BREVE ANÁLISE SOBRE LIMITES LEGAIS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES NOS CORPOS RECEPTORES

Patrícia Nasraui [(1)]
Engenheira química do Depto. de Controle Sanitário e Ambiental da SABESP, mestre em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).
Marco Antônio Silva Oliveira
Químico, Bacharel em Direito, Especialista em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da USP, Superintendente de Gestão e Desenvolvimento Operacional de Sistemas Regionais da SABESP.

Endereço[(1)]: Av. do Estado, 561 – Ponte Pequena – São Paulo – SP – CEP 01107-900 - Brasil
Tel: +55 (11) 3388-6837 - Fax: +55 (11) 3388-7308 - e-mail: pnasraui@sabesp.com.br.

RESUMO

O meio ambiente, na forma de corpos d'água, tem como reguladores órgãos federal: Conselho Federal de Meio Ambiente - CONAMA, e estadual: Secretaria de Meio Ambiente - cuja fiscalização é realizada pela CETESB. Ambas editaram legislações, sendo a estadual a mais antiga, de 1976, que em alguns momentos geram conflitos ao usuário-pagador, que tem que obedecer aos limites mais restritivos.

Neste trabalho é apresentada uma análise sobre os limites legais mais restritivos para todos os parâmetros estabelecidos para corpos d'água, efluente tratado e afluente ao sistema de tratamento e, comparativamente, os valores limitantes para água de uso doméstico.

PALAVRAS-CHAVE: valores máximos permitidos, corpos d'água, efluentes.

INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo, as legislações federal e estadual estabelecem limites de diversos compostos a fim de garantir a qualidade nos corpos d'água para seus diversos fins. As operadoras / concessionárias devem obedecer aos limites estabelecidos também para o descarregamento de seus efluentes tratados nos corpos receptores, sem que haja alteração da qualidade dos respectivos corpos receptores.

Para tanto, é necessário que se avalie não somente o artigo 34 do CONAMA nº 357/05 e nº 397/08 ou artigo 18 do Decreto Estadual 8468/76, que estabelecem a caracterização para efluentes descarregados, mas também a qualidade do corpo d'água e sua vazão para definir-se qual o tipo de sistema de tratamento será adotado para a região.

OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo são: a) comparar os limites legais para descarregamento de efluentes e de qualidade dos corpos d'água doce classes 1 a 4 e apresentar os parâmetros legais mais críticos de serem atendidos e b) apresentar os parâmetros que devem servir de alerta para as operadoras de sistemas de tratamento no recebimento de efluentes, de forma que estas informações sejam aproveitados para a revisão do CONAMA 357/05 e do D.E. 8468/76, nos seus artigos referentes a corpos d'água, efluentes tratados e efluentes de fontes poluidoras (afluentes).

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas comparações entre as legislações federal e estadual que estabelecem limites para corpos d'águas doces (salinidade igual ou inferior a 0,5%): Resolução CONAMA 357/05 de 17/03/05 e regulamento da lei estadual 997 de 31/05/76, aprovado pelo Decreto 8468 de 08/09/76, cujos artigos estão apresentados na tabela 1.

Rios de classe especial (CONAMA 357/05) não foram considerados por não haver recebimento de efluentes proveniente de estações de tratamento de esgotos. Na tabela 3 consta o artigo 4º da resolução CONAMA 357/05 e artigo 7º do Dec. Est. 8468/76 sobre a classificação de águas doces.

Tabela 1: Classes de corpos d'água doce e respectivos artigos nas legislações federal e estadual

Classes dos corpos d'água	CONAMA 357/05	Dec. Est. 8468/76
1	14	10
2	15	11
3	16	12
4	17	13

As análises de corpos receptores foram realizadas em 55 estações de tratamento de esgotos (ETE) da SABESP localizadas no litoral e interior do Estado; os resultados avaliados considerou um rol de dois monitoramentos por ETE de todos os parâmetros legais e um para parâmetros considerados de controle operacional, baseados nos parâmetros legais. Esses monitoramentos foram realizados em 2010 e 2011.

Tabela 2: Parâmetros adotados para controle operacional

CORPO RECEPTOR	ETE
Montante e Jusante	**Afluente e Efluente**
Coliformes totais	Temperatura
Coliformes termotolerantes	pH
Temperatura	DBO
pH	DQO
DBO	Fósforo total
DQO	SS
OD	ST
Fósforo total	SF
SS	SST
ST	N-NH3 total
SF	Sulfeto
SST	O&G
N-NH3 total	
Sulfeto	
O&G	

O tipo de sistema de tratamento adotado por cada ETE avaliada está apresentado no Anexo.

COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS QUALITATIVOS LEGAIS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES E CORPOS D'ÁGUA

A classificação dos corpos d'água é realizada com base no uso das águas, na situação dos corpos receptores, nas projeções de vazão e nas tendências de desenvolvimento na região.

Para efeito de consumo humano, a lei estabelece a necessidade ou não de tratamento da água captada em função da sua caracterização / classificação do manancial superficial.

A caracterização de um dado corpo d'água pode ultrapassar os limites legais desde que não o desenquadre para a classe definida em legislação. Ou seja, um corpo receptor de classe 2 pode ultrapassar seus limites desde que não alcance, de acordo com os limites de cada parâmetro, os valores para classe 3, o que mudaria sua classificação, tornando-o impróprio para o uso definido.

