

II-079 - A CONTRIBUIÇÃO DOS DETERGENTES EM PÓ PARA A PRESENÇA DE FÓSFORO NOS ESGOTOS SANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Claudia Maria Gomes de Quevedo ⁽¹⁾

Doutora pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - USP. Analista do Núcleo de Gestão Ambiental do Médio Tietê da Superintendência de Gestão Ambiental da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

Wanderley da Silva Paganini

Professor Associado do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - USP. Superintendente de Gestão Ambiental da Diretoria de Tecnologia, Empreendimentos e Meio Ambiente da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Dr. Costa Leite, 2000 – Botucatu – São Paulo – SP – CEP 18606-820. Tel/Fax (14) 3811-8313. Email: claudiagomes@sabesp.com.br

RESUMO

Muito se discute a respeito da contribuição dos detergentes em pó destinados à limpeza de tecidos para aumento da concentração de fósforo nos esgotos sanitários. A restrição ao uso de fosfato nesses produtos é considerada uma medida que pode auxiliar no controle dessa importante fonte de fósforo nos esgotos, reduzindo o aporte do nutriente às estações de tratamento e contribuindo para a melhoria da qualidade das águas. Visando dimensionar a atual contribuição desses detergentes para a presença de fósforo nos esgotos sanitários, através do presente trabalho, foram efetuadas análises no esgoto bruto de três estações de tratamento situadas no estado de São Paulo, bem como, foram analisadas trinta amostras de detergentes em pó adquiridos no território nacional. Verificou-se que os produtos atualmente comercializados no país possuem reduzida concentração de fósforo, abaixo de 0,01% em peso, e que a contribuição *per capita* de fósforo oriunda da utilização doméstica desses produtos pode ser dimensionada em 0,0014 g/hab.dia. Nas áreas de estudo, calculou-se que os detergentes em pó são atualmente responsáveis por cerca de 0,17% do total de fósforo presente nos esgotos, valor que pode ser considerado muito pouco representativo frente à carga total de fósforo que chega até as estações de tratamento. Concluiu-se pela necessidade de aprimorar os dispositivos legais que regem o assunto, tornando-os compatíveis com a atual prática do mercado, de dimensionar e controlar outras possíveis fontes de fósforo nos esgotos, e de aprofundar os estudos relacionados às diferentes fontes de fósforo nas águas, levando-se em conta as diversidades regionais.

PALAVRAS-CHAVE: Detergentes em pó, Esgotos sanitários, Fósforo, Qualidade das águas.

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, pesquisas voltadas para gestão da qualidade das águas indicam que o nível de consumo de detergentes em pó destinados à limpeza de tecidos, contendo fósforo nas suas formulações, pode contribuir para a ocorrência da eutrofização. Ainda que esse fenômeno envolva a combinação de uma série de medidas para controle de fontes pontuais e difusas de nutrientes nas águas, os estudos desenvolvidos a respeito da gestão de ambientes eutrofizados incluem a importância de se regulamentar o uso de detergentes fosfatados.

De forma complementar, verificou-se que a restrição ao uso de fósforo na formulação desses produtos pode auxiliar no planejamento de sistemas de esgotos sanitários. Ao evitar que uma parcela significativa do nutriente chegue até as estações de tratamento, a regulamentação dos detergentes pode acarretar a diminuição na quantidade de produtos químicos utilizados e de resíduos sólidos gerados, contribuindo para a otimização de custos envolvidos com a implantação, operação e manutenção dos sistemas de saneamento.

Deve-se citar ainda, o aspecto da preservação das reservas de fósforo no meio ambiente. Por se tratar de um nutriente que possui fontes naturais finitas e não renováveis, considera-se que a limitação de seu uso como componente dos detergentes pode auxiliar na redução do ritmo de exploração, promovendo a sua sustentabilidade.

No Brasil, a presença de fósforo nos detergentes é atualmente regulamentada pela Resolução nº 359 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estipulou a redução progressiva dos limites vigentes desde o ano de 1978, até o valor de 4,8% de fósforo em peso, a partir de 2008. Tal medida foi considerada pelos especialistas no assunto como um “avanço na questão do controle preventivo da poluição dos corpos hídricos do país” (CONAMA, 2010, p. 17).

Por meio do presente trabalho, busca-se dimensionar a atual contribuição dos detergentes de uso doméstico destinados à limpeza de tecidos com relação ao total de fósforo presente nos esgotos sanitários, verificando a conformidade dos produtos comercializados frente aos limites estipulados pela legislação.

A avaliação da atual situação e o dimensionamento dessa contribuição, podem auxiliar na verificação da efetividade das medidas já implementadas e no delineamento dos próximos passos a serem trilhados na questão do controle do aporte de fósforo nas águas.

Gestão do Fósforo nas Águas: Experiências Vivenciadas

O fósforo está entre os 21 nutrientes que são considerados necessários para o crescimento de algas. No entanto, diversos estudos o apontam como sendo o principal nutriente limitante para a ocorrência de eutrofização (MUMMA et al., 1979; CHORUS e BARTRAN, 1999).

A eutrofização corresponde ao aumento da produtividade biológica de um corpo hídrico devido à introdução de nutrientes. Considera-se o incremento da probabilidade de ocorrência de florações de algas e cianobactérias uma das consequências mais importantes da eutrofização, devido ao potencial efeito deletério à saúde humana. Episódios de eutrofização são relatados pela Organização Mundial de Saúde (OMS), em diversas localidades do mundo, onde a presença de organismos tóxicos ocasionaram prejuízos à população, devido ao comprometimento da qualidade da água utilizada para abastecimento ou à inalação em atividades de contato direto, como a natação (LAMPARELLI, 2004).

