

ESTUDOS LIMNOLÓGICOS DO RIO SÃO FRANCISCO EM TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE PETROLINA-PE.

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim¹, Janaina de Moraes Peres², Jaqueline Belém³, Glaucia Suêrda Gomes do Nascimento⁴, Viviane Siqueira⁵

¹ Engenheira Química – Professora Assistente, Universidade Federal do Vale do São Francisco

² Engenheira Agrícola e Ambiental – Tecnóloga em Irrigação e Drenagem, Universidade Federal do Vale do São Francisco;

³ Bióloga – Laboratório de Controle de Qualidade da Compesa

⁴ Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco.

⁵ Bióloga – Laboratório de Controle de Qualidade da Compesa

ABSTRACT

Water is an important and indispensable element for life. The use of water for different purposes, growing every day, is making its quality decrease in water bodies due to lack of treatment or inadequate treatment of water used. The São Francisco River is of fundamental importance for the development of the regions it crosses. Therefore, the objective was to examine, for a period of six months, water from the Rio São Francisco in two main points (point release of treated wastewater and a of wastewater without treatment from the city of Petrolina-PE) and more seven help-points with the intention of obtaining a diagnosis of current situation. Were analyzed the parameters temperature, turbidity, conductivity, pH, Total Solids, Dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Phosphorous, Total Nitrogen, Chlorophyll-a and fecal coliform. Were also calculated the trophic state index. It was observed that the point of release wastewater without treatment made the result more problematic with regard to water quality. The remaining points were few parameters out of standards, emphasizing the importance of wastewater treatment. Analysis of the Trophic State Index showed characteristics of environments ultraoligotrophic, oligotrophic and mesotrophic.

Key-Words: Water quality, São Francisco river, sanitation.

INTRODUÇÃO

Com o advento da industrialização e o crescimento populacional, cresceu também a demanda por água de qualidade (CHAPMAN, 1996). A formação de grandes aglomerados urbanos e industriais, com crescente demanda de água, bem como para irrigação e lazer, faz com que, hoje, a quase-totalidade das atividades humanas seja cada vez mais dependente da disponibilidade das águas continentais. A dependência do homem moderno dos ecossistemas aquáticos é ainda mais evidente nas regiões altamente industrializadas, nas quais a demanda de água “per capita” tem se tornado cada vez maior (ESTEVES, 1998).

O desenvolvimento urbano brasileiro concentra-se em regiões metropolitanas, na capital dos estados e nas cidades-polo regionais. Em Petrolina-PE o desenvolvimento foi alavancado a partir do final da década de 70, quando tiveram início as atividades de fruticultura irrigada. O investimento estatal fomentou o desenvolvimento do espaço econômico da região. Grandes projetos de irrigação foram implantados, a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) promoveu pesquisas agrônômicas com as culturas irrigadas, houve a promoção de assistência técnica, a construção da Barragem de Sobradinho, instalação de escolas técnicas e Universidades, proporcionando a especialização da mão-de-obra local, além de promover toda a dinamização do setor privado da região (OLIVEIRA FILHO et al., 2008).

A economia é crescente, no entanto, os efeitos desta realidade fazem-se sentir sobre todo aparelhamento urbano relativo a recursos hídricos, ao abastecimento de água, ao transporte e ao tratamento de esgotos.

De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. O controle da qualidade da água está associado a um planejamento global em toda a bacia hidrográfica, e não individualmente, por agente alterador, já que a qualidade em determinado ponto é produto da qualidade da água em um ponto anterior modificada por fatores atuantes no trecho que separa os dois pontos. Estes fatores podem ser características físicas e geomorfológicas do leito do rio, misturas da água com qualidades diferentes, presença de vegetação ciliar, regime climático, presença de comunidades e pelas interferências antrópicas (REGO et.al., 2009)

O estudo da qualidade da água é de suma importância, tanto para caracterizar as conseqüências de uma determinada atividade poluidora, quanto para se estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso da água. Assim, a Limnologia, ciência que estuda as características da água, pode colaborar na melhoria da qualidade dos corpos hídricos, através da identificação das fontes poluidoras, fazendo proposições para a sua eliminação e contribuindo para a estabilidade do ecossistema (ESTEVES, 1998).

Um dos indicadores limnológicos no controle da qualidade da água é o Índice de Estado Trófico (IET). Este tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

A cidade de Petrolina é banhada pelo Rio São Francisco, enquadrado pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) como um corpo hídrico de Classe 2. Este rio é a principal fonte de abastecimento e desenvolvimento da região, atendendo basicamente à população ribeirinha e, em alguns casos, outros municípios da bacia hidrográfica por sistemas de adutoras. Na região, grande parte das suas águas encontra-se represada, e seus tributários, em sua maioria, são temporários. O confinamento de diversas fontes de água, durante o período de seca, confere características únicas e individuais para cada uma, acarretando sérias restrições em sua quantidade e qualidade.

A Bacia do Rio São Francisco é a terceira em importância no Brasil, ocupando 8% do território nacional, com uma área de aproximadamente 645.000 km². Por tamanha dimensão e por mudanças de características físicas e de relevo, o rio é dividido em quatro regiões: Alto São Francisco, Médio São Francisco, Submédio São Francisco (onde se encontra a região de estudo, a cidade de Petrolina), e Baixo São Francisco (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2010).

O presente trabalho refere-se a estudos limnológicos da água do Rio São Francisco objetivando verificar o impacto do lançamento de efluentes domésticos em trecho urbano do município de Petrolina. Foram selecionados pontos estratégicos para a realização de estudos limnológicos que resultaram, através do IET, na classificação da água nestes pontos. Conforme disposto no Art. 7º da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433/97, o diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos faz parte do conteúdo mínimo do Plano de Recursos Hídricos.

Portanto, espera-se, com tal estudo, contribuir de forma objetiva para a gestão dos recursos hídricos e para o planejamento e gestão de bacias hidrográficas regionais.

METODOLOGIA

Os trabalhos relativos a esta pesquisa foram realizados no período de outubro de 2009 a março de 2010, que compreendeu período seco e chuvoso.

A área de estudo compreende as margens do rio São Francisco em trecho urbano do município de Petrolina (Figura 1), totalizando aproximadamente 6 km.

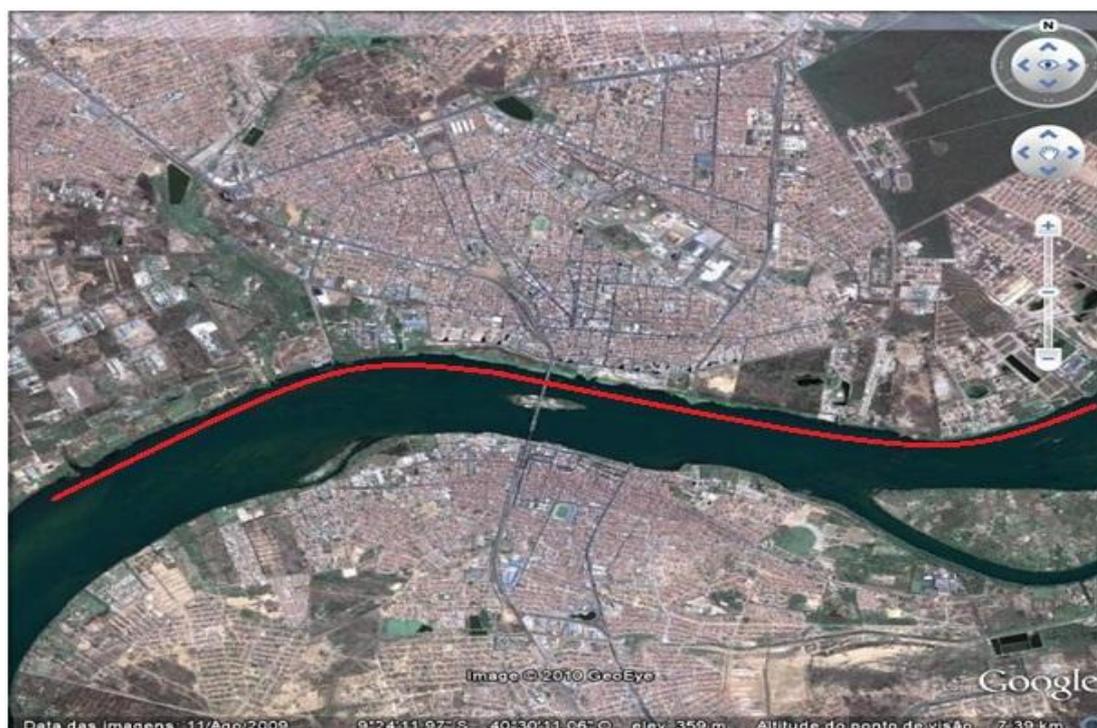


Figura 1: Área urbana. Ao Norte do rio, o município de Petrolina-PE (área de estudo). Ao sul, o município de Juazeiro-BA. A linha vermelha indica a área de estudo. Fonte: Google earth, 2010.

Todo o esgoto produzido pela cidade, sendo tratado ou bruto, tem o São Francisco como destino final. Segundo diagnóstico socioeconômico da Bacia do rio São Francisco realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2009, Petrolina lança aproximadamente 150.000 m³.dia⁻¹ de efluente tratado e cerca de 50.000 m³.dia⁻¹ de efluente bruto no rio São Francisco.

Os pontos de amostragem da água foram determinados em função da foz do Riacho Vitória, e do Riacho Porteiras, ambos utilizados como calha de drenagem da cidade.

Foi realizada uma expedição às margens do Rio São Francisco, utilizando barcos motorizados, sendo encontrados vários despejos de efluentes, determinando-se assim os seguintes pontos para amostragem: o ponto de lançamento de esgoto tratado; e o ponto de despejo de esgoto doméstico não tratado, denominados respectivamente de PT e PB. Com estes pontos, pode-se fazer o comparativo entre a influência do despejo tratado e o despejo bruto, ao corpo receptor.

A partir destes pontos, foram definidos pontos auxiliares na pesquisa, conforme disposto no Quadro 1. Todas as amostras foram coletadas a uma distância de 5 metros da margem, com exceção dos pontos PTV e PBV.

Quadro 1: Caracterização dos Pontos de Pesquisa.

Ponto	Localização	Coordenadas
PT	Ponto de lançamento do esgoto tratado, 5 metros vertical à margem.	09°24'14" S e 40°31'19"O
PTV	Ponto 30 metros vertical à PT, com relação a margem do Rio.	09°24'18" S e 40°31'25"O
PTM	Ponto 100 metros à montante de PT.	09°24'15" S e 40°31'18"O
PT 200	Ponto 200 metros à jusante de PT.	09°24'09" S e 40°31'08"O
PB	Ponto de lançamento de esgoto bruto, 5 metros vertical à margem.	09°24'29" S e 40°28'56"O
PBV	Ponto 30 metros vertical à PB, com relação a margem do Rio.	09°24'30" S e 40°28'57"O
PBM	Ponto 100 metros à montante de PB.	09°24'28" S e 40°29'01"O
PB 300	Ponto 300 metros à jusante de PA.	09°24'33" S e 40°28'43"O
PB 500	Ponto 500 metros à jusante de PA.	09°24'33" S e 40°28'35"O

Foram coletadas amostras em três diferentes tipos de frascos: frasco para análise de Oxigênio Dissolvido; frasco para a análise de Coliformes Fecais, previamente autoclavado durante 15 minutos; e frasco de polietileno com volume de 1,5 L para as análises físico-químicas.

Após as coletas, as amostras foram armazenadas em caixa térmica e conduzidas ao laboratório da Companhia Pernambucana de Saneamento que, gentilmente, recebeu a equipe de pesquisa e cedeu suas instalações para realizar as análises.

Os parâmetros analisados foram temperatura, turbidez, condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), Sólidos Totais (ST), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Total (NT), Clorofila-a e Coliformes Fecais (E.Coli), utilizando-se a metodologia do Standard Methods (APHA, 1998).

Com os resultados de clorofila a e fósforo total calcularam-se o IET, segundo as equações 1 a 3 (Lamparelli, 2004).

$$IET (CL) = 10x(6-((-0,7-0,6x(\ln CL))/\ln 2))-20 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$IET (PT) = 10x(6-((-0,42-0,36x(\ln PT))/\ln 2))-20 \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em ug.L-1;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em ug.L-1;

ln: logaritmo natural.

O resultado do IET é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila.

$$IET = [IET (PT) + IET (CI)] / 2 \quad (\text{Eq. 3})$$

O resultado do cálculo é comparado com a Tabela 1 para definição do grau de trofia do corpo hídrico.

Tabela 1: Classificação do estado trófico para rios, segundo Índice de Carlson modificado.

Classificação do Estado Trófico - Rios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET = 47		P = 13	CL = 0,74
Oligotrófico	47 < IET = 52		13 < P = 35	0,74 < CL = 1,31
Mesotrófico	52 < IET = 59		35 < P = 137	1,31 < CL = 2,96
Eutrófico	59 < IET = 63		137 < P = 296	2,96 < CL = 4,70
Supereutrófico	63 < IET = 67		296 < P = 640	4,70 < CL = 7,46
Hipereutrófico	IET > 67		640 < P	7,46 < CL

Por influenciarem diretamente nas características do ambiente aquático, foram obtidos dados meteorológicos a partir da estação meteorológica localizada no bairro Gercino Coelho, em Petrolina, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

A fim de verificar se houve influência da vazão do Rio devido, principalmente, ao fato da cidade de Petrolina estar a montante da Usina Hidrelétrica de Sobradinho, foram obtidos os dados de vazão do Rio com a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), que gerencia a Usina.

DESCOBERTAS E DISCUSSÕES

Foram observados os aspectos visuais de cada ponto durante o período de realização da pesquisa. Estas características não tiveram mudanças significativas ao longo dos meses e o que foi observado encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2: Aspectos visuais observados em cada ponto.

Ponto	Características observáveis <i>in loco</i>
PT	Apesar deste ponto receber efluente tratado, observou-se a presença de bastante espuma, o que caracteriza a presença de substâncias surfactantes.
PTM	Observando-se que este ponto está no início da área urbana, parece não sofrer nenhuma influência de lançamento de efluentes. A água não mostra nenhum indicativo de poluição, como espuma, mau cheiro ou macrófitas.
PTV	Apresenta água aparentemente límpida.
PT 200	Ponto localizado próximo ao Porto de Petrolina, no entanto, a água apresenta-se aparentemente límpida.
PB	Apresenta uma alta vazão de chegada de esgoto sem tratamento. O local possui um forte mau cheiro, muitas macrófitas bioindicadoras de poluição aquática e alta turbidez na água.
PBM	O ponto não é livre da influência de pequenos lançamentos clandestinos, possuindo, portanto, água com considerável carga orgânica. Tal fato pode ser percebido pela presença de plantas indicadoras de poluição aquática, já que estas se desenvolvem onde há muita oferta de matéria orgânica.
PBV	Apresenta água aparentemente límpida.
PB 300	Já não se pode sentir o forte odor que se sentia em PB. A água já se apresenta menos turva, mas ainda há grande presença de macrófitas. Tal diagnóstico mostra que o rio está se recuperando, mas ainda não se apresenta completamente depurado.
PPB 500	O rio já se encontra, segundo suas características observáveis <i>in loco</i> , completamente depurado. Não ocorre a presença de macrófitas e a água é límpida.

As características observáveis dão indicativos da qualidade da água, que é confirmada com os resultados analíticos.

Os valores obtidos para os parâmetros analisados durante o período da pesquisa estão apresentados na Tabelas 2, em seus valores médios.

Tabela 2 – Resultados médios de parâmetros analisados no Rio São Francisco

Ponto	Temp. °C	Turb. UNT	CE mS.cm ⁻¹	pH	ST mg.L ⁻¹	OD mg.L ⁻¹	DBO mg.L ⁻¹	DQO mg.L ⁻¹	PT mg.L ⁻¹	NT mg.L ⁻¹	Clorofila a mg.L ⁻¹	E.coli/ 100mL
PT	27,1	2,5	0,26	7,3	213,5	5,9	26	84	6,7	0,5	0,040	75
PTM	27,2	1,7	0,05	7,5	78,0	6,9	5	32	4,9	0,0	0,050	42
PTV	26,6	0,7	0,07	7,4	95,3	6,9	8	26	6,4	0,5	0,198	23
PT200	27,1	1,6	0,05	7,4	84,3	6,6	15	51	9,9	0,3	0,056	172
PB	28,3	7,8	0,23	7,1	227,5	0,2	143	613	6,7	5,6	0,100	1886667
PBM	27,0	1,7	0,06	7,3	70,8	6,1	12	63	9,4	0,0	0,028	182
PBV	26,5	1,0	0,05	7,4	75,0	7,2	14	27	4,4	0,0	0,072	109
PB300	27,1	1,7	0,05	7,4	156,0	6,9	18	91	6,6	0,1	0,058	1295
PB500	27,0	1,4	0,05	7,3	67,7	6,8	7	55	3,5	0,0	0,064	186

A vazão média do Rio São Francisco foi 2.060 m³.s⁻¹ e apresentou valor máximo de 2.400 m³.s⁻¹ no mês de fevereiro/2010 e mínimo de 1.800 m³.s⁻¹ na coleta de novembro/2009. Não houve chuvas durante todo o período, embora os meses de dezembro e janeiro serem considerados os meses chuvosos na região.

No período de estudo não houve variação significativa de temperatura entre os pontos, fato positivo no que diz respeito à qualidade da água. A temperatura é um fator determinante no direcionamento das reações que afetam os processos químicos, físicos e biológicos, exercendo enorme influência na atividade biológica e no crescimento de organismos aquáticos (HERMES; SILVA, 2004).

Com relação a turbidez, o limite máximo para corpos hídricos de Classe 2 é de 100 UNT. Os valores encontrados para este parâmetro, em todos os pontos, apresentaram-se bem inferiores ao limite máximo previsto pela norma.

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma, tendo como constituinte responsável os sólidos em suspensão. Altos valores de turbidez podem atrapalhar a atividade fotossintética de plantas aquáticas, reduzindo a concentração de OD, o que prejudica, não só a flora, mas também a fauna local. (VON SPERLING, 2005).

A capacidade da água conduzir corrente elétrica é denominada condutividade elétrica e depende da concentração dos íons presentes na solução e da temperatura e, por isso, essas medidas devem estar sempre associadas. Cada corpo d'água tende a ter um grau relativamente constante de condutividade que, uma vez estabelecido, pode ser usado para comparação com medidas regulares do mesmo ponto de condutividade. Mudanças significativas podem ser indicadores de que processos de poluição estão ocorrendo com descarga de material na água (HERMES; SILVA, 2004).

As médias de condutividade elétrica entre os pontos em estudo estão muito próximas, com exceção do ponto PB (valor muito superior aos outros pontos), sendo um indicativo do seu grau de poluição.

Para o parâmetro pH, a resolução CONAMA 357/05 estipula, para corpos hídricos de classe 2, que seu valor esteja entre 6,0 e 9,0. Todos os pontos pesquisados enquadraram-se no estipulado pela norma.

O pH é uma medida do equilíbrio entre as cargas de hidroxilas (OH⁻) e de íons hidrogênio (H⁺), sendo definido como "*logaritmo negativo da concentração molar de hidrogênio em uma solução*", dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (HERMES; SILVA, 2004). Valores de pH afastados da neutralidade revelam perturbações do meio aquático. Em termos de corpos d'água, valores elevados de pH podem estar associados à proliferação de algas; já valores altos ou baixos de pH podem ser indicativos da presença de efluentes industriais. Além disso, variações no pH influenciam o equilíbrio dos compostos químicos (VON SPERLING, 2005).

Segundo a Resolução 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005), o limite permitido de sólidos totais para corpos hídricos de classe 2 é de 500 mg.L⁻¹. Todos os pontos pesquisados enquadraram-se no exigido pela norma, no entanto, foram encontrados valores de sólidos totais bem superiores nos pontos de despejo de esgoto, tanto tratado quanto bruto.

Sólidos Totais é a medida da concentração de todos os cátions, ânions e sais que se encontram dissolvidos na água e materiais em suspensão. Medidas de sólidos totais são importantes e devem ser realizadas onde ocorrem áreas de descarga de esgotos, descargas industriais e áreas de irrigação intensiva (HERMES; SILVA, 2004).

De acordo com o art. 5º da Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), a concentração de OD não deve ser inferior a 5 mg.L⁻¹. De acordo com os dados obtidos, observa-se que em todos os pontos, com exceção do ponto de lançamento de esgoto bruto (PB), a concentração de OD está em conformidade com a referida Resolução. Destaca-se o ponto de lançamento de esgoto tratado (PT), revelando que, apesar de

receber um lançamento, a carga orgânica afluyente não é suficiente para baixar bruscamente a concentração de oxigênio na água, ressaltando a importância do tratamento dos esgotos.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O_2), é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês. A solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, depende da temperatura e da pressão (ESTEVES, 1998). A concentração de oxigênio dissolvido na água é trivial para a respiração dos organismos aquáticos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude desse fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias, com possível geração de maus odores (VON SPERLING, 2005).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio consumido na oxidação química da matéria orgânica existente na água, medida em teste específico. É usada geralmente como indicador do grau de poluição de um corpo hídrico ou de águas residuárias. (NBR 9896/1993). Já a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio requerida para oxidar bioquimicamente a matéria orgânica presente na água. Em um corpo d'água coexistem bactérias e matérias orgânicas de todas as naturezas. As bactérias alimentam-se de matéria orgânica. A digestão completa dessa matéria acontece através de uma reação bioquímica que necessita de um elemento fundamental para ser realizada: o oxigênio. Quando a bactéria consegue o oxigênio, ela transforma a matéria orgânica em outra substância, de forma mais estável. Esse processo é conhecido como mineralização.

Contudo, se a quantidade de alimento disponível for muito grande nos corpos d'água, as bactérias se multiplicarão em demasia e disputarão entre si todo o oxigênio disponível. Dessa forma, ele tende a se extinguir, matando as bactérias. Como resultado, elas acabam se transformando em mais alimento disponível, já que também são matérias orgânicas. Acabado o oxigênio, as águas de rios ou lagos que vivem essa situação serão incapazes de sustentar a vida aeróbia. Desta forma, é importante que se tenha um controle rígido no lançamento de matéria orgânica nesses corpos d'água, preservando um mínimo de oxigênio.

Logo, quanto aos parâmetros DBO e DQO, observa-se que o maior valor ocorreu para o ponto PB seguido pelo ponto PT justificando os despejos brutos e tratados, respectivamente. Apenas o ponto PTM, ou seja, a montante do ponto de despejo tratado preconiza o limite do CONAMA para rios de Classe 2 ($< 5 \text{ mg.L}^{-1}$) para DBO não fazendo referência a DQO.

Com relação à concentração de fósforo total na água, a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) prevê um valor máximo de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ para corpos hídricos de classe 2, em ambiente lótico. Os teores de fósforo total foram elevados em todos os pontos, excedendo o limite CONAMA.

A importância do fósforo nos sistemas biológicos deve-se à participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como armazenamento de energia e estruturação da membrana celular. Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade (ESTEVES, 1998). Ele não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento, mas, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, um processo chamado eutrofização. É, ainda, um elemento essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Para o nitrogênio total, a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) estabelece que sua concentração não deve ultrapassar:

- $2,18 \text{ mg.L}^{-1}$ para ambiente lótico, quando for fator limitante para eutrofização;
- $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$ quando $\text{pH} \leq 7,5$;
- $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ quando o pH estiver na faixa entre 7,5 e 8,0;
- $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ quando o pH estiver na faixa entre 8,0 e 8,5;
- $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ quando $\text{pH} > 8,5$. O nitrogênio, dentro do seu ciclo, se alterna entre várias formas e estados de oxidação.

Com os dados alcançados, observa-se que apenas no ponto PB a concentração de nitrogênio total estava fora dos limites estabelecidos.

No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado na forma molecular, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir ao processo de eutrofização (VON SPERLING, 2005). O nitrogênio, em processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, sendo, portanto, prejudicial ao meio aquático quando em altas concentrações. Porém, o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos.

As concentrações de clorofila-a variaram entre não detectável até $0,69 \mu\text{g Chl-a L}^{-1}$, resultando em $0,198 \mu\text{g Chl-a L}^{-1}$, como valor médio máximo. O valor mais alto ocorreu no período seco no ponto PTV, estando todos abaixo do limite do CONAMA ($30 \mu\text{g. L}^{-1}$).

A concentração de clorofila-a é um parâmetro chave em diversos trabalhos limnológicos e de qualidade de água. Este parâmetro é utilizado como indicador da biomassa de algas e, apesar do conteúdo de clorofila por célula variar grandemente, conforme o estado fisiológico e a espécie, sua correlação com a densidade celular é bem próxima.

Os pontos PB e PB300 apresentaram número elevado de *E.coli*/100mL, estando acima do preconizado pelo CONAMA ($<1.000 \text{ UFC}/100\text{mL}$). Tal fato se justifica pelo lançamento de esgoto bruto em PB. Nota-se que o poder de autodepuração da água diminui bastante a presença de coliformes 300 metros a jusante de PB (PB300), no entanto, a água ainda encontra-se fora dos padrões. Porém, percebe-se que 500 metros a jusante do lançamento de esgoto bruto, a água já foi capaz de se depurar e encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA.

Os Coliformes Fecais são bactérias originárias especificamente do trato intestinal. Métodos para a detecção de material fecal foram desenvolvidos utilizando a presença de organismos indicadores, como a bactéria intestinal *Escherichia coli*, uma vez que ela é específica de material fecal humano ou de outros animais de sangue quente (CHAPMAN; KINTASCH, 1997 Apud. HERMES; SILVA, 2004).

A variação da vazão do rio não teve influência significativa nos valores dos parâmetros estudados.

Em suma, observa-se que o ponto PB apresentou o resultado mais problemático com relação à qualidade da água. Os demais pontos apresentaram poucos parâmetros fora dos padrões. Desta forma, fica nítida a importância do tratamento dos esgotos para assegurar água de qualidade para a atual e às futuras gerações.

Para avaliação temporal do processo de eutrofização do trecho do rio em estudo, aplicou-se o Índice do Estado Trófico (IET), segundo Lamparelli (2004), conforme apresentado na Figura 2, para os pontos de coleta PT e PB.

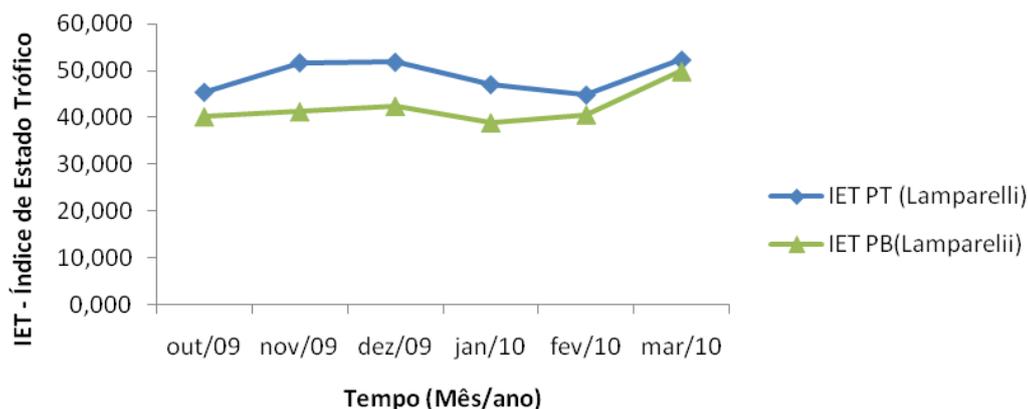


Figura 2: Variação temporal dos Índices de Estado Trófico (IET) no Rio São Francisco.

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila-a, IET(Cl), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. Assim, o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo.

Deve-se ter em conta que num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização encontra-se plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila-a certamente coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo. Já nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice relativo à clorofila-a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo. Além disso, caso sejam aplicadas algicidas, a consequente diminuição das concentrações de clorofila-a resultará em uma redução na classificação obtida a partir do seu índice.

Para o ponto PT, considerando os valores de clorofila-a e fósforo total para os seis meses de monitoramento, o IET apresentou condições ultraoligotróficas nos meses de outubro, janeiro e fevereiro, e condições oligotróficas nos meses de novembro e dezembro, apresentando-se mesotrófico no mês de março. Considerando apenas os valores de fósforo total em todos os meses apresentou-se hipereutrófico; e considerando apenas a clorofila-a, apresentou-se ultraoligotrófico. Embora a classificação segundo Lamparelli (2004) indique corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações

insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água, observam-se altos valores de fósforo em todos os pontos, justificando a condição hipereutrófica.

No ponto PB nos meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro as condições foram ultraoligotrófica, considerando-se os valores da clorofila-a e fósforo total. Da mesma forma como para o ponto PT avaliando-se isoladamente os valores de fósforo total e clorofila-a, ocorreram as condições hipereutrófica e ultraoligotrófica, respectivamente. No ponto PB nos meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro os valores de clorofila-a foram zero, de forma que o IET foi calculado apenas para os valores de fósforo.

CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas durante o período de estudo é possível concluir que:

- O despejo de efluentes no corpo hídrico, seja tratado ou bruto, causa degradação na qualidade da água;
- O lançamento de esgoto tratado provoca menor impacto negativo do que o lançamento de esgoto bruto, uma vez que a qualidade da água no ponto PT é sempre superior ao ponto PB;
- A variação de vazão do Rio São Francisco ao longo dos meses não influenciou na qualidade da água, uma vez que não se percebe uma relação direta entre aumento de vazão e aumento da qualidade da água;
- O ponto PT apresentou DBO com valores inferiores ao ponto PB. No entanto, mesmo o efluente tratado pode estar sendo lançado com DBO superior ao previsto nas normas, já que em todos os meses de análise a DBO estava acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/05;
- Mesmo com os valores de DBO superiores ao previsto pela norma, a quantidade de OD foi considerada satisfatória, uma vez que, no ponto PT, apenas no mês de novembro de 2009 o teor de OD estava abaixo do permitido;
- Os resultados para Coliformes Fecais apresentam um valor muito elevado no ponto PB. O mesmo não ocorre no ponto PT, revelando a importância do tratamento do esgoto na remoção de organismos patogênicos;
- A análise do Índice de Estado Trófico indicou características de ambientes ultraoligotróficos, oligotróficos e mesotróficos quando avaliados os valores de fósforo total e clorofila-a. Avaliando-se isoladamente os valores de fósforo total e clorofila, o ambiente esteve hipereutrófico e ultraoligotrófico, respectivamente.

REFERÊNCIAS

APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998). 20th ed, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9896**: informação e documentação: Glossário de Poluição das Águas. Rio de Janeiro, 1993.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: < www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em 18 de março de 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n.357, de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 18 de março de 2010.

CHAPMAN, D. **Water Quality Assessment**. 2.ed. London: E&FN SPON, 1996.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

HERMES, L. C., FAY, E. F., BUSCHINELLI, C. C. A., SILVA, A. S., SILVA, E. F. F. **Participação Comunitária em Monitoramento da Qualidade da Água**. Circular Técnica nº8. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

HERMES, L. C.; SILVA, A. S. **Avaliação da Qualidade das Águas: Manual Prático**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico socioeconômico da Bacia do São Francisco**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1418&id_pagina=1>.

Acesso em: 25 de maio de 2010.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

OLIVEIRA FILHO, S. F. S. XAVIER, L. F. COSTA, E. F. **A Fruticultura irrigada no pólo de Petrolina-Juazeiro e a possibilidade de acesso a novos mercados**. Anais do IV Encontro de Economia Baiana, Salvador, set. 2008.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Hidrografia do Brasil**. 2010. Disponível em:

<<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-agua/hidrografia-do-brasil.php>>. Acesso em: 01 de abril de 2010.

REGO, N. A. C., SANTOS, J. W. B., TEIXEIRA, A. **Estudos quali-quantitativos da condutividade elétrica das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Cachoeira – Sul da Bahia**. Série Águas da Bahia, Salvador, v.3. p. 65-76.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade da Água e ao Tratamento de Esgotos**. 1.ed. v.1. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.