

A análise comparativa entre os resultados obtidos pelas empresas participantes e os valores obtidos no canal de controle da CETESB não é apresentada de forma integral, dia a dia. A série de testes e de análises ocorreu ao longo de 15 dias e não foi possível padronizar o intervalo de tempo entre os dias selecionados nos gráficos que serão apresentados abaixo. Para não incorrer erro metodológico, foram selecionados cinco dias de análise, sendo dois deles representativos da primeira metade do período, dois representativos da segunda metade do período e um referente à metade.

Além disso, foi definido que a diferença temporal dos dados de saída do canal CETESB e das empresas não poderia ser superior a quatro dias. Em razão disso, foram selecionados os valores dos parâmetros básicos aferidos no primeiro, quarto, oitavo, décimo primeiro e último dia de testes de cada empresa participante.

O conjunto detalhado dos resultados, assim como os obtidos nos testes efetuados por cada um das empresas, estão arquivados na SMA e podem ser consultados.



C. EVONIK DEGUSSA BRASIL Ltda. E TANAC S.A.

C.1 - Descrição da tecnologia testada

No período que antecedeu o teste, a empresa Tanac S.A. declinou de sua participação e a empresa Evonik Degussa Brasil Ltda. manteve sua participação isolada. Como resultado, apenas uma das etapas previstas foi realizada.

Os testes para adequação da dosagem HYPROX® – peróxido de hidrogênio – marca EVONIK iniciaram-se dia 21.10.13 às 10h00. A coleta de amostras de água para análises iniciou-se dia 28.10.13 às 6h00 e terminou no dia 11.11.13 às 22h00. As medições para avaliação do nível de assoreamento foram realizadas nos dias 17.10, 28.10 e 11.11.2013.

As dosagens de peróxido de hidrogênio variaram muito ao longo do período testado. Nos primeiros dias dos ensaios a variação esteve na faixa de 27mg/L a 42 mg/L de peróxido de hidrogênio. Posteriormente, essa variação passou para 51 mg/L a 75 mg/L de peróxido. Houve dias em que a variação atingiu concentrações entre 100 mg/L e 115 mg/L de peróxido, sendo esses os valores máximos dosados.

C.2 – Resultados obtidos

A empresa Evonik Degussa Brasil Ltda. coletou as amostras de água de seu canal experimental consecutivamente durante o período de 28.10 a 11.11.2013. Portanto, as análises iniciaram sete dias após o início do monitoramento automático e três dias após o início do monitoramento manual no canal de controle, sendo ambos realizados pela CETESB.

A empresa, sem consultar a equipe técnica da SMA e EMAE que supervisionava os testes, aumentou a vazão do canal experimental para 1,0 m³/hora. Identificado o procedimento, foram instados a retornar a vazão original. Assim, o canal foi operado com vazão de 1,0 m³/h das 17h20 do dia 06.11.2013 até as 8h25 do dia 07.11.2013. A vazão aumentada durante um período de quinze horas reduziu a quantidade de algas no canal desta empresa, refletindo em modificações no comportamento de parâmetros básicos da água, tais como pH, OD e turbidez.

Já no primeiro dia de monitoramento, a tecnologia aplicada pela Evonik foi capaz de elevar significativamente a concentração de oxigênio dissolvido na água de seu canal, atingindo o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que determina concentrações superiores a 2 mg/L O₂ em corpos hídricos de classe 4.

No quarto dia de testes, verificou-se alta concentração de oxigênio dissolvido no canal dessa empresa, atingindo o pico de concentração, se compa-



rado aos valores obtidos nos demais dias representados no gráfico a seguir e apresentando incremento de 173,1% ao valor de saída obtido anteriormente.

No oitavo dia, a concentração de OD caiu significativamente e ficou próxima da média histórica obtida no rio Pinheiros, com uma diminuição de 90,1% do valor de saída obtido no quarto dia de teste.

Nos dois últimos dias apresentados no gráfico, verificou-se a retomada do aumento de concentração de oxigênio dissolvido, e no último dia de monitoramento os níveis de concentração desta variável chegaram a 3,6 mg/L O₂ no ponto de saída deste canal.

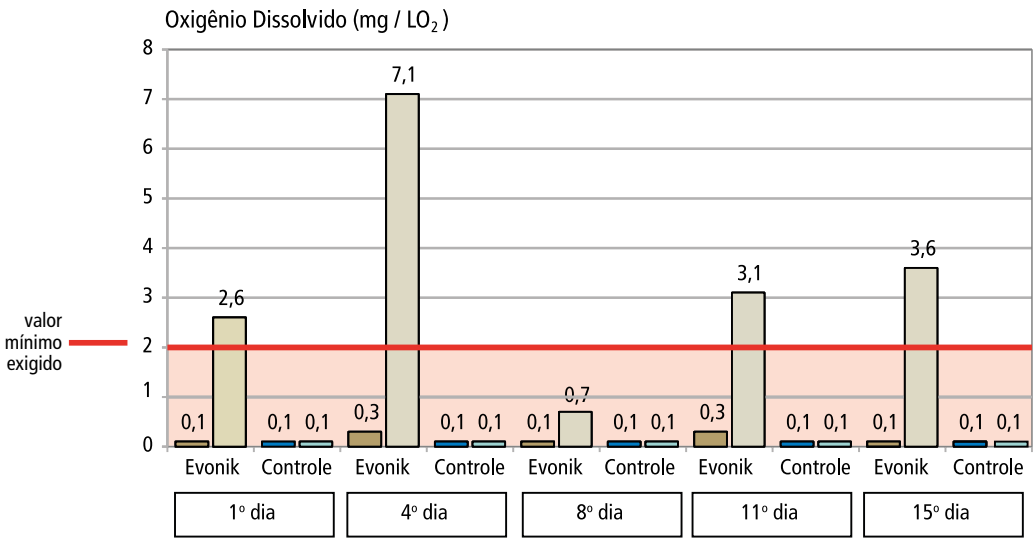
Analisando estatisticamente os dados, verificou-se um aumento de 343% e de 16,1% nos resultados de saída obtidos no décimo primeiro e no último dia de amostragem.

Entretanto, é preciso destacar que as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) nem sempre estiveram acima de 2,0 mg/L, provavelmente em razão da inexistência de processo para redução de sólidos, levando à diminuição da eficiência do poder oxidante do peróxido de hidrogênio. Ao longo do período de amostragem, o valor do OD na saída do canal teve concentração mínima de 0,24 mg/L e a máxima de 17,20 mg/L. Esse valor máximo anômalo pode ser explicado pela intensa proliferação de algas que ocorreu no canal experimental durante certo período.

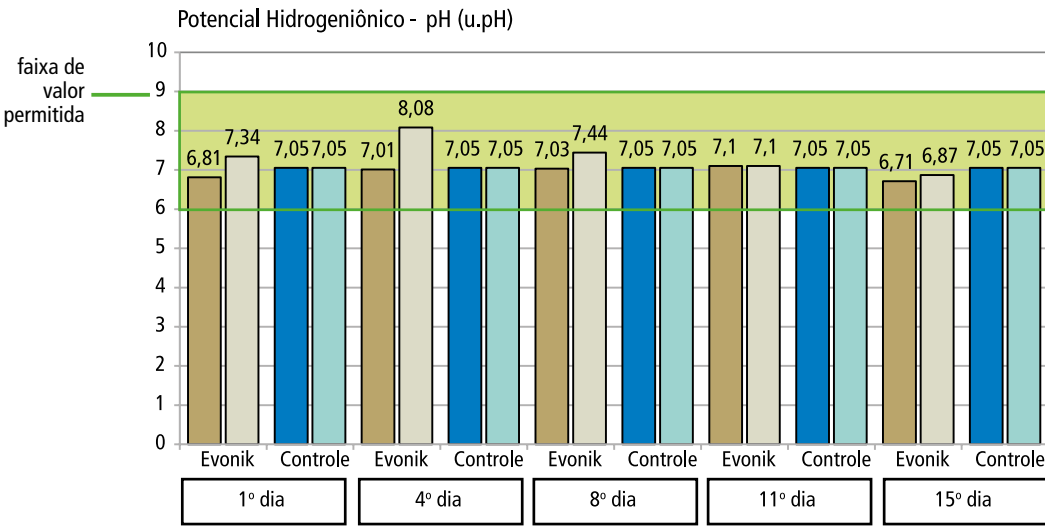
Com relação ao potencial hidrogeniônico (pH), como se verifica na figura a seguir, os valores de entrada em todos os dias de amostragem se encontravam abaixo ou muito próximos da média padrão verificada no rio Pinheiros (7,05 u.pH), sem a influência das algas. Na maior parte dos dias, houve um leve aumento de pH nos pontos de saída do canal, com exceção do décimo primeiro dia, no qual se manteve o valor de pH obtido no ponto de entrada. Ao longo do período, essa variação observada no gráfico permanece dentro da faixa de valores estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/05 para corpos hídricos de classe 4 (de 6 u.pH a 9 u.pH).

Com relação à turbidez, o produto aplicado pela Evonik apresentou eficiência na sua diminuição na maioria dos dias, como indica o gráfico, com exceção do décimo primeiro dia de testes, que apresentou aumento de 12,5% nesta variável.

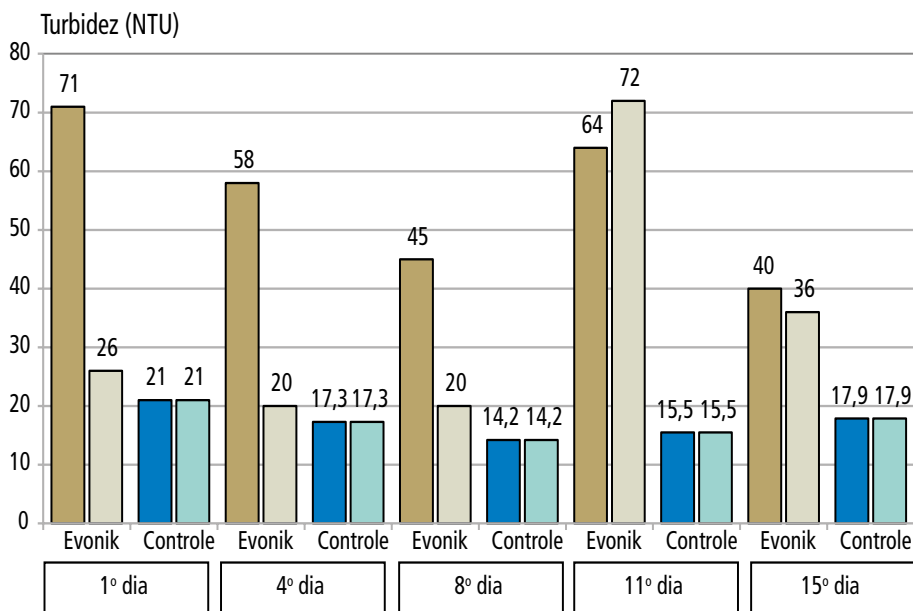
Os valores máximo e mínimo de redução de turbidez ocorreram no quarto e décimo quinto dias, nos quais se obteve diminuições respectivas de 65,5% e 10% em relação aos valores de entrada verificados no mesmo período. Na média obtida, entretanto, a aplicação de peróxido de hidrogênio não produziu alterações significativas, se comparado às médias verificadas no canal de testes (controle) operado pela CETESB.



Legenda



Por fim, no que se refere ao comportamento da condutividade, os valores máximo e mínimo de redução ocorreram durante o décimo quinto e o oitavo dia de teste, em que se obteve respectivamente 18,1% e 13,8% de diminuição, se comparados aos valores de entrada. Apesar disso, a redução promovida pela aplicação do peróxido ocorreu em um ambiente em que os valores de condutividade eram maiores do que os observados no canal de controle. Portanto, apesar de gerar redução, os



Legenda

EVONIK

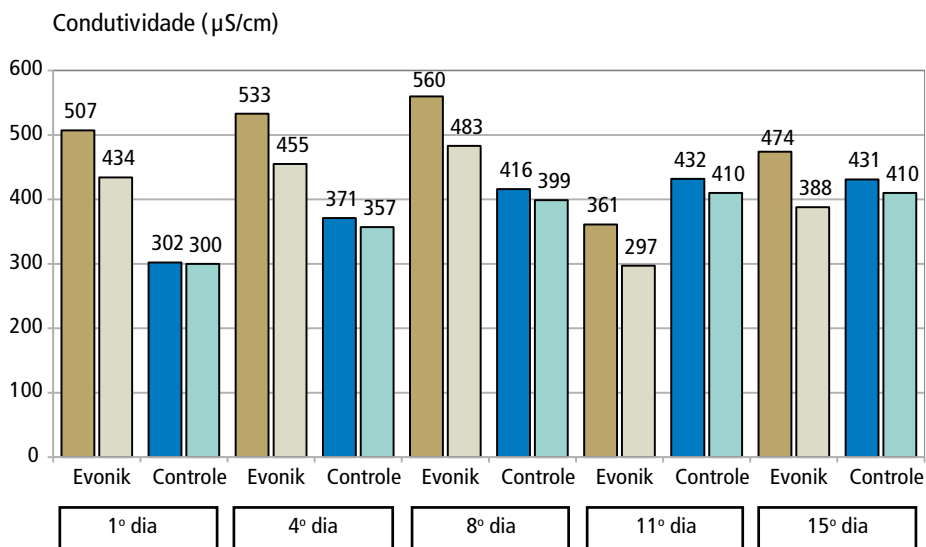
entrada

saída

Controle

entrada

saída



valores de saída ficaram mais elevados do que os observados naturalmente (canal sem tratamento). Na média, os resultados obtidos durante todos os dias de amostragem não geraram alterações significativas nos valores deste parâmetro.

Nota-se que a aplicação do peróxido, no que se refere aos parâmetros básicos, pH (a 25°C), temperatura, condutividade e turbidez, acabou não promovendo alterações significativas.

