

# Considerações sobre a Portaria 2914/2011, sobre os Planos de Segurança da Qualidade da Água, sobre os anexos XX e XXI da Portaria de Consolidação 5/2017 do SUS, e sobre uma Proposta para Implementar um Novo Paradigma para Regulamentação com base em Variáveis Sub-rogadas

*Critical review of the Brazilian legislation for drinking water quality standards (2914/2011), based on the Safety Water concept and a proposal for the implementation of the subrogated water quality parameters for drinking water quality monitoring*

Ivanildo Hespagnol

DOI: 10.4322/dae.2019.020

## Resumo

Este artigo discute as principais questões relacionadas aos parâmetros de qualidade para a água potável, visando garantir a oferta de uma água segura para a população, frente aos atuais desafios de qualidade impostos pela ampla variedade de substâncias químicas atualmente disponíveis.

Neste contexto é feita uma discussão sobre os procedimentos atualmente propostos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para o atendimento a esse objetivo, com ênfase ao plano de segurança da água e a ferramenta de avaliação e gestão de riscos.

Com base nas recomendações da OMS, em especial sobre os Planos de Segurança da Água, é feita uma avaliação crítica da Portaria 2914/2011, incorporada no Anexo XX da Portaria de Consolidação 5/2017 do SUS, e do seu processo de revisão, no que se refere ao número de parâmetros controlados e a sua efetividade para a produção de água potável intrinsecamente segura.

Considerando-se os desafios para o monitoramento de um elevado número de compostos químicos, bem como o fato de o monitoramento individualizado não ser suficiente para capturar os possíveis efeitos relacionados à mistura de dois ou mais contaminantes sobre a saúde humana, propõe-se uma nova abordagem para o monitoramento da qualidade da água, a qual utiliza o conceito de variáveis sub-rogadas. Entende-se como variáveis sub-rogadas a utilização de variáveis de qualidade ou métodos de determinação que sejam

**Ivanildo Hespagnol** – Engenheiro. Foi Professor Titular da Escola Politécnica da USP. Fundador e diretor do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água - CIRRA/IRCWR/USP.

capazes de avaliar grupos de substâncias químicas e ou o efeito tóxico associado à presença de grupos de contaminantes químicos específicos sobre organismos indicadores. Ressalta-se que para isso, é necessária a criação de um grupo multidisciplinar de especialistas para a elaboração de uma proposta consistente.

Tal abordagem para o monitoramento da qualidade da água para abastecimento pode resultar na otimização do uso de recursos por meio da simplificação do processo de monitoramento, ao mesmo tempo em que garante a qualidade da água para fins potáveis.

**Palavras-chave:** Plano de segurança da água. Avaliação de risco. Qualidade de água. Monitoramento.

### Abstract

*In this paper the main issues regarding potable water quality parameters are discussed, based on the principles of safe drinking water and considering the challenges imposed by the variety of chemical compounds presently available.*

*Considering this context, we present a critical review regarding the procedures proposed by the World Health Organization (WHO), for addressing the aim of the production of safe drinking water, focusing the Water Safety Plan (WSP), and the risk assessment and management toll.*

*Based on the WHO guidelines, mainly related to the WSP, we present a critical review of the Brazilian legislation regarding drinking water quality, Portaria 2914/2011, and about its revision process. This critical review focuses on the number of quality parameters considered and their effectivity for assuring the production of potable water intrinsically safe.*

*Considering the challenges imposed for monitoring many quality parameters, mainly the chemicals, and the fact that the monitoring of specific compounds individually it is not enough to assure that the water is safe for drinking, it is necessary to develop a new approach for potable water quality control. That is due to the fact that the monitoring of specific chemical does not capture the combined effect of a mixture of two or more compounds on the human health. For these reasons, the use of the subrogated quality parameter concept can overcome the limitation of the traditional monitoring approach.*

*The subrogated quality parameter can be understood as a water quality parameter that can be used to represent a specific group of chemical compounds or the toxic effect associated to a set of chemicals with similar properties over a specific organism. For this purpose, it is necessary to organize an expert multidisciplinary group to develop a consistent proposal.*

*This new approach can result on monitoring process simplification and resources use optimization at the same time it ensures the quality of the water that will be provided to the population.*

**Keywords:** Water quality. Water safety plan(WSP). Risk assesment. Monitoring.

*“Cada geração precisa de uma nova música”*

**Francis Crick**, Prêmio Nobel de Fisiologia (Medicina) em 1962 pela descoberta da estrutura de dupla hélice do DNA.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 A busca por água segura - os planos de segurança da água

Recentemente, muitos trabalhos e propostas têm sido feitos na tentativa de proporcionar água realmente potável a consumidores de sistemas públicos de abastecimento no Brasil.

Entre esses estão o “Plano de Segurança da Água SUS/2012”, o “Plano de Segurança da Água de Marcos D’Ávila Bensousson et al.”, o “Plano de Segurança da Água da OPAS, liderado por Teófilo Monteiro”. Os “Planos de Segurança da Água no Cenário Internacional, de Guilherme Franco, do Ministério da Saúde”.

O Programa de Saneamento Básico-PROSAB também envidou esforços por meio de suas inúmeras publicações, propondo normas e regulamentações visando estabelecer procedimentos e definir variáveis de qualidade e seus respectivos valores numéricos para que as populações urbanas e rurais sejam servidas com água segura.

Com o mesmo espírito relevante, a Doutora Sandra Akemi Shimada Kishi, que é Procuradora Regional da República da 3ª Região e Gerente do Projeto Qualidade de Água do Ministério Público Federal, vem, por meio de seminários realizados em São Paulo na Procuradoria Regional da República da 3ª Região, reunindo especialistas do setor para abordar a problemática da qualidade da água potável visando produzir um arcabouço legal realista e representativo das condições prevalentes em nosso país.

A partir do Decreto nº 79.367/1977, que atribuiu ao Ministério da Saúde a competência sobre a qualidade de água para consumo humano no território nacional, foram promulgadas as Portarias BSB nº 56/1977, a

Portaria GM nº 36/1990, a Portaria MS nº 1469/2000, a Portaria MS nº 518/2004, e a Portaria MS nº 2914/2011, que está sendo revisada atualmente.

É também relevante o esforço que o Professor Doutor Pedro Caetano Mancuso, que por meio do Centro de Referência em Segurança da Água da Faculdade de Saúde Pública da USP - SP (CERSA), do Portal Saneamento Básico e do Portal Tratamento de Água, vem desenvolvendo sob o tema. Ele organizou o I Fórum de Diálogo Intersectorial - Subsídios para a Legislação Nacional de Água para Consumo Humano, para discutir de forma clara e objetiva os diversos temas que envolvem os procedimentos, requisitos e comunicação para a segurança da água, reunindo representantes da sociedade civil, empresas privadas, órgãos públicos e instituições de ensino e pesquisa.