Na tabela 4 estão os comparativos entre os valores definidos em legislações federal - CONAMA 357/05 - e estadual - Dec. Estadual 8468/76 - que englobam a caracterização do afluente à estação de tratamento de esgoto (art. 19A do D.E. 8468/76), do efluente tratado e dos corpos receptores para as classes 1, 2, 3 e 4, considerando-se os valores mais restritivos. Nesta tabela estão também as propostas para a revisão do

CONAMA 357/05, englobando concentrações máximas permitidas para benzeno, estireno, etilbenzeno, tolueno e xileno no efluente tratado, ainda em discussão na Câmara Ambiental. A concentração de DBO no efluente, tem proposta na revisão do CONAMA de ser incluído com VMP de 120 mg/L ou 60% de remoção, mas na tabela 4 foi considerado o mais restritivo, adotado no Estado de São Paulo, que é de 60 mg/L ou 80% de remoção.

Tabela 3: Classificação das águas de interiores em decorrência dos usos preponderantes

	Usos	Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
CONSUMO HUMANO	Consumo humano com desinfecção		X			
	Consumo humano após tratamento simplificado		X			
	Consumo humano após tratamento convencional			X	X	
	Consumo humano após tratamento avançado					X
PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO AQUÁTICA	Proteção aquática integral				X	
	Proteção das comunidades aquáticas				X	
RECREAÇÃO	Recreação de contato primário			X		
	Recreação contato secundário					
IRRIGAÇÃO	Irrigação hortifruti (rentes ao solo)			X		
	Irrigação de plantas e parques			X		
	Irrigação (arbórea, cerealíferas e forrageiras)					
CULTIVO E PESCA	Aquicultura/ Pesca					
	Pesca amadora				X	
Dessedentação de animais					X	
Navegação						X
Harmonia paisagística						
Usos menos exigentes						X

Legenda:
- ☐ Usos preponderantes de acordo com Resolução CONAMA 357/05.
- X Usos preponderantes de acordo com D.E. 8468/76.

O Dec. Estadual apresenta diferenciação em alguns parâmetros com relação às exigências do CONAMA:
- para classes 1 e 2: o CONAMA não adota parâmetros de coliformes totais, cianeto total, cobre e estanho, e é menos restritivo para o parâmetro fenóis totais (limita a 0,5 mg/L);
- para classe 4: o CONAMA não adota os parâmetros arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianeto, cobre, cromo, estanho, flúor, mercúrio, selênio, zinco, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal;
- para efluente: o CONAMA 397/08 não adota os parâmetros DBO, O&G, cobre, cromo, sendo menos restritivo para os parâmetros arsênio (0,5 mg/L), prata (0,1 mg/L) e selênio (0,3 mg/L).

A tendência é que o parâmetro coliformes totais seja substituído pela identificação de coliformes termotolerantes (presentes no intestino humano e de animais homeotérmicos, solo, plantas), ou melhor ainda, *E. coli*, que é muito mais representativo, já que se trata de organismos presentes no trato intestinal humano e de animais homeotérmicos.

Foi incluído o parâmetro de toxicidade crônica e aguda, através de ensaios ecotoxicológicos, em que cada Estado define seus critérios. No caso do Estado de São Paulo, a Secretaria de Meio Ambiente definiu os critérios a serem atendidos no SMA 03/2000 com base no potencial de impacto no corpo receptor, devendo ensaiar-se toxicidade crônica (classes 1 e 2), aguda (classe 3) e ambas (efluente), e analisar-se com base na vazão $Q_{7,10}$ do corpo receptor (vazão mínima com um tempo de recorrência de 10 anos com a menor média de períodos de 7 dias consecutivos). Este parâmetro não será analisado neste trabalho.

Tabela 4 - Valores máximos permitidos de parâmetros legais para Afluente, Efluente e Corpos Receptores classes 1 a 4

Limites legais		Dec. 8468/76 art. 19A	Dec. 8468/76 art. 18, CONAMA 357 art. 34 , 397	Corpo Receptor - Dec. 8468/76, CONAMA 357/05 e 397/08				Água potável
Parâmetros	**Unidade**	**Efluentes de fonte poluidora**	**Efluente ETE**	**Classe 1**	**Classe 2**	**Classe 3**	**Classe 4**	**Portaria 518/04** Art. 14 e art. 16 [1]
Ensaio (eco)toxicológico (crônico)	-		Ausência	Ausência	Ausência	Ausência		
Materiais flutuantes	-		Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	
O&G visíveis	-	Ausência (b)		Ausência	Ausência	Ausência	Iridescência	
Corantes	-			Ausência	Ausência	Ausência		
Sólidos objetáveis	-	Aus. (obst.)		Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	
Odor	-			Ausência	Ausência	Ausência	Não objetável	
Turbidez	UNT			40	100	100		5,0
Cor verdadeira	mg Pt/L			cor natural	75	75		
pH	-	6 a 10	5 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9,5 [1]
Temperatura	°C	40	40					
Sólidos sedimentáveis	mL/L	20	1,0					
O&G	mg/L	150 (b)	100					
Óleos minerais	mg/L		20					
Óleos veg. e gord. animais	mg/L		50					
Solventes (explosivos/inflamáveis)		Ausência						
Subst. potencial/e tóx. a proc. biol.		Ausência						
Coliformes totais	NMP coli/100mL			5.000	5.000	20.000		[2]
Coliformes termotolerantes	NMP coli/100mL			200	1.000	4.000		Ausência
DBO	mg/L		60*	3,0	5,0	10,0		
OD	mg/L			6,0	5,0	4,0	2,0	
Surfactantes (subst. tensoativas LAS)	mg/L			0,5	0,5	0,5		0,5 [1]
Clorofila a	µg/L			10	30	60		
Densidade de cianobactérias	cel/mL ou 2mm³/L			20.000	50.000	100.000		
SDT	mg/L			500	500	500		**1000 [1]**
Alumínio	mg/L							**0,2 [1]**
Alumínio dissolvido	mg/L			0,1	0,1	0,2		
Antimônio	mg/L			0,005	0,005			0,005
Arsênio	mg/L	1,5 (a) (b)	0,2	0,01	0,01	0,033	0,1	0,01
Bário	mg/L		5,0	0,7	0,7	1,0	1,0	0,7
Berílio	mg/L			0,04	0,04	0,1		
Boro	mg/L		5,0	0,5	0,5	0,75		
Cádmio	mg/L	1,5 (a) (b)	0,2	0,001	0,001	0,01	0,01	**0,005**
Chumbo	mg/L	1,5 (a) (b)	0,5	0,01	0,01	0,033	0,1	0,01
Cianeto livre	mg/L		0,2	0,005	0,005	0,022		
Cianeto total	mg/L	0,2 (b)	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,07
Cloreto total	mg/L			250	250	250		250 [1]
Cloro residual total	mg/L			0,01	0,01			**0,2 (CRL)**
Cobalto total	mg/L			0,05	0,05	0,2		
Cobre	mg/L	1,5 (a) (b)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	**2,0**
Cobre dissolvido	mg/L		1,0	0,009	0,009	0,013		
Cromo trivalente	mg/L		1,0					
Cromo hexavalente	mg/L	1,5 (b)	0,1					
Cromo total	mg/L	5,0 (a) (b)	5,0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Estanho total	mg/L	4,0 (a) (b)	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Ferro	mg/L							0,3 [1]
Ferro dissolvido	mg/L	15 (b)	15	0,3	0,3	5,0		
Fluoreto total	mg/L	10 (b)	10	1,4	1,4	1,4	1,4	**1,5**
Fósforo total (ambiente lêntico)	mg/L			0,02	0,03	0,05		
Fósforo total (amb. intermediário)	mg/L			0,025	0,05	0,075		
Fósforo total (ambiente lótico)	mg/L			0,1	0,1	0,15		
Lítio total	mg/L			2,5	2,5	2,5		
Manganês	mg/L			0,1	0,1	0,5		0,1 [1]
Manganês solúvel	mg/L		1,0					
Mercúrio total	mg/L	1,5 (a) (b)	0,01	0,0002	0,0002	0,002	0,002	**0,001**
Níquel total	mg/L	2,0 (a) (b)	2,0	0,025	0,025	0,025		
Nitrato	mg/L			10	10	10	10	10
Nitrito	mg/L			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
N-NH_3 total	mg/L, pH<7,5			3,7	3,7	13,3		1,5 [1]
N-NH_3 total	mg/L, 7,5<pH<8,0			2,0	2,0	5,6		1,5 [1]
N-NH_3 total	mg/L, 8,0<pH<8,5			1,0	1,0	2,2		**1,5 [1]**

Continuação da tabela 4.

Limites legais		Dec. 8468/76 art. 19A	Dec. 8468/76 art. 18, CONAMA 357 art. 34 , 397	Corpo Receptor - Dec. 8468/76, CONAMA 357/05 e 397/08				Água potável
Parâmetros	Unidade	Efluentes de fonte poluidora	Efluente ETE	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Portaria 518/04 Art. 14 e art. 16 [1]
N-NH_3 total	mg/L, pH>8,5			0,5	0,5	1,0		**1,5**[1]
N-NH_3 total (D.E. 8468)	mg/L			0,5	0,5	0,5	0,5	**1,5**[1]
Prata total	mg/L	1,5 (a) (b)	0,02	0,01	0,01	0,05		
Selênio total	mg/L	1,5 (a) (b)	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sulfato	mg/L	1.000 (b)		250	250	250		250[1]
Sulfeto	mg/L	1,0 (b)	1,0					
Sulfeto (não dissociado)	mg/L			0,002	0,002	0,3		**0,5**[1]
Urânio total	mg/L			0,02	0,02	0,02		
Vanádio total	mg/L			0,1	0,1	0,1		
Zinco total	mg/L	5,0 (a) (b)	5,0	0,18	0,18	5,0	5,0	**5,0**[1]
Acrilamida	µg/L			0,5	0,5			0,5
Alaclor	µg/L			20	20			20
Aldrin+Dieldrin	µg/L			0,005	0,005	0,03		**0,03**
Atrazina	µg/L			2,0	2,0	2,0		2,0
Benzeno	mg/L		1,2	0,005	0,005	0,005		0,005
Benzidina	µg/L			0,001	0,001			
Benzo(a)antraceno	µg/L			0,05	0,05			
Benzo(a)pireno	µg/L			0,05	0,05	0,7		**0,7**
Benzo(b)fluoranteno	µg/L			0,05	0,05			
Benzo(k)fluoranteno	µg/L			0,05	0,05			
Carbaril	µg/L			0,02	0,02	70		
Clordano (cis+trans)	µg/L			0,04	0,04	0,3		**0,2**
2-clorofenol	µg/L			0,1	0,1			
Clorofórmio	mg/L		1,0					
Criseno	µg/L			0,05	0,05			
2,4-D	mg/L			0,004	0,004	0,03		**0,03**
DDT	µg/L			0,002	0,002	1,0		0,002
Demeton (O+S)	µg/L			0,1	0,1	14		
Dibenzeno(a,h)antraceno	µg/L			0,05	0,05			
1,2-dicloroetano	mg/L		1,0	0,01	0,01	0,01		0,01
1,1-dicloroeteno	mg/L			0,003	0,003	0,03		**0,03**
2,4-diclorofenol	µg/L			0,3	0,3			
Diclorometano	mg/L			0,02	0,02			0,02
Dodecacloro pentaciclodecano	µg/L			0,001	0,001	0,001		
Endossulfan (α+β+sulfato)	µg/L			0,056	0,056	0,22		**20**
Endrin	µg/L			0,004	0,004	0,2		**0,6**
Estireno	mg/L		0,07	0,02	0,02			0,02
Etilbenzeno	µg/L		840	90	90			
Fenóis totais	mg/L	5,0 (b)	0,5	0,001	0,001	0,01	1,0	
Glifosato	µg/L			65	65	280		**500**
Gution	µg/L			0,005	0,005	0,005		
Heptacloro epóxido + heptacloro	µg/L			0,01	0,01	0,03		**0,03**
Hexaclorobenzeno	µg/L			0,0065	0,0065			**1,0**
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L			0,05	0,05			
Lindano (g-HCH)	µg/L			0,02	0,02	2,0		**2,0**
Malation	µg/L			0,1	0,1	100		
Metolacloro	µg/L			10	10			10
Metoxicloro	µg/L			0,03	0,03	20		**20**
Paration	µg/L			0,04	0,04	35		
PCBs	µg/L			0,001	0,001	0,001		
Pentaclorofenol	mg/L			0,009	0,009	0,009		0,009
Simazina	µg/L			2,0	2,0			2,0
Tetracloreto de carbono	mg/L		1,0	0,002	0,002	0,003		0,002
Tetracloroeteno	mg/L			0,01	0,01	0,01		**0,04**
Tolueno	mg/L		1,2	0,002	0,002			**0,17**[1]
Toxafeno	µg/L			0,01	0,01	0,21		
2,4,5-T	µg/L			2,0	2,0	2,0		
2,4,5-TP (Silvex)	mg/L			0,01	0,01	0,01		
Tributilestanho	µg/L			0,063	0,063	2,0		
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB+1,2,4-TCB)	mg/L			0,02	0,02			0,02
Tricloroeteno	mg/L		1,0	0,03	0,03	0,03		**0,07**
2,4,6-triclorofenol	mg/L			0,01	0,01	0,01		**0,2**
Trifluralina	µg/L			0,2	0,2			**20**
Xileno	mg/L		1,6	0,3	0,3			0,3[1]

Observações:

(a) Somatório dos compostos ≤ 5,0mg/L.

(b) Compostos que podem ser alterados a cargo da operadora.

[1] Art. 16 - Padrão de aceitação de consumo

[2] Ausência em 100 mL em 95% das amostras (> 40 amostras), presença em 100 mL em 1 amostra (<40 amostras).

- **Água Potável**

A rigorosidade em alguns parâmetros não são sustentáveis, visto que alguns parâmetros para classes 1 e 2 (e alguns para classe 3) tem concentrações menores do que na água de consumo humano (valores negritados na tabela 4 na coluna da Portaria 518), como é o caso de:
- alumínio
- cádmio
- cloro residual (total x livre)
- cobre
- fluoreto
- mercúrio
- nitrogênio amoniacal
- zinco
- sólidos dissolvidos totais
- sulfeto de hidrogênio (sulfeto não dissociado)
- aldrin+dieldrin
- benzo(a)pireno
- clordano
- 2,4-D
- 1,1-dicloroeteno
- endossulfan (a+b+sulfato)
- endrin
- glifosato
- heptacloro epóxido + heptacloro
- hexaclorobenzeno
- lindano
- metoxicloro
- tetracloroeteno
- tolueno
- tricloroeteno
- 2,4,6-triclorofenol
- trifuralina.

Para águas de classes 1 e 2, há necessidade de ajustes de pH para remoção de cianeto e sulfeto para classe 2, no tratamento da água para possibilitar o abastecimento público.
O tratamento convencional ou avançado deve ser capaz de remover arsênio, bário, chumbo, cianeto, manganês, DDT e tetracloreto de carbono para águas de classes 3 e 4, além de cádmio, cobre, fluoreto e mercúrio para classe 4.

Avaliando-se os dados de McDonald (1986) apud Canadian Council of Resource and Environmental Ministers (1987), quase todos os parâmetros são removidos com o processo convencional de coagulação e abrandamento com cal, apenas fluoreto que é removido pelo processo de ozonização. O parâmetro tetracloreto de carbono não é informado. As eficiências apresentadas neste trabalho foram baseadas em dados de estações de tratamento de água pilotos ou bancadas (Nascimento).

- **Afluente ou efluente de fonte poluidora**

Como afluente entende-se o efluente descarregado na rede que entrará no sistema de tratamento de esgotos. O D.E. 8468/76 no seu art. 19A estabelece limites para descarregamento dos efluentes líquidos não domésticos proveniente de indústrias, comércios, fossas e caixas de gordura no sistema de esgotamento sanitário ou, via caminhão, diretamente no sistema de tratamento de esgotos.
A legislação federal não regulamenta este ponto, apenas o efluente que vai diretamente aos corpos receptores.
Atualmente esses parâmetros estão sendo revisados, na Câmara Ambiental, e são controlados/ fiscalizados de acordo com o art. 19A.

Neste trabalho apenas será citada a regulamentação em vigor no momento, sem contudo entrar nas propostas por ora em andamento.

O objetivo principal do art. 19 é regulamentar o descarregamento de efluentes em corpos d'água, obrigando a tomada de ações conforme cronograma de obras aprovado, obrigando o gerador a lançar em sistema público de esgotos, de tal modo que o efluente tenha características tais que não haja prejuízo aos sistemas de coleta e

tratamento (obstrução/explosão), nem à saúde ocupacional. Alguns parâmetros podem ser alterados, a critério da operadora do sistema de tratamento, apresentados na tabela 4 com o índice (b).
Há falta de linearidade entre os parâmetros regulados nos corpos d'água e os efluentes, comentado no item Efluente a seguir, e por sua vez, entre efluente e afluente ao sistema.
Cianeto total tem como VMP (valor máximo permitido) 0,2 mg/L, valor inferior ao do efluente a ser lançado no corpo receptor, que é de 1,0 mg/L.
Os parâmetros arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo total, estanho, mercúrio, níquel, prata, selênio e zinco, apesar de apresentarem somatório de 26,5 mg/L, devem limitar-se ao valores individuais e ao somatório de 5,0 mg/L, valor comparativamente muito baixo.
Os parâmetros ferro dissolvido, fluoreto total, níquel e zinco apresentam-se igual para afluente e efluente, assim como sulfeto, embora este último seja produzido biologicamente na própria rede de esgotos quando em situação anaeróbia.
Fósforo não é limitado para o afluente à ETE, nem efluente, sendo limitado no corpo d'água e deve ser controlado para não desencadear o processo de eutrofização no meio.
A legislação estabelece também a ausência de solventes, porém sabe-se que há efluentes que contém solventes, como de postos de gasolina, por exemplo, cuja concentração não gera risco de explosividade, devendo haver alteração neste item do artigo.
Quanto a substâncias potencialmente tóxicas ao processo biológico, cada estação de tratamento apresenta em seu sistema biológico microorganismos com características tais, que em alguns casos já estão aclimatados para o tratamento de certos efluentes. Desse modo, este item deve ser submetido a cada operadora para avaliação do que pode ser tóxico ao sistema.

- **Efluente**

Para determinados parâmetros, a concentração limite no efluente tratado requer que sua diluição no rio seja bastante elevada para se atingir a concentração exigida para os corpos receptores.
Para tolueno, por exemplo, onde está sendo proposto o limite de 1,2 mg/L e tetracloreto de carbono, com proposta para 1,0 mg/L, a diluição em corpos receptores classes 1 e 2 deverá ser, respectivamente de 600 e 500 vezes para se alcançar 0,002 mg/L exigido para ambos compostos. Muito embora, sabe-se que efluentes industriais contém concentrações médias de 0-0,179 mg/L de tolueno em despejos de refinaria de petróleo, por exemplo, e o tetracloreto de carbono é escassamente utilizado. Desse modo, efluentes tratados dificilmente atingirão os valores exigidos.
Na tabela 5 estão as diluições necessárias para que a concentração legal máxima do efluente alcance a concentração exigida para o corpo receptor.

Tabela 5: Diluição necessária considerando-se a concentração legal máxima no efluente tratado

Parâmetro	Classes 1 e 2	Classe 3	Classe 4
Tolueno	600	-	-
Tetracloreto de carbono	500	333	-
Fenóis	500	50	1
Benzeno	240	240	-
Cádmio	200	20	20
Cobre dissolvido	111	77	-
Cromo total	100	100	100
1,2-dicloroetano	100	100	-
Níquel total	80	80	-
Chumbo	50	15	5
Ferro dissolvido	50	3	-
Mercúrio total	50	5	5
Cianeto livre	40	9	-

A diluição necessária calculada considerou as concentrações máximas permitidas de compostos no efluente tratado para se atingir a concentração máxima permitida para este composto no corpo receptor. Estes compostos são provenientes, na maioria dos casos, de efluentes industriais.

PARÂMETROS QUE ULTRAPASSAM OS LIMITES LEGAIS

Com base em resultados laboratoriais, pode-se observar que alguns parâmetros ultrapassam os limites determinados em legislação com maior frequência.

A avaliação foi baseada em resultados obtidos de análises realizadas por laboratório contratado que realizou ensaios em 55 das 450 ETEs dos sistemas regionais da SABESP localizadas no interior e litoral do Estado. Destas, 2 descartam efluentes em rios de classe 1, 47 em classe 2 e 6 em classe 4.

- **Montante**

Para as classes 1 e 2, muitos parâmetros extrapolam o limite legal ainda a montante. É o caso dos parâmetros alumínio dissolvido, boro, ferro dissolvido, manganês e fósforo.

Considerando-se a média obtida para *alumínio dissolvido*, de 0,2215mg/L, há ultrapasse de limites para classe 3. O mesmo ocorre com *boro*, cuja média foi de 1,127 mg/L a montante e o valor máximo permitido para classe 3 é de 0,75 mg/L.

Ferro dissolvido apresentou média de 0,72 mg/L a montante de rios classe 2, sendo o limite de 0,5 mg/L para classe 2 e 5,0 mg/L para rios de classe 3.

Manganês total apresentou média de 0,233 mg/L e 0,303 mg/L a montante de rios classes 1 e 2, respectivamente, sendo o limite de 0,1 mg/L para classes 1 e 2 e 0,5 mg/L para rios de classe 3.

Fósforo apresentou média de 0,52 mg/L a montante de rios classe 2, sendo o limite de 0,1 mg/L para classe 2 e 0,15 mg/L para rios de classe 3, ou seja, para este parâmetro ocorreria o desenquadramento destes rios.

Ocorrências na natureza

Ferro e manganês

Ferro e manganês insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}) estão presentes na natureza em diversos tipos de solos. Em fundo de lagos e represas e em águas subterrâneas estão presentes na forma solúvel (Fe^{2+} ou Mn^{2+}) devido à ausência de oxigênio dissolvido. Assim, a dissolução de compostos do solo e o descarregamento de efluentes industriais (principalmente metalúrgicas) são os responsáveis pela presença de ferro e manganês nos corpos receptores. O ferro apresenta-se sobretudo em águas subterrâneas pela sua dissolução pelo gás carbônico. Ambos parâmetros tem como padrão de potabilidade a exigência de 0,3 mg/L para ferro (total), bem próximo do padrão de corpos d'água, que é 0,5mg/L nas classes 1 e 2, e 0,1 mg/L para manganês total, igual ao padrão de corpos d'água classes 1 e 2.

A remoção de manganês é efetiva a pH elevado, em torno de 9,5, empregando cloro para a oxidação e precipitação. O mesmo processo é eficiente para ferro. Esse processo promove um residual de cloro, que ultrapassaria o limite para classes 1 e 2, cujo valor é de 0,01 mg/L. Observa-se que em alguns rios há concentração excedente de cloro residual e de manganês devido ao pH baixo (5 a 9) (BRATBY, 1987).

O manganês é utilizado nas indústrias de aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química de tintas, fogos de artifícios, fertilizantes, vidros, oxidantes para limpeza, vernizes, suplementos veterinários entre outros. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos.

As principais fontes naturais do ferro para o ambiente aquático são o intemperismo das rochas que compõem a bacia de drenagem e a erosão de solos ricos nesses materiais. Atualmente, além das fontes naturais de metais, as fontes antrópicas têm-se destacado como responsáveis pelos elevados níveis desses elementos nos corpos d'água, colocando em risco o equilíbrio ecológico desses sistemas (FARIAS, 2007).

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação:

$$Fe + CO_2 + \tfrac{1}{2} O_2 \longrightarrow FeCO_3$$

O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao

carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido.

O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição (www.cetesb.sp.org.br).

Fósforo

O fósforo apresenta-se na natureza a partir da dissolução de compostos do solo (principalmente em áreas agrícolas), da decomposição de matéria orgânica e da decomposição de microrganismos, além do descarregamento de efluentes industriais (fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios). Apresentam-se na forma de orto e polifosfatos e fósforo orgânico. Está presente em nos despejos domésticos, efluentes industriais pelo uso de detergentes e também pela escoamento da água do solo, promovendo o carreamento de fertilizantes (VON SPERLING, 2005).

A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro-nutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico. Os esgotos sanitários no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mgP/L, não exercendo efeito limitante sobre os tratamento biológicos. O excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais (www.cetesb.sp.org.br).

Alumínio

O alumínio presente nos corpos d'água apresenta uma tolerância legal inferior à da água potável, onde as concentrações são, respectivamente, 0,1 mg/L para classes 1 e 2 e 0,2 mg/L para água potável. A sua solubilidade em pH entre 5,5 e 6,0 é baixa. Em condições de anaerobiose e pH baixo sua concentração eleva-se, sobretudo em períodos de chuvas.

O alumínio e seus sais são usados no tratamento da água, como aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica etc. O alumínio pode atingir a atmosfera como material particulado por meio da suspensão de poeiras dos solos e também da combustão do carvão. Na água, o metal pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. As concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5-1 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica. Em águas com extrema acidez, afetadas por descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg/L. Na água potável, os níveis do metal variam de acordo com a fonte de água e com os coagulantes à base de alumínio que são usados no tratamento da água. Estudos americanos mostraram que as concentrações de alumínio, na água tratada com coagulante, variaram de 0,01 a 1,3 mg/L, com uma concentração média de 0,16 mg/L. O alumínio deve apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. Se a estratificação e consequente anaerobiose não for muito forte, o teor de alumínio diminui no corpo de água como um todo, à medida que se distância a estação das chuvas. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Outro aspecto da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água. A principal via de exposição humana não ocupacional ao alumínio é pela ingestão de alimentos e água. Não há indicações de que o alumínio apresente toxicidade aguda por via oral, apesar de ampla ocorrência em alimentos, água potável e medicamentos. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio (www.cetesb.sp.org.br).

Boro

O boro é muito reativo, de forma que é dificultada a sua ocorrência no estado livre. Contudo, pode-se encontrá-lo combinado em diversos minerais. O boro, na sua forma combinada de bórax (Na2B4O7. 10H2O) é usado como matéria-prima na produção de vidro de borosilicato, resistente ao calor, para usos domésticos e laboratoriais, familiarmente conhecido pela marca registrada Pirex; bem como na preparação de outros compostos de boro. O boro elementar é duro e quebradiço, como o vidro, e portanto tem aplicações semelhantes a este. Pode ser adicionado a metais puros, ligas ou outros sólidos, para aumentar a sua resistência plástica, aumentando, assim, a rigidez do material.

- **Jusante**

Acompanhando o mesmo comportamento de montante, a jusante os mesmo parâmetros são ultrapassados: alumínio, boro, ferro dissolvido, manganês e fósforo. As médias desses parâmetros a montante e jusante se mantém, apresentando um aumento de 3 a 8%, e 17% para ferro para rios de classe 2. Para classe 1, houve aumento de 16% de manganês e o surgimento de alumínio.

Diversos parâmetros apresentaram redução: fenóis, chumbo, sólidos dissolvidos, sulfato, turbidez (para classe 2) e zinco. É de se esperar o aumento de outros, como: cor verdadeira, coliformes e amônia, além de OD, o que é um fator positivo.

No caso dos rios de classe 4, apenas uma amostra apresentou valores acima dos permitidos, para os parâmetros cádmio, chumbo e zinco, o que torna a análise irrelevante.

- **Efluente**

Os valores máximos permitidos para efluentes foram extrapolados apenas em DBO, cujo parâmetro foi questionado ao laboratório contratado pelas incongruências com os resultados obtidos em análises paralelas realizadas nos laboratórios internos. Todos os demais parâmetros ficaram enquadrados dentro dos limites para este ponto coletado.

- **Coliformes totais**

O parâmetro coliformes totais merece destaque na discussão, pois apresentou-se fora do limite quase equitativamente em montante e jusante, porém em grande proporção. Sabe-se que coliformes totais não são representativos para esses tipos de amostras, sendo mais adequado a análise de *E. coli*. Analisando-se os valores de *E. coli*, houve extrapolação em 68 amostras a montante e 68 a jusante, cuja média dos valores excede em 35 vezes o limite de 200 UFC/100 mL para classe 1 e 83 vezes o limite de 1000 UFC/100 mL para classe 2.

CONCLUSÃO

Atualmente todos os parâmetros legais podem ser realizados por diversos laboratórios acreditados pelo INMETRO, conforme ABNT ISO/IEC 17.025, preconizado na Resolução SMA 37/06. Os parâmetros mais difíceis de serem acreditados são os orgânicos, entre eles benzidina, lindano, tributilestanho e DDT.

O limite de quantificação requerido é semelhante para análise de água potável, já que se tem análises de corpos d'água classe 1.

A comparação entre águas de classe 1 e 2 e águas para consumo humano torna injustificável a necessidade de tratamento para potabilização, se atenderem a todos os parâmetros, visto que a maioria dos limites dos parâmetros para água potável são maiores ou iguais aos corpos d'água. Dos 59 parâmetros exigidos tanto para água potável quanto corpos d'água, 27 são maiores para água para consumo humano e outros 27 são iguais. Os valores que causam maior preocupação, cujos parâmetros para corpos d'água classes 1 e 2 são bem mais rigorosos são: sulfeto não dissociado, endossulfan, hexaclorobenzeno e metoxicloro.

Dada a rigorosidade nos parâmetros para corpos d'água classes 1 e 2, não se pode executar um projeto de estação de tratamento de esgotos considerando apenas os art. 18 do D.E. 8468/76 ou art. 34 da Res. CONAMA 357/05 ou 397/08. A diluição necessária para que os limites de efluentes atinjam os dos corpos receptores é

muitas vezes além do que de fato existe no local. Com a variação climática pela qual estamos passando dificulta a avaliação da vazão $Q_{7,10}$, e consequentemente da diluição que existirá no momento da coleta.
A classificação dos corpos d'água de classes 1 e 2 apresentam-se desenquadrados em alguns casos. Os parâmetros que mais excederam os valores máximos permitidos foram ferro, manganês, fósforo e alumínio, que são elementos presentes na natureza, mas que também podem ser provenientes de esgotos industriais.

Boro excedeu em dois sistemas, 2 amostras, portanto, foram casos pontuais, sem a possibilidade de conclusão.
O que observa-se também é que alguns parâmetros, apesar de excederem seus VMP a montante, apresentam uma redução a jusante, tais como fenóis, chumbo, sólidos dissolvidos, sulfato e zinco, fato este decorrente da diluição com o esgoto tratado.

Dificilmente o efluente tratado apresentará resultados além dos valores permitidos, devendo-se centrar a atenção no atendimento aos limites dos corpos receptores, sobretudo para classes 1 e 2 que são equiparados, sem sustentação lógica, à água potável.

O grande passo dado na legislação visando a proteção de corpos d'água e dos organismos aquáticos foi a elaboração do SMA 03/2000, que estabelece a forma de avaliação da ecotoxicidade ao meio, considerando a diluição existente no meio. Seria adequado se todos os parâmetros fossem assim analisados, reduzindo custos de monitoramento, que ainda hoje, apesar do avanço ocorrido nas questões analíticas, ainda representa um custo representativo no tratamento de esgotos.

RECOMENDAÇÕES

A necessidade da revisão dos parâmetros legalmente exigidos tanto na esfera federal quando estadual é evidente. A equiparação dos corpos d'água, sobretudo de classes 1 e 2, com água para consumo humano é um tanto quanto difícil de se justificar frente aos técnicos sanitaristas. O levantamento de valores obtidos a montante, jusante e efluente de sistemas de tratamento do Brasil é de mera importância para a consolidação dos dados que comporão a base para o estabelecimento dos parâmetros e respectivos VMP exigidos, considerando-se aí os compostos que estão presentes na natureza, os que não são representativos (coliformes totais) e os que não estão presentes ou apresentam traços no esgoto.