A gestão do aporte de fósforo nas águas tem especial relação com o controle das emissões antrópicas, que são decorrentes da ação do homem. Dentre estas, destacam-se aquelas relacionadas com a atividade urbana, em especial os esgotos sanitários e os efluentes industriais, e com a atividade agrícola. Para dimensionamento das diversas fontes de fósforo nos corpos hídricos, deve-se considerar a forma de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, levando-se em conta as diferenças que podem existir nas atividades econômicas e nas condições ambientais de cada região (GLENNIE et al., 2002; QUEVEDO e PAGANINI, 2011).

A título de ilustração, WITE e HAMMOND (2006) relatam os trabalhos desenvolvidos para quantificar as fontes de fósforo nas águas da Europa, e explicam que grandes variações são encontradas ao longo do tempo, nos países que fazem parte União Europeia. Tal situação demonstra ser compatível com as distinções existentes nos mecanismos implementados para controle das fontes urbanas, e sua eficácia, bem como, das especificidades relacionadas com a prática agrícola em cada localidade, envolvendo tópicos como tipo de cultura plantada, formas de irrigação, grau de mecanização e concentração natural de fósforo no solo.

Diversas experiências são relatadas como casos de sucesso na gestão e controle das fontes pontuais e difusas de fósforo nas águas, sendo exemplos notáveis os casos do Lago Geneva, na Suíça, do Lago Erie, localizado entre os Estados Unidos e o Canadá, na região dos Grandes Lagos, e do Lago Endine, na Itália (IJC, 1969; CHORUS e BARTRAN, 1999; FRIEDMAN, 2004).

O Lago Erie, por exemplo, o menor e o menos profundo dos 5 Grandes Lagos situados na fronteira entre os Estados Unidos e o Canadá, é considerado bastante suscetível à atividade antrópica pois localiza-se em uma bacia hidrográfica que abrange grandes cidades e extensas áreas cultivadas, com baixa cobertura vegetal. Desde 1972, diversas medidas de controle da eutrofização foram adotadas pelos dois países, abrangendo a restrição ao uso de detergentes fosfatados, a regulamentação dos lançamentos pontuais de fósforo, com constante fiscalização e monitoramento, e o desenvolvimento de um programa para controle da poluição difusa, envolvendo educação, assistência técnica, treinamento e transferência de tecnologia em projetos para manejo do solo. Tais medidas foram aplicadas também ao restante do país, de forma que foram priorizados os

locais considerados suscetíveis à eutrofização, como por exemplo, além da Região dos Grandes Lagos, os mananciais da Costa Leste (LIKE, 1999; GILINSKI et al., 2009).

Mesma lógica de gestão pode ser observada na Europa. Diante da deterioração dos recursos hídricos em decorrência do aporte excessivo de nutrientes, diversos países, desde a década de 1960, passaram a regulamentar a presença de fósforo nos detergentes, estipular limites lançamento de fósforo pelas fontes pontuais e propor medidas para reduzir as perdas de fósforo pela atividade agrícola. Ainda que tenha ocorrido uma evolução no assunto, movida pelas medidas adotadas individualmente de acordo com a capacidade de investimento e planejamento de cada país, foram observadas diferenças substanciais no desempenho dos diferentes Estados-Membros pertencentes à União Europeia. Na década de 1990 passaram a ser estipuladas regras com relação ao controle das fontes pontuais e difusas de fósforo, mediante mapeamento dos mananciais classificados como sensíveis à eutrofização e com base no dimensionamento das contribuições. Desta forma, buscou-se direcionar e otimizar os investimentos, com base no conceito de progressividade das ações, e levando-se em conta as diferenças regionais (GLENNIE et al., 2002).

Detergentes como Fonte de Fósforo nos Esgotos Sanitários

A quantificação da contribuição dos detergentes com relação ao total de fósforo presente nos esgotos pode ser considerado um assunto em constante mutação, uma vez que envolve condições econômicas e culturais da população, e o nível de regulamentação estipulado para os produtos. Pesquisas históricas desenvolvidas nos Estados Unidos a respeito desse assunto, indicam que os detergentes fosfatados podem contribuir para o aumento da concentração de fósforo nos esgotos em percentuais variáveis entre 20% e 80% (IJC, 1969, DEVEY e HARKNESS, 1975; SHANNON, 1975; HARTIG e HORVATH, 1982; LITKE, 1999).

SHANNON (1975) e SCHMIDTKE (1980) relatam um experimento desenvolvido na estação de tratamento da *Canadian Forces Base* (CFB), situada em Ottawa, na Província de Ontário, no período entre agosto a dezembro de 1972, antes da reformulação dos detergentes, e entre fevereiro a setembro de 1973, após a citada reformulação. Descrevem que a contribuição de fósforo total no esgoto bruto foi alterada de 5,2 g/hab.dia para 2,3 g/hab.dia, uma redução de 56%.

O dimensionamento da contribuição envolve normalmente um conjunto de informações, abrangendo dados do setor a respeito do consumo e produção de detergentes, nível de utilização de fósforo nos produtos conforme posicionamento das indústrias, informações regulatórias sobre concentração de fósforo nos detergentes e número de pessoas conectadas ao sistema de esgotos (GILMOUR et al., 2008; NOWOSIELSKI, 2009; COMBER et al., 2013).

Seguindo essa metodologia, NOWOSIELSKI (2009) calculou para o Reino Unido, uma contribuição *per capita* média de fósforo com origem nos detergentes, da ordem de 0,16 g.P/hab.dia, o que corresponde a 7,5% do total de fósforo presente nos esgotos.

Já em pesquisa desenvolvida por COMBER et al. (2013), a contribuição *per capita* dos detergentes no Reino Unido foi situada na faixa de 0,155 a 0,275 g.P/hab.dia. Em termos percentuais, a contribuição dos detergentes foi calculada em 14% do total de fósforo presente nos esgotos.

Regulamentação do Uso do Fósforo nos Detergentes

Não obstante diversos estudos apontem para a importância da substituição do fósforo nos detergentes, parte da indústria defende a sua manutenção. O principal argumento utilizado é o desempenho do produto, pois, ainda que diversos compostos possam ser utilizados nos detergentes no lugar do fosfato, defende-se que nenhum deles é capaz de substituí-lo na mesma condição de eficiência e custo. Outro argumento utilizado em favor da manutenção do fósforo na formulação dos detergentes, é a sua capacidade de biodegradabilidade e a ausência de toxicidade, enquanto alguns de seus substitutos possuem efeitos ambientais ainda pouco investigados, como é o caso do ácido policarboxílico (PCA) e do ácido nitrilotriacético (NTA), por exemplo (RITTNER, 1995).

Diversos pesquisadores defendem ainda, a despeito do custo social envolvido, que somente a implantação dos denominados sistemas terciários ou avançados para tratamento de esgotos seria suficiente para reduzir o aporte de fósforo nas águas pelas fontes urbanas, tornando desnecessária a redução da parcela proveniente dos

detergentes. Deve-se observar, desta forma, que a plena substituição do fósforo nos detergentes envolve, além de questões econômicas, mercadológicas e sociais importantes, incertezas relacionadas com a introdução de novos elementos químicos, cujos resultados das interações com o meio ambiente, a médio e longo prazo, ainda estão sendo estudados. Tal fato, entretanto, não pode impedir a evolução no desenvolvimento de produtos e tecnologias que permitam substituir o fósforo nos detergentes, minimizando os riscos de efeitos deletérios desse produto de limpeza no meio ambiente e inserindo alternativas que garantam a qualidade de vida da atual e das futuras gerações (PAGANINI e QUEVEDO, 2011).

Dados indicam que no Japão, em substituição ao fósforo, utiliza-se uma combinação de zeólitas, PCAs e carbonato de sódio. Em países do sul da Ásia, os diversos componentes coexistem. Nos Estados Unidos e Canadá, utilizam-se zeólitas. No norte da Ásia, América Latina, África e Austrália, o fósforo é usualmente utilizado nos detergentes (GLENNIE et al., 2002; HAUTHAL, 2005).

Na Comunidade Europeia, de acordo com EUROPARL (2011), o nível de aplicação de fósforo nos detergentes para limpeza de tecidos era bastante variável nos Estados-Membros até o ano de 2006, em função das diferenças nos graus de dureza da água e das evoluções verificadas ao longo dos anos nas medidas regulatórias implementadas pelos países. Em 2011 foi aprovada uma legislação que colocou em vigor, a partir de 30/06/13, a limitação de 0,5% em peso, para fósforo nos detergentes para limpeza de tecidos comercializados em toda a região abrangida pelos Estados-Membros (EUROPARL, 2011).

No Brasil, desde o ano de 2008, encontra-se em vigor o limite de 4,8% de fósforo, em peso, para os produtos comercializados no território nacional, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 359/2005. Com base em dados do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), em fevereiro de 2010 o Grupo de Trabalho do CONAMA apresentou seu “Relatório Final”, apontando que essa medida contribuiu para uma redução 21,5% no aporte de fósforo ao meio ambiente, no período compreendido entre 2005 e 2008, alterando-o de 40,5 ton/dia para 31,8 ton/dia. Aponta também, para a necessidade da adoção de limites mais restritivos (BRASIL, 2005; CONAMA, 2010).

MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração deste trabalho envolveu a utilização de dados secundários, decorrentes do levantamento bibliográfico de conceitos teóricos sobre o tema, e dados primários, provenientes da realização de análises laboratoriais em amostras de esgotos sanitários e de detergentes.

Cumprе ressaltar que para efeito desta pesquisa, o termo “detergente” foi adotado para designar o produto de uso doméstico destinado à limpeza de tecidos por meio da diminuição da tensão superficial da água, com base na nomenclatura adotada no artigo 2º da legislação que atualmente regulamenta o assunto (BRASIL, 2005).

Com base nos procedimentos analíticos realizados, e em informações sobre a quantidade de detergente consumida e sobre o nível de atendimento pelos sistemas de esgotos amostrados, calculou-se a atual contribuição dos detergentes para o total de fósforo presente nos esgotos sanitários.

Caracterização do Esgoto

Foram estabelecidas campanhas de coleta para amostragem do esgoto bruto de três Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) situadas no estado de São Paulo, com medição simultânea de vazão, visando verificar as concentrações e a carga afluente de fósforo.

As estações selecionadas para o presente estudo estão situadas nos municípios de Conchas, Franca e São Paulo, sendo que neste, foi amostrada a ETE Parque Novo Mundo (PNM). As três estações são operadas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Tais estações foram consideradas adequadas para a realização deste trabalho por possuírem diferentes características no que se refere ao porte e localização, retratando situações e realidades diferenciadas nos âmbitos social e econômico, o que pode refletir nas concentrações e cargas de fósforo lançadas nos esgotos. Outro fator levado em conta na escolha das estações de tratamento foi a disponibilidade de infraestrutura para

realização dos procedimentos de coleta e transporte das amostras, como existência de coletores automáticos programáveis e refrigerados, presença de medidores ultrassônicos de vazão, estrutura de laboratório instalado e facilidade logística para transporte das amostras.

Na Figura 1, a seguir, pode-se visualizar a localização geográfica dessas ETEs no estado de São Paulo.



Figura 1: Localização geográfica das ETEs selecionadas para o estudo.

Foram realizadas duas campanhas, em agosto/13 e abril/14, com coleta de amostras do esgoto bruto a cada 02 horas, durante 24 horas e 07 dias consecutivos, perfazendo um total de 12 amostras diárias. As amostras individuais foram convertidas em alíquotas proporcionais à vazão medida no momento da realização da coleta, permitindo a obtenção de uma amostra composta. Após cálculo das alíquotas e composição, as amostras foram acondicionadas em recipientes identificados para encaminhamento às análises laboratoriais e preservadas, observando-se o “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras” (ANA, 2011).

Na Figura 2, podem ser visualizados os equipamentos utilizados para coleta das amostras e medição das vazões.

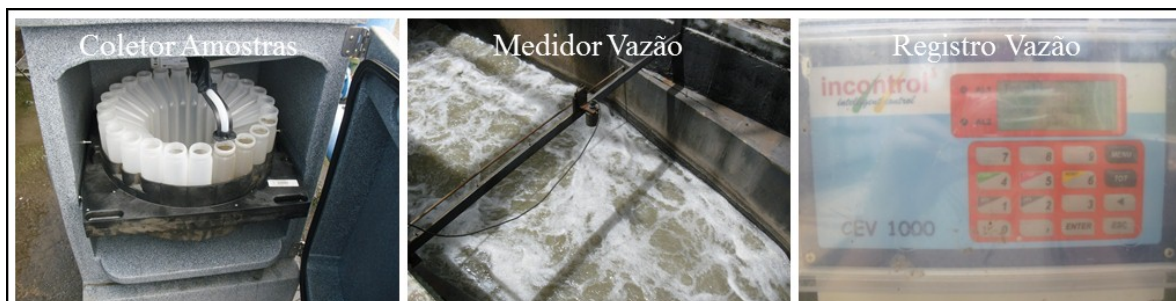


Figura 2: Equipamentos utilizados nas coletas e medições de vazões.

Os parâmetros analisados tiveram como objetivo obter as informações necessárias para caracterização do material afluyente aos sistemas de esgotos amostrados, e para dimensionamento das diferentes frações de fósforo que chegam até as estações de tratamento. Foram analisados os parâmetros fósforo total (P-total), ortofosfato (P-orto), polifosfato

(P-poli) e fósforo orgânico (P-org), bem como, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST) e sólidos suspensos totais (SST), os quais são considerados importantes nos estudos voltados para caracterização de águas residuárias (PIVELI e KATO, 2005; PAGANINI, 2007).

As análises de DBO, DQO, ST e SST das ETEs Franca e PNM foram realizadas pela SABESP, através dos respectivos laboratórios, evitando a etapa de transporte das amostras. Já as análises da série de fósforo e surfactantes foram efetuadas pelo laboratório Bioagri Ambiental Ltda, situado na cidade de Piracicaba, no estado de São Paulo. No caso da ETE Conchas, todos os parâmetros foram analisados pelo laboratório Bioagri. Cumpre ressaltar, que tanto os laboratórios da SABESP envolvidos na pesquisa, quanto o laboratório contratado, são acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), segundo os requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025:2005 – “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Caracterização dos Detergentes

Foram efetuadas análises laboratoriais em dez marcas de detergentes comercializados no território brasileiro, sendo coletadas três amostras individuais de cada produto selecionado, de diferentes lotes. Obteve-se, portanto, ao final, trinta amostras distintas do produto. O procedimento de coleta e análise de três lotes da mesma marca teve como objetivo verificar se há variação nas concentrações de fósforo nos diferentes processos de fabricação do mesmo produto, e a respectiva conformidade frente aos limites legais.

Para seleção das amostras analisadas foram considerados dados mercadológicos dos produtos, com base em informações publicadas pela Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) e pela Associação Brasileira de Atacadistas e Distribuidores (ABAD), levando-se em conta o desempenho em volume de vendas (ABAD, 2012; ABRAS, 2013).

Os produtos foram adquiridos diretamente nos seus pontos comerciais de venda ao varejo, em 8 diferentes estados, abrangendo as cinco regiões do país. Para cada produto foi estipulado código de identificação e controle, visando, desta forma, não expor as marcas e seus respectivos fabricantes.

Os pontos de aquisição das amostras de detergentes analisadas estão destacados no mapa, conforme Figura 3.