Veja a seguir os resultados obtidos pela aplicação de peróxido para os demais parâmetros:

EVONIK

Parâmetros	Efeito
Nitrogênio Amoniacal	Redução aproximada de 30%
Série Nitrogenada (exceto amoniacal)	Sem alterações significativas
Fósforo	Sem alterações significativas
<i>Escherichia coli</i>	Redução superior a 93%
Carbono Orgânico Total	Sem alterações significativas
Sulfeto	Redução média de 96,6%
Toxicidade	Resultado não considerado pela SMA
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Sem alterações significativas
Série de Sólidos (exceto SST)	Sem alterações significativas
Surfactantes	Redução média de 75,4%

Os valores de toxicidade hídrica, referentes à realização de ensaio ecotoxicológico com *Vibrio fischeri*, não foram considerados válidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), pois o laboratório contratado pela Evonik Degussa Brasil Ltda. para realizar as análises de amostras de água ainda não havia recebido acreditação do INMETRO para esse tipo de processo laboratorial, fato que contraria as disposições estabelecidas no comunicado SMA.

No que tange ao nível de assoreamento, os resultados apresentados apontaram para o não acúmulo significativo durante o período de testes.

C.3 – Conclusão

A tecnologia testada, ou seja, apenas aplicação controlada de peróxido de hidrogênio, nas condições em que os testes foram realizados, embora tenha promovido melhorias na qualidade das águas do canal Pinheiros, não atendeu 100% do tempo, os padrões de qualidade para o parâmetro OD estabelecidos para a classe 4 na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Das 45 análises de OD feitas no ponto de saída do canal de testes, 30 delas apresentaram concentrações superiores a 2,0 mg/L, mas em 15 amostras esses valores foram inferiores a 2,0 mg/L, representando portanto 33,34% de não conformidade.

Das 15 amostras com valores inferiores a 2,0 mg/L em nove as concentrações de OD estiveram abaixo de 1,0 mg/L, na faixa de 0,24 mg/L a 0,77 mg/L, e em seis acima de 1,0 mg/L, na faixa de 1,03 mg/L a 1,55 mg/L.

D. ENGEFORM CONSTRUÇÕES E COMÉRCIO Ltda..

D.1 – Descrição da tecnologia proposta

Processo biológico consistente da aplicação do produto biotecnológico denominado Accell 3, produto líquido, sem a presença de microrganismos viáveis, formulado a partir de uma combinação de proteínas de baixo peso molecular, extraídas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e com adições de surfactantes e adjuvantes.

D.2 – Realização do teste

Foi aplicado continuamente no canal experimental 5,2 mL/min de uma solução de Accell 3, diluída em 1:1000, para que fosse atingida a concentração de 3,0 mg/L do produto ao longo do canal.

Em dois pontos do canal – a 3 metros e 13 metros do seu início – foi realizada aeração por meio de dois difusores tubulares de bolha fina de 60 mm de diâmetro e 600 mm de comprimento, com vazão máxima de 0,11 m³/min. Depois de 10 dias de aplicação do produto, iniciou-se a campanha de monitoramento, de forma compatível com as diretrizes estabelecidas no Comunicado SMA. Assim, a fase de testes iniciou-se em 21.10.2013 e as amostragens em 31.10.2013. Ao final de 30 dias, foi realizada a avaliação do nível de assoreamento do canal.

D.3 – Resultados obtidos

A empresa Engeform Construções e Comércio Ltda. coletou as amostras de água de seu canal experimental durante período não consecutivo, abrangendo as datas de 31.10.2013; 4 a 9.11.2013; 11 a 14.11.2013 e; 18 a 21.11.2013.

O período estabelecido para essas análises começa dez dias após o início do monitoramento automático e seis dias após o início do monitoramento manual no canal de controle, sendo ambos realizados pela CETESB. Entretanto, a data final corresponde ao último dia de análises manuais e automáticas feitas pelo órgão ambiental.

No primeiro dia de monitoramento, a tecnologia aplicada pela Engeform foi capaz de elevar significativamente a concentração de oxigênio dissolvido na água de seu canal, atingindo o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que determina concentrações superiores a 2 mg/L O₂ em corpos hídricos de classe 4.

Ao longo dos dias monitorados, os valores de saída oscilaram fortemente, mas mantiveram-se sempre acima dos padrões exigidos para classe 4.

No décimo primeiro dia de testes, houve forte incremento da eficiência do produto aplicado no canal de teste, com um aumento de 75,7% no valor de saída, se comparado ao valor de saída obtido no período anterior.

No último dia de monitoramento, os níveis de concentração dessa variável apresentaram nova queda, chegando a 5,8 mg/L O₂ no ponto de saída desse canal, que significa uma diminuição de 10,8% do valor obtido anteriormente.

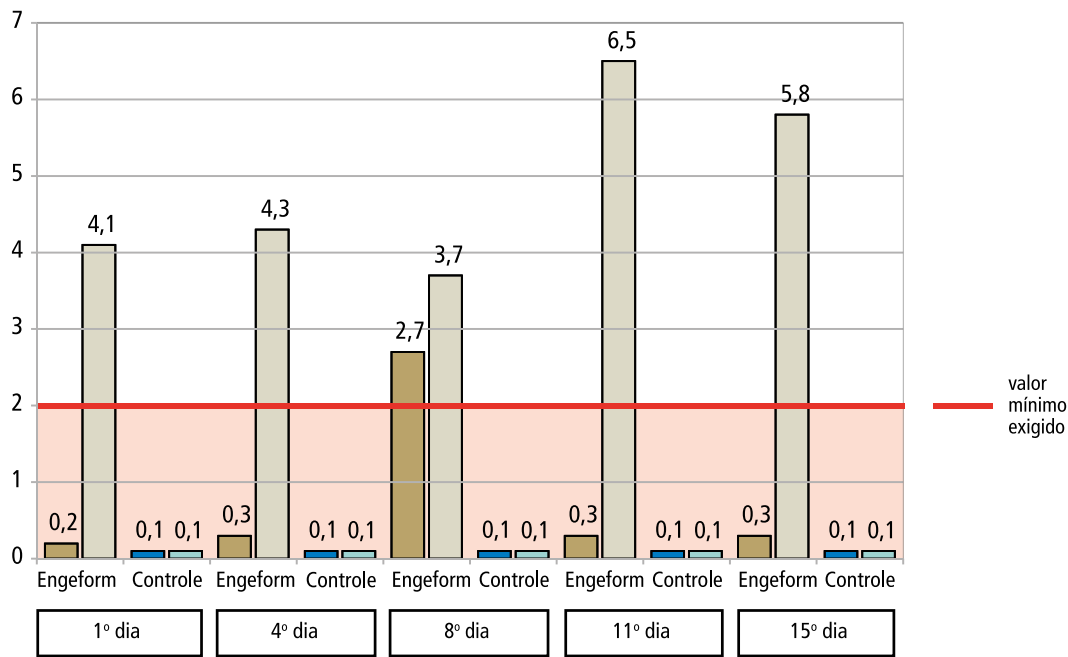
Os resultados analíticos indicam que a resposta do meio líquido à adição do Accell 3 é rápida, pois já no primeiro ponto de amostragem, localizado a 5 metros da entrada da água bruta, já era significativo o aumento das concentrações de OD. Esse aumento nas concentrações de OD foi considerável, pois para uma concentração média de entrada de 0,5 mg/L, obtida a partir da observação dos valores analisados durante todo o processo de amostragem, obteve-se concentração média de saída da ordem de 4,3 mg/L. O menor valor de OD de saída foi registrado na amostra do dia 04.11.2013 e foi de 1,9 mg/L, sendo esse o único valor abaixo de 2,0 mg/L (CONAMA nº 357/05) durante o período de testes. A maior concentração de OD de saída foi de 7,8 mg/L, registrada na amostra do dia 18.11.2013.

Com relação aos valores de pH, é possível notar que todos os valores de entrada observados no gráfico a seguir permanecem abaixo ou iguais aos obtidos no canal de controle.

Entretanto, todos os valores de saída foram superiores a 7,05 u.pH, sendo que no último dia o valor de saída obtido ultrapassa o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que estabelece um limite de 6 u.pH a 9 u.pH para corpos-d'água de classe 4.

Ao analisar o comportamento desse parâmetro, o teste apresentou um resultado curioso e que não está comentado no relatório da empresa. Os resultados analíticos dos dias 31.10.2013, 4 a 8.11.2013, 11 e 12.11.2013 não apontam variação de pH ao longo do canal em todos os pontos amostrados. Contudo, a partir do dia 13.11.2013 até o final da campanha no dia 21.11.2013, verificou-se um aumento de pH ao longo de todo o canal, inclusive com sete ultrapassagens, no ponto de saída do canal, do valor estabelecido para classe 4 da CONAMA nº 357/05. Os valores elevados de pH podem estar associados à floração de algas no canal e as maiores concentrações de OD alcançadas nesse período também reforçam essa possibilidade.

Oxigênio Dissolvido (mg / LO₂)



Legenda

- ENGEFORM

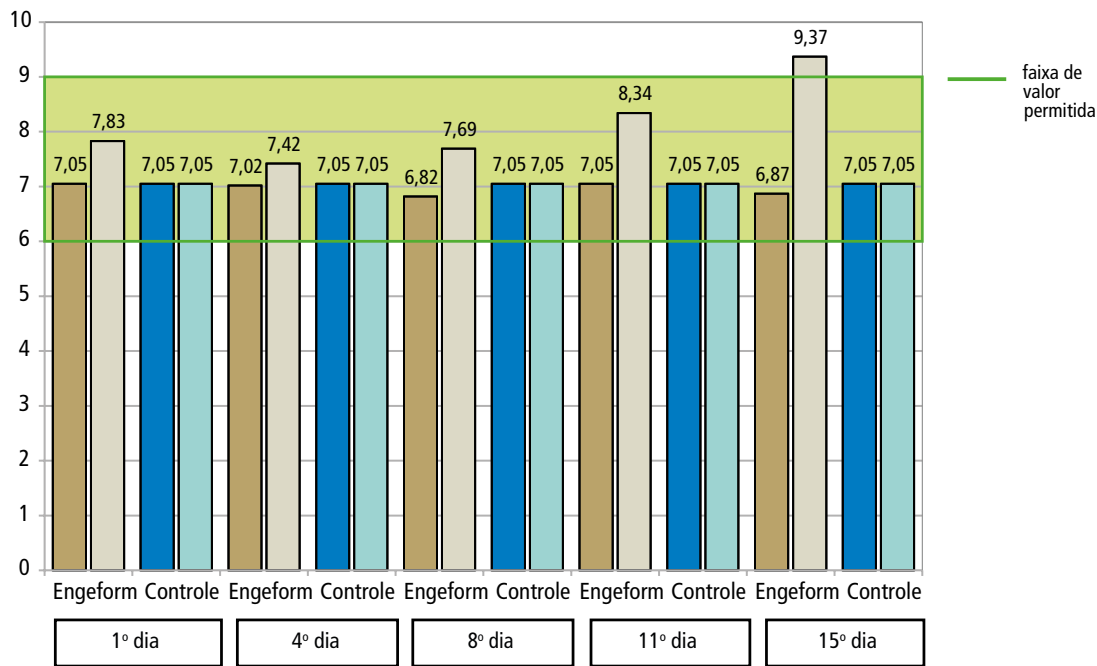
entrada

saída
- Controle

entrada

saída

Potencial Hidrogeniônico - pH (u.pH)



Com relação à turbidez, verifica-se que o produto biotecnológico aplicado pela Engeform Construções e Comércio Ltda. alcançou altos índices de eficiência de remoção. Entretanto, na maior parte desses dias, os valores de saída registrados foram superiores ao verificado no canal de controle, com exceção do primeiro e do décimo quinto dia. Portanto, apesar da alta potencialidade do produto, os valores de saída analisados nesses dias em específico sofreram pouca variação.

Os valores máximo e mínimo de eficiência de redução ocorreram no décimo quinto dia e no quarto dia de testes, quando se obteve reduções respectivas de 79,5% e 74,8% em relação aos valores de entrada obtidos.

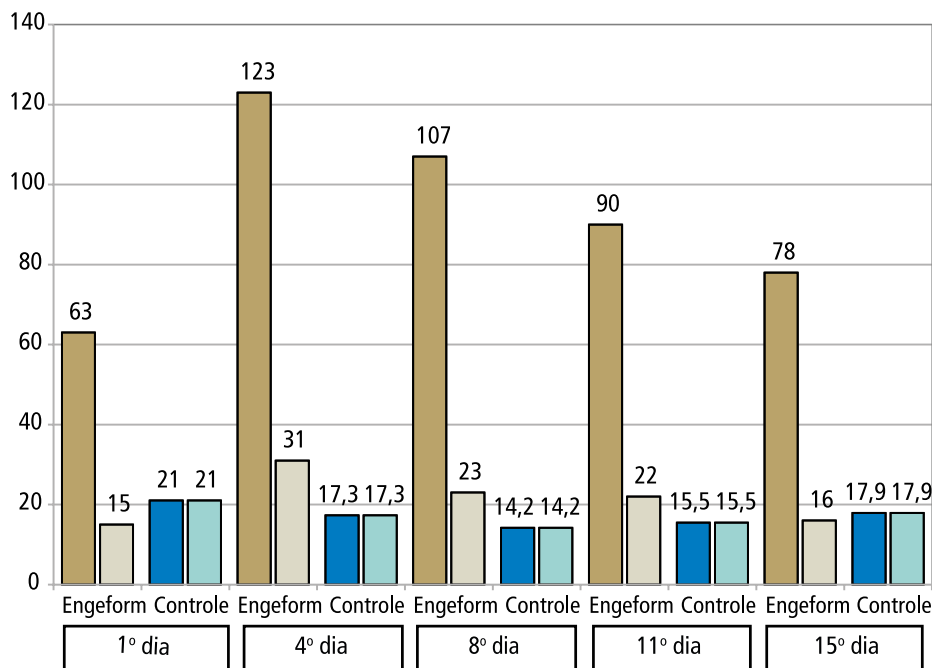
Observando o comportamento médio dos resultados obtidos para o parâmetro turbidez durante os quinze dias de coleta e amostragem, foi identificada redução média de 70,7% nos primeiros 15 metros do canal e global de 72,6%.