### 1.2 Avaliação de riscos - as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS)

A evolução de diretrizes e normas relativas a temas de saúde pública não é controlada, unicamente, por estudos e pesquisas toxicológicas e epidemiológicas. Características socioculturais, práticas de higiene, percepção e sensibilidade públicas, desenvolvimento tecnológico e condições econômico-financeiras são tão importantes quanto evidências científicas no estabelecimento de normas para a proteção da saúde pública de usuários de sistemas públicos de abastecimento de água (HESPANHOL & PROST, 1994). O objetivo básico de produzir regulamentos é o de estabelecer limites relativos a práticas específicas (como abastecimento ou reúso de água) que minimizem efeitos adversos à saúde humana, sem afetar os benefícios correspondentes. Esses limites não possuem valor absoluto nem podem ser considerados permanentes. Variam em função do desenvolvimento científico e tecnológico e de condições econômicas, assim como em função de tendências de aceitação ou rejeição de práticas e posturas que afetam os valores culturais de uma sociedade.

Uma das diversas funções da OMS no atendimento de seus objetivos é a de propor regulamentos e efetuar recomendações relativas a temas internacionais de saúde (WHO, 1990).

Como parte importante dessas funções a OMS estabelece, por meio de dois procedimentos distintos, as diretrizes para a qualidade da água potável. O primeiro, designado como “Avaliação de Riscos”, efetuado pelos seus centros colaboradores internacionais, inclui: i) a identificação, em nível mundial, de contaminantes potencialmente perigosos (microbiológicos, químicos e radiológicos); (ii) avaliação quantitativa da relação doses-efeitos sobre seres humanos; e (iii) avaliação dos níveis potenciais de exposição que podem ocorrer sobre seres humanos. Esta primeira fase atribui valores diretrizes aos contaminantes considerados relevantes e é dirigida fundamentalmente à proteção da saúde pública. Essas diretrizes têm características unicamente “recomendatórias” e são baseadas na filosofia de risco/benefício. Diretrizes assim formuladas proporcionam a seus países membros elementos para o estabelecimento de padrões nacionais de qualidade de água.

### 1.3 Gestão de riscos - a adaptação das diretrizes da OMS

O segundo procedimento proposto pela OMS, denominado “Gestão do Risco”, é desenvolvido em nível nacional por países interessados em estabelecer seus próprios padrões de qualidade e respectivos códigos de prática. Consiste na interpretação das diretrizes levando em conta as condições e características técnicas, sociais e econômicas e de sensibilidades de cada país. Essa etapa formula os padrões compatíveis com os interesses e as tendências nacionais.

## 2 SOBRE A PORTARIA 2914/2011

A Portaria MS 2914, de 12.12.2011 (que “dispõe sobre os procedimentos do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu

padrão de potabilidade”), e suas edições anteriores não elaboraram a fase de Gestão de Riscos, uma vez que adotaram, sem a necessária adaptação, praticamente todas as variáveis propostas pelas diretrizes da OMS (WHO, 2011). Os valores numéricos adotados para essas variáveis são, também, os mesmos propostos pela OMS. Como exemplo, podem ser citados: Arsênio (0,01 mg/L), Bário (0,7 mg/L), Chumbo (0,01 mg/L), Fluoreto (1,5 mg/L), Níquel (0,07 mg/L), Nitrato e Nitrito (os valores diretrizes da OMS foram arredondados, de 11 mg/L e 0,9 mg/L para 10 mg/L e 1 mg/L, respectivamente), Urânio (0,03 mg/L), Acrilamida (0,5 µg/L). Benzo[a]pireno (0,7 µg/L), 1,2 dicloroetano (50 µg/L), Diclorometano (20 µg/L), Estireno (20 µg/L), Pentaclorofenol (9 µg/L), Tetracloroeto de carbono (4 µg/L), Tetracloroetano (40 µg/L), Alaclor (20 µg/L), Aldicarbe+Aldicarbesulfona+Aldicarbesulfóxido (10 µg/L), Aldrin + Dieldrin (0,03 µg/L), Carbofurano (7 µg/L), Clordano (0,2 µg/L), DDT+DDD+DDE (1 µg/L), Lindano (2 µg/L), Bromato (0,01 mg/L), Sulfato (250 mg/L); Microcistinas (1,0 µg/L). Valores numéricos de algumas outras variáveis parecem ter sido adotados ou adaptados da legislação americana (EPA, 2011). Alguns exemplos são: Benzeno (5 µg/L), enquanto que o valor diretriz proposto pela OMS é de 10 µg/L, Cloreto de Vinila (2 µg/L), Antimônio (0,006 mg/l da EPA arredondado para 0,005 mg/L na Portaria 2914/2011).

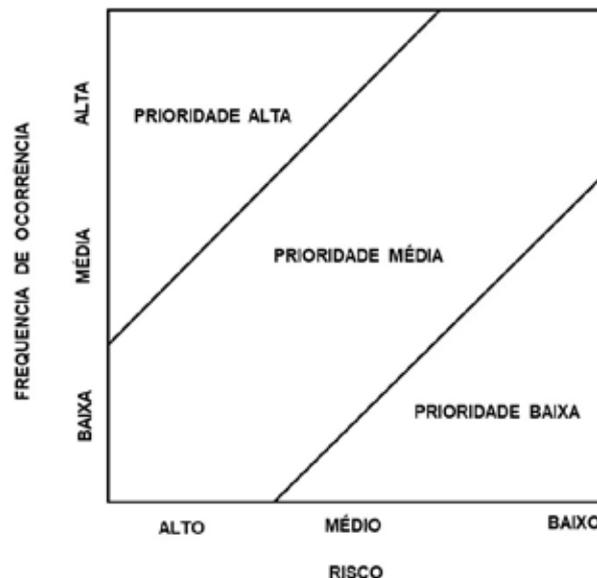
O que ocorre no Brasil é que normas associadas à saúde pública, tais como as relativas à qualidade de água potável, disposição de lodos biológicos em áreas agricultadas, e reúso de água a partir de esgotos, são fortemente baseadas em, senão copiadas, de normas estrangeiras, ou adotadas sem a devida adaptação das diretrizes propostas pela OMS, podendo não exercer a proteção que delas se espera, uma vez que não são representativas de nossas características de saúde pública, culturais, sociais, econômicas e técnicas.

A revisão da Portaria 2914/2011 (Portaria de Consolidação 05/2017) em andamento segue os mes-

mos critérios, princípios e procedimentos, acatando indiscriminadamente sugestões de variáveis a serem regulamentadas e seus respectivos valores numéricos, expressadas por especialistas de entidades públicas e privadas, federais e estaduais, entidades de classe, da academia, etc., sem quaisquer bases científicas ou estudos epidemiológicos e toxicológicos que lhes confirmem credibilidade.

Não é nem mesmo efetuada uma avaliação prévia de quais variáveis devem ser regulamentadas atualmente, em função da frequência de ocorrência e das que apresentam maior periculosidade nas condições brasileiras, como visualizado na Figura 1. A tendência é a de acrescentar, indiscriminadamente, todas as variáveis conhecidas e, a cada nova revisão, acrescentar novas variáveis, aumentando os custos de monitoramento sem acréscimo de melhoria da qualidade da água distribuída.

ESCOLHA DAS VARIÁVEIS A SEREM REPRESENTADAS EM CADA PAÍS



**Figura 1** – Diagrama para a escolha de variáveis a serem regulamentadas (as de prioridade alta que possuem maior risco e maior frequência de ocorrência) (HESPANHOL, 2015)

### 3 SOBRE OS PLANOS DE SEGURANÇA DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os planos de segurança da água relacionados no item 1.1 e diversos outros desenvolvidos internacionalmente trazem uma contribuição relevante para a produção de água realmente potável no cenário brasileiro.