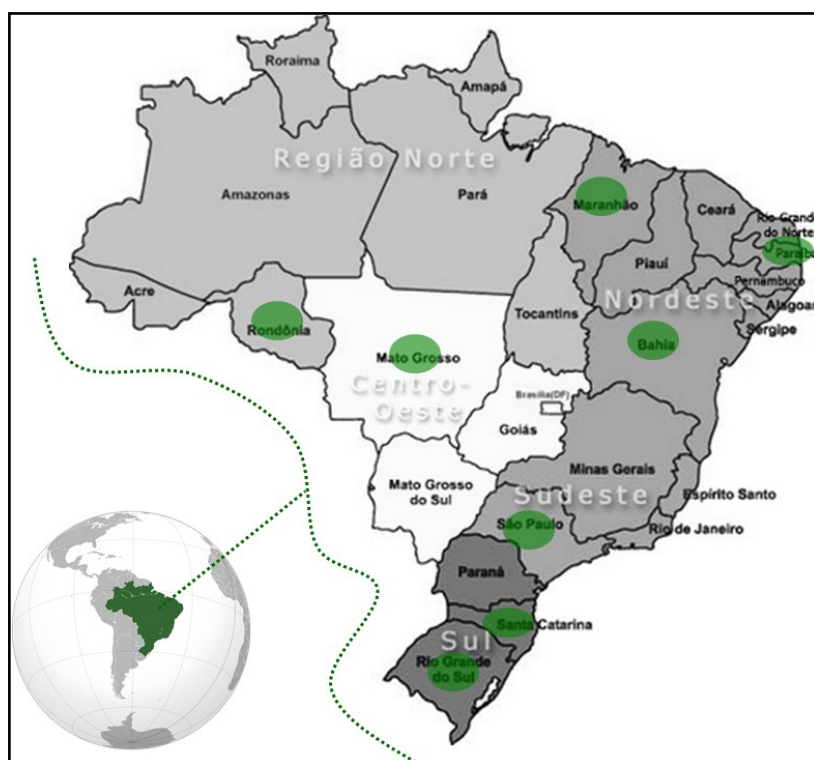


Figura 3: Pontos de aquisição dos detergentes analisados – Estados em destaque.

De forma complementar, foi efetuada a análise de uma amostra de detergente proveniente dos Estados Unidos com rotulagem indicando ausência de fósforo, adquirido em ponto de venda da cidade de Boston, estado de Massachusetts. Por meio da análise deste produto, buscou-se comparar os resultados dos detergentes brasileiros com o produto norte-americano.

Os parâmetros analisados nos detergentes foram fósforo total (P) e pentóxido de fósforo (P_2O_5), que são as formas de fósforo abrangidas pela Resolução CONAMA nº 359/05. As análises foram realizadas pelo laboratório do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (IB/UNESP), campus Botucatu. Para confirmação dos resultados, foram encaminhadas dez amostras, sendo uma de cada marca, para análise pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), acreditado pelo INMETRO segundo os requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Informações sobre População e Consumo

As informações sobre o consumo médio anual de detergentes em pó para limpeza de tecidos no Brasil foram obtidas através de consulta aos anuários publicados pela Associação Brasileira de Produtos de Limpeza e Afins (ABIPLA), que são disponibilizados via *internet* (ABIPLA, 2012).

Os dados relativos à população atendida na área de abrangência dos sistemas de esgotos amostrados foram obtidos junto à SABESP, através dos relatórios “Planos Integrados Regionais” e “Plano Diretor de Esgotos”, e portal “Sistema de Tratamento de Esgotos”, denominado TRATESGO (SABESP, 2006; SABESP, 2010; SABESP, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração média de P-total no esgoto afluente às ETES analisadas situou-se na faixa de 5,3 a 7,6 mg.P/L, sendo que o P-org situou-se entre 2,7 e 5,1 mg/L, e o P-inorg entre 1,7 e 2,5 mg.P/L. Com relação à contribuição *per capita*, o valor médio registrado nas coletas realizadas foi de 0,75 a 1,02 g/hab.dia para P-total, de 0,38 a 0,67 g/hab.dia para P-org, e de 0,26 a 0,37 g/hab.dia para P-inorg.

Na Tabela 1, podem ser verificados os resultados mínimos, médios e máximos das concentrações, cargas e contribuições *per capita* de fósforo total, orgânico e inorgânico nas diferentes ETES analisadas.

Tabela 1: Concentrações, cargas e contribuições *per capita* de fósforo total, orgânico e inorgânico nas ETES analisadas – Valores mínimo, médio e máximo.

ETE	VALORES	CONCENTRAÇÃO (mg.P/L)			VAZÃO (L/s)	CARGA (kg.P/dia)			POPULAÇÃO ATENDIDA (hab)	CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA (g.P/hab.dia)		
		P-total	P-org	P-inorg		P-total	P-org	P-inorg		P-total	P-org	P-inorg
Conchas	Mínimo	3,9	0,7	0,2	11,3	5,6	0,3	0,1	13.122	0,42	0,02	0,03
	Médio	7,6	5,1	2,5	18,6	13,4	8,8	2,6		1,02	0,67	0,27
	Máximo	17,0	16,7	6,1	29,9	42,1	41,4	7,1		3,21	3,15	0,53
Franca	Mínimo	3,4	1,9	0,2	367,7	133,1	71,2	4,3	268.582	0,50	0,27	0,02
	Médio	5,6	3,9	1,7	468,5	223,8	153,6	70,4		0,84	0,58	0,26
	Máximo	12,0	11,5	3,5	597,8	459,9	440,7	180,8		1,74	1,67	0,67
PNM	Mínimo	2,9	0,4	0,1	2388,3	752,9	95,9	16,4	1.692.015	0,44	0,06	0,01
	Médio	5,3	2,7	2,6	2801,4	1262,0	637,4	624,6		0,75	0,38	0,37
	Máximo	9,7	6,7	6,5	3032,4	2009,8	1373,6	1532,2		1,19	0,81	0,91

Com relação à análise dos detergentes, verificou-se que os produtos amostrados estão utilizando fósforo em concentrações bastante inferiores ao limite vigente, estipulado pela Resolução CONAMA nº 359/05, que é de 4,8% em peso. Os resultados apontam para teores de P menores que 0,01%, em peso.

Podem ser notadas diferenças na concentração de fósforo em produtos da mesma marca e em diferentes produtos do mesmo fabricante. No entanto, ainda que possam ser notadas tais diferenças, elas estão distantes da possibilidade de desenquadrar os produtos frente aos limites da legislação vigente. Diante da similaridade

dos resultados apresentados pelos diferentes laboratórios, pode-se concluir que os dados fornecidos pelo laboratório da UNESP foram confirmados pelo laboratório do IPT.

Ainda, comparando-se com os resultados apresentados pelo produto identificado adquirido nos Estados Unidos, pode-se verificar que os produtos brasileiros analisados possuem concentrações de fósforo similares ao produto adquirido no mercado norte-americano.

Na Tabela 2, podem ser visualizados os resultados das análises realizadas nos detergentes.

Tabela 2: Concentração de fósforo nos detergentes analisados.

NOME	MARCA	FABRICANTE	LOCAL DE AQUISIÇÃO (ESTADO)	RESULTADOS		
				UNESP	IPT	
				% P	% P2O5	% P2O5
DET 01	A	I	BA	0,003	0,007	< 0,001
DET 02			BA	0,006	0,014	não realizado
DET 03			PB	0,005	0,012	não realizado
DET 04	B	II	BA	0,003	0,007	0,0054 0,0002
DET 05			BA	0,003	0,007	não realizado
DET 06			BA	0,004	0,009	não realizado
DET 07	C	III	RS	0,003	0,007	< 0,001
DET 08			RS	0,002	0,005	não realizado
DET 09			RS	0,003	0,007	não realizado
DET 10	D	IV	MS	0,010	0,023	0,0032 0,0003
DET 11			MS	0,003	0,007	não realizado
DET 12			SP	0,005	0,012	não realizado
DET 13	E	I	SC	0,005	0,012	< 0,001
DET 14			SC	0,005	0,012	não realizado
DET 15			PB	0,005	0,012	não realizado
DET 16	F	VI	SP	0,005	0,012	< 0,001
DET 17			SC	0,005	0,012	não realizado
DET 18			PB	0,004	0,009	não realizado
DET 19	G	VII	SP	0,008	0,018	0,0012 0,0001
DET 20			SP	0,007	0,016	não realizado
DET 21			SP	0,008	0,018	não realizado
DET 22	H	VI	SP	0,002	0,005	< 0,001
DET 23			SP	0,001	0,002	não realizado
DET 24			SP	0,002	0,005	não realizado
DET 25	I	II	PB	0,002	0,004	< 0,001
DET 26			PB	0,004	0,009	não realizado
DET 27			MA	0,003	0,007	não realizado
DET 28	J	VIII	RO	0,004	0,009	0,0024 0,0004
DET 29			SP	0,004	0,009	não realizado
DET 30			SP	0,005	0,012	não realizado
Mínimo				0,001		
Médio				0,004		
Máximo				0,010		
Pfree	K	IX	MA/EUA	0,001	0,002	não realizado

Dos dados referentes a consumo do produto, calculado em 13,7 g/hab.dia, e da concentração máxima de fósforo presente nos detergentes amostrados, de 0,01%, verifica-se que a contribuição *per capita* de fósforo proveniente do uso de detergentes em pó para limpeza de roupas que chega até as estações de tratamento analisadas é atualmente bastante reduzido, totalizando, em média, 0,0014 g.P/hab.dia.

No cenário atual, a partir dos resultados obtidos nas análises laboratoriais efetuadas neste trabalho, verifica-se que a contribuição dos detergentes com relação ao total de fósforo presente nos esgotos situa-se, em média, na faixa de 0,19% na ETE PNM, de 0,17% na ETE Franca, e de 0,14% na ETE Conchas.

Em outro cenário, caso os fabricantes estivessem atendendo o limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 359/05 para o fósforo nos detergentes em pó, as cargas do nutriente nos esgotos dessas ETEs seriam aumentadas em cerca de 0,66 g/hab.dia. Desta forma, a contribuição média dos detergentes aumentaria, e em muito, passando para 47% do fósforo presente no esgoto afluente da ETE PNM, para 44% do fósforo na ETE Franca, e para 39% do fósforo na ETE Conchas.

Na Tabela 03 pode ser visualizada a contribuição dos detergentes com relação ao total de fósforo presente nos esgotos, conforme os cenários descritos.

Tabela 3: Contribuição dos detergentes para o total de fósforo nos esgotos - Cenários.