Por fim, o comportamento da condutividade foi variável, e na maior parte do tempo os valores obtidos no canal da empresa foram superiores aos valores de entrada verificados no canal de controle, com exceção do quarto e oitavo dia de testes. Entretanto, nota-se que no quarto dia de monitoramento houve um significativo aumento de condutividade no ponto de saída do canal da Engeform. Portanto, apesar de gerar redução, os valores de saída ficaram mais elevados do que os observados naturalmente (canal sem tratamento).

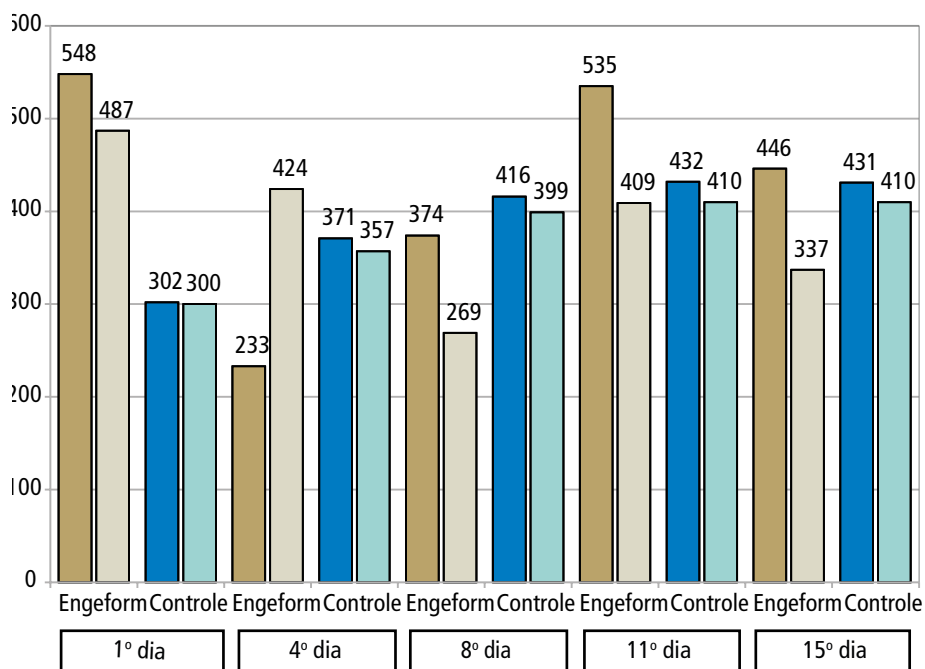
Os valores máximo e mínimo de redução da condutividade ocorreram durante o oitavo e o primeiro dia de teste, em que se obteve respectivamente 28,1% e 11,1% de diminuição desse parâmetro, se comparados aos valores de entrada.

Os valores médios de condutividade, levando em consideração os resultados gerados durante os quinze dias de amostragem, apontaram uma redução não significativa, ou seja, praticamente não houve alterações nesse parâmetro.

Turbidez (NTU)



Legenda

Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Veja a seguir os resultados obtidos pela aplicação de Accell 3 para os demais parâmetros:

ENGEFORM

Parâmetros	Efeito
Nitrogênio Amoniacal	Redução média de 58%
Nitrito	Aumento de concentrações na saída do canal
Nitrato	Aumento de concentrações na saída do canal
Fósforo	Sem alterações significativas
<i>Escherichia coli</i>	Sem alterações significativas
Carbono Orgânico Total	Redução média de 54,7%
Sulfeto	Redução média de 95%
Toxicidade	Redução da toxicidade
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Redução média de 70,9%
Sólidos Suspensos Voláteis	Redução média de 43,5%
Sólidos Sedimentáveis	Sem alterações significativas
Surfactantes	Redução média de 69%

Com relação ao nível de assoreamento, destaca-se que não foi observado acúmulo significativo de sedimentos ao longo do canal de testes.

D.4 – Conclusão

A tecnologia testada promoveu melhorias nas águas do Canal Pinheiros, incrementando os níveis de OD e reduzindo concentrações de determinados contaminantes. Todavia, como já destacado, com relação aos padrões de qualidade estabelecidos para corpos de água classe 4, no efluente do canal de testes foi verificado um valor de OD ligeiramente abaixo de 2,0 mg/L e, em sete ocasiões, valores de pH acima de 9,0. Um único valor de OD, e ainda de 1,9 mg/L, pode ser considerado de baixa significância estatística e os valores elevados de pH podem estar associados à floração de algas nos canais de testes.

E. CONSLADEL CONSTRUTORA, LAÇOS DETETORES E ELETRÔNICA Ltda.. e SUPERBAC PROTEÇÃO AMBIENTAL S.A.

E.1 – Descrição da tecnologia proposta

O produto biológico utilizado para a realização do teste é um composto natural à base de microrganismos específicos, sem adição de compostos químicos e que apresentam nível de segurança 1, de acordo com a ABSA (American Biological Safety Association), ou seja, que são considerados como tendo mínimo potencial de risco para o meio ambiente.

O produto apresenta formulação líquida, com alta concentração biológica. Os microrganismos são anaeróbios facultativos, o que permite o seu trabalho em sistemas com presença ou ausência de oxigênio.

E.2 – Realização do teste

O processo de dosagem foi realizado diariamente, de forma manual, na entrada do canal. A definição da quantidade de produto utilizada foi baseada na caracterização bruta do efluente e na vazão. As dosagens utilizadas para aclimação dos microrganismos foram de 200 ppm e 50 ppm para manutenção. Ajustes de dosagem foram necessários por conta das chuvas ocorridas no período.

O surgimento de algas, ocorrido em todos os canais a partir do dia 26.10.2013, foi, também, um fator para a realização dos ajustes de dosagens, já que altas concentrações de algas podem aumentar a carga orgânica acumulada e a turbidez da água. Dessa forma, foi aplicada uma concentração maior do produto, visando o equilíbrio nutricional do sistema. O aumento de dosagens ocorreu entre os dias 28.10.13 e 6.11.2013, quando a dosagem utilizada foi de 100 ppm.

Não foram instalados aeradores ou insufladores de ar para aumento da disponibilidade de oxigênio no meio, nem mesmo equipamentos para a dosagem de produtos.

O teste foi realizado no período de 21.10.2013 a 19.11.2013, totalizando 30 dias de operação contínua.

E.3 – Resultados obtidos

A empresa Superbac Proteção Ambiental S.A., coletou as amostras de água de seu canal experimental durante período não consecutivo. O método de amostragem foi baseado em coletas feitas de dois em dois dias durante o período de 21.10 a 16.11.2013 e de uma coleta final feita três dias após a última data, no dia 19.11.2013.

O período estabelecido para essas análises coincide com o início do monitoramento automático realizado pela CETESB no canal de controle e

corresponde a quatro dias antes do início do monitoramento manual feito pelo mesmo órgão ambiental.

No primeiro dia de monitoramento, a tecnologia aplicada pela Superbac foi capaz de manter a concentração de oxigênio dissolvido constatada no ponto de entrada de seu canal, mas a manutenção desse valor não atingiu o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que determina concentrações superiores a 2 mg/L O₂ em corpos hídricos de classe 4.

Ao longo dos testes, a concentração de oxigênio obtida apresentou variações entre agressiva alta, de até 2.400%, e reduções significativas.

No último dia de testes, com um significativo aumento na concentração de oxigênio, atingiu o nível de 3,3 mg/L O₂, capaz de atender aos limites ambientais estipulados para rios de classe 4.

A aplicação do produto permitiu a presença de oxigênio, mas, durante os testes, apresentou significativa instabilidade no que diz respeito à manutenção de concentração de OD acima do limite determinado pela legislação.

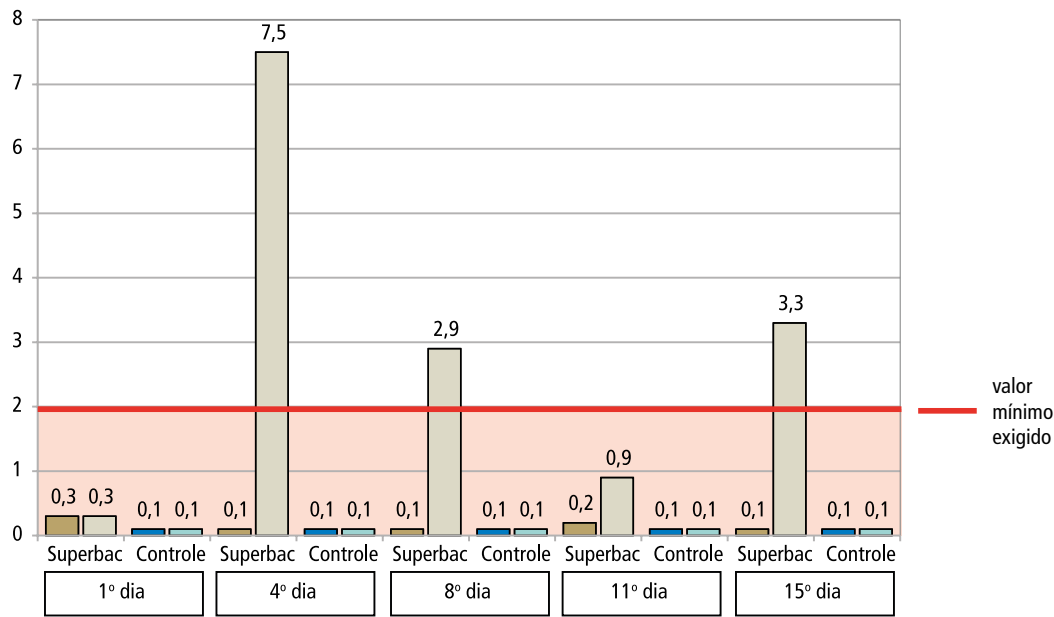
Embora a média aritmética das 45 amostras, referentes às concentrações de OD obtidas na saída do canal, tenha ficado acima de 2,0 mg/L, os valores pontuais identificaram 26 resultados com concentrações abaixo de 2,0 mg/L e 19 valores acima de 2,0 mg/L.

Em razão do crescimento excessivo de algas no interior do canal experimental, registrou-se valores anormais para o OD, com uma máxima de 18,9 mg/L registrado às 14h00 horas do dia 02.11.2013, todavia tal fato é atribuído principalmente à atividade fotossintética de algas verdes e, sem dúvida alguma, elevou a média aritmética. Os resultados mostram ainda que as concentrações de saída do OD variaram muito durante todo o período de testes, inclusive com vários valores inferiores a 2,0 mg/L observados na terceira e quarta semana do teste, quando o meio já estava melhor estabilizado.

Com relação aos valores de pH, é possível notar que a maioria dos valores de entrada observados permanecem abaixo ou iguais aos obtidos no canal de controle, com exceção da medição feita no primeiro dia de testes. Entretanto, todos os valores de saída foram superiores a 7,05 u.pH. Ainda assim, nenhuma dessas medidas ultrapassou o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que estabelece um limite de 6 u.pH a 9 u.pH para corpos-d'água de classe 4.

Durante o período de testes foi possível observar que a cada lançamento do material biológico, houve aumento na alcalinidade da água ao longo do canal, sem, contudo, que fosse ultrapassado o valor máximo de pH estabelecido para a classe 4.

Oxigênio Dissolvido (mg / L O₂)



Legenda

- SUPERBAC

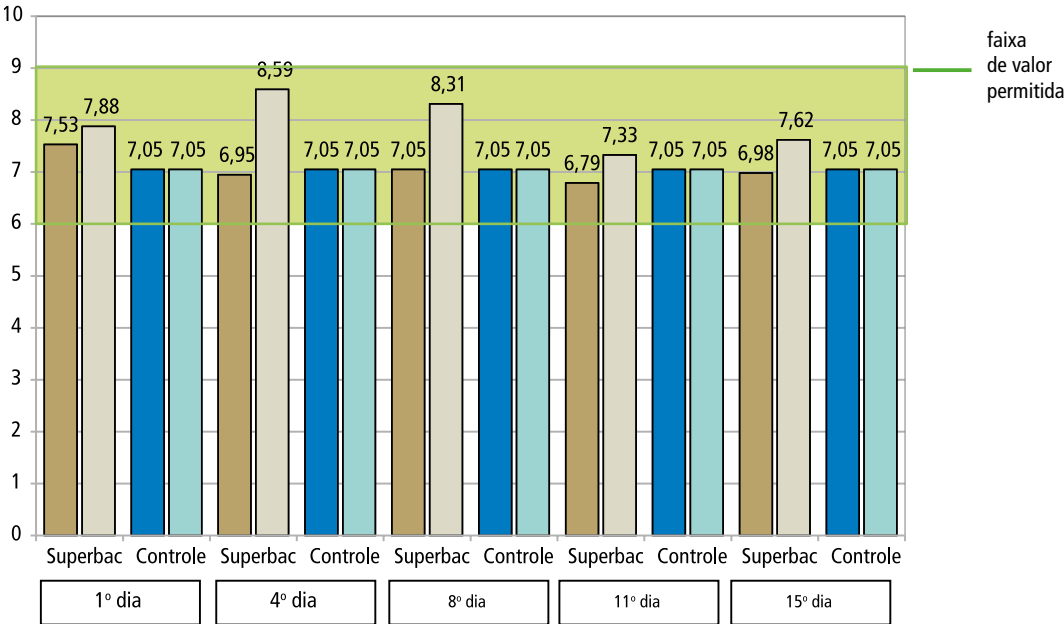
entrada

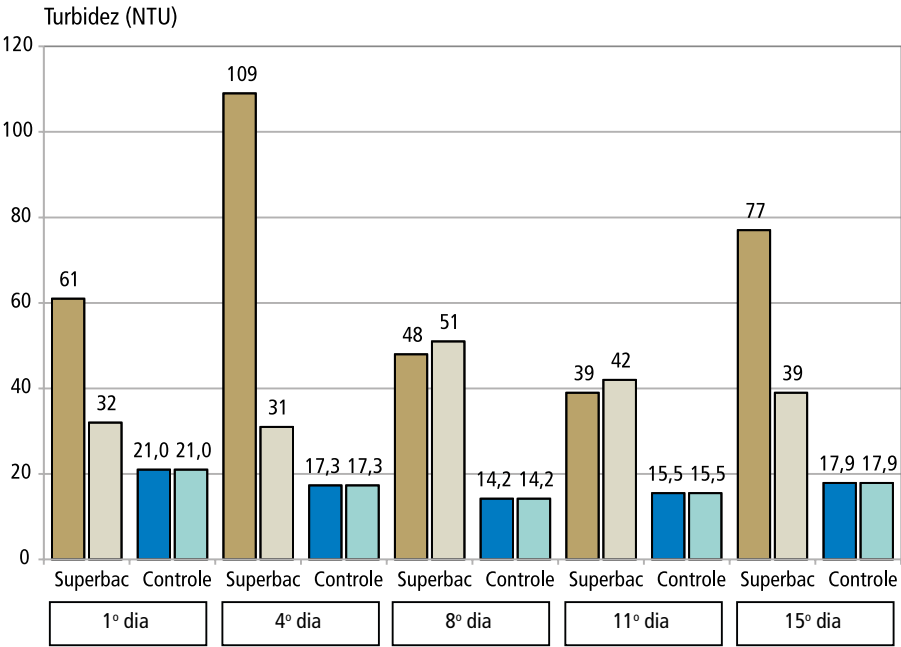
saída
- Controle

entrada

saída

Potencial Hidrogeniônico - pH (u.pH)



