

**APRESENTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA
REGIÃO DO ALTO TIETÊ E RESULTADOS PRELIMINARES OBTIDOS PARA A
AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ADVINDOS DA
2ª ETAPA DO PROJETO TIETÊ**

Nilson Edson Castello¹; Roberta Baptista Rodrigues²; Carlos Percinotti³;
Carlos Henrique Aranha⁴; Augusto Siqueira Bueno Neto⁵ & Julio Coelho Neto⁶

Resumo - No Estado de São Paulo (Brasil), para o Rio Tietê, na região compreendida entre os municípios de Mogi das Cruzes e Pirapora, foi criado o plano de monitoramento da qualidade das águas da região do Alto Tietê. Esse plano foi criado com o *objetivo de medir os impactos na qualidade das águas advindos da melhoria da infra-estrutura sanitária previstas na segunda etapa do Projeto Tietê*. O Projeto Tietê foi criado pelo Governo do Estado de São Paulo com o apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), no qual coube à Sabesp o papel de minimizar a poluição gerada pelos esgotos na região do Alto Tietê. A primeira etapa de obras já foi concluída e a segunda, que teve o seu início em 2002, tem como data prevista de conclusão o ano de 2005. O monitoramento propiciará entendimento, informação e prognósticos da qualidade das águas na região. A rede de monitoramento consta de 30 pontos e foi elaborada com a peculiaridade dos dados de vazão serem obtidos concomitantemente ao processo de coleta das amostras de qualidade das águas, fornecendo subsídios para o cálculo das cargas de poluentes veiculadas no rio Tietê e seus principais tributários.

Abstract - In the segment of the River Tiete, situated between Mogi das Cruzes and Pirapora districts, in the State of São Paulo State (Brazil), it was created a quality water monitoring plan to evaluate the environmental impact of the wastewater treatment plants upgrade, made in the second stage of the Tiete Project. This project was created by the Government of the State of São Paulo with financial support of the Inter-American Development Bank (IDB) and has been conducted by

¹ Coordenador da Equipe de Planejamento do Projeto Tietê TGP-SABESP, Engenheiro Civil (EESC-USP), Especialista em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental (FSP-USP), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Av. do Estado, 561, São Paulo – SP, e-mail: necastello@sabesp.com.br, telefone: (11) 3388-6035.

² Consultora, Mestre e Doutoranda em Recursos Hídricos pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, e-mail: rbr@usp.br, telefone: (11) 3482-1032.

³ Gerente Técnico da Estática Engenharia de Projetos, Engenheiro Civil (EESC-USP), Rua Dr. Cândido Espinheira, 143, São Paulo – SP, e-mail: estatica@estatica.com.br, telefone: (11) 3826-3555.

⁴ Diretor da Prime Engenharia, Engenheiro Civil (POLI-USP), Mestre em Recursos Hídricos (POLI-USP).

⁵ Consultor na área de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Engenheiro Civil (POLI-USP).

⁶ Programador Pleno da Estática Engenharia de Projetos, Graduando em Engenharia Ambiental pela Faculdade Oswaldo Cruz.

the Sanitation Company of the State of São Paulo (SABESP), in order to reduce the pollution effects of the wastewater generated in this region. The first stage has already been concluded and the second stage was initiated in 2002 and the conclusion is expected for 2005. This monitoring plan will be used to understand, to inform and to forecast the water quality in this region and it will have 30 monitoring points to measure, in the same time, the flows and the water quality parameters, in order to assess the load pollutant of the River Tiete and its other inflows.

Palavras-chave - Projeto Tietê, Monitoramento e Qualidade da Água.

INTRODUÇÃO

O Governo do Estado de São Paulo, através da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), vem apoiando a recuperação da qualidade das águas do Rio Tietê, na região do Alto Tietê, desde 1992, através de medidas estruturais e não-estruturais, compreendidas dentro do chamado Projeto Tietê.

As medidas estruturais consistem na implantação de sistemas de coleta de esgotos, assim como no tratamento dos mesmos através da ampliação das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). As medidas não-estruturais estão apoiadas no processo de educação ambiental, cuja atribuição foi delegada à organização não-governamental SOS Mata Atlântica.

O Projeto Tietê foi dividido em etapas. A primeira etapa de obras já foi concluída e teve o seu início em 1992, a segunda etapa foi iniciada em 2002 e tem como data prevista de término o ano de 2005. Na segunda etapa do Projeto Tietê foi criado o programa de monitoramento da qualidade das águas do Alto Tietê.

O plano de monitoramento da qualidade das águas do Alto Tietê tem como objetivos:

- a) Monitorar a qualidade das águas ao longo do desenvolvimento das obras contempladas na segunda etapa do Projeto Tietê;
- b) Contribuir para o maior entendimento do sistema hídrico monitorado, nos aspectos físicos, químicos e biológicos, e a interação entre os mesmos;
- c) Quantificar as cargas retiradas dos rios e córregos monitorados;
- d) Fornecer prognósticos da qualidade das águas para etapas futuras, através de retirada e tratamento de esgotos previstos em projeto, tendo como ferramenta de auxílio o modelo de qualidade das águas Qual2e (Brown e Barnwell, 1987), calibrado e validado com o subsídio dos dados da rede de monitoramento;
- e) Fornecer análises estatísticas e de tendências dos dados monitorados, para auxiliar na compreensão do sistema e divulgação pública.

O entendimento dos processos que interferem na qualidade das águas do Rio Tietê e de seus afluentes, o fornecimento de prognósticos e de análises estatísticas e de tendências, requer o monitoramento constante e sistemático de suas águas, assim como um corpo técnico especializado para manuseio e interpretação dos resultados obtidos. Para desenvolvimento destas atividades foi contratada, pela Sabesp, a empresa Estática Engenharia de Projetos, que vem desenvolvendo esses trabalhos desde 2002.

Este artigo tem como objetivo apresentar a metodologia adotada para o monitoramento da qualidade das águas do Alto Tietê, assim como uma parte dos resultados obtidos até o momento. Parte dos resultados obtidos gerou informações para um melhor entendimento a respeito do funcionamento do sistema, a outra parte dos resultados requer uma quantidade maior de dados para posterior interpretação.

Devido à falta de espaço, neste artigo, serão abordadas as variáveis Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Kjeldahl, Nitrito, Nitrato e Fósforo Orgânico, quando julgado necessário para melhor compreensão do texto.

METODOLOGIA

O plano de monitoramento da qualidade das águas no Alto Tietê abrange a bacia desde o município de Mogi das Cruzes até a jusante da Barragem de Pirapora, cobrindo uma extensão de aproximadamente 144 km. É prevista a realização de quatro campanhas por ano, caracterizando regimes distintos de vazões, com medidas realizadas aproximadamente de quatro em quatro horas, totalizando seis medições diárias, dentro de um intervalo de tempo de vinte e quatro horas. As medidas de vazão são programadas para não sofrerem a interferência de eventos de chuvas em dias anteriores a realização das mesmas. Este cuidado é tomado para evitar a quantificação de cargas provenientes de origem difusa.

Com o objetivo de quantificar a carga de poluentes presente no Rio Tietê e sua retirada através de medidas estruturais contempladas e a serem contempladas no Projeto Tietê, coletas de amostras e medidas de vazão são realizadas concomitantemente. A rede de monitoramento é composta por 30 pontos de monitoramento. Abaixo é apresentada a relação dos pontos monitorados.

- **Rio Tietê:** quatorze pontos, desde a captação para o sistema de abastecimento do município de Mogi das Cruzes, até o núcleo urbano de Pirapora do Bom Jesus a jusante da barragem do Reservatório de Pirapora, totalizando um trecho de aproximadamente 144 km;
- **Rio Pinheiros:** quatro pontos ao longo de sua extensão;
- **Rio Tamanduateí:** três pontos, desde a divisa dos municípios de São Caetano do Sul e Santo André até sua foz no Rio Tietê, e um ponto no córrego dos Meninos, seu principal tributário;

Tecnológico de Hidráulica (CTH). Nos pontos TI-12, TI-13 e TI-14, as vazões são calculadas com base em balanços realizados com valores conhecidos.

Os resultados obtidos são apresentados e analisados nos itens seguintes, com descrição dos seguintes aspectos:

- Situação hidrológica;
- Identificação de comportamentos cíclicos nos perfis diários de concentração e carga poluidora, levantados para os pontos monitorados;
- Análise dos perfis longitudinais de vazão, concentração e carga poluidora para o Rio Tietê;
- Análise comparativa da contribuição de vazão, concentração e carga de DBO entre os principais tributários dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí.

A rede de monitoramento estabelecida pode sofrer modificações no decorrer do projeto, através de critérios e justificativas, de forma que auxiliem no atendimento dos objetivos do projeto. Estas modificações podem estar associadas à frequência, parâmetros a serem analisados, localização e córregos e rios monitorados.

Com base nas análises acima descritas são tecidas considerações e as principais conclusões do trabalho realizado até o momento.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos, depois de analisados e consolidados, são publicados na página da Sabesp na Internet, no seguinte endereço:

http://www.sabesp.com.br/o_que_fazemos/projetos_especiais/acao_ambientais/proj_tiete.htm#

Para as três campanhas monitoradas até o presente momento, neste artigo, são apresentados valores médios de concentração e carga nos pontos monitorados ao longo do Rio Tietê, no trecho compreendido entre o município de Mogi das Cruzes e a jusante da Barragem de Pirapora, e nos pontos localizados na foz dos afluentes monitorados. A primeira campanha de monitoramento foi realizada entre os dias vinte e três de julho a sete de agosto de 2002, a segunda campanha foi realizada entre os dias vinte e sete de novembro a onze de dezembro, já a terceira campanha foi realizada no período de vinte e cinco de fevereiro a doze de março de 2003.

Situação Hidrológica

A segunda e a terceira campanha de monitoramento, realizadas entre os meses de novembro e dezembro de 2002 e fevereiro e março de 2003, são representativas de uma situação hidrológica de vazões superiores às dos meses de realização da primeira campanha, meses de julho e agosto,

apresentando semelhanças de valores entre si. A Figura 2 apresenta perfis de vazão no Rio Tietê relacionados os pontos da rede de monitoramento.

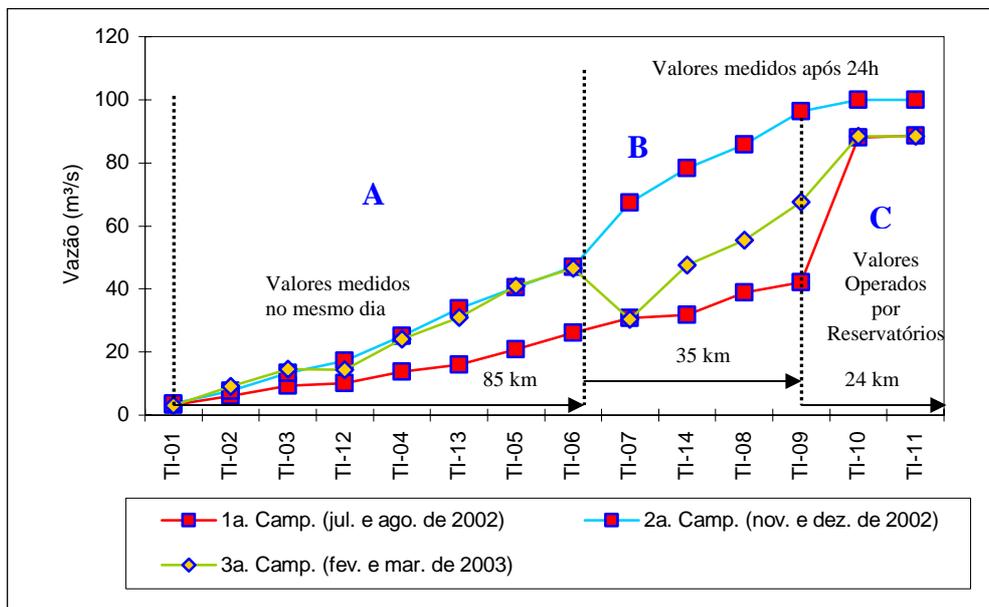


Figura 2 – Perfis longitudinais de vazões no Rio Tietê

Nos meses de realização das campanhas dois e três, meses de novembro e dezembro e fevereiro e março, verifica-se um maior índice pluviométrico na região com relação aos meses de realização da primeira campanha, novembro e dezembro. Na Figura 2, para a Campanha 1, verifica-se um valor médio inicial de vazão de $3,26 \text{ m}^3/\text{s}$, com incrementos de médios por ponto, até a jusante do Rio Cotia (TI-08), de $3,55 \text{ m}^3/\text{s}$, chegando no ponto TI-08 com uma vazão de $38,77 \text{ m}^3/\text{s}$ e com um vazão de descarga nas barragens de Edgard de Souza (TI-09) e Pirapora (TI-10 e TI-11) de $42,00 \text{ m}^3/\text{s}$ e $88,33 \text{ m}^3/\text{s}$.

Na segunda e na terceira campanhas de monitoramento, no trecho entre o município de Mogi das Cruzes (TI-01) e a montante do Rio Tamanduateí (TI-06), trecho A da Figura 2, as vazões medidas foram muito semelhantes com valores médios de $3,41$ a $46,78 \text{ m}^3/\text{s}$. A partir do trecho B da mesma figura, para as três campanhas monitoradas, as medidas de vazão foram realizadas após 24 horas com relação ao trecho A devido à logística de disposição das equipes de medição em campo. Logo, para as campanhas um e dois houve uma pequena descontinuidade nos perfis de vazão no trecho B com relação ao trecho A, já para a terceira campanha esta descontinuidade foi bastante acentuada, da ordem de $16,00 \text{ m}^3/\text{s}$. Para a terceira campanha esta descontinuidade está associada à operação da Barragem da Penha, localizada a montante do ponto TI-07. Apesar da descontinuidade do perfil de vazão da terceira campanha, verifica-se uma semelhança grande entre as curvas de vazão no trecho, cujo acréscimo médio de vazão entre os pontos é de $14,30 \text{ m}^3/\text{s}$. Ressalta-se que

nos pontos representados no trecho C da Figura 2 (pontos TI-09, TI-10 e TI-11), valores de vazão são obtidos mediante a política de operação dos reservatórios de Edgard de Souza e Pirapora.

A Figura 3 apresenta a vazão média nos principais rios e córregos monitorados na região do Alto Tietê, para as campanhas 1, 2 e 3.

