

ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO TIETÊ MÉDIO SUPERIOR UTILIZANDO TRAÇADOR RADIOATIVO

**Miriam Elizabete Meciano Laroca*, Antonio Martins de Albuquerque* e Dora de Castro Rubio
Poli****

***Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB
Av. Professor Frederico Hermann Júnior, 345
05489-000, São Paulo, SP, Brasil**

****Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP-GE
Travessa "R", 400 - Cidade Universitária
05508-900, São Paulo, SP, Brasil**

ABSTRACT

The Metropolitan Region of São Paulo, including 38 cities, harbors one of the largest industrial concentrations in Latin America. The region is almost completely crossed by the Tietê River, the main drain of liquid waste generated in the city. Most of such wastes are launched into the river without treatment what provokes serious pollution problems in the Tietê River and affluents. An important part of the research of the pollution control of bodies of water receptors of the domestic and industrial effluents is related to the knowledge of polluting changes. This work presents an analysis of the self depurating behavior of the High Middle Tietê River in relation to several effluents flows of the Rasgão Reservoir and several BOD and OD level conditions. Between 1982 and 1984 five campaigns of Transit Time and water quality measurements were made in the High Middle Tietê. In such campaigns, radiotracer produced by IPEN was punctually injected by CETESB 's technicians to the downstream of the Rasgão Reservoir, with different flows however in a stationary regime. This way, the behavior of the radiative cloud along the 266 kilometer sector of the High Middle Tietê River was studied. Flows varied from 1,1 to 350 m³/s.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, desenvolveu e adaptou tecnologia de medição de hidráulica com traçadores radioativos.

Este trabalho tem por objetivo apresentar de forma prática as facilidades do uso de traçadores radioativos nos estudos de avaliação da qualidade das águas dos rios. A aferição de "Modelos de Qualidade" se torna bastante facilitada com a introdução de dados obtidos no campo, de forma confiável.

O tempo de trânsito, as medidas de vazão e o coeficiente de dispersão longitudinal são os parâmetros mais comuns obtidos com a tecnologia dos traçadores.

Em várias campanhas, os técnicos da CETESB injetaram material radioativo, de forma pontual, a jusante do reservatório de Rasgão, com vazões entre 1,1 e 350m³/s, porém em regime estacionário. Desta forma, estudou-se o comportamento da nuvem radioativa ao longo dos 266 km do rio, que compõe o Tietê Médio Superior. Entre 1982 e 1984 a CETESB realizou cinco campanhas de medição do tempo de trânsito e qualidade das águas do Tietê Médio Superior no trecho compreendido entre a Represa do Reservatório de Rasgão e o início do lago do Reservatório de Barra Bonita.

O traçador radioativo utilizado pela CETESB, foi produzido no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP. O radioisótopo Br-82 foi fornecido pelo IPEN na forma de sal (KBr) em cápsulas de 15 ou 20g, com atividade total de 165 a 245 Gbq e posteriormente foi diluído e fracionado nos laboratórios da CETESB. Para a obtenção de um traçador na forma líquida, o sal foi dissolvido em tiosulfeto de sódio (NaS₂O₄) e assim foi obtido o brometo de sódio (NaBr).

MEDIÇÕES HIDRÁULICAS DO RIO TIETÊ MÉDIO SUPERIOR

O rio Tietê Médio Superior é o trecho compreendido entre a região metropolitana de São Paulo e o Reservatório de Barra Bonita. Mais especificamente, este estudo abrange o rio Tietê desde a barragem do Reservatório de Rasgão até a ponte da estrada Conchas/Anhumas, na estrada do Reservatório de Barra Bonita. São 266km detalhadamente verificados com cinco campanhas de medição do tempo de trânsito com traçadores radioativos.

Na Figura 1 é apresentada a evolução dos tempos de trânsito em função da distância percorrida a partir da Barragem do Reservatório de Rasgão nas 5(cinco) campanhas realizadas. Levando-se em conta que a poluição presente no rio Tietê Médio Superior é predominantemente orgânica, analisou-se apenas os dados referentes a oxigênio dissolvido e de demanda bioquímica de oxigênio.

Na Figura 2 são apresentadas as curvas de oxigênio dissolvido obtidas nas cinco campanhas de amostragem analisadas com traçadores radioativos. A partir das curvas de passagem do traçador radioativo pelas seções de medição ao longo do rio Tietê Médio Superior, pode-se calcular os coeficientes de dispersão longitudinal entre a origem e cada um dos pontos de detecção, assim como a vazão no ponto considerado. Na Figura 3 são apresentadas as curvas da evolução da DBO ao longo do rio Tietê Médio Superior nas cinco campanhas.