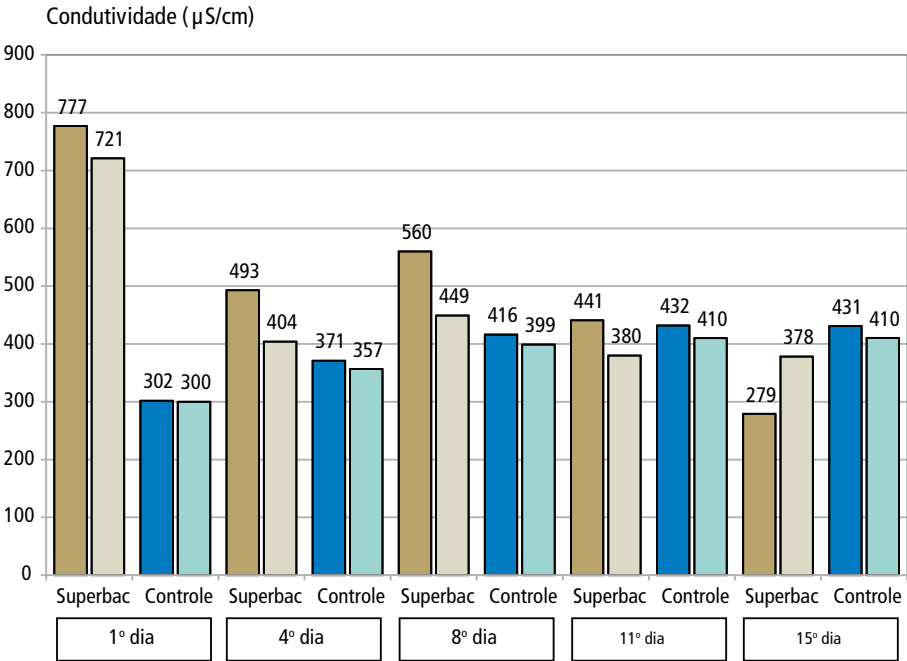


Legenda

- SUPERBAC

 - entrada
 - saída
- Controle

 - entrada
 - saída



Com relação à turbidez, tem-se que o produto aplicado pela Superbac Proteção Ambiental S.A. alcançou altos índices de eficiência de redução na maior parte dos dias representados pelo gráfico. Entretanto, em todos os dias os valores de entrada e saída aferidos foram superiores ao verificado no canal de controle.

Os valores máximo e mínimo de eficiência de redução ocorreram no quarto e primeiro dia de teste, quando se obteve diminuições respectivas de 71,6% e 47,5% em relação aos valores de entrada.

Já em relação à média dos resultados de turbidez, o ensaio apresentou uma redução da ordem de 51% na comparação entre as médias de entrada e de saída do canal experimental.

Por fim, o comportamento da condutividade foi variável, mas na maior parte do tempo os valores de entrada obtidos no canal da empresa foram superiores aos verificados no canal de controle, com exceção do décimo quinto dia de testes.

Os valores de saída aferidos pela Superbac ficaram bem próximos dos valores de controle, com exceção do primeiro dia. Além disso, foi verificado um significativo aumento de condutividade no ponto final do canal durante medição feita no último dia de testes.

Os valores máximo e mínimo de redução da condutividade ocorreram durante o oitavo e o primeiro dia de teste, com respectivamente 19,8% e 7,2% de diminuição, se comparados aos valores de entrada obtidos.

Entretanto, ao observar a média dos resultados gerados durante os quinze dias de monitoramento, constata-se pouca variação nos resultados globais durante esse período de testes.

A temperatura e a condutividade não apresentaram variações ao longo do teste.

Veja a seguir os resultados obtidos pela aplicação do produto biológico da Superbac para os demais parâmetros:

SUPERBAC

Parâmetros	Efeito
Nitrogênio Amoniacal	Redução média de 30%
Nitrito	Sem alterações significativas
Nitrato	Sem alterações significativas
Nitrogênio Orgânico	Redução média de 15%
Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)	Redução média de 27%
Nitrogênio Total	Redução média de 24%
Fósforo	Redução média de 32%
<i>Escherichia coli</i>	Redução média de 97%
Carbono Orgânico Total	Sem alterações significativas
Sulfeto	Redução média próxima de 100%
Toxicidade	Redução média de 60% no meio do canal e 76% na saída do canal
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Redução média de 51%
Sólidos Suspensos Voláteis	Redução média de 42%
Sólidos Suspensos Fixos	Redução média de 55%
Sólidos Totais	Redução média de 9%
Sólidos Totais Voláteis	Redução média de 23%
Sólidos Totais Fixos	Sem alterações significativas
Sólidos Sedimentares	Sem alterações significativas
Sólidos Dissolvidos Totais	Sem alterações significativas
Sólidos Dissolvidos Fixos	Sem alterações significativas
Sólidos Dissolvidos Voláteis	Redução média de 24%
Surfactantes	Redução média de 82%

Para o carbono orgânico total, as reduções não foram significativas, todavia um gráfico de tendência apresentado permite inferir decréscimo desse parâmetro.

Medições topográficas indicaram que não houve acúmulo de sedimento no canal de testes durante a realização dos ensaios.

E. 4 – Conclusão

A tecnologia testada promoveu melhorias nas águas do canal de testes do Pinheiros, reduzindo concentrações de diversos contaminantes, como demonstram os resultados analíticos. No entanto, para as concentrações de oxigênio dissolvido (OD), por 26 vezes, nas 45 amostras, os valores de saída estiveram abaixo de 2,0 mg/L, representando 57,78% de não conformidade em relação ao padrão para corpos de água classe 4 estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Das 26 amostras com valores inferiores a 2,0 mg/L, em 21 as concentrações de OD estiveram abaixo de 1,0 mg/L, na faixa de <0,1 mg/L a 0,9 mg/L, e em 5 as concentrações foram iguais ou superiores a 1,0 mg/L, na faixa de 1,0 mg/L a 2,0 mg/L.

F. BERACA SABARÁ QUÍMICOS E INGREDIENTES S.A.

F.1 – Descrição da tecnologia proposta.

Aplicação de produto biológico denominado MycoEpur. O produto é na realidade um ativador biológico para tratamento de efluentes, composto da matéria-prima de plantas biodegradáveis e três microrganismos naturais: *Galactomyces* (fungo), *Thichoderma* (levedura) e *Pseudomonas fluorescens* (bactéria).

O produto atua no aumento da quantidade de microrganismos, naturalmente presentes nos efluentes e águas residuais, promovendo os processos biológicos desejados. As leveduras e fungos aumentam a biodegradação de compostos orgânicos recalcitrantes como PAHs, fenóis, formaldeídos, compostos halogenados, xenobióticos e outros. Além disso, é capaz de aumentar a remoção de Demanda Química de Oxigênio - DQO, de sólidos e de nitrogênio.

É produzido pela empresa Biovitis, na França. O produto é sólido (pó) e é ativado com água potável. Normalmente é utilizada uma parte do produto em pó para cada nove partes de água.

O produto utilizado para os testes no rio Pinheiros foi formulado a partir de amostra de água coletada no canal Pinheiros em 17.09.2013. Essa amostra foi enviada para a sede da Biovitis, na França, para análise e seleção dos microrganismos que compuseram o *blend* final. A Beraca e a Biovitis tem contrato de *joint venture* para fabricação do produto na sede da Beraca em São Paulo. A composição do MycoEpur utilizada no ensaio do canal de Pinheiros foi a seguinte:

Natureza		Fabricante	Descrições e Referências
Material vegetal	Maltodextrine	ROQUETE	GLUCIDEX 17 D - Ref. J50 – 213T50
Microrganismos	Bactéria	BIOVITIS	<i>Pseudomonas fluorescens</i> – Ref. B177-M-03.08
	Fungos ou leveduras filamentosas	BIOVITIS	<i>Trichoderma harzianum</i> – Ref. B97-M-04.08

F.2 – Realização do teste

O produto foi dosado na entrada do canal numa vazão de 360 g/dia. Houve diluição em água e armazenagem em um pequeno tanque de polietileno para dosagem através de bomba dosadora. Além disso, foi adicionado um nutriente natural para promover um desenvolvimento mais adequado dos fungos, melhorando a atividade biológica desde o início do canal piloto. A empresa não especificou o nutriente que foi utilizado.

A cerca de cinco e dez metros da dosagem do produto foram instalados dois pontos de aeração de bolha fina, objetivando proporcionar uma melhor mistura do produto e fornecer oxigênio para melhorar a atividade microbiana. A cada cinco metros, também foram instaladas boias, cujo objetivo foi fornecer um meio de suporte para favorecer o crescimento de biofilme, uma vez que a ação dos microrganismos do produto aumenta quando há formação de biofilme.

Segundo o proponente, essas ações foram adotadas em razão do período de teste ter sido muito curto para que o produto pudesse estabelecer a microbiota de interesse para o tratamento, o que deve ocorrer em pelo menos três meses.

F.3 – Resultados obtidos

A empresa Beraca Sabará Químicos e Ingredientes S.A. coletou as amostras de água de seu canal experimental consecutivamente a cada dois dias, iniciando no dia 25.10.2013 e finalizando no dia 22.11.2013.

O período estabelecido para essas análises corresponde a quatro dias após o início do monitoramento automático e coincide com o início do monitoramento manual realizado no canal de controle pela CETESB.

No primeiro dia de monitoramento, a tecnologia aplicada pela Beraca foi capaz de elevar a concentração de oxigênio dissolvido constatada no ponto de entrada de seu canal, atingindo o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que determina concentrações superiores a 2 mg/L O₂ em corpos hídricos de classe 4.

Interessante, entretanto, é o alto nível inicial de oxigênio dissolvido obtido no ponto de entrada do canal experimental da empresa, já que o mesmo não coincide com os valores obtidos pela CETESB nos monitoramentos manual e automático.

Na maior parte dos dias de teste, o valor de saída de OD permanece igual ou inferior ao verificado no rio Pinheiros. No décimo primeiro dia, houve um aumento significativo, ponto isolado nesse gráfico, na concentração desse parâmetro, mas a alta do valor não é suficiente para atender aos valores definidos pela legislação ambiental.

No último dia de monitoramento, os níveis de concentração dessa variável voltaram para o valor-base obtido pelo rio Pinheiros (0,1 mg/L), não atingindo o limite estabelecido pela legislação.

Avaliando-se os quinze dias de amostragens, constata-se que as concentrações de oxigênio dissolvido na entrada do canal mantiveram-se próximas de zero ($< 0,1$ mg/L) e para as de saída, os valores pontuais em 44 amostras identificaram 29 resultados com concentrações abaixo de 2,0 mg/L e 15 valores acima de 2,0 mg/L. Dado o crescimento excessivo de algas no interior do canal experimental, registrou-se valores anormais para o OD, com uma concentração máxima de saída de 16,1 mg/L registrado às 14h00 horas do dia 02.11.2013, fato que é atribuído principalmente à atividade fotossintética de algas verdes.

Os resultados mostram ainda que as concentrações de saída do OD variaram muito durante todo o período de testes, com vários valores inferiores a 2,0 mg/L observados na terceira e quarta semana do teste, quando o meio já estava melhor estabilizado. Os resultados analíticos indicam que a tecnologia proposta promoveu, em alguns dias, ligeiro acréscimo nas concentrações de OD, mas, na maioria dos dias, as concentrações de OD não foram sensíveis à tecnologia aplicada.

Com relação aos valores de pH, é possível notar pequenas variações nos valores de saída, que permaneceram próximos dos valores obtidos no ponto de entrada. Nenhuma medida ultrapassou o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que estabelece um limite de 6 u.pH a 9 u.pH para corpos-d'água de classe 4.

Com relação à turbidez, verifica-se que o produto aplicado pela Beraca Sabará Químicos e Ingredientes S.A. alcançou significativos índices de eficiência de remoção em todos os dias representados no gráfico. Os valores de saída obtidos, a exceção do verificado no décimo primeiro dia, ficaram acima dos valores de saída registrados no canal de controle.