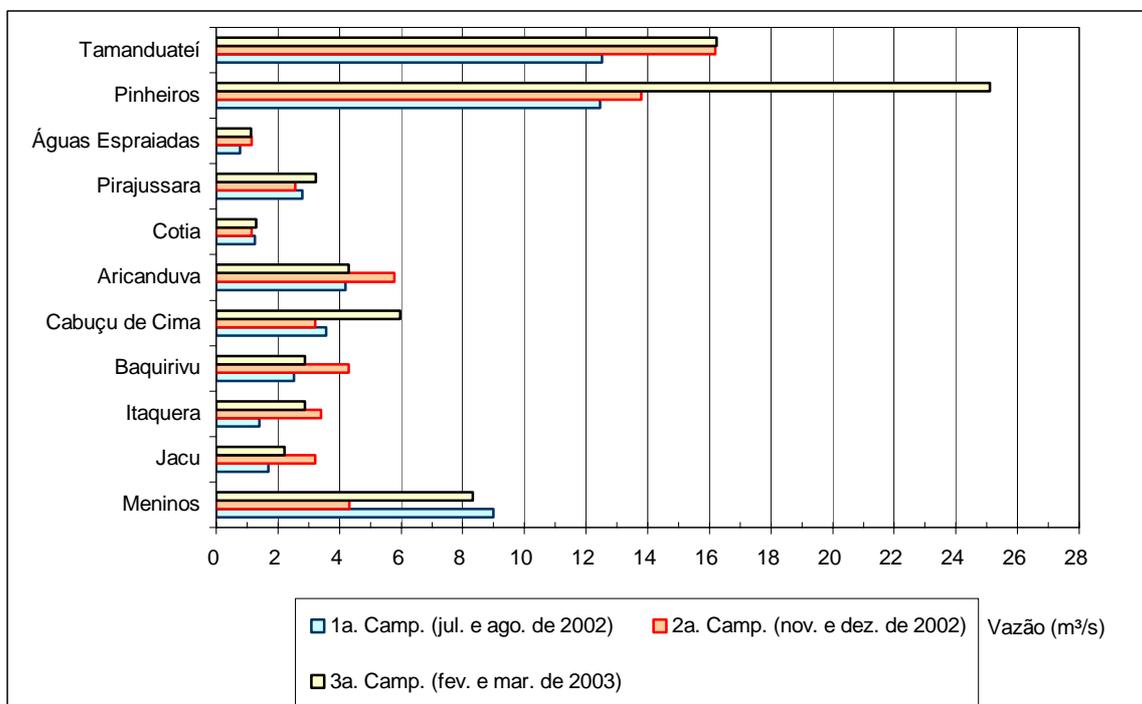


Figura 3 - Vazões médias nos principais rios e córregos monitorados na região do Alto Tietê

Nos dois principais tributários do Rio Tietê, na região do Alto Tietê, ou seja, rios Tamanduaté e Pinheiros, verificaram-se as maiores contribuições de vazão, com valores médios entre campanhas de 14,98 e 17,12 m³/s.

A vazão no canal do Rio Pinheiros está vinculada à operação das estruturas hidráulicas existentes (Usina de Traição e Estrutura de Retiro), não apresentando uma relação definida entre os pontos monitorados. A contribuição de vazão do Rio Pinheiros para o Rio Tietê está vinculada às liberações da Estrutura de Retiro (ponto PI-01), que apresenta regime bastante variável num mesmo dia (em geral, entre 2 a 20 m³/s).

Ciclos Diários

Os ciclos diários de descargas de esgotos domésticos em rios são caracterizados por um comportamento cíclico diário nos perfis de vazão, concentração e carga de DBO, associado à produção diária de esgotos (com ascensão pela manhã, pico ao longo do dia, e decréscimo à noite e madrugada). Como a principal fonte de poluição dos rios e córregos monitorados é esgoto doméstico e esse poluente tem claramente definido um ciclo diário de produção, o objetivo é

verificar qual a influência desses ciclos na qualidade das águas ao longo do dia e avaliar corretamente a aporte médio diário de carga.

Em rios pouco caudalosos e de menor extensão, assim como em córregos, que receberam significativa carga poluidora, é mais comum a identificação da influência dos ciclos diários de esgoto, devido ao tempo de resposta mais rápido do corpo d'água para lançamentos. Isto pôde ser verificado nos córregos e rios monitorados como, por exemplo, os córregos Águas Espraidas, Pirajussara, Meninos e Jacu.

Em rios, como o Rio Tietê, de grande extensão e com um regime de vazão de valor expressivo, ciclos diários são mais fáceis de serem identificados nas proximidades da cabeceira. Com o afastamento da cabeceira e o aporte de várias contribuições que chegam ao rio principal em momentos diferentes do ciclo, passam a ocorrer à neutralização e a homogeneização dos mesmos, descaracterizando a identificação de ciclos diários.

No Rio Tietê, nos pontos monitorados mais próximos da cabeceira, TI-01 e TI-02, observou-se uma variação cíclica ao longo do dia para os valores de concentrações e de cargas de DBO e DQO. Nesses pontos, observou-se ascensão pela manhã, pico no meio do dia e decréscimo durante a noite e madrugada, associadas a um padrão diário de produção de esgotos.

A qualidade das águas dos pontos TI-01 e TI-02, monitorados no Rio Tietê, recebem influência do lançamento dos esgotos dos municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim.

No Rio Tietê, as oscilações diárias de carga estão mais associadas à variação de concentração, visto que a vazão ao longo do rio, em geral, manteve-se em níveis pouco variáveis.

Na bacia do Rio Tamanduateí, observa-se um comportamento cíclico diário nos perfis de concentração e carga de DBO, associado à produção diária de esgotos nos pontos localizados nas proximidades da cabeceira do rio, TI-03 e TI-02, assim como no seu afluente córrego Meninos. Isso indica que o aporte de esgotos domésticos é significativo nessa bacia, além da expressiva carga industrial comprovada pela relação DQO/DBO que é em média de 3,27 (contra 2,32, no Rio Pinheiros e 2,25, no Rio Tietê), entre as campanhas monitoradas.

Ao longo do Rio Pinheiros, não se observa comportamentos cíclicos nos perfis diários de concentrações de DBO e DQO levantados nos quatro pontos monitorados, cujos valores pouco se alteram ao longo do dia. O perfil diário de vazão está condicionado à operação das estruturas hidráulicas existentes no canal (Usina de Traição e Estrutura de Retiro), apresentando-se bastante variável ao longo do dia, sem um regime definido.

Concentrações de Poluentes

Para os parâmetros monitorados, em geral, observa-se a tendência de aumento da concentração dos poluentes ao longo do eixo longitudinal do Rio Tietê até o ponto TI-08. A partir do ponto TI-08 o processo natural de autodepuração prevalece sobre a entrada de cargas no sistema, sobretudo nos reservatórios.

A Figura 4 apresenta os perfis longitudinais de concentração de OD ao longo do Rio Tietê para as campanhas 1, 2 e 3.

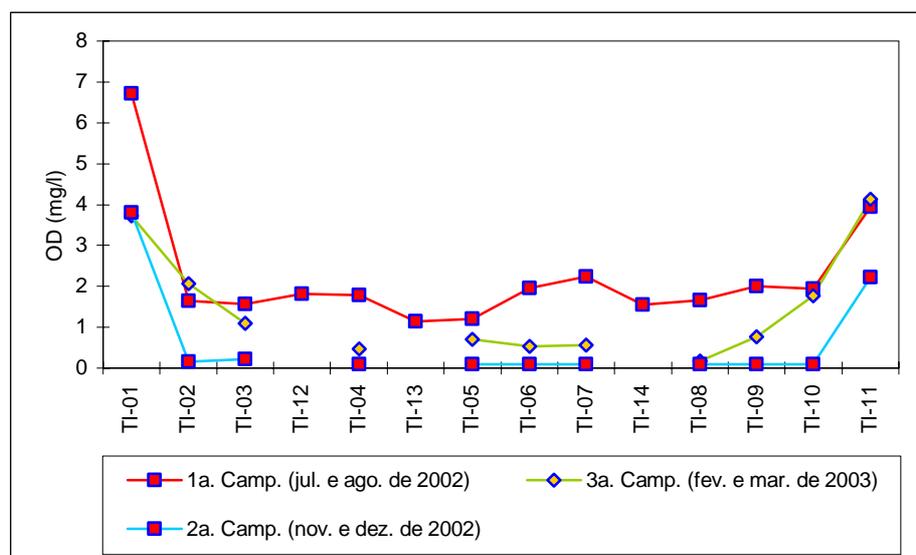


Figura 4 – Perfis de concentração de OD no Rio Tietê

No Rio Tietê o parâmetro OD possui maior valor nos pontos TI-01 e no ponto localizado a jusante da Barragem de Pirapora (TI-11). Consta-se que o maior valor de OD no ponto TI-01 deve-se à baixa concentração de DBO, associada a lançamentos de pouca expressão a montante do mesmo, diante do regime de vazão monitorado no ponto. No ponto TI-02 pode-se observar que a capacidade assimilativa do rio é superada pelo processo intenso de degradação da matéria orgânica, ocasionando o consumo expressivo de oxigênio dissolvido. Esta situação prevalece ao longo de todo o trecho de jusante do Rio Tietê, apresentando sinais de ascensão a jusante da Barragem de Pirapora (TI-11).