		ETE Conchas	ETE Franca	ETE PNM
Cenário 01	Limites atualmente praticados - Análise dos produtos			
	Consumo de detergentes (g/hab.dia)		13,7	
	Concentração P - detergentes (%)		0,01	
	Contribuição P - detergentes (g/hab.dia)		0,0014	
	Carga média P - esgotos (kg/dia)	13	224	1262
	Contribuição P - esgotos (g/hab.dia)	1,02	0,84	0,75
	Contribuição P - detergentes / Contribuição P - esgotos (%)	0,14%	0,17%	0,19%
Cenário 02	Limites estabelecidos pela CONAMA 359/05			
	Consumo de detergentes (g/hab.dia)		13,7	
	Concentração P - detergentes (%)		4,8	
	Contribuição P - detergentes (g/hab.dia)		0,66	
	Carga média P - esgotos (kg/dia)	22	399	2375
	Contribuição P - esgotos (g/hab.dia)	1,68	1,50	1,41
	Contribuição P - detergentes / Contribuição P - esgotos (%)	39%	44%	47%

CONCLUSÕES

Considerando-se as informações levantadas, pode-se concluir que a atual contribuição dos detergentes em pó destinados à limpeza de tecidos para o total de fósforo presente nos esgotos sanitários é bastante reduzida, situando-se na faixa de 0,0014 g.P/hab.dia.

Tendo em vista que o limite estipulado pela Resolução CONAMA n° 359/05, que regulamenta a presença de fósforo nesses produtos, é de 4,8% em peso, e a concentração máxima de fósforo total verificada por meio das análises efetuadas neste trabalho, de 0,01% em peso, pode-se inferir que o setor produtivo pode ter, voluntariamente, substituído o fósforo por outro tipo de *builder*.

Sendo assim, recomenda-se efetuar a revisão e atualização da legislação vigente, de forma que seu conteúdo reflita as condições atualmente praticadas pelo mercado, permitindo a manutenção do controle dessa importante fonte de fósforo nos esgotos sanitários.

Recomenda-se ainda, evoluir com os trabalhos voltados para identificação e controle das demais fontes que podem contribuir para a presença de fósforo nos esgotos sanitários, como é o caso dos lançamentos indevidos de efluentes não domésticos, bem como, para dimensionamento das fontes que podem contribuir para o aporte de fósforo nas águas, priorizando as áreas sensíveis à eutrofização, e levando-se em conta as características de uso e ocupação do solo e as especificidades de cada bacia hidrográfica.

Desta forma, será possível adotar medidas de controle adequadas aos diferentes atores e planejar melhorias nos sistemas de esgotos sanitários, auxiliando na definição de critérios para a execução de sistemas de tratamento de esgotos terciários ou avançados, destinados à remoção de fósforo e outros nutrientes, considerando-se as peculiaridades de cada região e as alternativas técnicas que possam auxiliar na preservação das fontes de fósforo no meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABAD - Associação Brasileira de Atacadistas e Distribuidores. As mais vendidas. Revista Abastecimento, ano 5, n. 36, nov./dez. 2012. Disponível em: <<http://www.sincovaga.com.br/ct/abastecimento/pdf/AB36.pdf>>. Acesso: 16 jun. 2014.
2. ABIPLA - Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins. Anuário ABIPLA. São Paulo: Public, 2008 a 2013. Disponível em: <<http://www.abipla.org.br/novo/anuario.aspx>>. Acesso: 04 mai. 2014.
3. ABRAS - Associação Brasileira de Supermercados. Mercado de sabão para lavar roupa cresce 9,6%. Notícias do setor. Set. 2013. Disponível em: <<http://www.abrasnet.com.br/clipping.php?area=17&clipping=40949>>. Acesso: 30 out 2013.
4. ANA - Agência Nacional das Águas. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Desenvolvido em parceria com Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>>. Acesso: 31 mai. 2013.
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 359, de 29 de abril de 2005b. Dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó para uso em todo o território nacional e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 mai. 2005b. Seção 1, p. 63-64. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35905.pdf>>. Acesso: 10 jan. 2009.
6. CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Coord.). Water quality assessments: a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP, 1999. <http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/resquality/en/index.html>. Acesso: 25 nov. 2007.
7. COMBER, S.; GARDNER, M.; GEORGES, K.; BLACKWOOD, D.; GILMOUR, D. Domestic source of phosphorus to sewage treatment works. Environmental Technology, vol. 34, n. 9-12, p. 1349-1358. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2012.747003>.
8. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Relatório Final. Grupo de Monitoramento do Fósforo. Resolução CONAMA nº 359/05. Brasília: fev. 2010. 19 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1242/RelatFinal Fosforo_99RO_25e26ago10.pdf>. Acesso: 25 mai. 2011.
9. DEVEY, D. G.; HARKNESS, N. The significance of man-made sources of phosphorus: detergents and sewage. In: JENKINS, S. H.; IVES, K. J. (Coord). Phosphorus in fresh water and the marine environment. V. 2. 2 ed. London: Pergamon Press Officers, 1975, p. 35-54.
10. EUROPAPL - Parlamento Europeu. Sessão Plenária. Dossier. Referência 20111201 FCS33093. Strasbourg: 12 a 15 dez. 2011. Disponível em: <<http://www.europarl.europa.eu/news/pt/news-room/plenary/2011-12-12>>. Acesso: 16 jul. 2014.
11. FRIEDMAN, M. Detergents and the environment: historical review. In: ZOLLER, U. (eds). Handbook of detergents - Part B: Environmental Impact. Surfactant Sc Series. New York: Marcel Dekker, 2004, p. 11-34.
12. GILINSKY, E.; CAPACASA, J. M.; BAKER, M. G.; KING, E. S. An urgent call to action: report of the State-EPA nutrient innovations task group. United States Environmental Protection Agency - USEPA. Washington: USEPA, 2009. Disponível em: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/waterquality/standards/criteria/aqlife/pollutants/nutrient/upload/2009_08_27_criteria_nutrient_nitreport.pdf>. Acesso: 09 mai. 2013
13. GILMOUR, D.; BLACKWOOD, D.; COMBER, S.; THORNELL, A. Identifying human waste contribution of phosphorus loads to domestic wastewater. 11th International Conference on Urban Drainage. Scotland: 2008. 10p. Disponível em: <http://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/740.pdf>. Acesso: 14 mai. 2014.
14. GLENNIE, E. B.; LITTLEJOHN, C.; GENDEBIEN, A.; HAYES, A.; PALFREY, R.; SIVIL, D.; WRIGHT, K. Phosphates and alternative detergent builders: final report. Wiltshire: EU Environment Directorate, 2002.
15. HARTIG, J. H.; HORVATH, F. J. A preliminary assessment of Michigan's phosphorus detergent ban. Journal Water Pollution Control Federation, New York, v. 54, n. 2, p. 193-197, fev. 1982. Disponível em: <<http://www.jstor.org/discover/10.2307/25041261?uid=3737664&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104217043011>>. Acesso: 22 mai. 2013.
16. HORVATH, P. The environmental and economic impacts of detergent phosphorus bans on Great Lakes municipal wastewater treatment systems. Report. United States Environmental Protection Agency - USEPA. Great Lakes National Program Office. V. 1, EPA-68-04-5017, 60 p., mar. 1985. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov/>>. Acesso: 16 jul. 2014.
17. HAUTHAL, H. G. Types and typical ingredients of detergents. In: WALDHOFF, H; SPILKER, R (eds). Handbook of detergents - Part C: analysis. Surfactant Science Series. Vol 123. New York: Marcel Dekker Inc., 2005, p. 1-100.

18. IJC - International Joint Commission. Pollution of lake Erie, lake Ontario and the international section of St. Lawrence river. International Lake Erie Water Pollution Board and the International Lake Ontario - St Lawrence River Water Pollution Board. v. 3, 329 p. Ontario: IJC, 1969. Disponível em: <<http://www.ijc.org/files/publications/C114.pdf>>. Acesso: 26 jun. 2014.
19. LAMPARELLI, M. C. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo. 2004. 191 p. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
20. LITKE, D. W. Review of phosphorus control measures in the United States and their effects on water quality. United States Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 99-4007. National Water Quality Assessment Program. Colorado: 1999.
21. MUMMA, C. E.; HOPKINS, F. C.; BOHANNON, K.; LAPP, T. W. Analysis of the sources of phosphorus in the environment. United States Environmental Protection Agency - USEPA. Office of Toxic Substances. Report 560/2-79-002. Mar. 1979, 226 p. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov>>. Acesso: 17 jan. 2011.
22. NOWOSIELSKI, A. Impact assessment of ban on phosphorus in domestic laundry cleaning products. Department for Environment, Food & Rural Affairs - DEFRA. Set. 2009. Disponível em: <http://www.pesticides.gov.uk/Resources/CRD/Migrated-Resources/Documents/D/Defra_Impact_Assessment_ai-phosphate-detergent.pdf>. Acesso: 08 mai. 2014.
23. PAGANINI, W. S. A identidade de um rio de contrastes: o Tietê e seus múltiplos usos. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2007.
24. PAGANINI, W. S.; QUEVEDO, C. M. G. The cleaner production tool and the management of phosphorus in the environment. 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo: 2011. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/4B/8/Quevedo_CMG-Paper-4B8.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2015.
25. PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES, 2005.
26. QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a gestão do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. Ciência & Saúde Coletiva, 2011, vol. 16, n. 8, p. 3539. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232011000900021&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 31 mar. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232011000900021>.
27. RITTNER, H. Sabão: tecnologia e utilização. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 1995. 526 p.
28. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Planos integrados regionais. Relatório Síntese. Diretoria Metropolitana (M). Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana (MT). 25 p. São Paulo: SABESP, 2006.
29. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Plano diretor de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo - PDE. Relatório Síntese. 30 p. São Paulo: SABESP, 2010.
30. SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Portal TRATESGO. Departamento de Controle Sanitário e Ambiental da Diretoria de Sistemas Regionais. São Paulo: São Paulo: SABESP, 2014.
31. SHANNON, E.E. Effects of detergent formulation on wastewater characteristics and treatment. Journal Water Pollution Control Federation, New York, v. 47, n. 10, p. 2371-2383, out. 1975. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25038382>>. Acesso: 04 abr. 2011.
32. SCHMIDTKE, N. W. Nutrient removal technology: the Canadian connection. In: BARTH, E.F. Control of nutrients in municipal wastewater effluents. Volume I: Phosphorus. International Seminar on Control of Nutrients in Municipal Wastewater Effluents. USEPA. United States Environmental Protection Agency. Municipal Environmental Research Laboratory. California: set. 1980, p. 1-37. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov>>. Acesso: 30 jun. 2013.
33. WHITE, P. J.; HAMMOND, J. P. Updating the estimate of the sources of phosphorus in UK waters: a DEFRA funded project WT0701CSF. Final Report. Department for Environment, Food and Rural Affairs. 57 p. United Kingdom: DEFRA, Warwick HRI, Scottish Crop Research Institute, 2006. Disponível em: <<http://randd.defra.gov.uk>>. Acesso: 14 set. 2013.