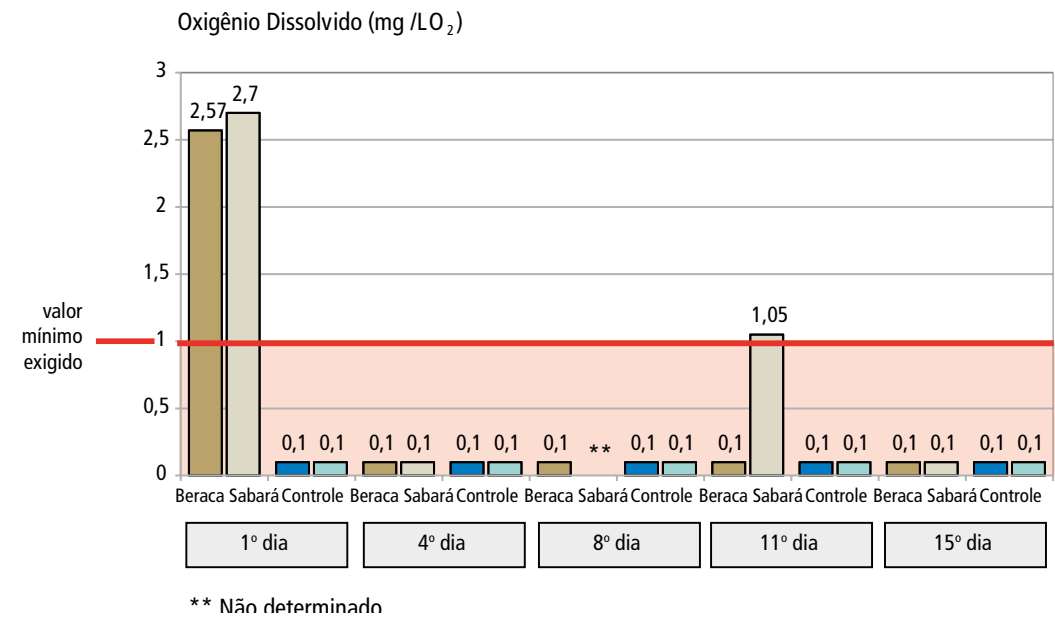
Os valores máximo e mínimo de eficiência de redução ocorreram no décimo primeiro e quarto dia de testes, nos quais se obtiveram reduções respectivas de 76,1% e 8,4% em relação aos valores de entrada.

No geral, o ensaio apresentou uma redução da ordem de 50% na turbidez, na comparação entre as médias de entrada e de saída do canal experimental.

Por fim, o comportamento da condutividade identificado no gráfico a seguir demonstra efetividade de redução na maior parte do período representado, sendo que os valores de saída observados no canal da empresa permaneceram próximos (com exceção do primeiro dia) ou abaixo dos verificados no canal de controle. No último dia de testes, o valor de saída do canal da Beraca foi superior ao registrado no ponto de entrada.

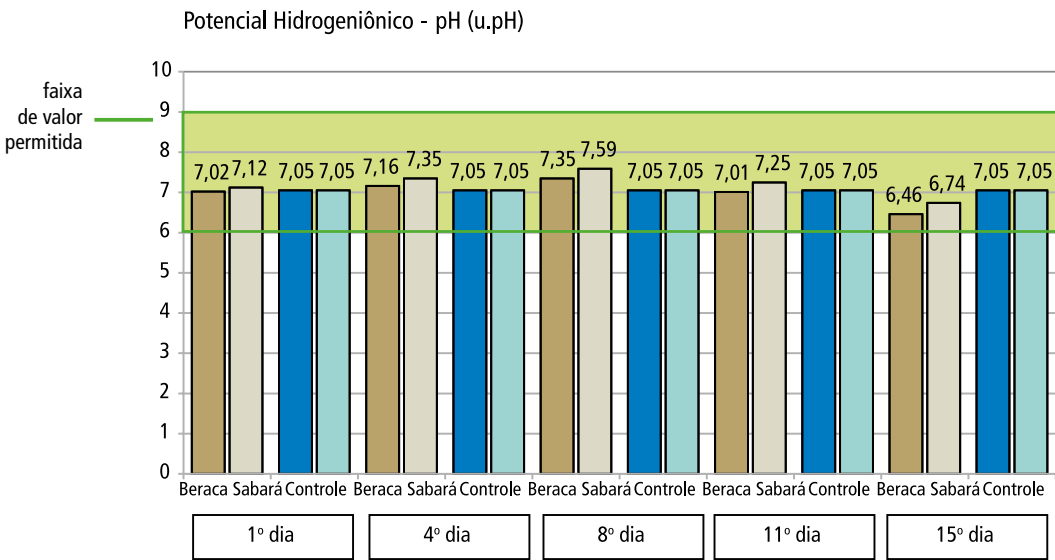
Os valores máximo e mínimo de redução da condutividade ocorreram durante o primeiro e o décimo primeiro dia de teste, quando se obteve respectivamente 19,4% e 5,5% de diminuição, se comparados aos valores de entrada.

Entretanto, ao analisar a série de quinze dias, verifica-se que a condutividade praticamente não apresentou variações importantes ao longo do teste.

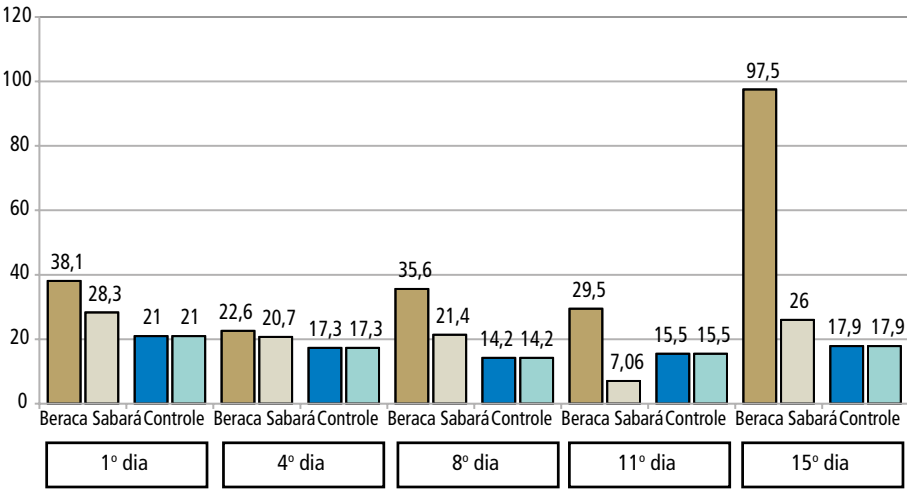


Legenda

BERACA	Controle
entrada	entrada
saída	saída



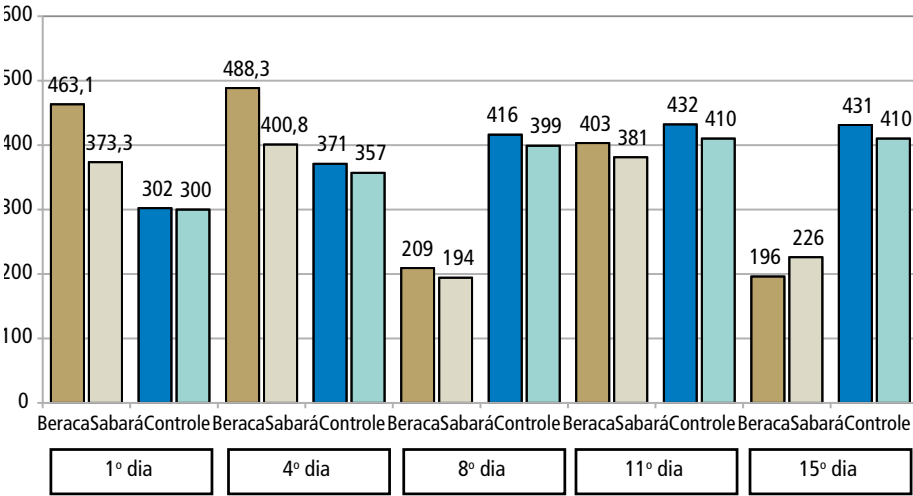
Turbidez (NTU)



Legenda



Condutividade (µS/cm)



Veja a seguir os resultados obtidos pela aplicação de MycoEpur para os outros parâmetros avaliados:

BERACA SABARÁ

Parâmetros	Efeito
Série Nitrogenada	Elevada Instabilidade, obtendo maior eficiência em concentrações mais elevadas
Fósforo	Redução média de 60%
<i>Escherichia coli</i>	Reduções exponenciais (de 104 para até 101)
Carbono Orgânico Total	Sem alterações significativas
Sulfeto	Redução média de 92,3%
Toxicidade	Redução média de 45%
Sólidos Sedimentares	Maior eficiência de redução condicionada a valores de entrada elevados
Série de Sólidos (exceto sedimentares)	Sem alterações significativas
Surfactantes	Redução média de 60,6%

Medições topográficas indicaram um acúmulo variável entre 0,001 mm e 0,002 mm de sedimento, ou seja, o acúmulo de sedimento observado não foi significativo.

F. 4 – Conclusão

A aplicação de MycoEpur promoveu melhorias nas águas do canal Pinheiros, reduzindo concentrações de diversos contaminantes. Todavia, para as concentrações de oxigênio dissolvido (OD), por 29 vezes nas 44 amostras, os valores de saída estiveram abaixo de 2,0 mg/L, representando 65,91% de não conformidade em relação ao padrão que é estabelecido para corpos de água classe 4 na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Em 19 das 29 amostras com valores inferiores a 2,0 mg/L as concentrações de OD estiveram abaixo de 1,0 mg/L, na faixa de <0,1 mg/L a 0,83 mg/L e em 10 das amostras as concentrações foram superiores a 1,0 mg/L, na faixa de 1,05 mg/L a 1,90 mg/L.

G. DT ENGENHARIA DE EMPREENDIMENTOS Ltda..

G.1 – Descrição da tecnologia proposta.

A empresa testou dois processos físico-químicos, ambos em fluxo com vazões e níveis variáveis, denominados FLOTFLUX® e FLOTFLUX®O₂, compreendendo as etapas de coagulação e floculação, com a dosagem de coagulantes e polímeros, e a posterior flotação dos flocos formados e em suspensão, com injeção de ar micropulverizado, resultando na formação de massa de lodo na superfície da água, que possibilita a remoção através de equipamento mecânico flutuante. A diferença entre os dois processos é apenas na etapa de flotação: no FLOTFLUX é realizada com ar ambiente e no FLOTFLUX O₂ com oxigênio concentrado.

O processo de tratamento compreende seis etapas: caixa de areia, cerca de lixo flutuante com dispositivo de aeração, bacia de coagulação, bacia de floculação, bacia de flotação e remoção do lodo flotado. As primeiras duas etapas não foram aplicadas nos testes, uma vez que a água fornecida não necessitava desses condicionamentos.

G.2 – Realização do teste

A empresa desenvolveu um projeto de adequação ao canal em escala reduzida do rio Pinheiros, com um misturador rápido, bacia de coagulante/floculação, bacia de flotação e calha de lodo.

O sistema de agitação de água para obter os gradientes de velocidade na mistura rápida – coagulação - e mistura lenta – floculação - foi efetuado por meio de aeração, com um soprador, por bolhas grossas. Os difusores de ar eram em tubos perfurados em PVC e o controle de ar para cada ramal de derivação permitia o ajuste do gradiente de forma contínua e uniforme ao longo da bacia e não permitindo a decantação.

Para garantir que a flotação ocorresse, era feita a injeção de ar ambiente, com taxa de recirculação de 20% da vazão de tratamento. Quando da injeção de oxigênio concentrado, a taxa de recirculação era de 7%.

Como agentes coagulantes e floculantes foram utilizados sulfato de alumínio isento de ferro, com taxas de aplicação de 36 mg/L no processo FLOTFLUX e 54 mg/L no processo FLOTFLUX O₂, e um polímero catiônico de alto peso molecular e média carga com taxas de aplicação para ambos os processos de 1,0 mg/L.

A aplicação do processo FLOTFLUX ocorreu durante 15 dias, de 21.10.2013 a 4.11.2013. A aplicação do FLOTFLUX O₂ também teve duração de 15 dias, todavia em razões de interrupções de fornecimento de água, de falta de energia elétrica e do recesso de laboratórios de análises por causa das festividades de fim de ano, ocorreu em datas variáveis.

G.3 – Resultados obtidos

A empresa DT Engenharia de Empreendimentos Ltda.. coletou as amostras de água de seu canal experimental consecutivamente durante o período de 21.10 até 4.11.2013 para monitorar a eficiência da tecnologia FLOTFLUX e durante um período não consecutivo para a tecnologia FLOTFLUX O_2 , que compreendeu os períodos de 9.12 a 14.12.2013; 19.12 a 23.12.2013 e; 26.12 a 30.12.2013.

O período estabelecido para as análises da tecnologia FLOTFLUX corresponde a quatro dias antes do início do monitoramento manual e coincide com o início do monitoramento automático realizado no canal de controle pela CETESB. Não houve correspondência de datas para o período de monitoramento da tecnologia FLOTFLUX O_2 .