O ponto TI-11, apesar da melhora da qualidade das águas nos reservatórios devido a maior influência do processo de autodepuração, ainda possui uma alta concentração de DBO, não justificando a concentração de OD para padrões médios de velocidade no Rio Tietê (0,3 m/s). Logo, constata-se que o aumento da concentração de OD deve-se principalmente ao processo de turbulência da água ocorrido na passagem da estrutura de descarga da barragem.

Os valores médios de OD nos demais pontos monitorados foram, para a Campanha 1, de 1,71 mg/l, já para a segunda e terceira campanhas o valor foi de 0,12 mg/l e 1,45 mg/l.

Devido ao fato de valores de OD na primeira campanha estarem associados a um regime de vazão mais restritivo, ou seja, menor - o que induz a uma situação mais crítica na qualidade das águas diante de um mesmo aporte de cargas, através da menor diluição do poluente e de uma menor velocidade do corpo hídrico -, a discrepância de valores entre a primeira e a segunda campanha de monitoramento pode estar associada ao método de medição de oxigênio utilizado na primeira campanha, assim como a uma temperatura média de menor valor ocorrido entre os meses de julho a agosto, o que diminui a velocidade das reações no meio líquido e a solubilidade dos gases. Este fato pode também estar associado a processos e interferências não diagnosticadas, logo, será avaliado melhor com a realização das próximas campanhas através de uma quantidade maior de dados.

Na Campanha 1 para medição do oxigênio dissolvido foi utilizado em campo o método eletrométrico, através da utilização do aparelho oxímetro. A opção pelo método eletrométrico foi feita devido ao grande número de amostras coletadas em campo (seis por ponto), ao intervalo de coleta entre as mesmas (quatro horas) e ao tempo de preservação das mesmas (6 horas). Devido a suspeita dos valores de OD da Campanha 1 terem sido superestimados, através de uma análise comparativa de dados de OD da rede de monitoramento da CETESB para os pontos coincidentes monitorados, a partir da segunda campanha foi adotado o método químico conhecido como método de *Winkler*, de acordo com as diretrizes do guia *Standard Methods*.

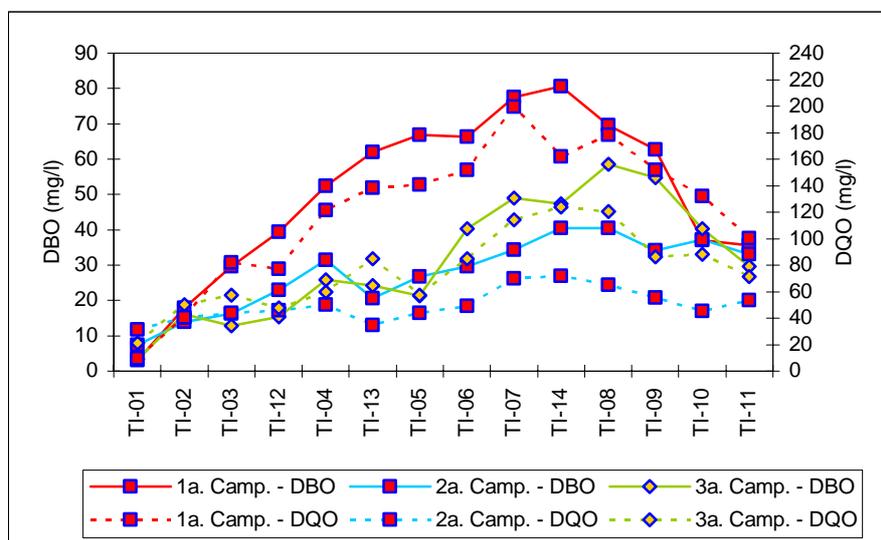


Figura 5 – Perfis longitudinais de concentração de DBO e DQO no Rio Tietê

A Figura 5 apresenta perfis longitudinais de concentrações de DBO e DQO nas campanhas um e dois monitoradas. Nele observa-se o aumento crescente das concentrações de DBO, do primeiro ponto da rede (TI-01) ao ponto de montante da ETE Barueri. A partir do ponto TI-08, ocorre um decréscimo na concentração de DBO até a jusante da Barragem de Pirapora, indicando

que os processos de autodepuração superam o aporte de cargas. Esse fenômeno fica mais evidente no trecho dos reservatórios Edgard de Souza e Pirapora, onde os processos de sedimentação, diluição e dispersão são mais significativos. Este processo é verificado melhor na primeira campanha de monitoramento, devido ao menor regime de vazão do Rio Tietê com relação às vazões monitorados a montante e a jusante dos reservatórios de Edgard de Souza e Pirapora. Para as campanhas um e dois de monitoramento, em média, verifica-se uma maior estabilidade nas concentrações de DBO e DQO no trecho entre a ETE Barueri (TI-08) e a jusante da Barragem de Pirapora (TI-11).

No trecho entre os pontos TI-04 e TI-13 tem-se o represamento das águas das águas do Rio Tietê pela Barragem da Penha. Neste trecho verifica-se a presença do Parque Ecológico do Tietê. O represamento propicia uma menor velocidade no trecho gerando uma tendência potencial de uma maior taxa de sedimentação. Isso é observado através das menores concentração e carga de DBO e DQO verificadas na segunda campanha, assim como das menores concentração e carga de DQO para a terceira campanha, para o ponto localizado a jusante da Barragem da Penha (TI-13). Logo, o potencial de abatimento de carga neste trecho deve ser avaliado melhor nas próximas campanhas.

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam perfis de concentração de N-Kjedahl, Nitrito e Nitrato no Rio Tietê.

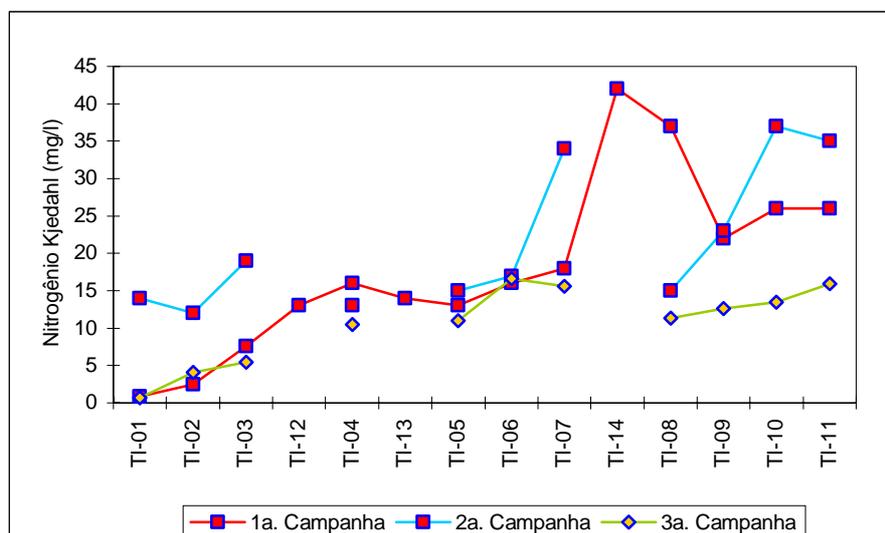


Figura 6 – Perfis longitudinais de concentração de N-Kjedahl no Rio Tietê

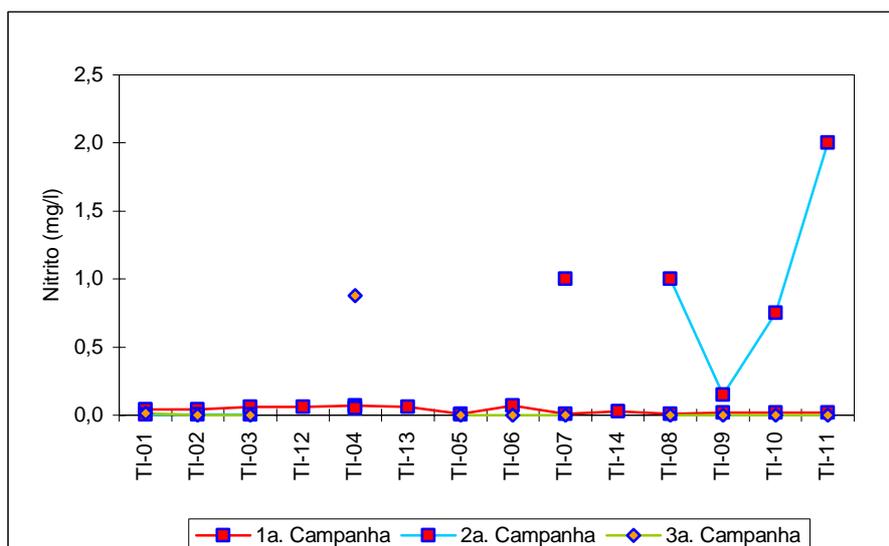


Figura 7 – Perfis longitudinais de concentração de Nitrito no Rio Tietê

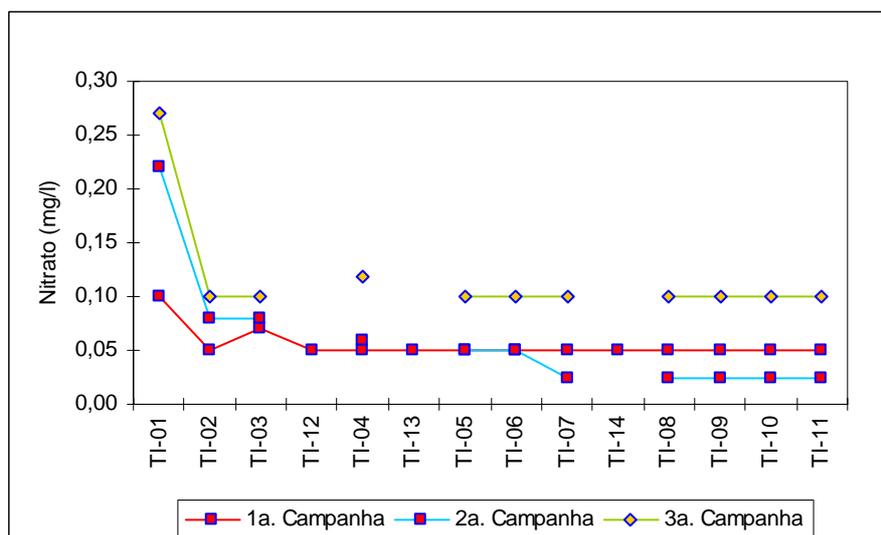


Figura 8 – Perfis longitudinais de concentração de Nitrato no Rio Tietê

Para a série de nitrogênio monitorada verifica-se a elevada concentração de Nitrogênio Kjeldahl e Amoniacal ao longo do Rio Tietê. O cálculo do Nitrogênio Orgânico é resultante da diferença entre o Nitrogênio Kjeldahl e o Nitrogênio Amoniacal. Para os pontos monitorados no Rio Tietê verifica-se que o Nitrogênio Orgânico é 1,3 vezes superior ao Nitrogênio Amoniacal.

A presença elevada de Nitrogênio Orgânico e Amoniacal é caracterizada por lançamentos recentes de esgoto in natura, caracterizando o primeiro estágio de degradação da matéria orgânica (DBO carbonácea) que ocorre quase em sua totalidade entre os primeiros seis dias do processo de degradação, já o segundo estágio de degradação (DBO nitrogenada) ocorre normalmente a partir do sexto dia e é mais lento.

Na Figura 7 verifica-se a baixa concentração de Nitrito, sobretudo no trecho entre o município de Mogi das Cruzes e a montante do Rio Tamanduateí (TI-06). O processo de nitrificação é lento,

sendo iniciado a partir do sexto dia de degradação da matéria orgânica. Considerando o tempo de transito do Rio Tietê no trecho monitorado (em média 5,5 dias) e o estágio de degradação da matéria orgânica no seu aporte ao rio - estando esta na sua grande maioria no estágio orgânico e amoniacal – pode-se deduzir que existe uma presença mais acentuada na forma de nitrogênio oxidada (Nitrito e Nitrato) no Médio Tietê, sobretudo na Barragem de Pirapora.

Normalmente, é difícil encontrar Nitrito em águas naturais porque o Nitrito é oxidado rapidamente a Nitrato. Na Figura 7, para a segunda campanha, verifica-se a presença de Nitrito a partir do ponto de montante da foz do Rio Pinheiros (TI-07), assim como a presença decrescente da concentração de Nitrato (Figura 8) ao longo do mesmo trecho. Devido à baixa concentração de oxigênio dissolvido nas águas pode-se deduzir que a presença de Nitrito é devida ao processo de desnitrificação. O processo de desnitrificação ocorre na ausência de OD e conduz à redução do Nitrato a Nitrito e este posteriormente a Nitrogênio Gasoso (N_2).

A maior concentração de Nitrato no ponto de montante TI-01 pode estar associada a uma maior concentração de OD para oxidação do Nitrito a Nitrato, assim como a uma melhor qualidade das águas de forma a não haver interferências no processo de nitrificação. A presença de concentrações expressivas de certas substâncias poluentes nas águas como, por exemplo, o fenol, pode causar a inibição do processo de nitrificação. O fenol é uma substância proveniente de efluentes industriais.

A Figura 9 apresenta perfis de concentração de Fósforo Orgânico no Rio Tietê.

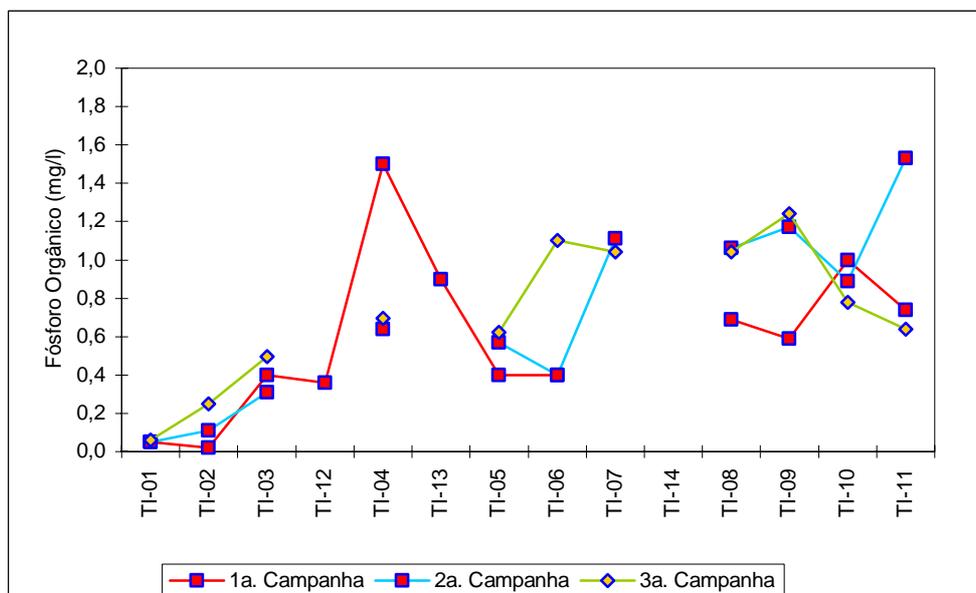


Figura 9 – Perfis longitudinais de concentração de Fósforo Orgânico no Rio Tietê

Pelo fato de lançamentos de esgoto ocorrerem ao longo de todo trecho monitorado do Rio Tietê, verifica-se que os parâmetros monitorados, que melhor representam a entrada de esgoto no rio e que

sofrem efeito acumulativo devido ao seu tempo de degradação do poluente associado ao tempo de transito do rio, possuem dados de concentração ascendente ao longo do eixo longitudinal do rio e muitas vezes proporcional ao seu perfil de vazão como, por exemplos, DBO, Nitrogênio Orgânico e Amoniacal e o Fósforo Total e Orgânico.

O Fósforo em rios é originário de esgotos domésticos - tendo como principal fonte o uso de detergentes - áreas agrícolas e urbanas, e industrias. No Rio Tietê, devido ao grande aporte de esgoto doméstico, constata-se que, na sua grande maioria, a alta concentração de Fósforo é devida ao uso de detergentes domésticos.

Os nutrientes nitrogênio e fósforo desempenham papel fundamental no desenvolvimento do processo de eutrofização em ambientes lânticos. Portanto, os níveis médios extremamente elevados de nitrogênio amoniacal e fósforo total nas águas do Alto Tietê representa um prejuízo à qualidade das águas do Reservatório de Barra Bonita, localizado no Médio Tietê.

A Figura 10 apresenta concentrações de DBO, nas proximidades da foz, para os rios e córregos monitorados.

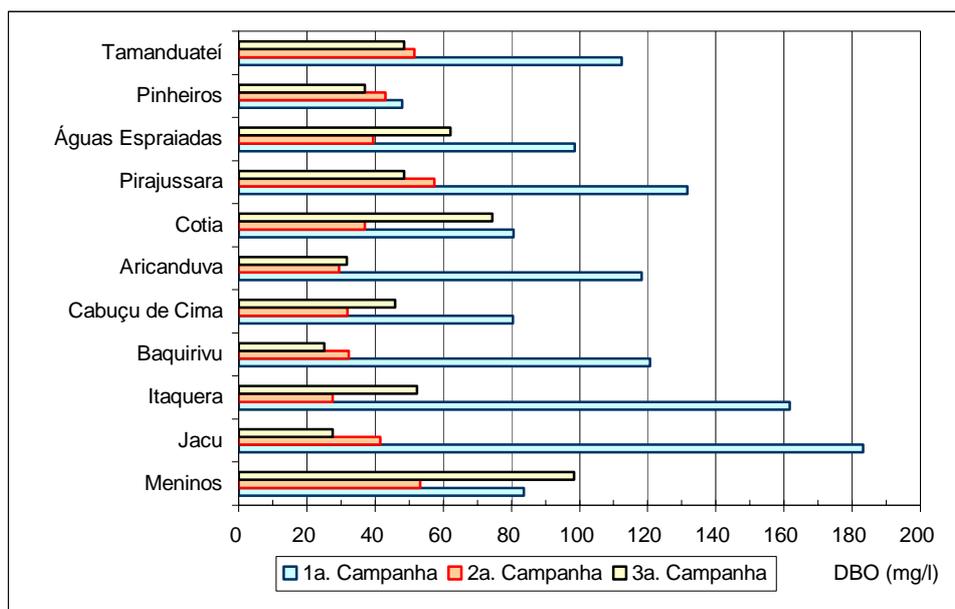


Figura 10 – Concentrações de DBO, nas proximidades da foz, para rios e córregos monitorados na região do Alto Tietê

Verifica-se maior concentração de DBO para os pontos monitorados na primeira campanha. Para a primeira campanha de monitoramento a concentração média de DBO para os rios e córregos monitorados é de 110,82 mg/l, já para a segunda e a terceira campanha as concentrações médias são de 40,42 mg/l e 50,15 mg/l. As campanhas dois e três são representadas por regimes de vazão de

maior expressão, o que proporciona, para um mesmo cenário de aporte de cargas, uma maior diluição de poluentes, ou seja, uma melhora na qualidade das águas.

A concentração de DBO no Rio Pinheiros varia muito pouco entre as campanhas monitoradas. O Rio Pinheiros é operado pela EMAE, não havendo variação significativa no regime de vazão de acordo com o período hidrológico monitorado, e considerando o aporte de carga pontual semelhante ao longo do tempo, a concentração de poluentes no Rio Pinheiros tende a ser constante.

O balanço de massa com os dados médios monitorados de vazão e concentração, para o ponto do Rio Tietê localizado a montante da foz do Rio Tamanduateí (TI-06) com o ponto do Rio Tamanduateí localizado na proximidade da foz (TA-01), verifica-se que com na entrada do Rio Tamanduateí a concentração de DBO do Rio Tietê passa de 41,81 mg/l para 48,86 mg/l. Efetuando estes mesmos cálculos para o Rio Pinheiros, verifica-se que após a entrada do Rio Pinheiros a concentração média do Rio Tietê passa de 49,18 mg/l para 46,86 mg/l. Logo, pode-se constatar que, com a média dos dados dos pontos monitorados até o presente momento, em termos de DBO, o Rio Tamanduateí agrava a poluição do Rio Tietê, já o Rio Pinheiros dilui o Rio Tietê mediante o grau de poluição de suas águas a montante do mesmo. Ver Figura 11.

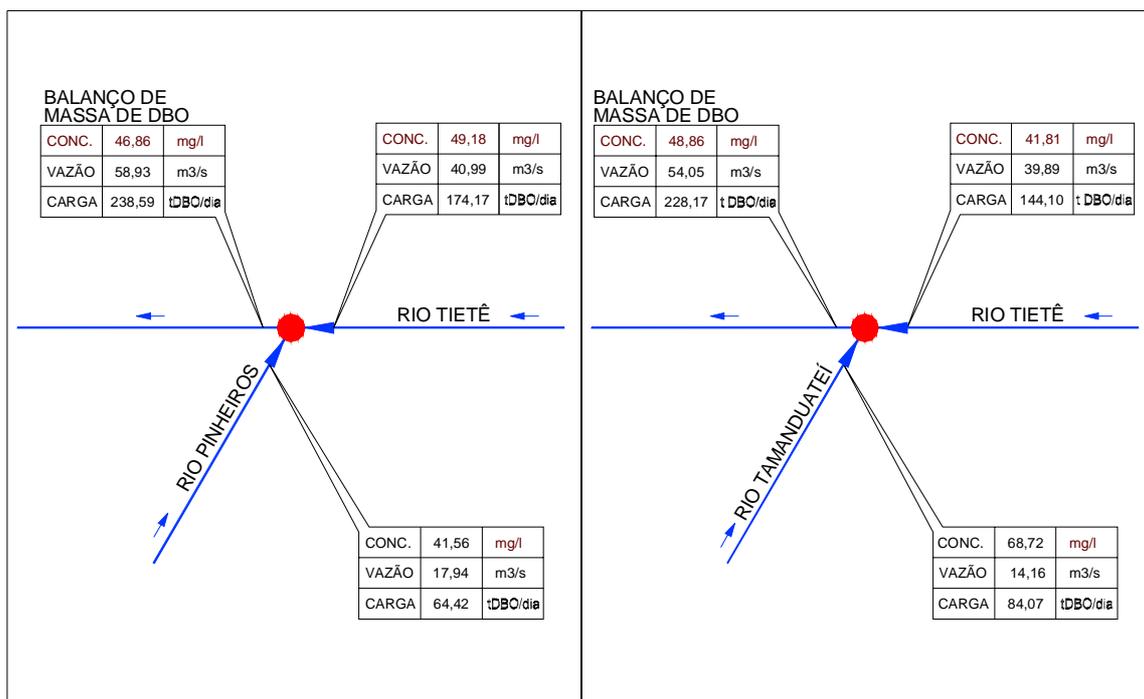


Figura 11 – Balanço de massa para a variável DBO na foz dos rios Tamanduateí e Pinheiros

Cargas de Poluentes

A carga poluidora é a quantidade de massa de um poluente que atravessa uma seção de controle na unidade de tempo, e é obtida pelo produto da vazão pela concentração.