ANÁLISE DE PARÂMETROS MEDIDOS

Primeira Campanha ($Q_{RASGÃO} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$) - Analisando a curva da primeira campanha, onde a vazão inicial na represa do Reservatório de Rasgão foi de 1,1m³/s, pode-se observar que o oxigênio dissolvido vai aumentando consideravelmente até praticamente atingir a saturação no Camping do Alemão. A amostragem em Spina Montante foi mal executada, sendo feita a partir da margem esquerda, próximo à tomada de água da fábrica Spina, daí o seu valor ser baixo. O valor no Camping do Alemão, apesar da coleta ter sido executada fora da nuvem radioativa, deve ser levado em consideração pelo seu valor elevado. A entrada do rio Jundiá com vazão equivalente ao rio Tietê, faz com que o OD resultante se reduza para pouco mais de 1mg/l. Com DBO superior a 40mg/l, o rio Jundiá conduz o Tietê a ter um ponto crítico em relação ao oxigênio entre a Destilaria e a cidade de Porto Feliz. A partir de Porto Feliz, o rio Tietê experimenta uma sensível oxigenação devido às pequenas cachoeiras e corredeiras existentes no trecho. Com a entrada dos rios Capivari e Sorocaba, o rio Tietê assume valores perto da saturação até o Reservatório de Barra Bonita [1].