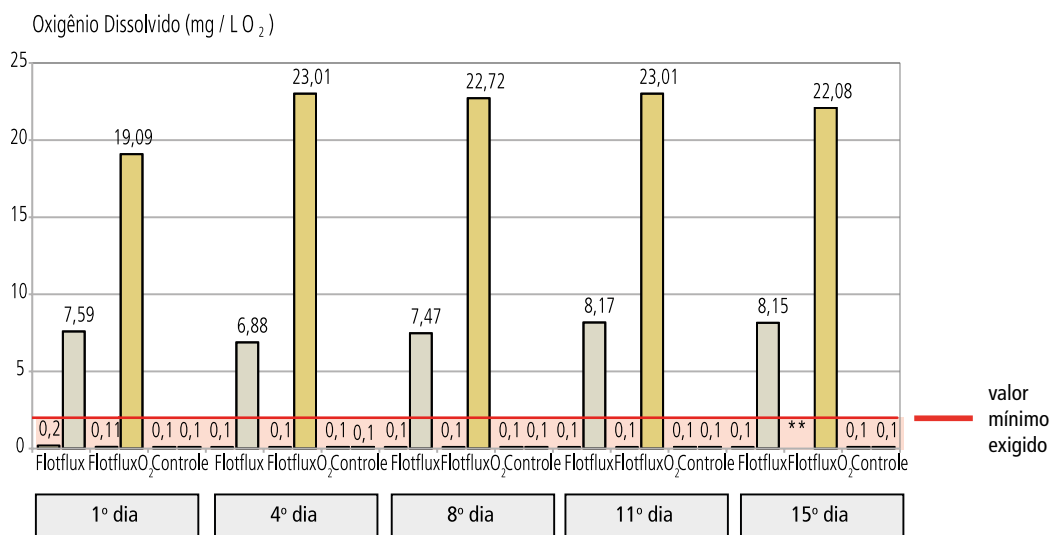
No primeiro dia de monitoramento, as tecnologias aplicadas pela DT Engenharia foram capazes de elevar significativamente a concentração de oxigênio dissolvido no ponto de entrada de seu canal, superando o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que determina concentrações superiores a 2 mg/L O_2 em corpos hídricos de classe 4 e, inclusive, o nível teórico de saturação de oxigênio em águas com temperatura de 20°C (9,2 mg /L O_2).

Ao longo dos dias, houve variações na presença de oxigênio, ainda que este tenha sido mantido sempre em níveis superiores ao determinado para rios de classe 4. Houve, também, variações nas medições dos resultados das duas tecnologias testadas pela empresa, FLOTFLUX e FLOTFLUX O_2 , sendo que são mais elevados os valores de presença de oxigênio apresentados pela FLOTFLUX O_2 .

Por fim, no último dia de monitoramento, ambas as tecnologias apresentaram leve queda nos valores de OD apresentados, se comparados ao período anterior: 0,2% para a tecnologia FLOTFLUX e 4% para a tecnologia FLOTFLUX O_2 .

Analizando estatisticamente os dados, verifica-se que ambas as tecnologias foram capazes de prover concentrações muito maiores do que o valor mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para corpos hídricos de classe 4 (2 mg/L O_2).

No tocante aos parâmetros básicos e regulados para classe 4, as concentrações médias de oxigênio dissolvido (OD) na entrada do canal tinham valores da ordem de <0,1 mg/L e na flotação com ar ambiente as concentrações obtidas, e mantidas, já no ponto após 5 m da entrada do canal, situaram-se na faixa de saturação, isto é com valores entre 7,5 mg/L e 8,5 mg/L.



** Não determinado

Legenda

DT Engenharia (Flotflux)

entrada

saída

DT Engenharia (Flotflux O₂)

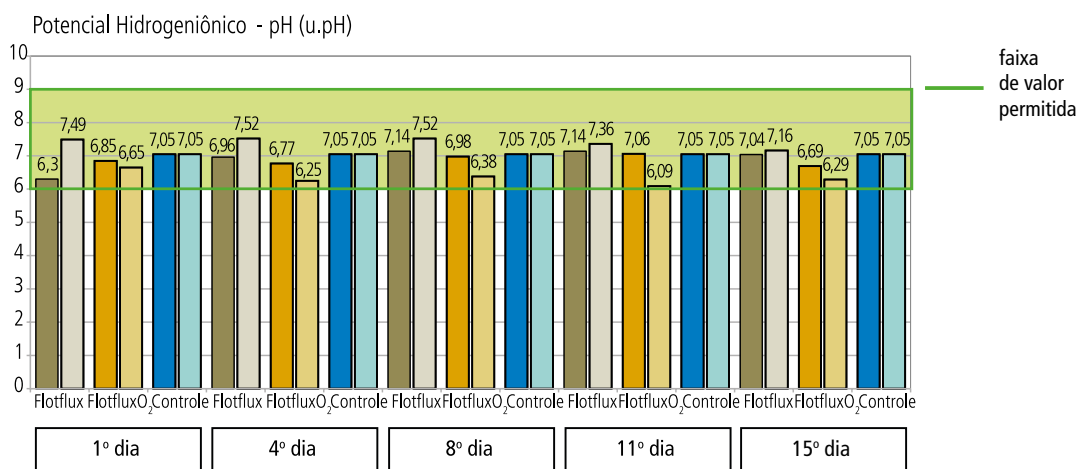
entrada

saída

Controle

entrada

saída



Já na flotação com oxigênio, exatamente em razão das injeções de oxigênio feitas no canal, as concentrações de OD mostraram níveis de supersaturação com valores mínimo de saída de 15,73 mg/L (dia 21.12.2013) e máximo de 27,15 mg/L (dia 21.12.2013).

Com relação ao pH, todos os valores de entrada observados nos canais contendo ambas as tecnologias permaneceram abaixo ou próximos (levemente superiores) ao valor médio obtido no canal de controle. Com relação aos valores de saída, verifica-se que os referentes à tecnologia FLOTFLUX

foram superiores à média do verificado nas águas do rio Pinheiros (7,05 u.pH), enquanto que os referentes à tecnologia FLOTFLUX O₂ foram significativamente inferiores. Ainda assim, nenhuma medida ultrapassa ou fica abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que estabelece um limite de 6 u.pH a 9 u.pH para corpos-d'água de classe 4.

Com relação aos valores médios obtidos, na flotação com ar ambiente o pH se manteve na faixa de 6,0 a 9,0. Já nos testes utilizando a flotação com oxigênio observou-se, em diversos dias, redução do pH ao longo do canal, tendo sido registrado em três amostras, nos dias 11.12.2013, dia 26.12.2013 e dia 27.12.2013, valores de 5,93, 5,79 e 5,45 respectivamente, portanto abaixo da faixa legalmente exigível para os corpos de água classe 4. O proponente argumenta em seu relatório técnico que a redução do pH decorreu da necessidade de maior utilização de coagulante, em razão da elevada turbidez da água bruta.

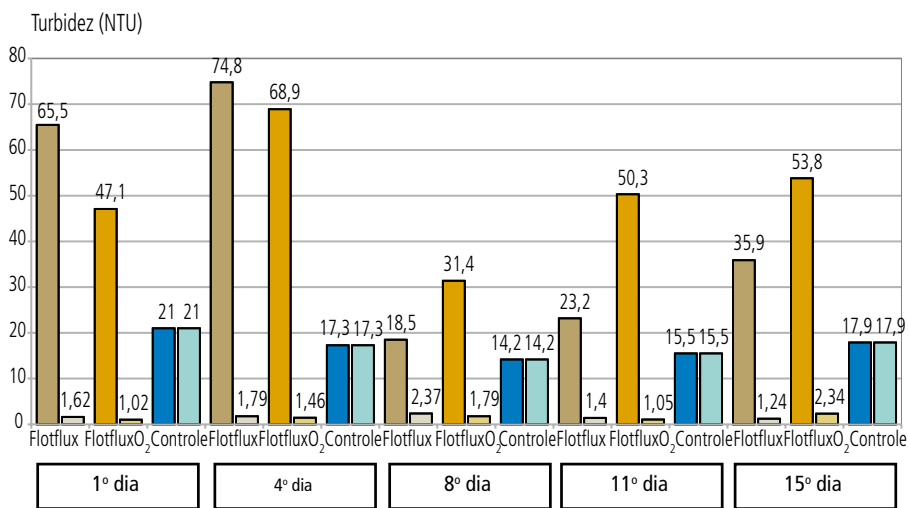
Com relação à turbidez, verifica-se que o produto aplicado pela DT Engenharia de Empreendimentos Ltda. alcançou altos índices de eficiência de redução em todos os dias representados pelo gráfico abaixo. Entretanto, em todos os dias, os valores de entrada obtidos nos canais com ambas as tecnologias foi bem superior ao aferido no canal de controle.

Os valores máximos de eficiência de redução aconteceram no quarto dia com a aplicação da tecnologia FLOTFLUX, apresentando 97,6% de redução, e no quarto e décimo primeiro dia com a aplicação da tecnologia FLOTFLUX O₂, apresentando 97,9% de redução em ambos os dias.

Os valores mínimos, por sua vez, ocorreram no oitavo dia de testes para ambas as tecnologias, apresentando redução de 87,2% com a utilização dos processos que compõem a aplicação FLOTFLUX e 94,3% com a utilização dos processos que compõem a aplicação FLOTFLUX O₂.

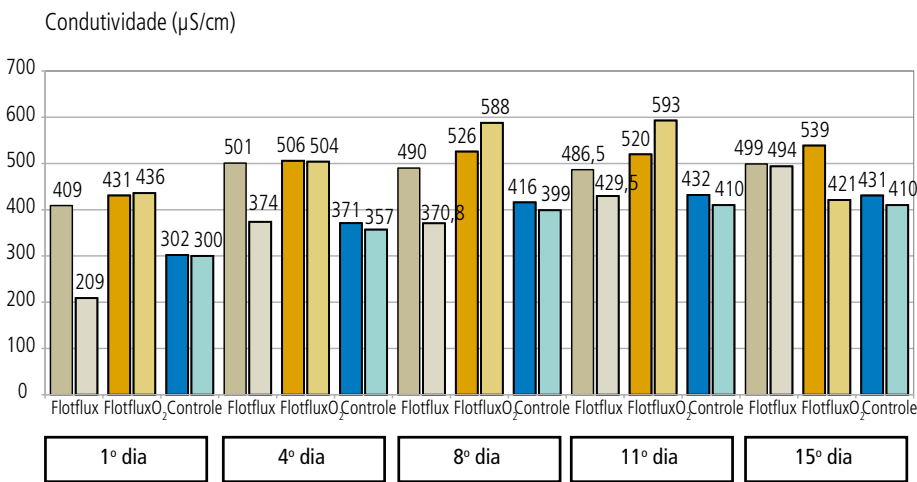
Avaliando globalmente a média dos resultados obtidos no período de amostragem, as reduções da turbidez, nos processos de flotação tanto com ar ambiente como com oxigênio, foram das mesmas ordens de grandeza, e na maioria dos dias, superiores a 90% com valores máximos na faixa dos 97/98%.

Quanto ao comportamento da condutividade, os valores de entrada verificados para ambas as tecnologias foram sempre superiores aos observados no canal de controle. Os valores de saída indicam tendência de elevação no canal em que a tecnologia FLOTFLUX foi aplicada. Indicam também início de queda, após a verificação de seguidas altas, para a tecnologia FLOTFLUX O₂. Além disso, em quase todas as ocasiões os valores de saída da tecnologia FLOTFLUX O₂ foram superiores ao de entrada, fenômeno que não ocorre com a tecnologia FLOTFLUX.



Legenda

DT Engenharia (Flotflux)	DT Engenharia (Flotflux O ₂)	Controle
entrada	entrada	entrada
saída	saída	saída



Todos os valores de saída de condutividade, com exceção do FLOTFLUX no primeiro dia de análise, ficaram acima dos constatados no canal de controle (que não apresenta nenhum tipo de tratamento).

A temperatura da água praticamente não foi alterada ao longo do canal de testes durante a aplicação das duas tecnologias. A condutividade da água também não apresentou alterações significativas quando submetida à flotação com ar ambiente, todavia, quando foi utilizado oxigênio puro, em alguns dias foi observado aumento não significativo.

Veja a seguir os resultados obtidos pela aplicação dos produtos físico-químicos de ambas as tecnologias para os outros parâmetros avaliados:

DT ENGENHARIA

Parâmetros	Efeito
Nitrogênio Amoniacal	Redução média de 50% na flotação com ar ambiente e menor eficiência na flotação com O ₂
Nitrito	Aumento de concentração não significativo para os valores de saída em ambas as tecnologias
Nitrato	Aumento de concentração não significativo para os valores de saída em ambas as tecnologias
Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)	Redução média de 49% com ar ambiente e menor eficiência na flotação com O ₂
Fósforo	Redução média de 96,6% na flotação com ar ambiente e de 97,4% na flotação com O ₂
<i>Escherichia coli</i>	Reduções exponenciais (de 10 ⁴ para 10 ¹)
Carbono Orgânico Total	Redução média de 66%
Sulfeto	100% de remoção
Toxicidade	Redução de concentração
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Redução média de 71,5% na flotação com ar ambiente e 73,6% na flotação com O ₂
Sólidos Sedimentáveis	Redução de concentração
Sólidos Dissolvidos Totais	Pequena redução de concentração na flotação com ar ambiente e leve aumento de concentração na flotação com O ₂
Surfactantes	Remoção média de 90% em concentrações elevadas

Adicionalmente, ainda que não figurasse entre os parâmetros compulsórios de análises no Comunicado SMA, a empresa realizou análises para fenóis e de óleos e graxas, durante a etapa de testes da tecnologia de flotação com oxigênio. Para os fenóis, a despeito das concentrações da água bruta já estarem abaixo do estabelecido para classe 4, a tecnologia testada mostrou-se eficiente, pois em apenas uma amostra a concentração após tratamento foi de 0,001 mg/L e nas demais abaixo do limite de detecção do método analítico. Para óleos e graxas, embora as concentrações da água bruta tenham variado muito, desde próximos de 40 mg/L até abaixo do limite de detecção, a eficiência também foi alta, uma vez que todas as concentrações de saída estiveram abaixo do limite de detecção.

Durante as realizações dos testes aplicando flotação com ar ambiente e com oxigênio não houve assoreamento mensurável no canal experimental, uma vez que a característica intrínseca da flotação é promover a ascensão de partículas à superfície, o que obriga a que essas partículas de sólidos sejam então removidas mecanicamente do meio líquido.

Os cálculos elaborados pela proponente informam que a quantidade de lodo total gerado e removido durante os testes de flotação com ar ambiente foi de 56,25 L de lodo flotado a 3% de TS e, caso fosse adensado a 20% de TS, o volume total seria de 10,2 L de lodo adensado. Na flotação com oxigênio, foi removida a quantidade total de 99,75 L de lodo flotado a 3% de TS e, caso adensado a 20% de TS, seria 11,8 L de lodo adensado.