A Figura 12 apresenta os perfis longitudinais de carga de DBO e DQO no Rio Tietê nas campanhas monitoradas, já a Figura 13 apresenta o perfil longitudinal da relação DQO/DBO.

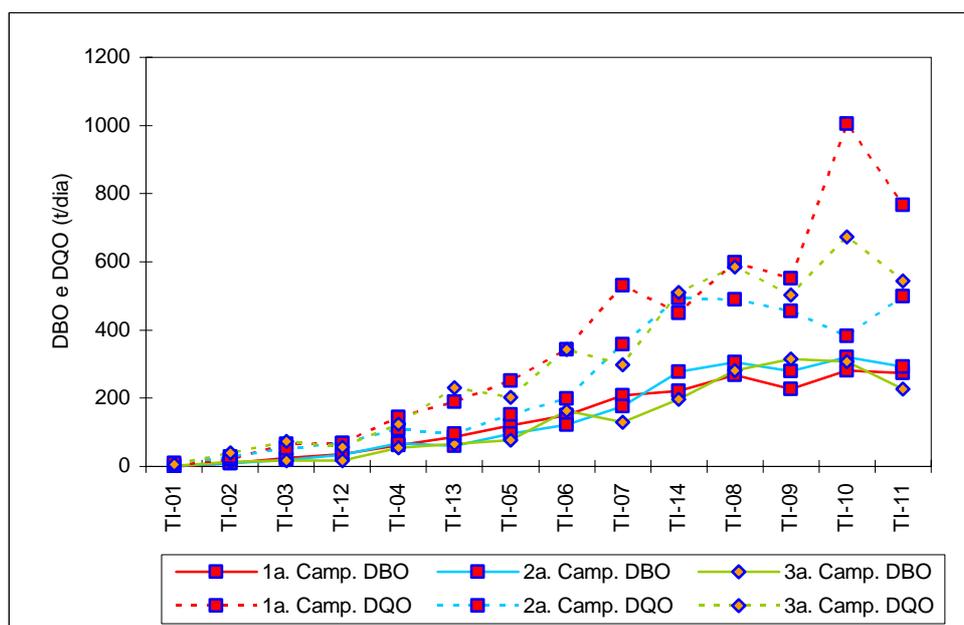


Figura 12 – Perfis longitudinais de carga de DBO no Rio Tietê

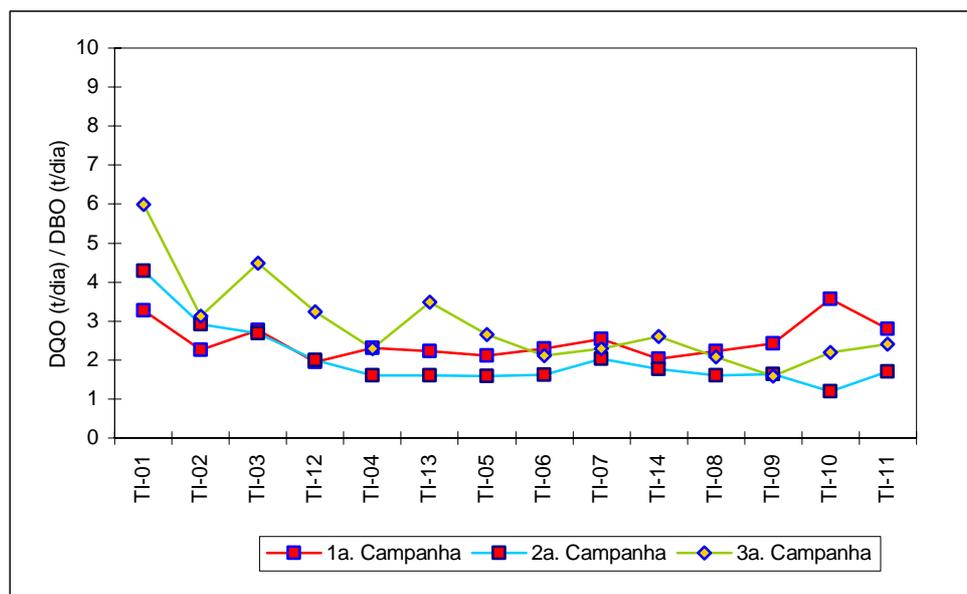


Figura 13 – Perfis longitudinais da relação DQO/DBO no Rio Tietê

No Rio Tietê, no trecho monitorado, a carga média de DBO entre campanhas e pontos monitorados foi de 140,31 tDBO/dia, variando entre 133,08 (terceira campanha) e 147,36 (segunda campanha). No ponto TI-01 verifica-se um carga média de 1,38 tDBO/dia, já para o ponto de montante do Rio Tamanduateí esta carga foi de 144,10, contra 171,55 tDBO/dia no seu ponto de jusante. No ponto TI-08 a carga média de DBO foi de 284,82 tDBO/dia. No trecho entre os pontos

TI-01 a TI-08, em média verifica-se um acréscimo constante de carga de DBO de 28,34 tDBO/dia entre pontos, variando entre 26,66 e 30,55 tDBO/dia.

A partir do ponto TI-08 as cargas monitoradas estão diretamente relacionadas com a política de operação dos reservatórios de Edgard de Souza e Pirapora. Quando ocorre maior liberação de vazão para jusante ocorre proporcionalmente uma maior carga calculada no ponto, analogamente, quando ocorre maior retenção de vazão ocorre proporcionalmente uma menor carga calculada no ponto de jusante.

Na Figura 13 observa-se que a relação DQO/DBO é de pequena magnitude para as campanhas monitoradas, com dados médios de 2,46. A DBO mede a fração biodegradável enquanto a DQO mede a fração biodegradável e não degradável, logo, quanto menor for esta relação mais biodegradável será o efluente. Com isto verifica-se que a fração biodegradável nas águas do Rio Tietê é alta e que o aporte de cargas no rio é constituído em grande parte por material biodegradável como, por exemplo, o proveniente de esgotos domésticos. A relação DQO/DBO para esgoto bruto medida em laboratório fica em torno de 1,6 a 2,6.

A Figura 14 apresenta cargas médias de DBO e DQO, entre as campanhas monitoradas, nos pontos de rios e córregos monitorados nas proximidades da foz.

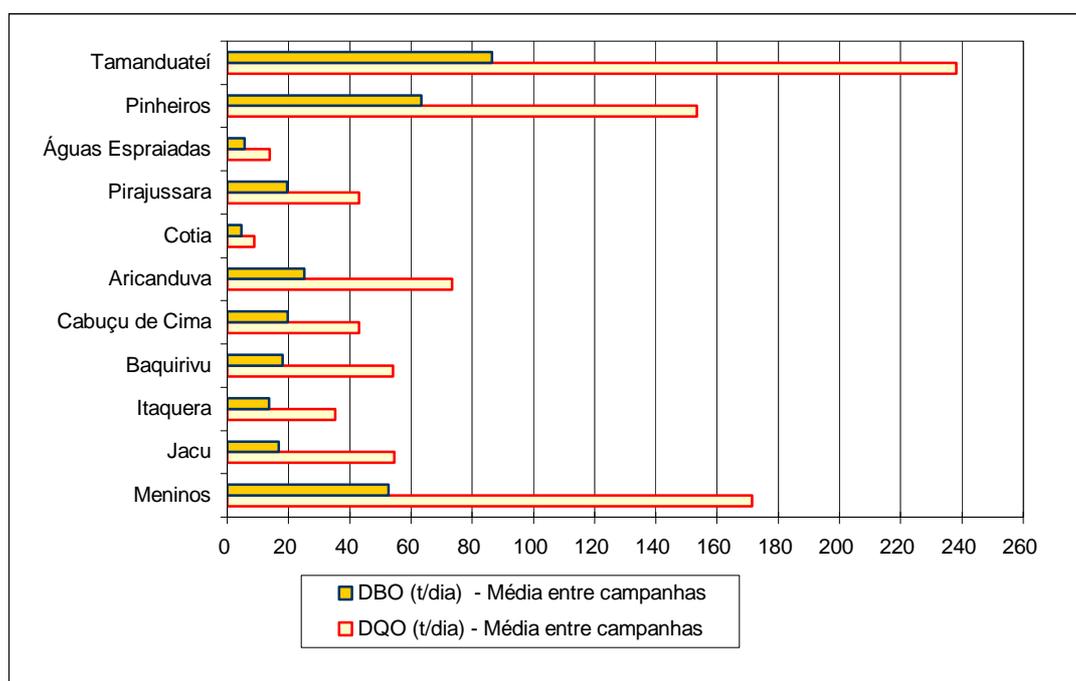


Figura 14 – Cargas médias de DBO e DQO, nas proximidades da foz, nos rios e córregos monitorados na região do Alto Tietê.

Dos afluentes do Rio Tietê monitorados, o Rio Tamanduateí apresentou as maiores contribuições de cargas de DBO e DQO. A média, entre as três campanhas monitoradas, foi de

84,07 tDBO/dia e 238,24 tDQO/dia, seguido do Rio Pinheiros com cargas de aproximadamente 64,42 tDBO/dia e 153,43 tDQO/dia. Os demais afluentes apresentaram cargas médias de DBO e DQO variando de 4,68 tDBO/dia e 8,87 tDQO/dia (relativas ao Rio Cotia), a 25,12 tDBO/dia e 73,52 tDQO/dia (relativas ao córrego Aricanduva).

Na bacia do Rio Tamanduateí, a maior contribuição de carga inorgânica e orgânica provém de seu afluente Córrego dos Meninos com uma relação média DQO/DBO, entre as campanhas, de 3,25. A bacia de drenagem do Córrego dos Meninos abrange os municípios de Diadema e São Bernardo do Campo, que possuem um parque industrial de grande expressão.

Para os valores monitorados até o presente momento, verifica-se que o Rio Tamanduateí contribui para o Rio Tietê com uma carga média de DBO de 84,07 tDBO/dia. No Rio Tietê, o ponto localizado a montante da foz do Rio Tamanduateí (TI-06) apresenta uma carga média de 144,10 tDBO/dia, ou seja, no encontro das águas do Rio Tietê com o Rio Tamanduateí aproximadamente 36,84% da carga de DBO é proveniente do Rio Tamanduateí e 63,16% da bacia do Rio Tietê a montante. A carga média de contribuição do Rio Pinheiros para o Rio Tietê é de 64,42 tDBO/dia, representando 21,26% da carga monitorada no ponto de montante da foz (TI-07), que é de 238,59 tDBO/dia.

CONCLUSÕES

Com os dados obtidos até o presente momento pode-se ter uma visão do regime de vazão do Rio Tietê e dos afluentes monitorados em período hidrológicos distintos, assim como uma visão do grau de poluição dos mesmos em termos de concentrações e cargas. Os dados obtidos irão servir para as futuras campanhas como ponto de referência para o diagnóstico da redução do aporte de cargas nas águas da região do Alto Tietê, através da realização das obras estruturais previstas no Projeto Tietê. Estes dados também estão sendo utilizados para alimentação do modelo de qualidade das águas Qual2e.

Para os dados médios das duas campanhas monitoradas, verifica-se que o Rio Tamanduateí agrava a poluição do Rio Tietê. No encontro das águas do Rio Tietê com o Rio Tamanduateí aproximadamente 37% da carga de DBO é proveniente do Rio Tamanduateí e 63% é proveniente da bacia do Rio Tietê a montante, assim como a concentração de DBO no Rio Tietê a montante da foz do Rio Tamanduateí é de 41,81 mg/l e a jusante da mesma é de 48,86 mg/l.

Dos afluentes do Rio Tietê monitorados, o Rio Tamanduateí apresentou as maiores contribuições de cargas de DBO e DQO. A média, entre as três campanhas monitoradas, foi de 84,07 tDBO/dia e 238,24 tDQO/dia, seguido do Rio Pinheiros com cargas de aproximadamente 64,42 tDBO/dia e 153,43 tDQO/dia.

Na bacia do Rio Tamanduateí, a maior contribuição de carga inorgânica e orgânica provém de seu afluente Córrego dos Meninos com uma relação média DQO/DBO, entre as campanhas, de 3,25. A bacia de drenagem do Córrego dos Meninos abrange os municípios de Diadema e São Bernardo do Campo, que possuem um parque industrial de grande expressão.

Como já dito acima, os rios Tamanduateí e Pinheiros são os afluentes que contribuem com uma maior carga de poluição no Rio Tietê, apesar do Rio Pinheiros, com o balanço de massa do ponto de monitoramento do Rio Tietê a montante de sua foz com o ponto localizado nas proximidades de sua foz, em termos de DBO, dilui o Rio Tietê. Isso mostra que o grau de poluição das águas do Rio Tietê é grande, refletindo a importância da coleta e tratamento dos esgotos da região do Alto Tietê, que compreende a Região Metropolitana de São Paulo.

Comportamentos cíclicos de carga de DBO ao longo do dia associados à produção diária de esgotos na bacia foram identificados nos pontos monitorados na foz dos tributários, e nos rios Tietê e Tamanduateí somente nos pontos situados mais a montante. No entanto, observou-se, em todos os 30 pontos da rede de monitoramento, variação de carga de DBO ao longo do dia.

O programa de monitoramento deve prosseguir, com novas campanhas sendo realizadas para que se tenham dados suficientes para as análises estatísticas e de tendências, que irá permitir uma avaliação melhor dos benefícios advindos das obras previstas para a segunda etapa do Projeto Tietê, bem como prognósticos mais seguros da qualidade das águas da região do Alto Tietê, através de dados mais confiáveis de alimentação do modelo de qualidade das águas Qual2e.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, L.C. ; BARNWELL Jr., T.O. *Computer program documentation for the enhanced stream water quality model QUAL2E. and QUAL2E-UNCAS*. Report EPA/600/3-87/007, US Environmental Protection Agency, Athens, Georgia, USA, 1987.
- CHAPRA, S.C. *Surface water quality modeling*. Colorado, USA: MacGraw-Hill, 1997. 843 p.
- RODRIGUES, R. B. Modelagem dos poluentes orgânicos em corpos d'água superficiais. In: *Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. NUVOLARI, A. (coordenador). FATEC-SP/CEETEPS. São Paulo. Editora Edgard Blucher LTDA. 209-226p.
- STANDARD METHODS. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th edition, Franson, M. H., Eaton, A. D., Clesceri, L. S., and Greenberg, A. E., (editors). APHA, AWWA, and WEF, Washington D.C., 1998.
- TCHOBANOGLOUS, G.; SCHROEDER, E.D. *Water quality*. Califórnia, USA: Addison-Wesley, 1985. 768 p.
- THOMANN, R., MUELLER, J.A. *Principles of surface water quality modeling and control*. New York, USA: HarperCollinsPublishers Inc. 1987. 644 p.