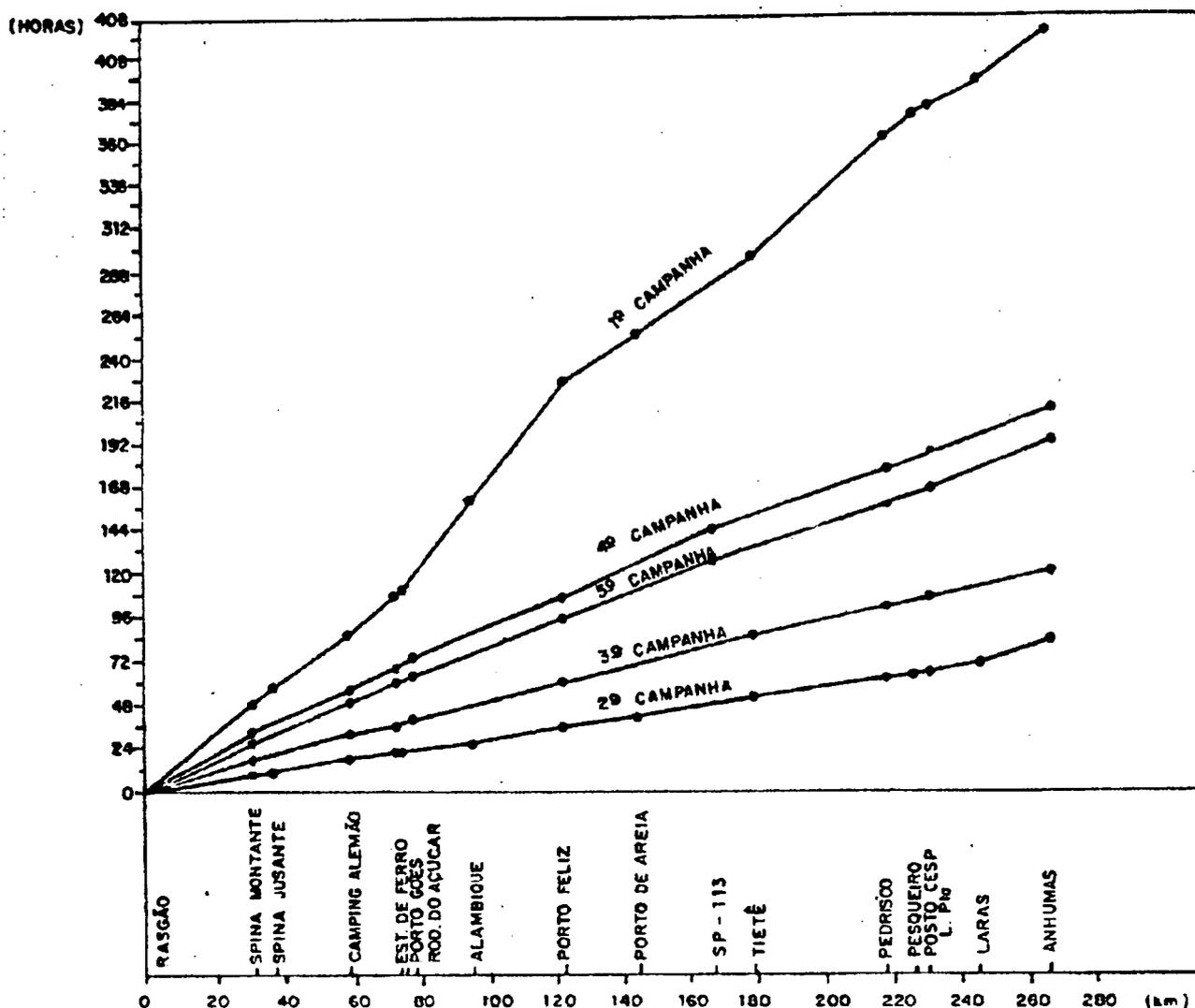


Figura 1 : Evolução do tempo de trânsito em função da distância percorrida.

Segunda Campanha ($Q_{\text{RASGÃO}} = 350\text{m}^3/\text{s}$) - Com uma vazão inicial de $350\text{m}^3/\text{s}$ e valores baixos de oxigênio dissolvido, o rio Tietê experimenta grande oxigenação até quase a saturação na região do Camping do Alemão. A influência do rio Jundiá sobre o conjunto resultante é muito pequena. A DBO oriunda do Reservatório de Rasgão é ainda responsável pela redução do OD na região entre a Destilaria e a cidade de Tietê. A entrada dos rios Capivari e Sorocaba conduzem o Tietê a uma pequena melhoria, que em seguida é neutralizada pela alta DBO ainda resultante do Reservatório de Rasgão. Para valores altos, da ordem de $350\text{m}^3/\text{s}$ o ponto crítico em relação ao oxigênio dissolvido, está entre a cidade de Tietê e a foz do rio Capivari. O Porto de Areia do Pedrisco, é tido como ponto crítico para esta vazão, porém o local poderá ser melhor localizado [2].

Terceira Campanha ($Q_{\text{RASGÃO}} = 86\text{m}^3/\text{s}$) - Exatamente como aconteceu nas duas campanhas anteriores, existe uma oxigenação completa entre a represa do reservatório de Rasgão e o Camping do Alemão. Para valores de vazão em Rasgão de $86\text{m}^3/\text{s}$, a influência do rio Jundiá, com uma vazão de 20% do total resultante, porém com elevado DBO, é bastante significativa. O tempo de trânsito para estes valores de vazão ainda é bastante curto, de tal forma que existe ainda uma elevada DBO remanescente, oriunda do Reservatório de Rasgão, em Porto Góes. Desta maneira, a região crítica relativa ao oxigênio dissolvido, não ficou bem definida, com valores aproximadamente iguais entre a cidade de Porto Feliz e o Porto de Areia do Pedrisco. A entrada dos rios Sorocaba e Capivari, com

elevados valores de oxigênio dissolvido, melhorou um pouco o rio Tietê. Pode-se notar em seguida uma leve redução do OD, indicando ainda altos valores de DBO presentes após o Porto de Areia do Pedrisco [3].

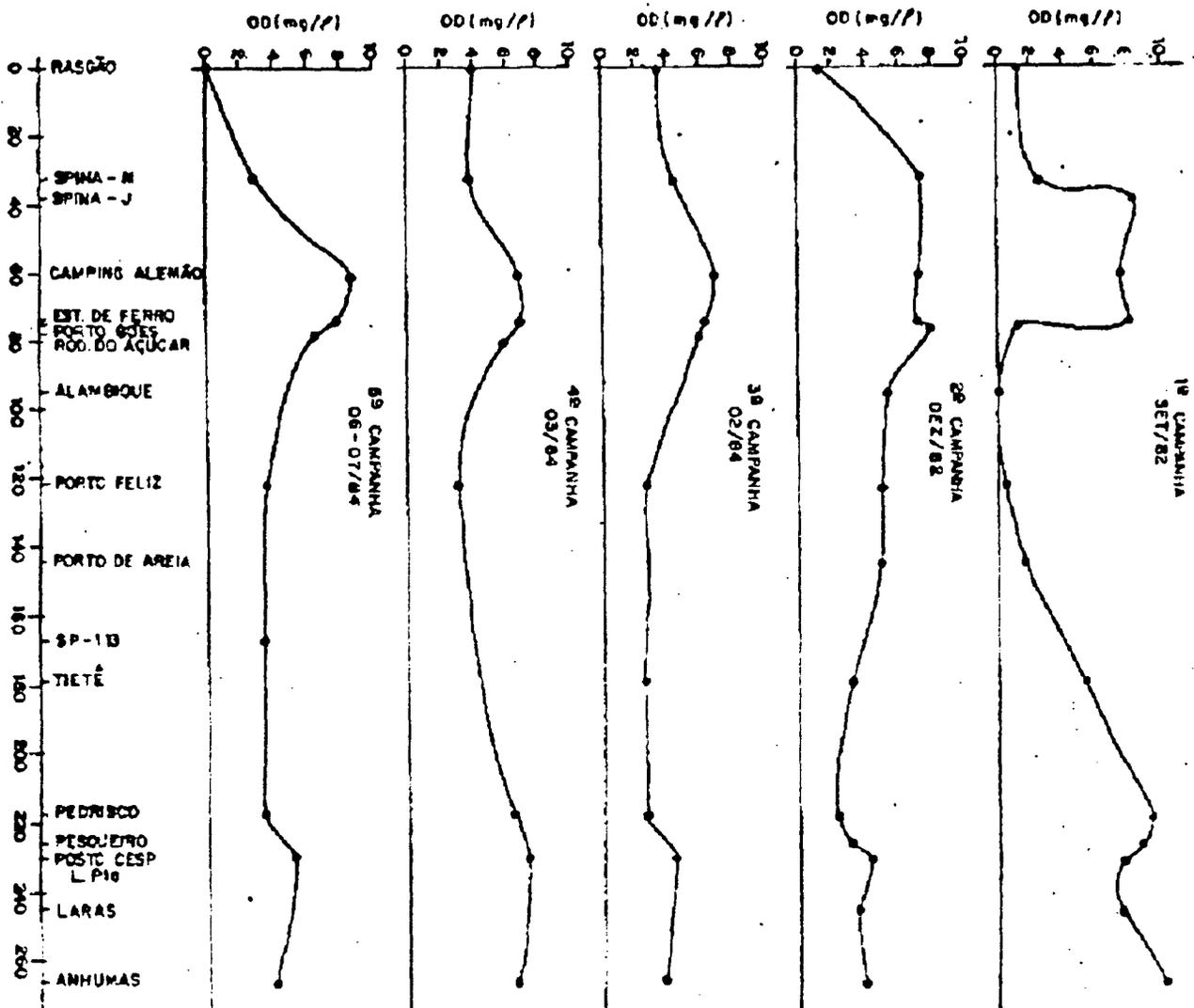


Figura 2: Evolução do OD nas 5 campanhas ao longo do rio Tietê Médio Superior

Quarta Campanha ($Q_{\text{RASGÃO}} = 39\text{m}^3/\text{s}$) - Com valores iniciais de 4.3mg/l de oxigênio dissolvido e concentrações relativamente baixas de DBO, o primeiro trecho foi responsável pela elevação de OD, mantendo aproximadamente estável a DBO. Com uma vazão equivalente ao rio Tietê, o rio Jundiá somou sua vazão, porém, manteve aproximadamente constante a concentração de DBO. A falha na amostragem durante a campanha de medição do tempo de trânsito nos impede de afirmar com precisão que o ponto crítico está entre as cidades de Porto Feliz e Tietê, porém é o que aparece na Figura 2. Com um tempo de trânsito elevado, as águas chegam em Laranjal Paulista bastante depuradas. Recebendo as águas ricas em OD do Rio Sorocaba e provavelmente do rio Capivari, o rio Tietê chega em Anhumas, na entrada do Reservatório de Barra Bonita com altos teores de OD. Lamentavelmente, nesta campanha, não foram coletadas amostras nos principais efluentes, como feito anteriormente [4].

Quinta Campanha ($Q_{\text{RASGÃO}} = 47\text{m}^3/\text{s}$) - Partindo em condições anaeróbicas na barragem de Rasgão, as águas do rio Tietê chegaram no Camping do Alemão com 88% da saturação. Nesta

campanha ficou claro que sejam quais forem as condições iniciais de OD e DBO em Rasgão, ao atingir o Camping do Alemão, o nível de oxigênio dissolvido será bastante alto. A partir de Salto, com águas mais tranquilas, acrescida da massa líquida do rio Jundiá, a DBO resultante diminui consideravelmente o oxigênio dissolvido. Neste caso, observando-se a curva do OD, pode-se perceber que a região crítica está após a cidade de Tietê. Recomenda-se para a averiguação de zonas críticas, serem feitas coletas intermediárias entre as cidades de Porto Feliz e Tietê e o Porto de Areia do Pedrisco nas próximas campanhas com traçadores radioativos. As maiores concentrações de oxigênio dissolvido nos rios Capivari e Sorocaba melhoraram as condições sanitárias do rio Tietê, um pouco antes de sua entrada no Reservatório de Barra Bonita [5].

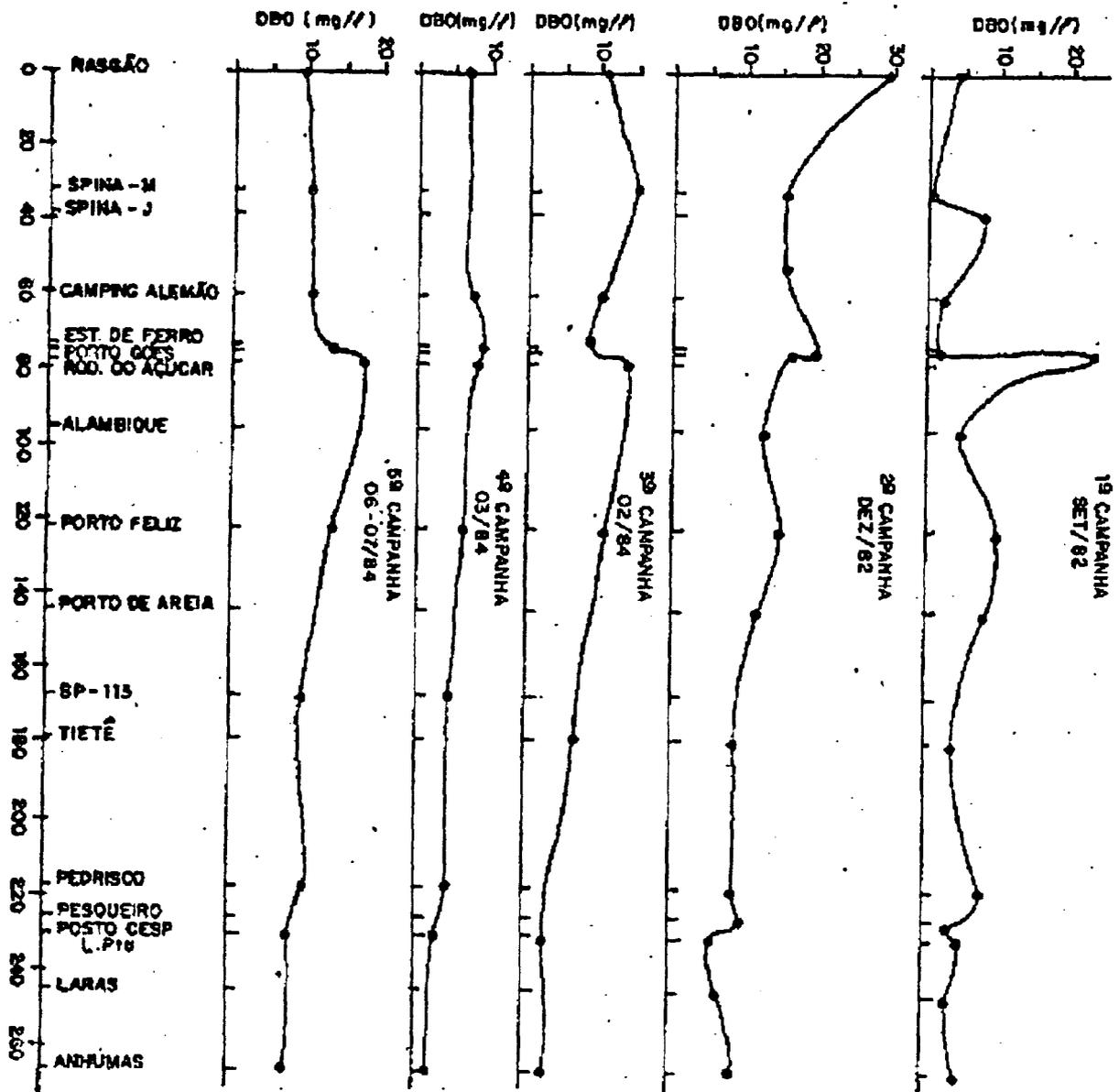


Figura 3 : Evolução da DBO ao longo do rio Tietê Médio Superior nas 5 campanhas.