G.4 – Conclusão

As tecnologias testadas promoveram melhorias nas águas do canal Pinheiros reduzindo concentrações de diversos contaminantes, conforme demonstram os resultados analíticos. Praticamente em todo o período de testes, os limites estabelecidos para classe 4 foram atendidos, com exceção de três determinações de pH ligeiramente abaixo de 6,0 na aplicação da flotação com oxigênio, que, embora de baixa significância estatística, pode indicar a necessidade de melhores ajustes na aplicação do coagulante, ou ainda no tipo de coagulante utilizado, notadamente em situações de altas cargas de sólidos na água bruta.

H. BAUER AMBIENTAL SERVIÇOS & TECNOLOGIAS Ltda.

H.1 – Descrição da tecnologia proposta

A tecnologia proposta inclui a utilização de dois sistemas, denominados pela empresa de EOR e INJUVO.

O primeiro contempla a aplicação de Eletrocoagulação, Eletroflotação, Redução e Oxidação, desencadeada pela passagem de corrente elétrica pela água, propiciando a coagulação dos contaminantes presentes na água, como também realizando eletrólise de fração de água em si.

Essa tecnologia libera microbolhas, a partir de íons hidroxila, de hidrogênio e de oxigênio, ocasionando microflotação induzida dos microparticulados e a ocorrência de óxido redução dos contaminantes intrínsecos presentes no efluente bruto.

Já o sistema denominado INJUVO, que é complementar ao EOR, compreende uma fonte de radiação ultravioleta com o objetivo de desinfecção do efluente, acrescido de componente com propriedade de incrementar o aporte de oxigênio dissolvido.

H.2 – Realização do teste

Foi inserida no canal de testes uma unidade piloto composta por um reator de passagem, fabricado em polipropileno, com medidas externas de 2 m de comprimento, por 1 m de largura e 0,8 m de altura. No seu interior, estavam contidos os sistemas denominados EOR, INJUVO e um tanque de *Slop* para armazenamento temporário de lodos segregados do processo.

A montante do reator foi deixado um espaçamento no canal de 2,5 metros de extensão, entre a entrada de efluente no canal e a entrada do mesmo no reator. A água bruta adentrava passivamente no reator por uma tubulação situada em sua base à direita e transitava de maneira peculiar pelo sistema EOR e desse para o INJUVO com auxílio de bomba de transferência. Segundo a empresa, o tempo de residência média do efluente no reator se mostrou bastante reduzido, quando comparado a ensaios publicados.

O Sistema EOR em si é composto por fonte de corrente contínua, com voltagem e amperagem previamente definidos pela empresa, distribuída por fiação específica para as placas dispostas no interior e no assoalho do EOR. Essas placas são de ligas metálicas que visam, juntamente com emprego de um catalisador, quando necessário sua aplicação, reduzir o tempo de residência no reator.

Assim, quando da eletrólise da água, há liberação no meio líquido de íons hidroxila, íons hidrogênio e de oxigênio, criando-se um cenário de coagulação e de microflotação induzida, propiciando a migração dos substratos, de matéria orgânica e outros componentes, para a superfície do meio

líquido. Esse material flotado é então removido, com auxílio de raspador, para um tanque de armazenamento temporário de lodos.

No Sistema INJUVO há uma câmara de armazenamento temporário das águas oriundas do EOR, visando incorporar oxigênio dissolvido ao efluente por um sistema denominado MDO – Máxima Difusão de Oxigênio. Depois da passagem por esta câmara, ocorre o ingresso do efluente, através de uma bomba submersa, para o Sistema de Desinfecção por processo UV (Ultra Violeta) propriamente dito.

O Sistema Ultra Violeta possui comprimentos de ondas específicos. Tal sistema está inserido em um tubo cilíndrico de polipropileno, com um tubo de quartzo em seu interior, onde se encontra inserida a fonte de Luz UV. O líquido, em sua passagem da água pelo tubo, é exposto à irradiação ultravioleta. A cada 48 horas, o tubo de quartzo era submetido à limpeza de eventuais sujidades, com processo de limpeza mecânica.

A tecnologia proposta foi aplicada entre os dias 14.12.2013 e 7.01.2014 e a campanha de amostragem foi iniciada em 18.12.2013 e concluída em 06.01.2014

Não há possibilidade de melhor avaliação da tecnologia proposta, pois a empresa, alegando segredo industrial, não forneceu tempo de residência no reator, não informou de que materiais metálicos eram compostos o catodo e o anodo da eletrólise, a voltagem aplicada e intensidade de corrente, a definição do catalizador utilizado, o comprimento de onda da fonte de ultravioleta, nem explicação sobre o que denomina de sistema de máxima difusão de oxigênio.

H.3 – Resultados obtidos

A empresa Bauer Ambiental Serviços & Tecnologias Ltda. coletou as amostras de água de seu canal experimental durante período não consecutivo, nos dias 18.12 a 23.12.2013; 26.12 a 30.12.2013 e; 2.01.2014 a 6.01.2013.

O período estabelecido para as análises da tecnologia não coincide com nenhuma data de monitoramento realizado pela CETESB, seja pela verificação automática ou pela manual.

Para esta empresa, especificamente, no primeiro dia de análise foram feitas amostragens no período da tarde (16h) e da noite (22h). Em razão disso, os resultados obtidos no primeiro horário foram os considerados nos gráficos de parâmetros básicos a seguir. Posteriormente, a empresa realizou uma amostragem no período da manhã para que a mesma ficasse em conformidade com o estabelecido na Resolução SMA. As demais medições realizadas no período vespertino aconteceram às 14h.

No primeiro dia de monitoramento, a tecnologia aplicada pela Bauer foi capaz de elevar significativamente a concentração de oxigênio dissolvido constatada no ponto de saída de seu canal, superando o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que determina concentrações superiores a 2 mg/L O₂ em corpos hídricos de classe 4.

No último dia de análises houve um valor de concentração de OD bastante incomum para os padrões de entrada, alcançando 1,7 mg/L O₂. Esse resultado pode estar associado a efeitos gerados pelo afloramento de algas no rio Pinheiros. Mas como o período de testes realizado pela empresa não coincide com o dos monitoramentos realizados pela CETESB no canal de controle, não será possível indicar mais assertivamente a origem dessa alta.

Nesse último dia, os níveis de concentração dessa variável voltaram a subir no ponto de saída, ficando bem acima do valor-base obtido pelo rio Pinheiros (0,1 mg/L).

Analisando estatisticamente os dados, verifica-se alta de 67,7% entre os resultados de saída obtidos no primeiro e no último dia de amostragem.

As análises globais, que levam em consideração os resultados obtidos durante os quinze dias de monitoramento, apontam que o oxigênio dissolvido teve concentrações de entrada próximas de zero (< 0,1 mg/L) e, de saída, média de 3,70 mg/L, tendo sido verificado um valor máximo de 5,70 mg/L e mínimo de 2,3 mg/L, atendendo assim ao exigível na CONAMA nº 357 para corpos de água classe 4. Houve uma tendência clara e crescente de elevação dos valores de oxigênio ao longo do período.

Com relação aos valores de pH, os valores de entrada e de saída no canal da empresa permaneceram acima dos verificados no canal de controle, mas nenhuma medida ultrapassa ou fica abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05, que estabelece um limite de 6 u.pH a 9 u.pH para corpos-d'água de classe 4.

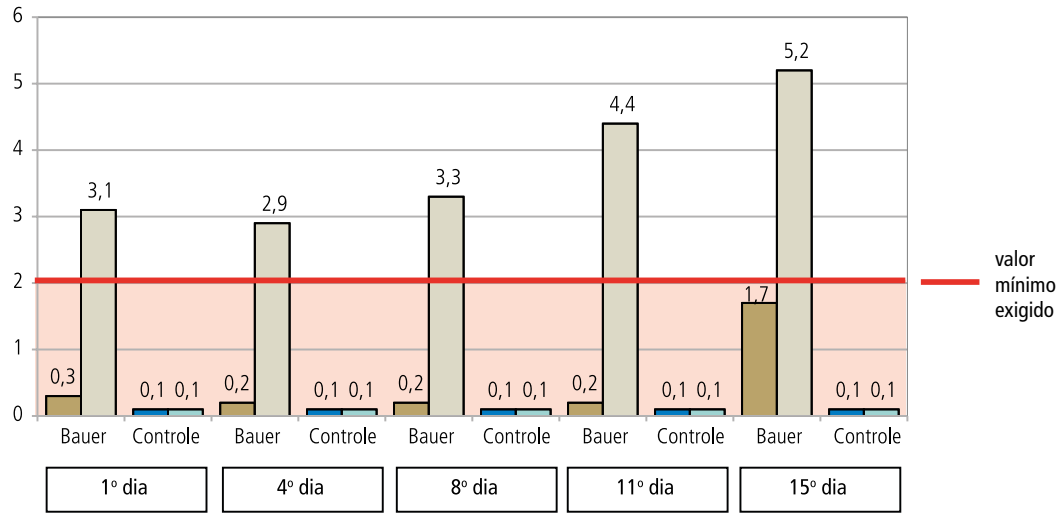
Com relação à turbidez, o produto aplicado pela Bauer Ambiental Serviços & Tecnologias Ltda. alcançou altos índices de eficiência de remoção em todos os dias representados pelo gráfico a seguir, apesar de os valores de entrada serem bastante relevantes.

Os valores máximo e mínimo de eficiência de redução ocorreram no oitavo e quarto dia de testes, quando se obteve reduções respectivas de 98,4% e 91,3% em relação aos valores de entrada obtidos.

Numa avaliação dos quinze dias de análise, verifica-se que a turbidez sofreu reduções importantes, com valores máximos e mínimos de 278 NTU e 29 NTU na entrada e 13 NTU e <0,1 NTU na saída do canal.

A média aritmética da turbidez na entrada foi de 80,9 NTU e na saída de 3,50 NTU, indicando uma eficiência média de 95,67%.

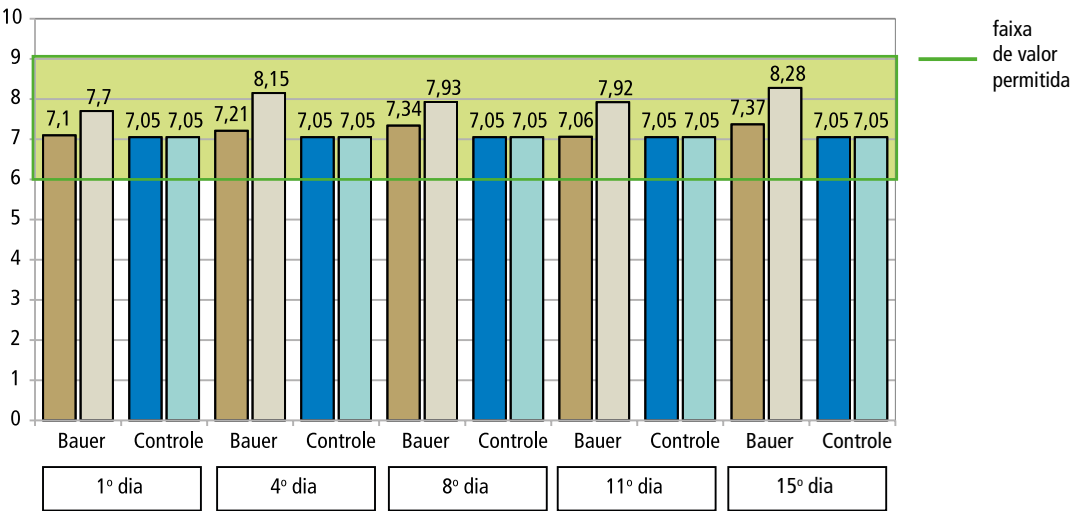
Oxigênio Dissolvido (mg O₂ / L)



Legenda



Potencial Hidrogeniônico - pH (u.pH)



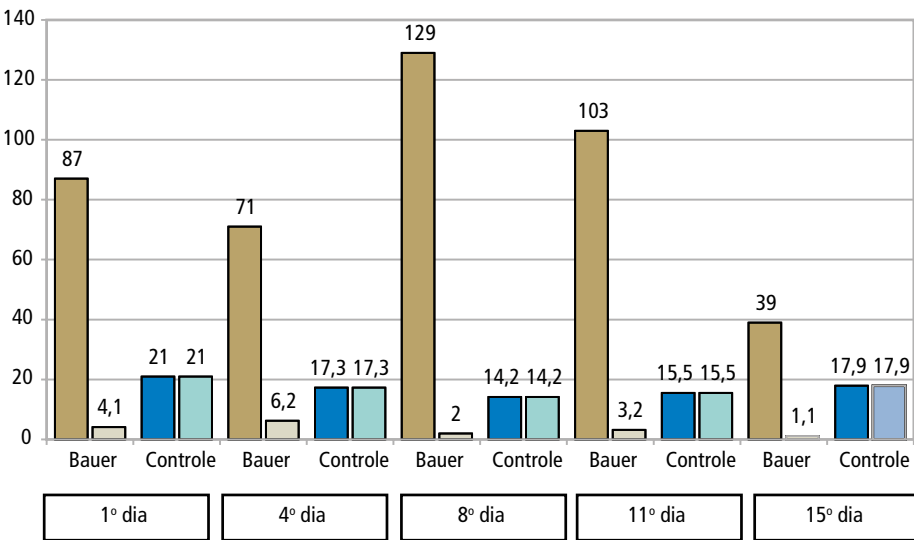
Por fim, a condutividade durante os dias analisados tem valores de entrada próximos aos obtidos pelo canal de controle, com exceção do primeiro e quarto dia de testes, e agressiva alta nos valores de saída da empresa. A razão do aumento significativo se deve à própria tecnologia aplicada, já que ela utiliza padrões de corrente elétrica contínuos no processo de despoluição.