Entretanto, algumas propostas contidas nos planos, embora muito importantes, terão grande dificuldade de serem efetivamente implementadas.

Uma delas, provavelmente a mais significativa, é a que propõe implementar um controle efetivo de fontes de emissão de poluentes.

Em setembro de 1991, o Governo do Estado de São Paulo lançou o Projeto Tietê, visando à despoluição de rios e reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo-RMSP.

O projeto designado como Sistema de Tratamento de Águas Residuárias-STAR só pôde ser realizado com o suporte financeiro de US\$ 600 milhões, dos quais US\$ 450 milhões proporcionados pelo Banco Mundial e o restante pelo Governo do Estado de São Paulo (HERMAN & BRAGA, 1997).

As indústrias paulistanas receberam por meio do Banco Mundial (programa PROCOP) e do BNDES aproximadamente US\$ 200 milhões para implementar sistemas de tratamento e custos de operação e manutenção, para atender a padrões de lançamento

Note-se que o Programa STAR foi direcionado apenas ao controle de emissões industriais. No programa proposto atualmente seria necessário controlar todas as fontes de emissão (domésticas,

industriais, descargas efetuadas pelas companhias de saneamento e descargas indiscriminadas efetuadas em nossos mananciais), portanto, os recursos financeiros necessários para esta nova fase de controle serão substancialmente maiores do que aqueles que foram exigidos pelo programa STAR (ALONSO & SERPA, E.L., 1994).

Portanto, a proposta de implementar um controle efetivo de fontes de emissão de poluentes terá muita dificuldade de ser implementada devido à pequena possibilidade de adquirir novos recursos financeiros para ser executada. Com novos e substanciais aportes financeiros, o que será muito difícil atualmente devido ao desinteresse dos tomadores de decisão e à situação financeira pela qual passa o Brasil.

A representação esquemática do programa STAR é mostrada na Figura 2, e as cargas orgânicas e inorgânicas removidas até setembro de 1994 são mostradas na Figura 3.

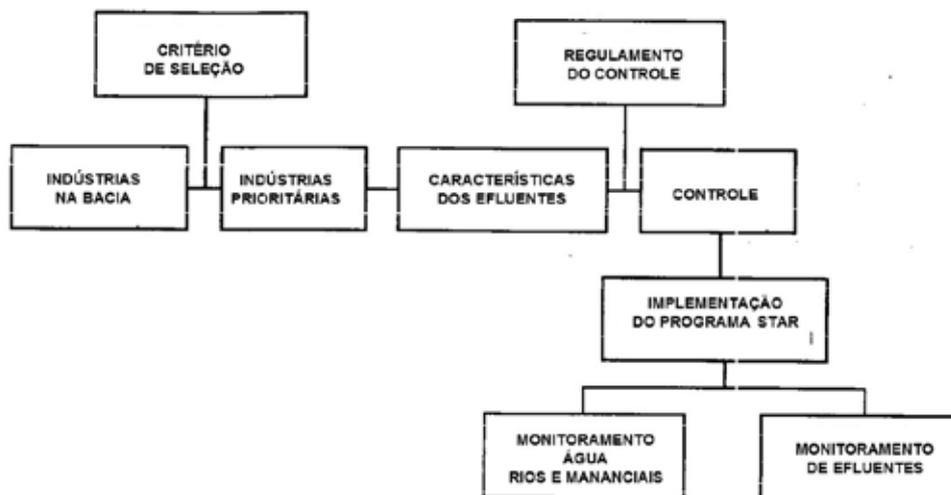
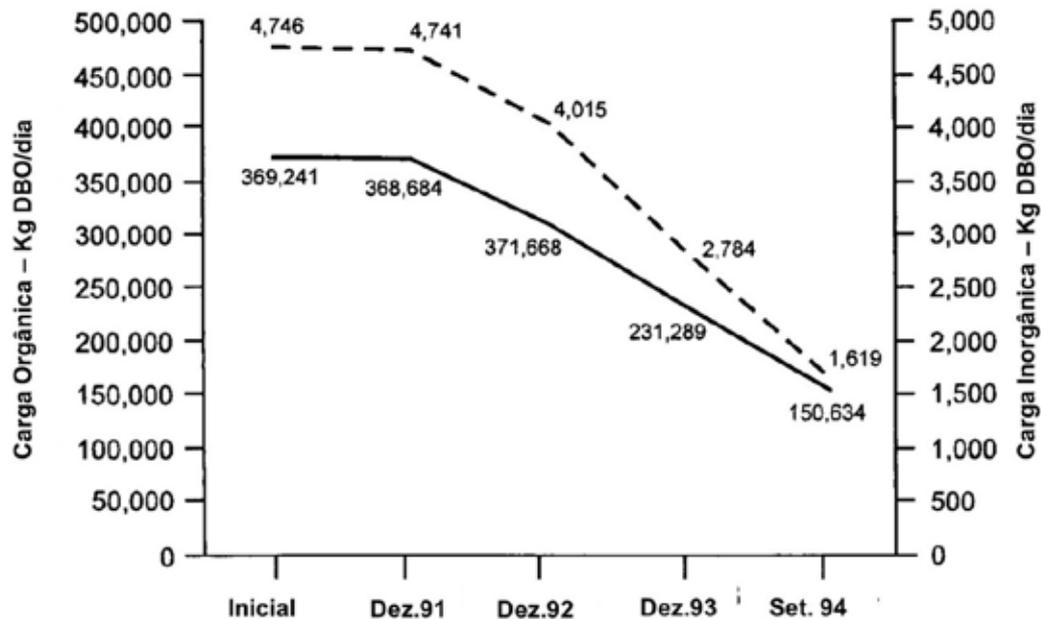


Figura 2 – Representação esquemática do programa Star (HERMAN & BRAGA, 1997)



**Figura 3** – Decréscimo das cargas de poluição industrial entre 1991 e 1994 (HERMAN & BRAGA, 1997)

Durante o período de operação, a carga orgânica lançada nos corpos de água da RMSP foi reduzida de 369.241 Kg DBO/dia para 150.634 Kg DBO/dia (59%), e a carga inorgânica foi de 4.746 Kg DBO/dia para 1.619 Kg DBO/dia (66%).

O programa STAR teve início em 1990 e foi previsto para terminar em 1996, mas cessou de operar abruptamente em setembro de 1994.

Atualmente o controle de emissões de efluentes industriais e domésticos é feito pela CETESB por meio da Art.19-A da Portaria CONAMA 357, (ou Art. 19 do Decreto 8.468/76, alterado pelo Decreto 15.425/80 que aprova o regulamento da Lei 997/76). É importante salientar que o controle efetuado pela CETESB é baseado unicamente em relatórios mensais de auto monitoramento elaborado por fontes poluidoras.

Evidentemente, esse monitoramento indireto é muito pouco eficaz, o que pode ser constatado pelo crescente nível de poluição dos rios e mananciais da RMSP. Em condições normais, a megametropo-

le paulistana é abastecida com aproximadamente 61 m<sup>3</sup>/s, de água superficial (oriunda dos sistemas Cantareira, Guarapiranga, Alto Tietê, Rio Grande, Rio Claro, Ribeirão da Estiva, Alto Cotia e Baixo Cotia) mais 10 m<sup>3</sup>/s de água subterrânea, perfazendo um total de 71 m<sup>3</sup>/s. Considerando a perda oficial de 19,3% no sistema de distribuição, são gerados aproximadamente 43 m<sup>3</sup>/s de esgotos. A capacidade instalada das 5 grandes estações de tratamento de esgotos do Projeto Tietê (Parque Novo Mundo, São Miguel, ABC, Suzano e Barueri) é de aproximadamente 20 m<sup>3</sup>/s. A carga remanescente é lançada, nos rios Tietê, Tamandateí, canal de Pinheiros etc.

Essa situação crítica irá se agravar substancialmente com a operação dos sistemas de transposição de bacias do Rio São Lourenço, do Paraíba do Sul, do reservatório Billings para o sistema Taiaçupeba e para o Guarapiranga (que já estão operando) e com a entrada dos novos sistemas Itatinga-Jundiaí, Guaió e Itapanhaú que trarão para a RMSP um adicional de cerca de 20 m<sup>3</sup>/s de água que, com as perdas na distri-

buição, vão gerar aproximadamente 13 m<sup>3</sup>/s de esgotos adicionais.

O reservatório Guarapiranga, por exemplo, que é o segundo mais importante manancial de abastecimento de água da RMSP (20,3% do total distribuído), recebe esgotos brutos e resíduos sólidos em toda sua periferia. Recebe ainda, por meio do braço Taquacetuba, até 4 m<sup>3</sup>/s de água altamente poluída do corpo central do reservatório Billings podendo passar a atingir, no futuro, mais um adicional de 1m<sup>3</sup>/s.

Não existe, atualmente, um programa específico para avaliar as emissões de efluentes poluidores visando a melhorar os níveis de qualidade de água dos mananciais de abastecimento público, o que se caracterizaria como um verdadeiro e efetivo controle de fontes de emissão de poluentes. Estima-se que a implantação de um sistema com essas características, além de não constar dos planos atuais de nossos tomadores de decisão, esbarraria na obtenção de recursos elevados para sua implementação.

Por outro lado, os planos de segurança da qualidade de água propostos não consideram aspectos fundamentais de normalização, de critérios de tratamento de água e de procedimentos operacionais tradicionais brasileiros que, se não forem eliminados, não promoverão a desejada e definitiva proteção da saúde pública de usuários de sistemas públicos de abastecimento de água (VIEGAS & HESPANHOL, 2002).

Os mais importantes aspectos a serem abordados com relação aos planos de segurança da qualidade da água são os seguintes:

### 3.1 Deficiências da Portaria 2914/2011

Conforme especificado no item 3 acima, os padrões de qualidade estabelecidos na Portaria 2914/2011 foram adotados diretamente das diretrizes da OMS sem a devida adaptação às condições sociais, técnicas e, principalmente de saúde

públicas brasileiras. Note-se que os centros colaboradores da OMS que avaliam os riscos de saúde pública associados à água potável são localizados, em sua maioria, em países desenvolvidos, fazendo com que as variáveis regulamentadas por eles sejam exclusivas desses países e não necessariamente as que são prevalentes no Brasil.

Esse aspecto fundamental leva à consideração de que o atendimento completo dos padrões de qualidade inseridos na Portaria 2914/2001 não garante a distribuição de água potável aos consumidores dos sistemas brasileiros de abastecimento.

### 3.2 Deficiências dos sistemas de tratamento de água atuais para produzir água potável

Em 1804, John Gibb construiu em Paisley, Escócia, pequenos filtros de areia e, em 1828, James Simpson, da Chelsea Water Company of London, construiu grandes sistemas filtrantes visando à clarificação das águas do rio Tâmsa (FAIR, GAYER & OKUM, 1968). A filtração é, portanto, uma tecnologia utilizada há mais de 200 anos, cujo objetivo fundamental é a remoção de sólidos suspensos, incluindo sólidos coloidais, se for precedida de coagulação e floculação.

O grande problema atual não está mais associado unicamente aos sólidos suspensos, mas a compostos e substâncias solúveis que não são removidos por filtração convencional. É, portanto, uma temeridade acreditar que filtração e desinfecção possam produzir água potável, tratando águas de mananciais que contêm compostos solúveis em concentrações de nanogramas por litro, incluindo poluentes prioritários e poluentes emergentes, tais como disruptores endócrinos, fármacos, cosméticos e nanopartículas. (HESPANHOL, 2012)

A produção efetiva de água potável só será realidade se for adotada a melhor tecnologia disponível, como sistemas de membranas, por exemplo. Esses sistemas são construídos e operados com menores custos associados, necessitam ma-

nutrição mínima e, praticamente não utilizam produtos químicos, além de reduzirem significativamente a necessidade e os custos de monitoramentos subsequentes, com exceção daqueles que são efetuados em redes de distribuição.

### 3.3 Critérios tradicionais de operação de estações de tratamento utilizados no Brasil

As práticas usuais de recirculação de águas de lavagem de filtros sem tratamento prévio e a distribuição intermitente de água tornam a água imprópria para consumo humano. Enquanto essas práticas não forem banidas, não se deve afirmar que os planos de segurança da qualidade de água sejam realmente efetivos.

#### 3.3.1 Recirculação de águas de lavagem de filtros

No Brasil, de uma maneira geral, resíduos gerados em estações de tratamento de água municipais, principalmente águas de lavagem de filtros, são reciclados imediatamente à montante de ETAs sem quaisquer tratamentos prévios. Esse procedimento leva a um acúmulo de poluentes nos afluentes de ETAs, incluindo Oocistos de *Cryptosporidium spp.*, cistos de *Giardia spp.* material particulado, precursores de subprodutos de desinfecção, flocos de hidróxido de alumínio, ferro e manganês etc (EPA, 2002, BOURGEOIS et al, 2004), levando a uma significativa redução de eficiência de tratamento.

Os critérios mais importantes para permitir que águas de lavagem de filtros sejam recicladas em ETAs são, basicamente, os seguintes: i) vazão máxima de reciclagem de 10% da vazão da estação; (ii) tanque de equalização para permitir reciclagem contínua, (iii) tratamento mínimo por meio de se-

dimentação prévia (simples ou com coagulantes) para permitir remoção de 90% de sólidos suspensos e turbidez máxima de 2,0 UNT, e; (iv) remoção de duas ordens de magnitude de oocistos de *Cryptosporidium spp.*, e de cistos de *Giardia spp.* Essas duas últimas variáveis podem ser utilizadas como variáveis sub-rogadas para avaliar a qualidade de águas de lavagem de filtros.

Um estudo efetuado na RMSP São Paulo avaliou duas estações de tratamento de água, aqui designadas como ETA-A e ETA-B, que mostraram a inconsistência com que sistemas convencionais de tratamento promovem a remoção de oocistos de *Cryptosporidium spp.* (MULLER, 1999). O manancial que abastece essas ETAs apresentou presença de oocistos de *Cryptosporidium spp.* em 74,45% das amostras, com densidades variando entre 0 e 236 oocistos por litro. Com base no teste exato de Fisher foi confirmado, estatisticamente, que a água tratada na ETA-A diferiu da água bruta em termos de concentração de oocistos de *Cryptosporidium spp.* ( $P$  de Fisher  $\leq 0,05$ ), isto é, a ETA foi eficiente na remoção de oocistos. Na ETA –B ( $P$  de Fisher  $\geq 0,05$ ), tanto a água bruta como a água tratada apresentavam, estatisticamente, concentrações semelhantes de oocistos de *Cryptosporidium spp.*, demonstrando que não ocorreu remoção adequada (Tabela 4), pois foi constatada a presença de oocistos em 22,91 % das amostras de água filtrada examinadas. Além da constatação da diferença de eficiência entre as duas ETAs, este estudo concluiu que a presença de oocistos de *Cryptosporidium spp.* em 22,91% das amostras de água tratada, indica a ineficiência dos sistemas convencionais de tratamento de água de abastecimento (coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção com cloro) em relação à remoção dessa variável.

**Tabela 1** – Avaliação da eficiência das ETAs na remoção de oocistos de *cryptosporidium* na ETA – A as águas brutas e tratadas diferem (P de Fisher  $\leq 0,05$ ) e na ETA – B, as águas brutas e tratadas tem as mesmas características em relação a oocistos de *cryptosporidium* (P de Fisher  $\geq 0,05$ ) (MULLER, 1999)

Amostra	ETA - A		ETA - B	
	Água Bruta	Água Tratada	Água Bruta	Água Tratada
Positivas	9	2	10	6
Negativas	3	10	2	6
Número total de amostras	12	12	12	12
P (Fisher)	0,0041 -		0,083 0,096	

Países que dão real importância à qualidade da água distribuída não permitem a reciclagem de águas de lavagem de filtros sem tratamento adequado.

Um exemplo típico é o da estação de tratamento de água de Spannenburg, Holanda, que abastece com vazões entre 750 a 833 L/s a zona rural do norte do país. O sistema de tratamento utilizado é típico de países desenvolvidos, incluindo remoção de metano por aeração, remoção de nitrogênio, abrandamento para remoção de dureza, remoção de cor por troca iônica, remoção de sólidos suspensos por filtros de areia e desinfecção por irradiação ultravioleta. O sistema de troca iônica é regenerado com solução salina que é encaminhada a uma unidade de membranas de nanofiltração. Do concentrado da nanofiltração é efetuada a recuperação de ácidos húmicos e fúlvicos que são vendidos como fertilizantes ao preço de € 500/m<sup>3</sup>.

A estação de tratamento de águas de lavagem de filtros com capacidade de 200 m<sup>3</sup>/h iniciou a operação em 2008, recuperando aproximadamente 1 milhão de metros cúbicos de água por ano. O sistema é composto de membranas de Ultrafiltração Puron em fibras ocas seguido de desinfecção por radiação ultravioleta.

Estudos realizados em São Paulo identificaram a presença de disruptores endócrinos em diversos reservatórios que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo e verificaram o potencial de

remoção de disruptores endócrinos e de microcistina por meio de sistema de membranas de ultrafiltração, tratando água dos reservatórios Guarapiranga, Baixo Cotia e Billings (MIERZWA, 2009).

A primeira fase desta pesquisa envolveu a montagem e operação de uma unidade piloto de ultrafiltração, instalada no Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA/IRCWR/USP, operando com águas coletadas no reservatório de Guarapiranga, que alimenta a ETA Boa Vista operada pela SABESP, com capacidade aproximada de 16 m<sup>3</sup>/s.

Foram utilizadas membranas de ultrafiltração na configuração enrolada em espiral, de filme fino composto e capacidade para separação de moléculas orgânicas com massa molecular maior ou igual a 3.500 g.mol<sup>-1</sup>. Este estudo piloto foi destinado a estabelecer os parâmetros operacionais do sistema de membrana e efetuar o controle por meio de turbidez, pH, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, fósforo total, ortofosfato e microcistinas da água bruta, no permeado e no concentrado.

Num dos ensaios efetuados nessa unidade piloto, obtiveram-se eficiências médias de remoção de 95,6% e 94,2% para o 17 $\beta$ -estradiol e para o 17 $\alpha$ -etinilestradiol, respectivamente.

Com base nos resultados obtidos nos ensaios preliminares efetuados nos laboratórios do CIRRA foi montada uma unidade piloto junto à captação de água da SABESP, no Reservatório Guarapiranga. Nesta instalação piloto foi utilizada apenas uma membrana instalada em um vaso de pressão construído em material polimérico reforçado com fibra de vidro.

A operação do sistema piloto de ultrafiltração demonstrou uma eficiência superior a 76% na remoção de 17 $\alpha$ -etinilestradiol. Em relação aos disruptores endócrinos avaliados na pesquisa efetuada com águas do reservatório Guarapiranga, os estrogênios, 17 $\alpha$ -etinilestradiol e nonilfenol apresentaram os seguintes valores médios: Nonil-

fenol - Água bruta <50 ng/L (limite de detecção do método de análise utilizado); Permeado <50 ng/L; Estrogênios naturais - Água bruta 7,5 ng/L, Permeado 14,6 ng/L; 17 $\alpha$ -etinilestradiol - Água bruta <0,50 ng/L, Permeado <0,50 ng/L.

### 3.3.2 Distribuição intermitente de água potável

Durante a crise de água que ocorreu na RMSP durante 2005 e 2006, a população paulista e a paulistana, os setores públicos, industriais e comerciais passaram a vivenciar os problemas causados pela falta de água.

Como não havia planos de contingência disponíveis na época, os tomadores de decisão resolveram adotar a técnica de distribuição intermitente de água, prática popularmente conhecida como rodízio.

Quando um setor de distribuição tem o serviço de abastecimento interrompido, os usuários continuam a consumir a água da rede até que ela se esgote. Este procedimento gera pressão negativa nas tubulações e, devido às condições precárias em que elas se encontram devido a trincas, juntas deficientes ou inexistentes, toda a carga poluidora externa é aspirada para dentro delas. Quando a distribuição é retomada naquele setor, em detrimento de outro no qual a distribuição é interrompida, toda a carga poluidora presente na rede é recebida pelo usuário. Deve ser considerado que as baixas concentrações de cloro residual presentes em sistemas de distribuição não são suficientes para oxidar a enorme quantidade de poluentes que adentram quando a pressão interna é inferior à pressão atmosférica. Portanto, a real salvaguarda sanitária de uma rede de distribuição de água potável é a pressão interna, e não o cloro residual.

Visando eliminar parcialmente os evidentes problemas de saúde pública provocados por essa operação, e considerando que parte da rede de distribuição de água paulistana é provida de válvulas reguladores de pressão, foi decidido interromper a distribuição intermitente e apenas

reduzir a pressão no sistema de distribuição, efetuando um controle para não permitir que a pressão caísse abaixo da pressão atmosférica. Essa operação reduz, em grande parte, a ocorrência de pressões negativas na rede, mas não as elimina completamente. Em áreas de distribuição mais altas, quando a linha piezométrica correspondente à pressão rebaixada encontra, ou está abaixo da rede de distribuição, irá ocorrer pressão negativa e o processo ocorre da mesma maneira.

Consequentemente, para que haja segurança total para todos os usuários devem ser proibidas manobras de operação intermitente. Com um planejamento antecipado poderia ser resolvida, definitivamente, essa operação desnecessária.

### 3.4 Interferência da Portaria 2914 sobre a gestão de recursos hídricos subterrâneos que é competência dos estados da federação

Os Art. 12º e 16º da Portaria 2914 extrapolam o objetivo da Portaria, que “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”.

Em seu Art. 12º - Parágrafo único, da 2914:

*“A autoridade municipal de saúde pública não autorizará o fornecimento de água para consumo humano, por meio de solução alternativa coletiva, quando houver rede de distribuição de água, exceto em situação de emergência e intermitência”*

deve ter sua redação atualizada para:

*Parágrafo Único: “A autoridade Municipal de Saúde poderá cancelar o registro do fornecimento de água para consumo humano mencionado no caput, quando não observadas as determinações constantes nesta Portaria”.*

Assim como deve ser excluído o Art. 16, abaixo:

Art. 16º. A água proveniente de solução alternativa coletiva ou individual, para fins de consumo

humano, não poderá ser misturada com a água da rede de distribuição.

Esses dois artigos da Portaria 2914, e Consolidação transferem para o Funcionário Público Municipal da Saúde a função de Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos, com a capacidade de autorizar ou não a perfuração de poços e uso da água subterrânea, sendo que esta é função do Órgão Gestor Estadual, visto que a segundo o Art. 26 da Constituição Federal, a dominialidade da água subterrânea é dos Estados.

**“Art. 26 da Constituição Federal:** *Incluem-se entre os bens dos Estados:*

*I – as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras públicas da União.”*

#### 4 UMA NOVA MÚSICA – VARIÁVEIS SUB-ROGADAS

Uma nova geração de normas poderia se constituir em uma mudança completa e altamente positiva de paradigma em relação à metodologia e aos critérios adotados atualmente para avaliar a qualidade da água de abastecimento público.

Além das alterações preconizadas para tornar os planos de segurança de qualidade de água mais realistas, poder-se-ia desenvolver um arcabouço legal baseado em variáveis sub-rogadas o que, além proporcionar maior confiabilidade reduziria significativamente os custos associados ao monitoramento (HESPANHOL, 2017; ver item 6, abaixo).

Os planos de segurança da qualidade de água existentes, embora tenham propostas importantes, não consideram aspectos fundamentais de normalização, de critérios de tratamento de água e de alguns procedimentos operacionais tradicionais brasileiros. Para que esses planos se tornem efetivos, é necessário que sejam incluídas propostas objetivas visando: (i) produzir normas realis-

tas adaptadas às condições brasileiras; (ii) utilizar a melhor tecnologia disponível ou, pelo menos, complementar os sistemas de tratamento de água atuais com unidades de membranas de ultrafiltração, para toda a vazão produzida em cada ETA; (iii) proibir as empresas de saneamento de reciclar águas de lavagem de filtros sem tratamento adequado, ou alternativamente, efetuar tratamento adequado dessas águas antes da recirculação; e proibir as empresas de saneamento de praticar distribuição intermitente e de reduzir a pressão interna de redes de abastecimento público.

É fortemente recomendado que sejam criados grupos de estudos nos moldes utilizados atualmente para elaborar normas de qualidade de água, integrando o conceito de variáveis sub-rogadas. Esses estudos deverão ser suportados por cientistas e biólogos nacionais e internacionais, especializados no tema, com capacidade para, nas condições brasileiras estabelecer normas de qualidade de água baseadas em variáveis sub-rogadas, avaliar os custos inerentes e suas vantagens e desvantagens.

#### 5 SOBRE OS ANEXOS XX E XXI DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO 5/2017

A Portaria de Consolidação, assim a Portaria 2914, começa se referindo às recomendações para o desenvolvimento de atividades de responsáveis pelos serviços de distribuição de água, como: Disposições Gerais, das competências e responsabilidades, do responsável pelo sistema, dos laboratórios de controle, das exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas, do padrão de potabilidade, etc. Todos esses itens estão clara e adequadamente relatados.

É sobre os Padrões de Potabilidade que pretendemos elaborar as nossas considerações em relação a aspectos de saúde pública de consumidores de sistemas públicos ou privados de distribuição de água potável, conforme abaixo discriminado:

**Tabela 2** – Variáveis e respectivos valores numéricos relacionados na Portaria de Consolidação 5/2017e na Portaria 2914

Objetivo e Unidades	Variável	Proposta de Padrão		
		Portaria 5/2017	Portaria 2914	
Água para consumo humano	Escherichia coli	Ausência em 100 mL	Idem 5/2017	
	Coliformes Totais	Ausência em 100 mL	Idem 5/2017	
Água para consumo humano- Filtração rápida	Turbidez	1,0 uT	Idem 5/2017	
Água para consumo humano – Filtração lenta	Turbidez	2,0 uT	Idem 5/2017	
Substância químicas – Inorgânicas(mg/L)	Antimônio	0,005	Idem 5/2017	
	Bário	0,7	Idem 5/2017	
	Cádmio	0,005	Idem 5/2017	
	Chumbo	0,01	Idem 5/2017	
	Cianeto	0,07	Idem 5/2017	
	Cobre	2	Idem 5/2017	
	Cromo	0,05	Idem 5/2017	
	Fluoreto	1,5	Idem 5/2017	
	Mercúrio	0,001	Idem 5/2017	
	Níquel	0,07	Idem 5/2017	
	Nitrato(N)	10	Idem 5/2017	
	Nitrito (N)	1	Idem 5/2017	
	Selênio	0,01	Idem 5/2017	
	Urânio	0,03	Idem 5/2017	
Substância químicas – Orgânicas (µg/L)	Acrilamida	0,5	Idem 5/2017	
	Benzeno	5	Idem 5/2017	
	Benzo (a) pireno	0,7	Idem 5/2017	
	Cloreto de Vinila	2	Idem 5/2017	
	1,2 Dicloroetano	10	Idem 5/2017	
	1,1 Dicloroetano	30	Idem 5/2017	
	Dicloroetano (cis + trans)	50	Idem 5/2017	
	Diclorometano	20	Idem 5/2017	
	Di (2-ethilexis ) ftalato.	8	Idem 5/2017	
	Estreno	20	Idem 5/2017	
	Pentaclorofenol	9	Idem 5/2017	
	Tetra cloreto de Carbono	4	Idem 5/2017	
	Tetracloro eteno	40	Idem 5/2017	
	Tricloro Benzenos	20	Idem 5/2017	
	2,4 D + 2,4,5 T	30	Idem 5/2017	
	Agrotóxicos (µg/L)	Alaclor	20	Idem 5/2017
		Ardicalbesulfona+Aldicarbessulfóxido	10	Idem 5/2017
		Aldrin+ Dieldrin	0,03	Idem 5/2017
		Atrazina	2	Idem 5/2017
		Carbedazim+Benomil	120	Idem 5/2017
Carbofurano		7	Idem 5/2017	
Clordano		0,2	Idem 5/2017	
Clopirifós+clopirifós-oxon		30	Idem 5/2017	
Diuron		90	Idem 5/2017	
Endossulfan, (a b e sais)		20	Idem 5/2017	
Endrin		0,6	Idem 5/2017	
Glifosato + AMPA		500	Idem 5/2017	
Lindano (gama HCH)		2	Idem 5/2017	
Mancozebe		180	Idem 5/2017	
Metamidofós		12	Idem 5/2017	
Metolaclo		10		
Molinato	6	Idem 5/2017		
Parationa Metílica	9	Idem 5/2017		
Pendimentalina	20	Idem 5/2017		

Objetivo e Unidades	Variável	Proposta de Padrão	
		Portaria 5/2017	Portaria 2914
Cloraminas Total	Permitrina	20	Idem 5/2017
	Profenofós	20	Idem 5/2017
	Simazina	2	Idem 5/2017
	Tebuconazol	180	Idem 5/2017
	Terbufós	1,2	Idem 5/2017
	Trituralina	20	Idem 5/2017
Desinfetantes e Produtos Secundários de Desinfecção (mg/L)	Ácidos haloacéticos total	0,08	Idem 5/2017
	Bromato	0,01	Idem 5/2017
	Clorito	1	Idem 5/2017
	Cloro residual livre	5	Idem 5/2017
	Cloraminas Total	3,0	Idem 5/2017
	2,4,6 Triclorofenol	0,3	Idem 5/2017
	Trihalometanos Total	0,2	Idem 5/2017
Cianotoxinas (µg/L)	Microcistinas L	1,0	Idem 5/2017
	Saxitoxinas equivalente STX/L	3,0	Idem 5/2017
Radioatividade (Bq/L)	Rádio – 226	1	Idem 5/2017
	Rádio - 228	0,1	Idem 5/2017
Organoléticos (mg/L)	Alumínio	0,2	Idem 5/2017
	Amônia (NH3)	1,5	Idem 5/2017
	Cloreto	250	Idem 5/2017
uH	Cor Aparente	15	Idem 5/2017
mg/L	1,2 Diclorobenzeno	0,01	Idem 5/2017
	1,4 Diclorobenzeno	0,03	Idem 5/2017
	Dureza Total	500	Idem 5/2017
	Etilbenzeno	0,2	Idem 5/2017
	Ferro	0,3	Idem 5/2017
Intensidade (mg/L)	Gosto e Odor	6	Idem 5/2017
	Manganês	0,1	Idem 5/2017
	Monoclorobenzeno	0,12	Idem 5/2017
	Sódio	200	Idem 5/2017
	Sólidos Dissolvidos Totais	1000	Idem 5/2017
	Sulfato	250	Idem 5/2017
	Surfactantes (LAS)	0,5	Idem 5/2017
	Tolueno	0,17	Idem 5/2017
	Turbidez	5	Idem 5/2017
	Zinco	5	Idem 5/2017
	Xilenos	0,3	Idem 5/2017

Os dados incluídos na Tabela 2 evidenciam que todas as variáveis adotadas na Portaria 2914 e seus valores numéricos foram copiados sem adaptação às condições vigentes no Brasil (ver item 2).

No item 3.1 foi mostrado que a Portaria 2914 adotou todas as variáveis e seus respectivos valores numéricos das diretrizes da OMS.

Essa prática leva a questões fundamentais, entre as quais: serão as variáveis regulamentadas dessa maneira e seus respectivos valores numéricos re-

presentativos das condições ambientais e de saúde pública vigentes no Brasil?

Com o critério de adotar variáveis diretamente de diretrizes internacionais ou de normas alienígenas não ocorre a possibilidade de que estejamos regulamentando variáveis que não sejam significativas no nosso cenário e que, por outro lado, não estejamos considerando variáveis que já deixaram de ser regulamentadas nos países de origem das normas que copiamos, mas que ainda prevalecem no Brasil? E quanto aos valores numéricos adotados para essas variáveis? Serão as respectivas doses-respostas

e seus efeitos sobre os grupos de risco brasileiros os mesmos adotados por países industrializados estabelecidos pelos centros colaboradores da OMS?

Dos 13 centros colaboradores da OMS que estabeleceram as diretrizes correspondentes publicadas na 4ª Edição (2011) das Diretrizes, apenas 3 eram representantes de países em desenvolvimento: University of Malaya, Malaysia (for protozoa and risk management), University of Engineering and Technology, Bangladesh (for small systems), University of Health and Allied Sciences, Tanzania (sobre pesticidas). Os demais centros eram da Alemanha (resources and source protection), International Collaborating Center, USA (for materials and chemical used in the production and distribution of drinking water), Department of Health, Australia (for public health), National Institute for Public Health and the Environment (viruses and risk management), Independent Consultant, United Kingdom (for naturally occurring and industrial contaminants and pesticides), Ministry of Health, Labour and Welfare (for parasites), Health Canada, Canada (for disinfectants and disinfection by-products), British High Commission, India (for monitoring and health assessment), WRc-NSF, United Kingdom (for monitoring and practical aspects), Institute for Environmental Sciences, Japan (for operation and maintenance networks), Okkaido University, Japan (for analytical aspects).

Quando não possui um banco de dados adequados, onde estão ausentes estudos epidemiológicos e toxicológicos já realizados, a OMS designa as suas diretrizes como “provisionais” Quando estudos relevantes estejam disponíveis, ela oficializa as suas diretrizes eliminando o termo “provisional” (WHO Guidelines for Drinking Water Quality, 4th Ed.2011).

Propomos que os órgãos reguladores brasileiros adotem essa política de normas “provisionais” e iniciem estudos epidemiológicos e toxicológicos para editar normas realistas e efetivamente representativas do cenário ambiental e de saúde pública prevalentes no Brasil.

## 6 SOBRE UMA PROPOSTA PARA IMPLEMENTAR UM NOVO PARADIGMA PARA REGULAMENTAÇÃO, COM BASE EM VARIÁVEIS SUB-ROGADAS.

O termo sub-rogado é utilizado para indicar um substituto para qualquer item de interesse. No contexto de microbiologia ambiental e avaliação de riscos de saúde pública, variáveis sub-rogadas como organismos, partículas ou substâncias, são utilizados para avaliar o destino de um organismo patogênico no ambiente. A descoberta da bactéria coliforme *Escherichia coli* em fezes e os métodos utilizados para a sua identificação na água contaminada levou à sugestão para a sua utilização como um indicador de organismos patogênicos de origem hídrica e como uma variável sub-rogada para avaliar a capacidade de um sistema de tratamento para removê-las da água potável (SINCLAIR, R., G. et al., 2012)

Diversas outras variáveis sub-rogadas são utilizadas atualmente. A mais conhecida delas seria provavelmente a Demanda Biológica de Oxigênio que é uma variável sub-rogada para avaliar a presença de matéria orgânica biodegradável na água em esgotos e em efluentes industriais.

Assim como sugerido para as variáveis convenencionadas é, também, recomendado que sejam criados grupos de estudos nos moldes utilizados atualmente para elaborar normas de qualidade de água, integrando o conceito de variáveis sub-rogadas. Esses estudos deverão ser suportados por cientistas e biólogos nacionais e internacionais, especializados no tema, com capacidade para, nas condições brasileiras, estabelecer normas de qualidade de água baseadas em variáveis sub-rogadas, avaliar os custos inerentes e suas vantagens e desvantagens (HESPANHOL, 2017).

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Portaria MS 2914/2011 e suas edições anteriores não elaboraram a fase de Gestão de Riscos

adotando, sem adaptação às condições de saúde pública, sociais e ambientais prevalentes no Brasil, praticamente todas as variáveis propostas pelas diretrizes da OMS. O respeito a essa prática é que formula os padrões compatíveis com os interesses e as tendências nacionais.

A Portaria de Consolidação 05/2017 repete indiscriminadamente todas as variáveis e os respectivos valores numéricos adotados na Portaria 2914, seguindo os mesmos critérios, princípios e procedimentos anteriores. Esses padrões de qualidade são, em sua maioria, ditados por especialistas de entidades públicas e privadas, federais e estaduais e entidades de classe, sem quaisquer bases científicas ou estudos epidemiológicos e toxicológicos que lhes confirmem credibilidade.

Não é efetuada uma avaliação prévia de quais variáveis devem ser regulamentadas, em função da frequência de ocorrência e das que apresentam maior periculosidade nas condições brasileiras.

Algumas propostas contidas nos planos de qualidade de água, embora muito importantes, terão grande dificuldade de serem efetivamente implementadas, como a que propõe implementar um controle efetivo de fontes de emissão de poluentes. Essa proposta irá demandar grandes recursos financeiros para ser executada, o que será muito difícil atualmente devido ao desinteresse dos tomadores de decisão e à atual situação econômica e financeira do Brasil. Não consideram, ainda, aspectos fundamentais de normalização, de critérios de tratamento de água e de procedimentos operacionais tradicionais brasileiros, como recirculação de águas de lavagem de filtros sem tratamento prévio e da distribuição intermitente de água potável. Mantendo esses procedimentos, não ocorrerá a desejada proteção da saúde pública de usuários de sistemas públicos de abastecimento de água.

O programa STAR foi direcionado apenas ao controle de emissões industriais, enquanto que, em obediên-

cia aos objetivos dos planos de qualidade, é necessário controlar todas as fontes de emissão (domésticas, industriais, descargas efetuadas pelas companhias de saneamento e descargas indiscriminadas efetuadas aleatoriamente em nossos mananciais).

A filtração convencional não é suficiente para produzir água potável, tratando águas de mananciais que contêm compostos solúveis em concentrações de nanogramas por litro, incluindo poluentes prioritários e poluentes emergentes, tais como disruptores endócrinos, fármacos, cosméticos e nano partículas. A solução desses problemas só será efetuada se for adotada a melhor tecnologia disponível para produzir água realmente potável.

Deve ser considerada a viabilidade de desenvolver um novo arcabouço legal baseado em variáveis sub-rogadas o que, além proporcionar maior confiabilidade, reduziria significativamente os custos associados de monitoramento.

Deve ser alterado o Art. 12º - Parágrafo único e excluir o Art. 16º, da 2.914, conforme demonstrado no item 3.4 deste, pelo fato de extrapolarem o objetivo da Portaria, e ainda que estes dois artigos da Portaria 2914 transferem para o Funcionário Público Municipal da Saúde a função de Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos, com a capacidade de autorizar ou não a perfuração de poços e uso da água subterrânea, sendo que esta é função do Órgão Gestor Estadual, visto que a segundo o Art. 26 da Constituição Federal, a dominalidade da água subterrânea é dos Estados.

**“Art. 26 da Constituição Federal:** *Incluem-se entre os bens dos Estados:*

*1 – as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras públicas da União.”*

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO & SERPA - **O Controle da Poluição Industrial no Projeto Tietê**, 1994. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo.
- BOURGEOIS, J.C., WALSH, M.E., GAGNON, G.A.,. Treatment of drinking water residuals: comparing sedimentation and dissolved air flotation performance with optimal cations ratios, 2004., **Water Research**, nº 38, pp.1173-1182.
- EDZWALD, J.K., BECKER, W.C., WATTIER, K.L.. Surrogate parameters for monitoring organic matter and THM precursors, J. AWWA, **Research and Technology**, vol.77 nº 4 (1985), pp. 122-132.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Filter backwash Recycling Rule: Technical Guidance Manual**, EPA 816-R-0-014, Office of Groundwater and Drinking Water (4606 M), U.S. Environmental Protection Agency, p. 165, 2002, Washington, DC.
- FAIR, G.M., GEYER, J.C., OKUN, D.A. **Water and Wastewater Engineering, Vol 2 - Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal**, John Wiley & Sons, 1968, Inc. New York.
- HESPANHOL, I., PROST, A.M.E. WHO Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality, **Water Research**, vol. 28, no.1 p.119-124, 1994.
- HESPANHOL, I. (2008), Herman, R.H., Braga Jr., B.P.F., (1997). The Upper Tietê Basin, Case Study VI, p.387-396, in **Water Pollution Control - A guide to the use of water quality management principles**, Helmer, R. and Hespanhol, I. Eds., p. 510 UNEP, WHO, E& FB Spon, London.
- HESPANHOL, I. Poluentes Emergentes, Saúde Pública e Reúso Potável Direto, cap.20, p.501-537, in: **Engenharia Ambiental - Conceitos, Tecnologia e Gestão**, Coords. Maria do Carmo Calijuri e Davi Gasparian Fernandes Cunha, p. 789, Elsevier Campus, 2012.
- HESPANHOL, I. A inexorabilidade do reúso potável direto, **Revista DAE**, jan.- abr., no. 194, p, 6-23, 2015, São Paulo.
- HESPANHOL, I.,(2017) **Water Quality and Surrogate Variables**, artigo aceito para publicação na Revista da Academia Brasileira de Ciências.
- MIERZWA, J.C. **Desafios para o tratamento de água de abastecimento e o potencial de aplicação do processo de ultrafiltração** Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Ambiental), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p.127. São Paulo, SP.
- MULLER, A.P.B. **Deteção de oocistos de *Cryptosporidium spp.* em águas de abastecimento superficiais e tratadas na RMSP** Dissertação (Mestrado em Ciências – Microbiologia). Instituto de Ciências Biomédicas, USP p;109, 1999, São Paulo, SP.
- SINCLAIR, R.G., ROSE, J.B., HASHAHAM, S.A., GERBA, C., E HAAS, C.N. Criteria for selecting of surrogates used to study the fate and control of pathogens in the Environment. **Appl. Environ Microbiol.** Nº 78 (6), 2012, pp. 1969-1977.
- VEGAS, M., HESPANHOL, I. Auditorias de Certificação de Sistemas de Gestão Ambiental: Um Estudo de Caso, **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, 2002, BT/PHD/98, ISSN 1413-2192, CDU 502.35-657.6, 15 p, São Paulo.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO). **Guidelines for Drinking Water Quality**, 4<sup>th</sup> ed. 1911, 2011, p.541, Geneva, Switzerland.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Basic Documents**, 38th Edition, 1990, p. 416, Geneva, Switzerland.