O estabelecimento de regras operacionais para recebimento de efluentes não domésticos em sistemas de tratamento é de responsabilidade da operadora, que por sua vez deve gerar efluentes (e lodo) sem ocasionar contaminação ou poluição ao meio ambiente, porém regras legais devem ser estabelecidas de tal modo que haja o resguardo legal para o caso de indústrias que não obedeçam ao preconizado na lei, impedindo a ocorrência de problemas no sistema biológico da estação de tratamento, o que fatalmente levaria a uma desobediência aos VMP estabelecidos por parte da operadora.

E, atrelado a tudo isso, não se pode esquecer da necessidade dos órgãos que compõem o SISNAMA, junto com os Comitês de Bacias Hidrográficas, de se definir de forma clara e objetiva as metas de progressividade para os corpos hídricos de maneira a resguardar e preservar os usos múltiplos destes corpos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministéro do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf
2. Regulamento da Lei Estadual 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. Secretaria de Meio Ambiente.
3. http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf
4. http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas
5. Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.
6. http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/anotada/3711723/decreto-10755-77-sao-paulo

7. NASCIMENTO, L. V., VON SPERLING, M. Os padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. Depto. Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG.
8. VON SPERLlNG, M. Principios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 3ª ed, 452p. 2005.
9. FARIAS, M. S. S. et al. Riscos sociais e ambientais devido a presence de metais pesados nas águas superficiais no ditrito industrial de Mangabeira. Qualit@S Revista Eletrônica. Vol. 6, nº 2, 2007.

ANEXO

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	TIPO DE TRATAMENTO ADOTADO
BOM SUCESSO DE ITARARÉ	Sistema australiano
ITAPETININGA / CONCEIÇÃO	Lagoa facultativa
ITAPETININGA / GRAMADINHO	Lagoa facultativa
ITAPETININGA / PONTE ALTA	Lagoa aerada e lagoa de decantação
ITAPETININGA / DISTRITO RECHAN	Lagoa facultativa com aeração
SARUTAIÁ	Sistema australiano
MARABÁ PAULISTA	Sistema australiano
MIRANTE DO PARANAPANEMA	Sistema australiano e lagoa de maturação
ORIENTE	Sistema australiano e lagoa de maturação
PEDRINHAS PAULISTA	Sistema australiano e lagoa de maturação
QUINTANA	Lagoa facultativa
SALMOURAO	Sistema australiano
TUPÃ/PARNASO	Lagoa facultativa
OSCAR BRESSANE	Sistema australiano
ÁGUAS DA PRATA	Lagoa facultativa
MIGUELÓPOLIS	Sistema australiano
COLÔMBIA	Lagoa facultativa e lagoa de maturação
IGARAPAVA	Sistema australiano
ITIRAPUÃ	Sistema australiano e lagoa de maturação
MOCOCA / SÃO BENEDITO DAS AREIAS	Lagoa facultativa
MOCOCA / SEDE	Lagoa aerada e lagoa de decantação
RIFAINA	Lagoa facultativa
SÃO JOÃO DA BOA VISTA	Lagoa aerada, lagoa de dec. e lagoa de secagem
SERRA AZUL	Sistema australiano
SERRA NEGRA	Sistema australiano, com rampa de aeração e leito de secagem
TERRA ROXA	Lagoa facultativa
MORUNGABA	Sistema australiano
PAULÍNIA / ETE CENTRAL	Lagoa aerada, lagoa de dec., desinf. e centrífuga
JARINU	Sistema australiano
PEDERNEIRAS	Sistema australiano
PRATÂNIA / BACIA B	Sistema australiano
CHARQUEADA / RECREIO	Lagoa facultativa
CARAGUATATUBA / MASSAGUAÇU	Lodo ativado por batelada
SÃO SEBASTIÃO / BOIÇUCANGA	Lodo ativado por batelada
UBATUBA / IPIRANGUINHA	Lodo ativado por batelada
UBATUBA / PRINCIPAL	Lodo ativado por batelada
CARAGUATATUBA / PORTO NOVO	Lodo ativado por batelada
CAJATI	Sistema australiano
JACUPIRANGA	Sistema australiano
PARIQUERA-AÇU	Fossa-filtro
PEDRO DE TOLEDO	Sistema australiano
REGISTRO / ARAPONGAL	Sistema australiano
BERTIOGA / SISTEMA A	Lodo ativado por batelada
MONGAGUÁ / BICHORÓ	Lodo ativado por batelada e filtro-prensa
ITANHAÉM / ANCHIETA	Lodo ativado por batelada
CARDOSO	Lagoa facultativa
MONTE ALTO / BACIA DO RICO	Sistema australiano e lagoa de maturação
MONTE ALTO / BACIA DO TURVO	Sistema australiano
PALMARES PAULISTA	Sistema australiano
PONGAÍ	Sistema australiano e lagoa de maturação
CACHOEIRA PAULISTA / DIST. EMBAÚ	RAFA, filtro anaeróbio/ aeróbio e desinfecção
PINDAMONHANGABA / MOREIRA CÉSAR	Sistema australiano
PINDAMONHANGABA/ BACIA ARARETAMA	Lodo ativado por batelada
S. J. CAMPOS / SÃO FRANCISCO XAVIER	Lodo ativado convencional
SÃO LUIZ DO PARAITINGA	Lagoas aerada e de decantação e desinfecção