Assim é que os valores máximos e mínimos de condutividade de entrada no canal foram de 629 μ S/cm e 258 μ S/cm e os de saída foram

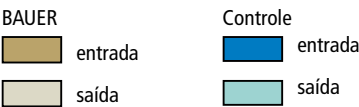
1995 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 924 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores máximo e mínimo de condutividade registrados no gráfico a seguir aconteceram durante o oitavo e primeiro dia de testes, com aumentos respectivos de 491,1% e 99%, em relação aos valores de entrada obtidos.

Veja a seguir os resultados obtidos pela aplicação dos sistemas EOR e INJUVO para os outros parâmetros avaliados:

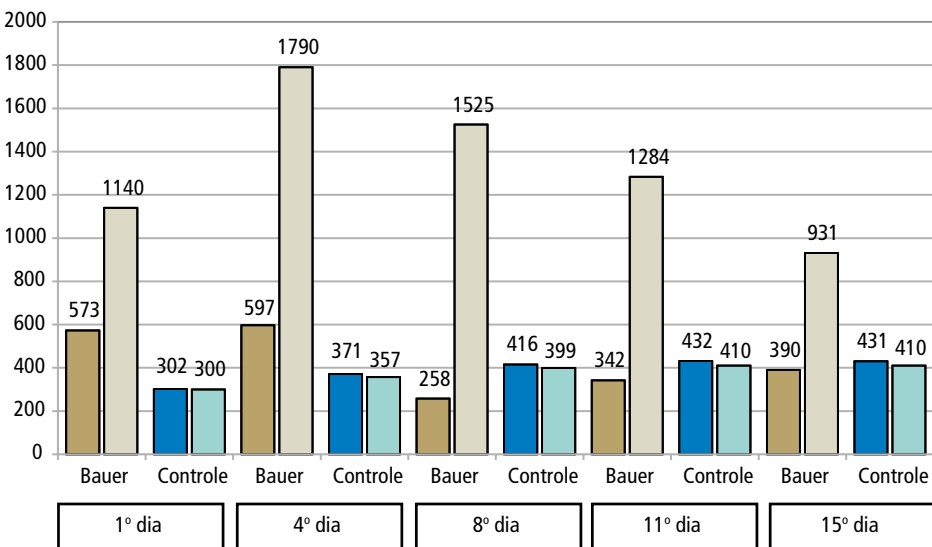
Turbidez (NTU)

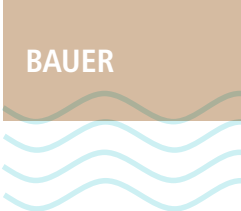


Legenda



Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)





BAUER

Parâmetros	Efeito
Nitrogênio Amoniacal	Redução média de 28,8%
Nitrito	Sem alterações significativas
Nitrato	Sem alterações significativas
Nitrogênio Orgânico	Redução média de 65,14%
Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)	Redução média de 42,01%
Fósforo	Redução média de 95,23%
<i>Escherichia coli</i>	Reduções exponenciais (de 10 ⁶ e 10 ⁴ para 10 ¹ e 10 ⁻¹ em valores máximos e mínimos)
Carbono Orgânico Total	Redução média de 87,83%
Sulfeto	100% de remoção
Toxicidade	Resultado não considerado pela SMA
Sólidos Suspensos Totais	Aumento médio de 41,3%
Sólidos Suspensos Fixos	Aumento médio de 96,5%
Sólidos Suspensos Voláteis	Redução média de 53,4%
Sólidos Dissolvidos Fixos	Aumento médio de 157,1%
Sólidos Dissolvidos Voláteis	Redução média de 33,9%
Sólidos Dissolvidos Totais	Aumento médio de 144,6%
Sólidos Totais Fixos	Aumento médio de 141,5%
Sólidos Totais Voláteis	Redução média de 59,9%
Sólidos Totais	Aumento médio de 222,3%
Sólidos Sedimentáveis	Sem alterações significativas
Surfactantes	Redução média de 71,28%

Ainda que a empresa tenha apresentado os resultados que obteve em todas as análises, os resultados analíticos para o parâmetro toxicidade MICROTOX® não serão considerados na avaliação dos resultados. Isso porque a empresa responsável pelas análises laboratoriais ainda não havia completado seu processo de acreditação no INMETRO quando da realização dos testes.

Em termos bacteriológicos, as reduções foram significativas, e isto deve ser atribuído à desinfecção por radiação ultravioleta.

O relatório técnico entregue à SMA foi elaborado de forma muito simplista, sem uma melhor interpretação dos resultados.

Para quantificar os sólidos segregados, foi realizado o balanço de massa baseado na leitura das vazões de água bruta e tratada do volume de lodos segregados. O registro e segregação de lodos foram realizados no último dia de operação do sistema, depois de encerradas as últimas amostragens laboratoriais, por um período de vinte e duas horas ininterruptas. Nesse período, foi segregado, com auxílio de raspador mecânico, um quan-

titativo de 15 L de lodo, com teor de umidade bastante elevado, resultando na geração de 5,16 L de lodo úmido por metro cúbico de efluente tratado, com a limitação de emprego do raspador eletrônico.

Adicionalmente, a empresa gerou boletim laboratorial com resultados analíticos do lodo para metais pesados, alguns orgânicos aromáticos e microbiológico, porém esses resultados não foram considerados, uma vez que não há informações de que o laboratório responsável pelas análises seja acreditado pelo INMETRO.

H.4 – Conclusão

A tecnologia testada promoveu melhorias nas águas do canal Pinheiros reduzindo concentrações de diversos contaminantes, como demonstram os resultados analíticos. Durante todo o período de testes os limites estabelecidos para classe 4 foram atendidos. É importante destacar que a tecnologia testada mostrou baixa eficiência para remoção de nitrogênio e ocasionou aumento nas concentrações de sólidos, indicando que a etapa de remoção, que foi feita por flotação, não foi eficiente, situação que também compromete o cálculo de sólidos removidos com o emprego de um raspador mecânico. Há que se destacar também que o aumento das concentrações de sólidos, notadamente os dissolvidos, e sua natureza iônica, determinaram valores elevados na condutividade da água de saída do canal.



15 Considerações finais

A iniciativa da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos parceiros que compõem o Grupo de Trabalho (CETESB, EMAE, SABESP, FSP/CEAP, IPT e Associação Águas Claras do Rio Pinheiros) foi exitosa e demonstrou que existe tecnologia disponível para melhorar a qualidade das águas do canal Pinheiros.

O mercado de consultoria e de projetos, percebendo a rara oportunidade de apresentar e testar suas tecnologias em escala piloto, respondeu ao chamamento e apresentou alternativas diversificadas e viáveis tecnicamente, cada uma delas com a sua efetividade. Houve, ao longo de todo o processo, elevado nível de profissionalismo, qualidade técnica e comprometimento de todos os participantes públicos e privados.

Este relatório, que apenas sumariza e interpreta os resultados das tecnologias testadas, destaca que todas, em maior ou menor escala, promoveram melhorias na qualidade das águas desse importante curso de água da cidade de São Paulo.

Obviamente que há necessidade de ajustes, pois em se tratando de estudo realizado em escala piloto, algumas características, como insolação intensa, profundidade e vazão do canal e o regime de operação, diferem da escala real. A intensa proliferação de algas que foi verificada ao longo dos dias de realização dos testes no canal experimental da CETESB, utilizado como referência por não ter sofrido qualquer tipo de tratamento, provocou variações no oxigênio dissolvido e no pH das águas daquele canal. Portanto, alguns dos resultados obtidos em todos os canais experimentais, podem ter sido influenciados pelo processo de eutrofização, não usual nas condições do rio Pinheiros.

A maior parte das tecnologias testadas alcançou bons resultados, alguns excelentes, de redução da turbidez, o que pode trazer melhora estética e, mesmo ao favorecer processos de geração de algas, permitir vida no rio.

A transposição desses resultados e de algumas dessas tecnologias para o próprio canal do rio Pinheiros deverá levar em consideração que, em determinados dias do ano, a reversão do canal Pinheiros para controle de cheias é uma peculiaridade que modifica bastante a qualidade dessas águas e a sua velocidade de transporte.

No que se refere aos principais poluentes oriundos de esgoto doméstico, fósforo e nitrogênio, também há resultados animadores em algumas das tecnologias. Já a toxicidade presente nas águas, foi reduzida em todos os canais experimentais.



Participantes	Tecnologia	Oxigênio Dissolvido na Água <i>Indica condição para vida aquática</i>	Sulfeto <i>Indica potencial de emissão de odores desagradáveis</i>
BAUER	Eletrocoagulação	Aumento em 100% das amostras	Redução de 100%
BERACA	Biológico (bactéria e fungo)	Aumento em 34% das amostras	Redução de 100%
SUPERBAC	Biológico (bactéria)	Aumento em 42% das amostras	Redução de 100%
DT ENGENHARIA	Flotação	Aumento em 100% das amostras	Redução de 100%
ENGEFORM	Biológico (enzimas e surfactantes)	Aumento em 100% das amostras	Redução de 95%
EVONIK	Oxidação	Aumento em 66% das amostras	Redução de 100%

As vazões nesse rio variam imensamente, podendo chegar a 8m³/s nas épocas de seca e até a 400m³/s quando, nas chuvas, recebe as águas do rio Tietê. Esse fato pode ser profundamente perturbador para a aplicação de algumas dessas tecnologias. Por outro lado, os córregos que são afluentes do rio Pinheiros, e que o alimentam com as suas águas poluídas, têm vazões bem mais constantes, e podem apresentar boas oportunidades para as primeiras aplicações em escala real.

Por fim, ainda que os testes tenham sido realizados ao longo de apenas dois meses, e em ambiente controlado, seus resultados são profundamente otimistas. A carga orgânica remanescente na água restou significativamente, ainda que a presença de oxigênio e a redução de poluentes tenha sido expressiva. Mas, o fato mais interessante é que todas as tecnologias apresentadas foram capazes de quebrar o ciclo de anoxia, ou seja, foram capazes de restabelecer a capacidade de autodepuração das águas, hoje totalmente comprometida pela pequena quantidade de água no rio, em face da carga poluidora que recebe.



Surfactante <i>Indica possibilidade de formação de espuma</i>	Sólidos Suspensos <i>Indica possibilidade de assoreamento</i>	Fósforo e Nitrogênio <i>Indica nutrientes que provocam crescimento de algas</i>	Geração de Lodo
Redução de 72%	Aumento	Redução de 95% de fósforo e 30% de nitrogênio amoniacal	Sim
Redução de 80%	Sem alteração	Redução de 60% de fósforo	Não
Redução de 82%	Redução de 51%	Redução de 32% de fósforo e 30% de nitrogênio amoniacal	Não
Redução de 90%	Redução de 71,5% na flotação com ar ambiente e redução de 73,6% com a aplicação de O ₂	Redução de 92% de fósforo e 50% de nitrogênio amoniacal	Sim
Redução de 69%	Redução de 71%	Redução de 58% de nitrogênio amoniacal	Não
Sem informações	Sem alteração	Redução de 30% de nitrogênio amoniacal	Não

Várias delas foram capazes de reduzir muito significativamente a presença de sulfetos, que são os responsáveis pelo odor característico e desagradável que frequentemente emana do rio.

Há fortes indicações de que o consorciamento de tecnologias, seja estas que aqui se apresentaram e ainda outras que venham a ser interessantes, pode ter efeito de grande valia, potenciador da despoluição. Essa é uma questão que deverá ganhar vulto quando da discussão das estratégias de aplicação dessas tecnologias em escala real.

São indicadores importantíssimos para a tomada de decisão quanto à intervenção direta nesse curso de água, de forma a melhorar de maneira significativa a sua qualidade, ultrapassando as estratégias convencionais e avançando no sentido de estabelecer as bases para intervenções audaciosas e consistentes.

A despoluição das águas do rio Pinheiros, comprovadamente viável do ponto de vista tecnológico, é uma das etapas necessárias para a revita-

lização da bacia. É interessante que os próximos passos para o processo de despoluição sejam definidos na escala da bacia hidrográfica.

A avaliação do padrão de contribuição de carga poluidora de cada um dos córregos é critério interessante para que se defina ajustes e combinações de tecnologias que apresentem a maior capacidade de atender às demandas específicas, ou seja, diminuir significativamente a concentração de substâncias encontradas excessivamente nesses cursos hídricos.

A aplicação de qualquer tecnologia, seja no rio Pinheiros, seja em seus córregos afluentes estará sempre na dependência de outras variáveis, tais como a viabilidade econômica, a adequação paisagística na cidade, e disponibilidade do espaço que seja necessário para a implantação, operação e manutenção das estruturas responsáveis pela aplicação dos testes nesta nova escala.

Cabe, por fim, reiterar que a despoluição das águas dos rios, com o uso de tecnologias do padrão das aqui apresentadas e discutidas, é necessária porque, ainda que as estratégias sanitárias adotadas no Brasil tenham como foco a separação universal de esgotos e da drenagem de águas pluviais, temos, de fato, sistemas unitários. Não temos, no entanto, operado esses sistemas como tal, e em muitos locais essa necessidade se impõe, seja porque o horizonte das obras de urbanização de áreas de ocupação irregular é de médio prazo, seja porque as cargas difusas nos grandes centros urbanos o exigem.

Esse entendimento não implica, em nenhum momento, no pressuposto da minimização dos esforços para a redução dos aportes de cargas poluidoras, sejam elas provenientes de esgotos domésticos, cargas difusas, poluição industrial, resíduos sólidos, o que seja.

Para isso, obras de reurbanização e de implantação de infraestrutura sanitária, urbanização de áreas degradadas, criação de novas áreas permeáveis, sistemas de contenção, reservação e tratamento de cargas difusas ao longo da bacia também são consideradas ações essenciais para a despoluição do rio Pinheiros.

O ambicioso, mas factível, objetivo de revitalização da bacia somente será alcançado com a articulação da atuação dos diversos órgãos públicos e diferentes esferas de poder, investidores, e da sociedade civil organizada. A realização dos testes aqui destacados e a continuidade desse processo representa um passo sólido, significativo e importante para a definição de novas estratégias.





águas claras do
Rio Pinheiros
vivo, querido, nosso!



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO