

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: PERSPECTIVAS PARA REDUÇÃO DO FÓSFORO

Beatriz Durazzo Ruiz¹ ; Carmen Lúcia V.Midaglia¹ ; Cláudia Condé Lamparelli¹ José Eduardo Bevilacqua¹ & Nelson Menegon Jr.¹

¹CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

RESUMO – Como o estado de eutrofização dos corpos hídricos no estado de São Paulo é bastante comum tanto em rios como em reservatórios, e está diretamente relacionado com as concentrações de fósforo presentes na água, a adoção de medidas para controle das fontes desse nutriente, como a resolução CONAMA 359/05 que limitou o teor de fósforo nos detergentes em pó, é importante para o controle desse fenômeno. Com os resultados do monitoramento a CETESB da qualidade dos corpos hídricos paulistas é possível avaliar a evolução (variação) da concentração de fósforo a partir de sua série histórica dos últimos 10 anos. As diversas fontes de fósforo e a ocorrência de eventos que alteram o regime dos rios, como chuvas, dificultam a análise de tendência de redução desse elemento no ambiente, porém é possível observar através dos resultados e correlação com surfactantes e intensidade de chuvas que a redução da carga de fósforo proveniente dos detergentes em pó pode estar influenciando na redução desse elemento nos corpos hídricos.

ABSTRACT – The purpose of this article is indicating a possible phosphorus reduction in water bodies. Such eutrophication status is common in many water bodies of São Paulo State a temporal analyses was conducted in order to evidence a possible phosphorus improvement by the results of water quality monitoring network of CETESB . It's important measures for control of the sources of this nutrient, how the resolution CONAMA 359/05. This resolution limited the percent of phosphorus in detergents. The diverse sources and the occurrence of events, that modify the regimen of the rivers, as rains, make it difficult the analysis of reduction trend of this element in the environment, however it is possible to observe through the results and correlation with surfactants and intensity of rain that the reduction of the percent of phosphorus in detergents can be influencing in the reduction of this element in the water bodies.

Palavras-Chave – Fósforo Total, Detergente em pó, Qualidade da água

1. INTRODUÇÃO

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) possui uma série de redes de monitoramento com pontos de amostragem distribuídos em todo o Estado, abrangendo os rios, reservatórios, estuários e mar.

Os principais objetivos das redes de monitoramento são: avaliar a evolução da qualidade das águas superficiais do Estado, propiciar o levantamento de áreas prioritárias para o controle da

poluição das águas e subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas doces utilizadas para o abastecimento público, bem como para os múltiplos usos.

Os resultados obtidos ao longo dos anos de monitoramento mostram que as principais fontes de poluição dos recursos hídricos no Estado de São Paulo são os lançamentos de efluentes líquidos domésticos, bem como as cargas difusas de origem agrícola e urbana.

A rede de monitoramento da qualidade das águas doces superficiais do Estado de São Paulo teve seu início em 1974 e possui atualmente 368 pontos de amostragem distribuídos nas diversas UGRHIs - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - em todo estado. As 22 UGRHIs e a sua classificação por vocação, conforme designado pelo Anexo III da Lei Estadual nº 9.034 de 1994 – Plano Estadual de Recursos Hídricos constam na figura 1.

O conjunto de variáveis determinadas nas amostras varia com a finalidade do uso da água, sendo que em todos os pontos de amostragem são determinadas as variáveis sanitárias básicas, que compõem o Índice de Qualidade das Águas (IQA), além disso, são determinadas outras variáveis específicas, em especial em corpos hídricos utilizados para abastecimento público e proteção da vida aquática (CETESB, Série Relatórios)

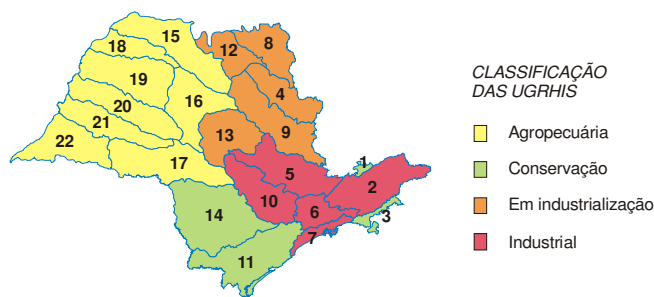


Figura 1 - Classificação das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos por vocação.

1.1 Fósforo em águas superficiais: O fósforo, assim como o nitrogênio, é um macro nutriente, essencial processos biológicos, porém seu excesso em águas naturais conduz a processos de eutrofização.

Eutrofização é processo de enriquecimento por nutrientes de um corpo hídrico, tanto por processos naturais ou ações antrópicas.

Diversas são as fontes de fósforo nos corpos hídricos (CETESB, 2012), dentre elas pode-se destacar:

- Descargas de esgotos sanitários, que contém fósforo tanto na matéria orgânica fecal quanto em produtos de uso doméstico;
- Efluentes industriais, como os de indústria de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios

- Águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas (carga difusa)

O excesso de nutrientes está, na maioria das vezes, associado ao aumento da contribuição de esgotos para corpos hídricos. (Lamparelli, 2004).

Esse fenômeno causa diversos efeitos no ecossistema e problemas relacionados ao uso dos corpos hídricos, segundo Mason (1998). Este autor elencou alguns dos efeitos e problemas e estes podem ser resumidos em:

“Efeitos em ecossistemas aquáticos

Geralmente ocorre a diminuição da diversidade de espécies e modificação da biota dominante.

Aumento da biomassa de plantas e animais.

Aumento da turbidez.

Aumento da taxa de sedimentação, diminuição da vida útil dos reservatórios.

Possibilidade de desenvolvimento de condições anóxicas.

Problemas associados ao uso

O tratamento da água potável pode ser dificultado e o suprimento de água pode vir a ter odor e gosto inaceitáveis.

A água pode ser prejudicial à saúde.

O valor de amenidade da água pode decrescer.

O aumento da vegetação aquática pode impedir o fluxo da água e a navegação.

As espécies comercialmente importantes podem desaparecer.” (Lamparelli 1994)

Em 29 de abril de 2005 entrou em vigor a Resolução CONAMA 359/05, que dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo nos detergentes em pó, estabelecendo, entre outros, prazo de 6 meses para que o limite máximo de fósforo por formulação seja 5,55% e 36 meses para que seja 4,8%. De acordo com a resolução, essa medida foi tomada considerando, entre outros, o estado crítico de eutrofização de vários corpos hídricos, cabendo aos setores público e produtivo, no processo de desenvolvimento sustentável, adotar medidas preventivas.

2. OBJETIVO

Avaliar se houve redução da concentração de fósforo total nos corpos hídricos do Estado de São Paulo temporal e espacialmente analisando os resultados do monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo, realizado pela CETESB, uma vez que houve a diminuição do aporte de fósforo proveniente de detergentes em pó, através da aplicação da Resolução CONAMA 359/05.

3. METODOLOGIA

A fim de observar um panorama geral da situação da concentração do fósforo nos corpos hídricos do Estado de São Paulo e verificar tendências, analisou-se a média anual da concentração de fósforo no período de 2002 a 2011, e a média móvel nos 172 pontos do monitoramento das águas superficiais realizado pela CETESB que apresentaram resultados em todo o período. O período escolhido inicia-se três anos antes do início da aplicação da resolução CONAMA 359/05 e se estende até três anos após o prazo para redução do teor de fósforo segundo essa resolução.

A análise da média anual das concentrações de fósforo por vocação das UGRHIs foi realizada com a finalidade de demonstrar a diferença na evolução temporal no padrão das médias dos quatro principais macro-uso do solo do Estado. Naturalmente, como poderia ser esperado, os maiores valores foram encontrados nas UGRHIs de 2-Paraíba do Sul, 5-Capivari, Jundiaí e Piracicaba, 6-Alto Tiete, 7- Baixada Santista e 10- Sorocaba/ Médio Tiete, onde habitam a maioria da população do Estado e onde os recursos hídricos estão mais sujeitos a pressão antrópica, conforme o figura 2, IAEM- Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2011 (Midaglia, 2011).

A pressão humana, alavancada pelo crescimento populacional e pela forte tendência de urbanização verificada no estado de São Paulo (85% de taxa de urbanização) induz a ocupação desordenada e a falta de preservação de áreas de nascentes e mananciais. Portanto, áreas altamente urbanizadas, desprovida de serviços de esgotamento acarretam uma interferência antrópica de maior relevância no ambiente, notadamente nos recursos hídricos.

Tendo isto em vista, por último, resolveu-se restringir este estudo a esta região mais impactada, ou seja, as UGRHI de vocação industrial, onde foram selecionados 36 pontos que possuíam resultados tanto da variável surfactantes como de fósforo, dentro do período estudado (2002-2011). A comparação entre essas variáveis permite a constatação ou não da possível correlação da redução do teor de fósforo nos detergentes com a diminuição da concentração nos corpos hídricos, uma vez que os surfactantes são o principal componente dos detergentes em pó e podem ser considerados indicadores da concentração de detergentes que foi lançada nos corpos hídricos. Ressalta-se que a comparação serve como indicativo, uma vez que existem outras fontes de surfactantes, e diferenças na eficiência de remoção deste em estações de tratamento, entre outros.

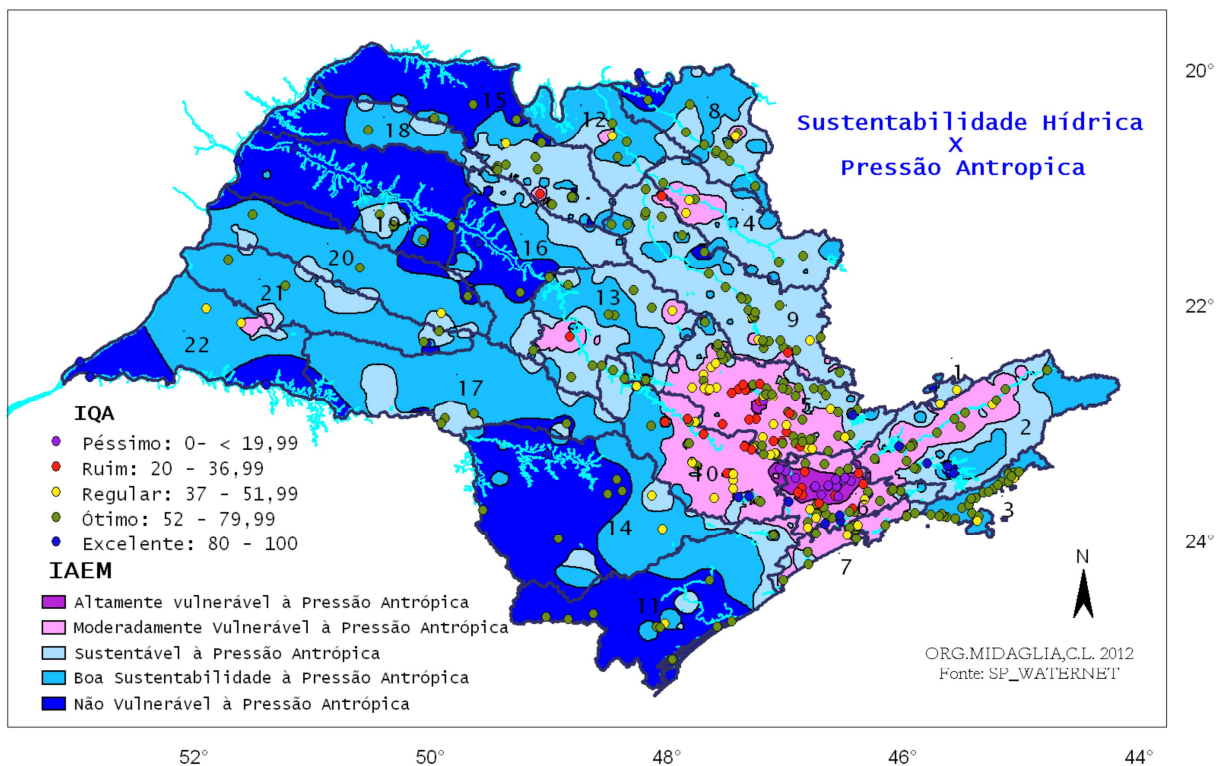


Figura 2 – Mapa do IAEM – Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água no Estado de São Paulo e suas 22 UGRHIs em 2011

A alta concentração de pessoas usando produtos com fósforo em sua composição química pode causar problemas semelhantes ao já visto na cidade de Pirapora do Bom Jesus, onde uma espuma produzida pela degradação incompleta de detergentes toma conta de todo o leito do rio Tietê e espalha-se na região de entorno. (MIDAGLIA, 2011:48). Os impactos ambientais podem se estender espacialmente atingindo outras regiões. Foram produzidos mapas com a técnica de análise espacial das médias móveis com raio de 15 km ao entorno dos pontos de monitoramento da rede de qualidade de águas superficiais para a variável fosforo para subsidiar na interpretação evolutiva dos resultados os anos de 2002, 2005 e 2011. As figuras 3, 4 e 5 mostram um recorte deste enfoque para a variação espacial do fosforo, mais detalhado para as UGRHIs industriais citadas.

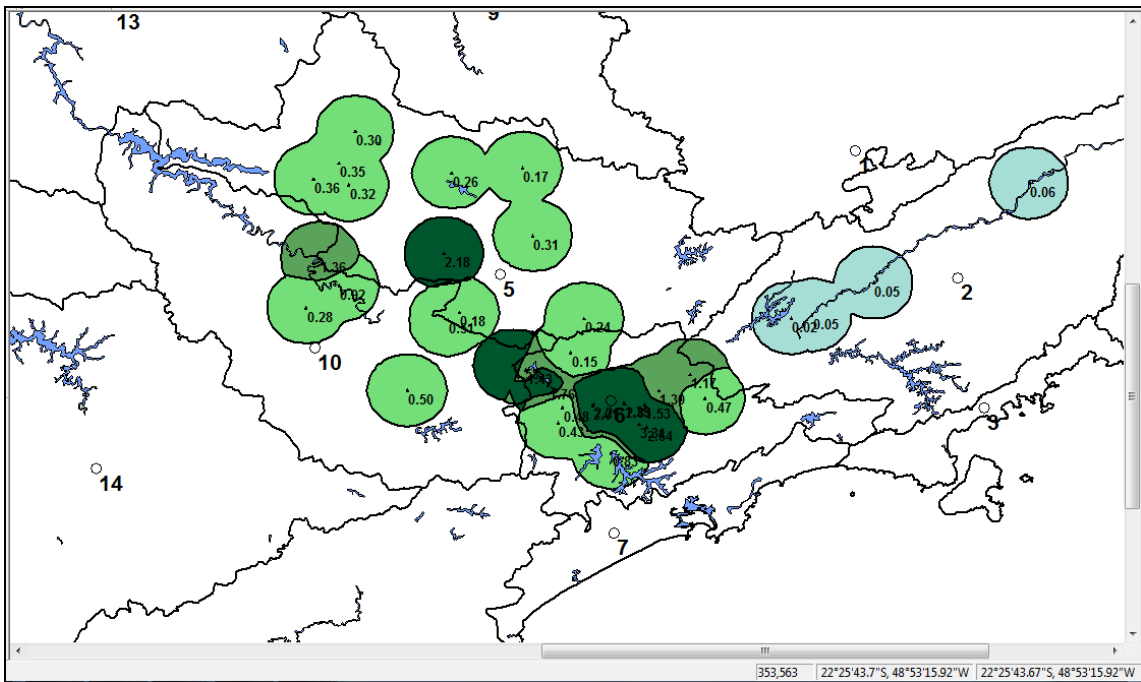


Figura 3 – Mapa dos níveis de fósforo em 2002 através da média móvel espacial de 36 pontos.

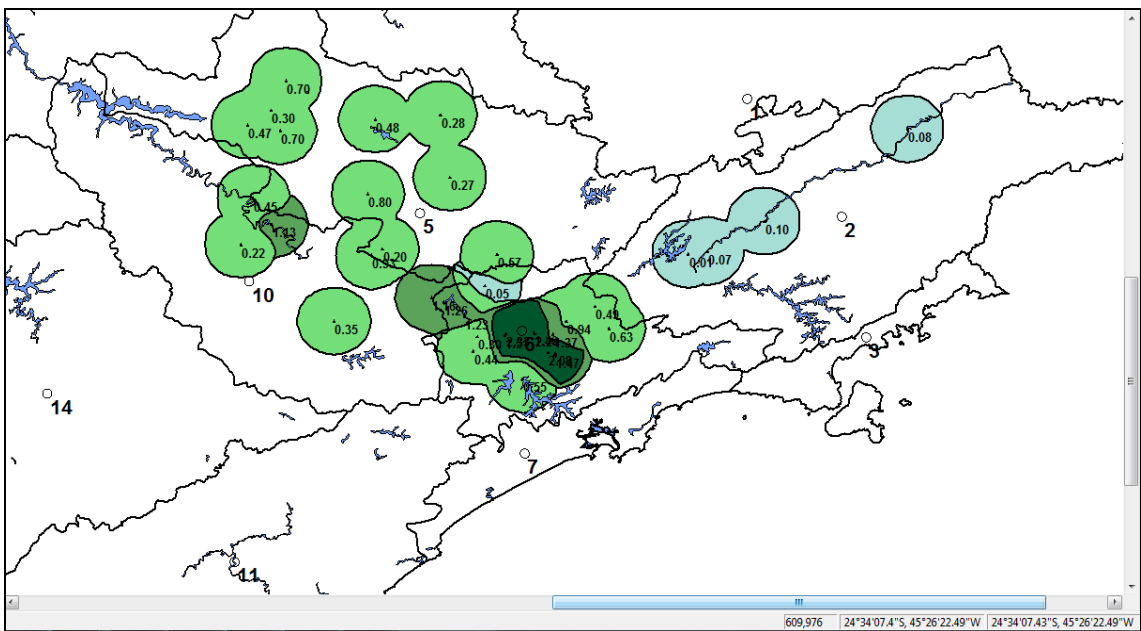


Figura 4 – Mapa dos níveis de fósforo em 2005 através da média móvel espacial de 36 pontos.

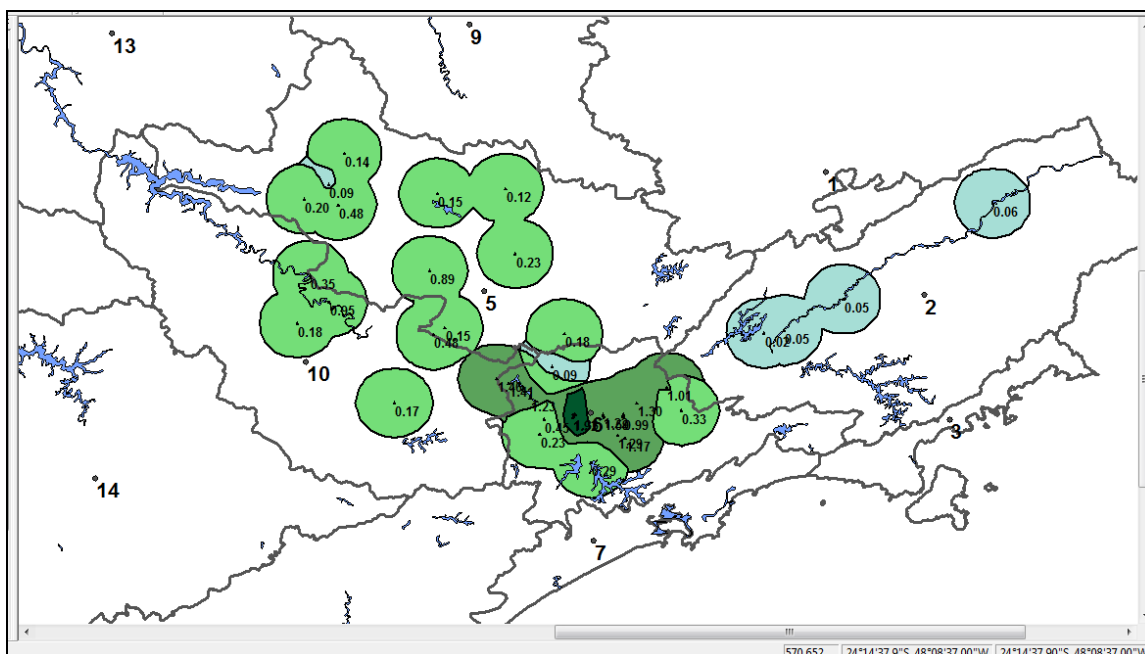


Figura 5 – Mapa dos níveis de fósforo em 2011 através da média móvel espacial de 36 pontos.

Métodos Analíticos

A determinação dos valores de Fósforo Total e Surfactantes foi realizada em cinco laboratórios da CETESB de acordo com a proximidade do ponto de coleta com o local e disponibilidade para análise. O Fósforo Total foi analisado pelo método Colorimetria automática com molibdato de amônio e ácido ascórbico (SM-4500 P B/E), nos laboratórios de Campinas, São Paulo e Taubaté. Já no laboratório de Ribeirão–Preto foi obtido pelo método ICP-AES -Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (EPA 6010C). Em Cubatão o laboratório utilizou o método ICP OES – Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (SM-3120 B). A variável Surfactantes foi analisada pelo método Colorimetria com azul de metileno (SM 5540C) em todos os laboratórios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias anuais das concentrações de fósforo determinadas em 172 pontos de monitoramento da CETESB no período estudado encontram-se na figura 6. Para melhor visualização, separou-se o período em anterior a aplicação da resolução CONAMA 359/05 e a partir da aplicação dessa resolução. A título de ilustração foram adicionadas ao gráfico o volume de chuvas para cada ano, pois sua intensidade está relacionada com as variações de vazão nos corpos hídricos e carga difusa e portanto podem auxiliar a correlação a concentração de fósforo, conforme figura 6.

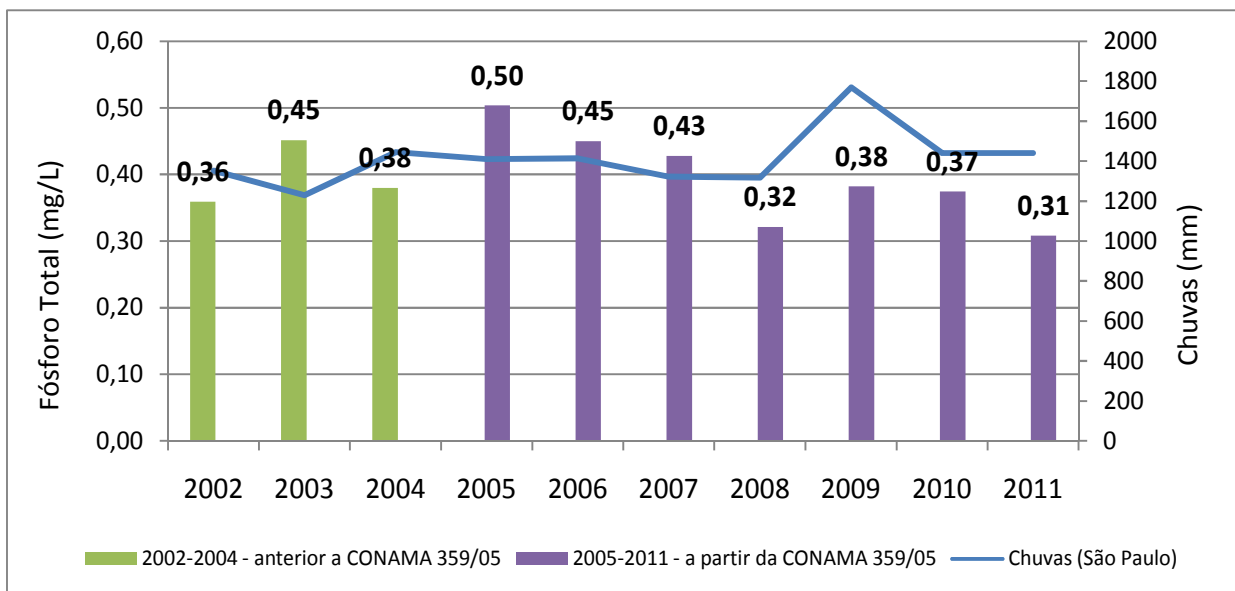


Figura 6 – Concentração média anual das amostras de 172 pontos de monitoramento no período de 2002 a 2011

De 2002 a 2005 houve aumento de 39% da concentração média de fósforo. Em 2009 e 2010 a concentração média foi semelhante a 2002 e em 2011 teve um decréscimo mais acentuado, atingindo 0,31 mg/L, menor concentração média dos últimos 10 anos. Esse decréscimo pode estar associado à redução do teor de fósforo nos detergentes em pó.

As médias anuais de fósforo, conforme figura 6, variaram durante todo o período. Para melhor visualizar a existência de tendência calculou-se a média móvel anual de três anos. O resultado consta na figura 7.

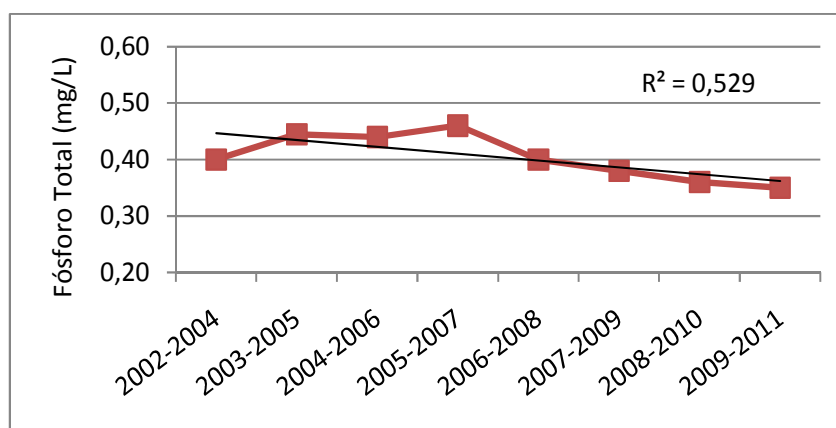


Figura 7 – Média móvel da concentração média anual de fósforo no período de 3 anos de 2002 a 2011

Conforme figura 7, é possível observar as maiores concentrações de fósforo em períodos até 2005 e uma tendência de redução a partir desse ano, indicando a redução da concentração de fósforo nos corpos hídricos.

Buscou-se relacionar a concentração média anual de fósforo com a intensidade média anual de chuvas no estado e não se obteve correlação, conforme figura 8. A intensidade de chuvas pode aumentar o aporte de carga difusa, mas também a favorece a diluição dos compostos em razão da maior vazão dos corpos hídricos.

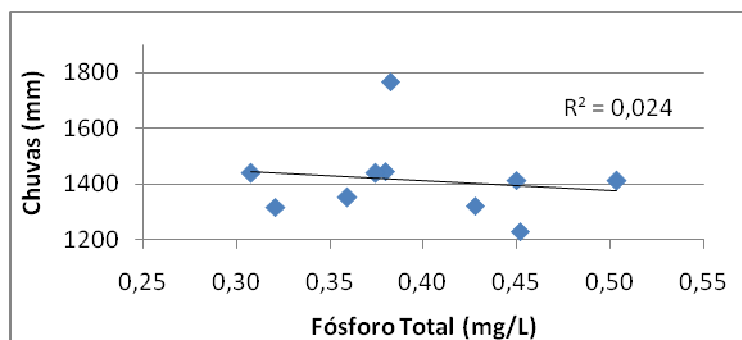


Figura 8 – Correlação da intensidade média de chuva e concentração de fósforo no período de 2002 a 2011

Destaca-se que em 2009, quando houve a maior intensidade de chuva dos últimos 10 anos, a concentração média de fósforo aumentou em relação a 2008, porém foi semelhante a de 2010, supondo que houve aumento da carga difusa em relação ao ano anterior e maior diluição em relação a 2010. A intensidade de chuvas de 2010 e 2011 foi semelhante, porém a concentração de fósforo diminuiu em todo estado, indicando menor aporte de fósforo para os corpos hídricos.

Os pontos estudados foram agrupados por vocação da UGRHI onde se localizam para observar se o comportamento do fósforo foi semelhante em todo Estado, conforme figura 9.

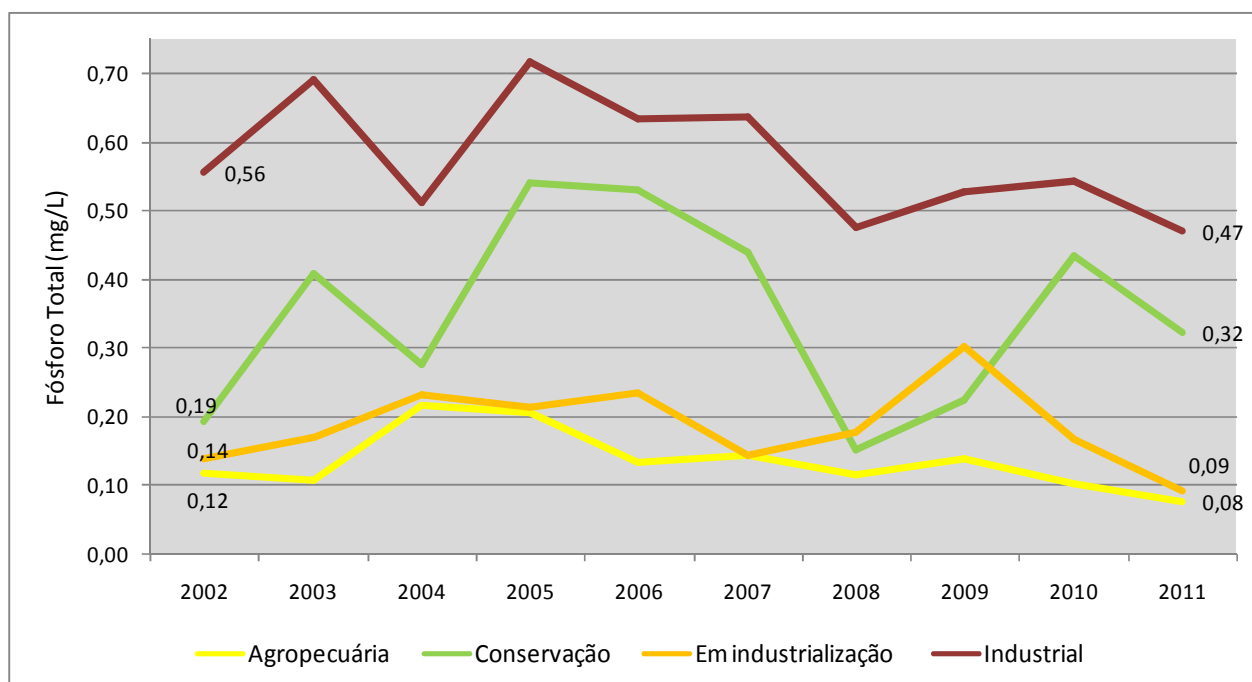


Figura 9 – Média anual da concentração de fósforo por vocação das UGRHIs no período de 2002 a 2011

A porcentagem dos pontos localizados em cada vocação dos 172 pontos estudados encontra-se na figura 10.

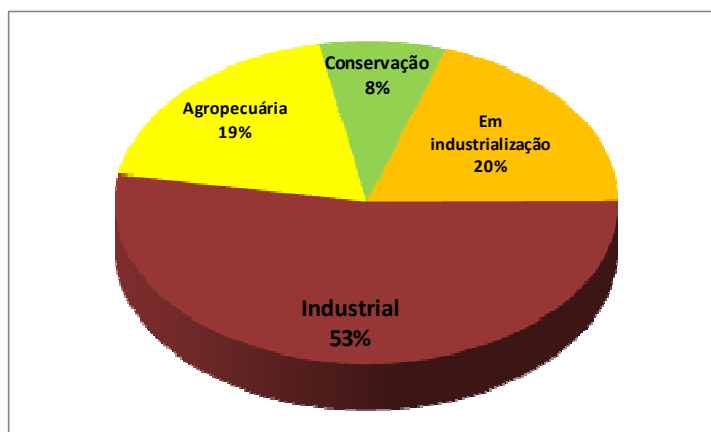


Figura 10 – Porcentagem de pontos por vocação das UGRHI

É possível observar redução da concentração de fósforo por vocação das UGRHI, exceto nas de conservação. As concentrações médias de fósforo em UGRHIs industriais seguem o padrão do Estado por possuírem as maiores concentrações de fósforo e números de pontos (53%). As variações ao longo dos anos entre as vocações diferem em magnitude, porém o perfil é semelhante na maior parte do tempo.

A análise da evolução da concentração de surfactantes correlacionada com a de fósforo pode ser um indicativo da origem do fósforo no corpo hídrico, uma vez que surfactantes são componentes das formulações dos detergentes em pó. A figura 11 apresenta a média anual das concentrações de fósforo e surfactantes em 36 pontos localizados em UGRHIs industriais, que são onde se localizam os pontos com maiores concentrações de fósforo, e, conseqüentemente, maiores cargas domésticas e industriais. Essa elevada concentração de fósforo em ambientes próximos a lançamentos de esgotos domésticos indica que outras medidas de controle, sugeridas pelo do Grupo de Monitoramento de Fósforo (Relatório Final, 2010) são necessárias, como por exemplo, o tratamento terciário para remoção de fósforo de acordo com as condições do corpo hídrico.

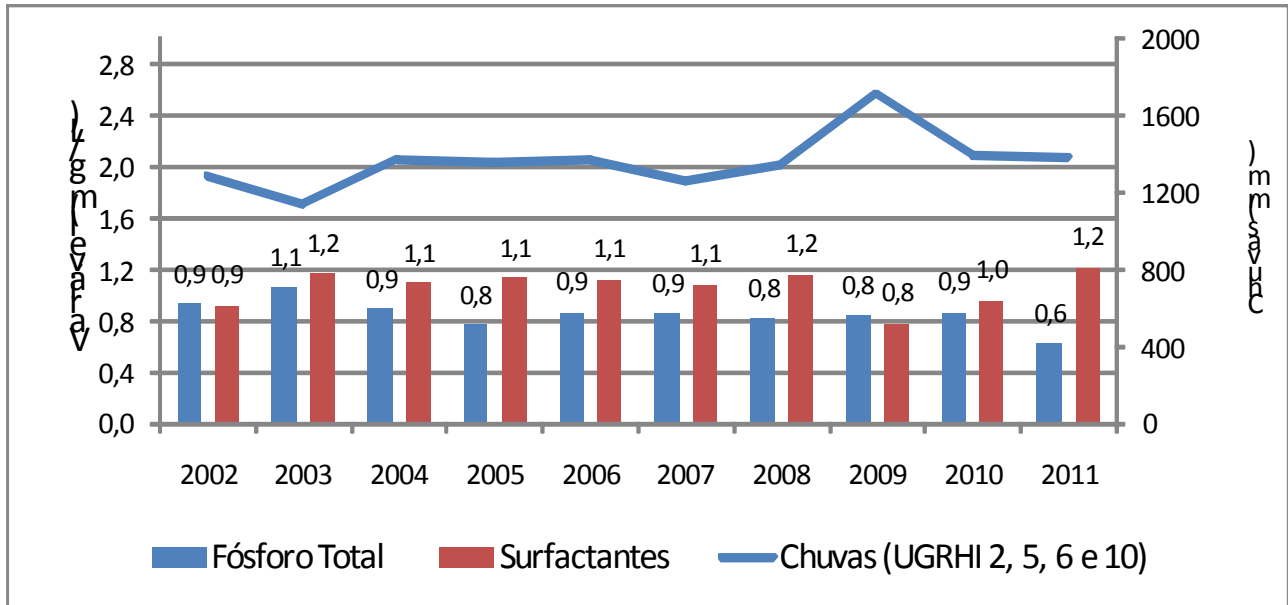


Figura 11 – Concentração média anual de fósforo e surfactantes de 2002 a 2011 em 36 pontos de monitoramento localizados em UGRHIs industriais e chuvas médias anuais dessas UGRHIs.

Embora em 2009, a concentração média de surfactantes tenha diminuído, a de fósforo não apresentou alteração significativa, mantendo-se próxima a dos anos subsequentes, fato que pode estar relacionado à maior intensidade de chuvas desse ano e maior aporte de carga difusa.

Destaca-se na figura 11, o ano de 2011, que teve maior concentração média de surfactantes mas não resultou no aumento de fósforo. Nesse ano, é notável a redução da concentração média de fósforo e pode ser relacionada a sua redução nos esgotos domésticos, visto que a intensidade das chuvas foi igual a de 2010, supondo assim que a carga difusa tenha sido semelhante nesses anos, concluindo que a redução deve ter sido significativa em outra fonte, como nos esgotos domésticos; e o fato da concentração de surfactantes ter aumentado em 2011, estabelece que a quantidade de detergente em pó utilizada foi maior que nos outros anos e ainda sim, observou-se a redução da concentração média de fósforo.

5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados do monitoramento da CETESB, nos últimos dez anos, mostrou que houve uma tendência de redução da concentração de fósforo nas águas superficiais do Estado de São Paulo, embora tenha apresentado algumas variações ao longo do tempo.

Os fatores que indicam que a aplicação da CONAMA 359/05 pode estar influenciando na redução deste nutriente é o fato de sua concentração ter diminuído entre 2010 e 2011 apesar de

semelhante intensidade de chuva e ao aumento da concentração de surfactantes em 2011 e diminuição da do fósforo. Devido à complexidade dos processos naturais, como fenômenos de transporte e variações da vazão, que alteram o regime dos corpos hídricos, bem como cargas difusas originadas de áreas agrícolas e industriais, crescimento vegetativo e populacional, coleta e nível de tratamento de esgotos, além de outras fontes industriais, tanto de fósforo como de surfactantes, fica difícil estabelecer com segurança qual foi parcela de redução de fósforo nos corpos hídricos do estado que pode ser atribuída à sua redução nas formulações dos detergentes em pó.

Com a continuidade do monitoramento das águas superficiais e a agregação de novos dados, como investigações de cargas pontuais e monitoramento a montante e jusante de lançamentos será possível constatar a redução da concentração de fósforo nos próximos anos, confirmando que os resultados de 2011 refletem a diminuição das cargas de fósforo lançadas nos corpos hídricos.

Outras medidas de controle das fontes pontuais de fósforo devem ser adotadas, como ampliação da rede coletora de esgotos e a adoção do tratamento terciário para remoção de fósforo nas ETE.

BIBLIOGRAFIA

- CETESB. (2012). Apêndice C -Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. In: CETESB, *Relatório das águas superficiais do Estado de São Paulo 2011*. São Paulo: SP.
- CETESB. (Série Relatórios). *Relatório das águas interiores do Estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB.
- CETESB. (2012). *Relatório de Qualidade das Águas Superficiais 2011*. São Paulo: CETESB.
- LAMPARELLI, M.C. (2004). *Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. Tese (Doutorado) – IB/USP – SP
- MASON, C.F (1998). *Biology of Freshwater Pollution* - Longman Ed., 3rd Edition, 356p.
- MIDAGLIA, C.V (2009). *Proposta de implantação do índice de abrangência espacial de monitoramento - IAEM por meio da análise da evolução da rede de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo*. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – FFLCH/USP
- *Relatório Final - Grupo de Monitoramento de Fósforo*. (2010). Acesso em 22 de 06 de 2012, disponível em Ministério do Meio Ambiente:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/1B20DDC4/RelatFinalFosforo1.pdf>