CONCLUSÕES GERAIS

Analisando o primeiro trecho entre a Barragem do Reservatório de Rasgão e a fábrica Spina, pode-se tirar as seguintes conclusões: Existe um valor de vazão, por volta de $40\text{m}^3/\text{s}$, que representa o limite para o qual a recuperação do oxigênio dissolvido é bastante deficiente. Para valores inferiores, devido ao tempo de trânsito alto, mesmo com alta DBO oriunda de Rasgão existe uma recuperação mais acentuada. Para valores superiores quem comanda o fenômeno da recuperação do oxigênio dissolvido é a turbulência que ocorre no trecho. Esta recuperação deficiente pode ser comprovada na quarta campanha de medição do tempo de trânsito do rio Tietê Médio Superior quando a vazão em Rasgão foi de $38\text{m}^3/\text{s}$ e o oxigênio dissolvido diminuiu de Rasgão para a fábrica de Spina.

O segundo trecho, estudado em conjunto com o anterior, corresponde aos 60km que vai desde o Reservatório de Rasgão até o Camping do Alemão. Os resultados das cinco campanhas realizadas com traçadores serviram para mostrar claramente a seguinte tendência: para qualquer valor inicial de vazão, DBO e OD na saída do Reservatório de Rasgão, o oxigênio dissolvido cresce, atingindo quase a saturação no Camping do Alemão. As vazões nas cinco campanhas variaram de 1 a $350\text{m}^3/\text{s}$ enquanto o OD variou de 0 a $4,3\text{mg/l}$ e a DQO de 4 a 13mg/l , tendo um resultado anormal de 74mg/l . Em resumo, quaisquer que sejam os dados de saída em Rasgão, o OD atinge praticamente a saturação no Camping do Alemão, passando por um mínimo na fábrica de Spina se a vazão estiver próxima ao "limite" de $40\text{m}^3/\text{s}$.

Entre os pontos da cidade de Porto Feliz e Laranjal Paulista estará o ponto crítico de oxigênio dissolvido qualquer que seja a vazão do rio Tietê Médio Superior. Para vazões da ordem de $350\text{m}^3/\text{s}$ em Rasgão, o ponto crítico praticamente coincide com as entradas dos rios Capivari e Sorocaba. Quando a vazão diminui, o ponto crítico se desloca para montante. Para uma vazão de $1,1\text{m}^3/\text{s}$ em Rasgão, o ponto crítico chega até a Destilaria, a montante da cidade de Porto Feliz.

Para vazões muito altas ($350\text{m}^3/\text{s}$), com tempo de trânsito muito pequeno, não existe grande influência do trecho entre o Camping do Alemão e Porto Góes, apesar dos dois pequenos reservatórios e da entrada do rio Jundiá. A turbulência neste caso é muito alta devido ao leito rochoso de quase todo o rio Tietê Médio Superior, mantendo o OD com valores sempre altos. A presença dos rios Capivari e Sorocaba a aproximadamente 40km da entrada do Reservatório de Barra Bonita proporciona uma oxigenação adicional por diluição de pelo menos 4mg/l em todas as campanhas.

A utilização dos traçadores radioativos mostrou ser útil e eficiente como ferramenta de medição para esses parâmetros hidráulicos.

REFERÊNCIAS

- [1] ALBUQUERQUE, A.M. Tempo de trânsito e qualidade das águas dos sistemas Alto Tietê/Zona Metropolitana e Médio Tietê Superior em época de estiagem. Relatório CETESB. Setembro/Outubro 1982.
- [2] ALBUQUERQUE, A. M. Tempo de Trânsito e qualidade das águas do rio Tietê Médio Superior em período chuvoso - segunda campanha. Relatório CETESB. Dezembro. 1982.
- [3] ALBUQUERQUE, A.M. Tempo de trânsito e qualidade das águas do rio Tietê Médio Superior - terceira campanha. Relatório CETESB. Fevereiro.1984.
- [4] ALBUQUERQUE, A. M. Tempo de trânsito e qualidade das águas do rio Tietê Médio Superior - quarta campanha. Relatório CETESB. Março 1984.
- [5] ALBUQUERQUE, A. M. Tempo de trânsito e qualidade das águas do rio Tietê Médio Superior - quinta campanha. Relatório CETESB. Junho/julho 1984.