

# OS PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA E UM NOVO PARADÍGMA PARA NORMALIZAÇÃO

Eng. Ivanildo Hespanhol, M.Sc., Ph.D.

Professor Titular da Escola Politécnica da USP e Diretor do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água-CIRRA/IRCWR/USP

*“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. A busca por água segura.**

Muitos trabalhos e propostas tem sido feito recentemente 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 da Ministério da Saúde”.

O Programa de Saneamento Básico-PROSAB, também envidou esforços através 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, através 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 2.914/2011, que está sendo revisada atualmente.

É também relevante o esforço do Professor Doutor Pedro Caetano Mancuso que através do Centro de Referência em Segurança da Água da Faculdade de Saúde Pública da USP / SP ( CERSA ), do Portal Saneamento Básico e o Portal Tratamento de Água vem desenvolvendo sob o tema, tendo, inclusive, organizado 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.

## **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 sócio - culturais, 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 deletérios sem afetar os benefícios correspondentes. Esses limites não possuem valor absoluto nem podem ser considerados como 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, através 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.

## **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. Esta etapa formula os padrões compatíveis com os interesses e as tendências nacionais.

A Portaria MS 2.914 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, poderão 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 dicloroeteno (50 µg/L), Diclorometano (20 µg/L), Estireno (20 µg/L), Pentaclorofenol (9 µg/L), Tetracloroeto de carbono (4 µg/L), Tetracloroeteno (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 adotadas ou adaptadas da legislação americana (EPA, 2011). Alguns exemplos dessas 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 2.914).

O que ocorre no Brasil é que normas associadas à saúde pública, tais como as relativas a qualidade de água potável, disposição de lodos biológicos em áreas agricultadas, e reúso de esgoto, 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 em andamento segue os mesmos critérios, princípios e procedimentos acatando indiscriminadamente sugestões de variáveis a serem regulamentados 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 efetuada, inclusive, uma avaliação prévia de quais variáveis devem ser regulamentadas, em função da frequência de ocorrência e das que apresentam maior periculosidade nas condições brasileiras. A tendência é a de acrescentar,

indiscriminadamente, todas as variáveis conhecidas e, a cada nova revisão, acrescentar novas propostas, aumentando os custos de monitoramento sem acréscimo de segurança na qualidade da água distribuída.

Esta prática leva a questões fundamentais entre as quais: serão as variáveis regulamentadas dessa maneira e seus respectivos valores numéricos representativos 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 altamente industrializados e pelos centros colaboradores da OMS que estabelecem as diretrizes correspondentes considerando apenas as condições de saúde pública dos países altamente desenvolvidos nos quais estão instalados?

#### **4. Os planos de segurança de qualidade de água.**

Os planos de segurança da água acima relacionados 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 a despoluição de rios e reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo-RMSP. O projeto designado como Sistema de Tratamento de Águas Residuárias-STAR foi orçado em US\$ 600 milhões, sendo que US\$ 450 milhões foram proporcionados pelo Banco Mundial e o restante pelo Governo do Estado de São Paulo (HERMAN & BRAGA, 1997). As indústrias paulistanas receberam através 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 restritos de lançamento de efluentes.

A representação esquemática do programa STAR é mostrada na FIGURA 1, e as cargas orgânicas e inorgânicas removidas até setembro de 1994 são mostradas na FIGURA 2

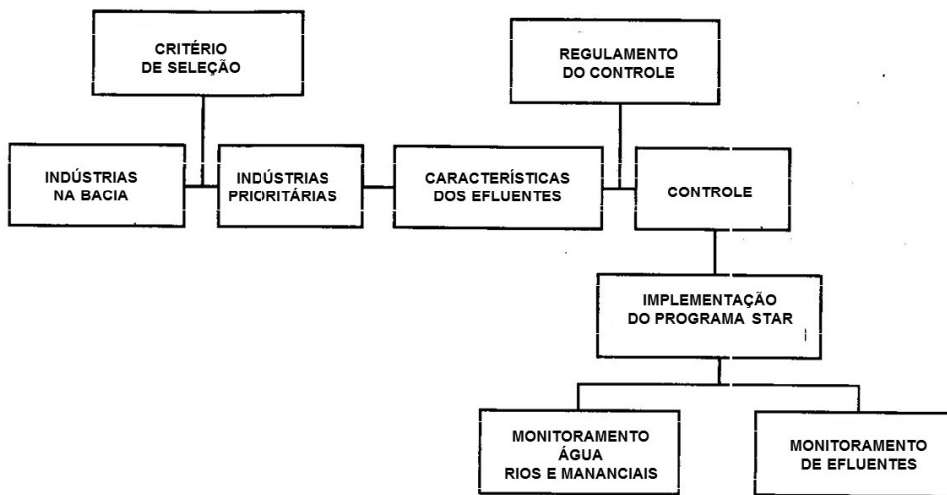


FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROGRAMA STAR (HERMAN & BRAGA, 1997)

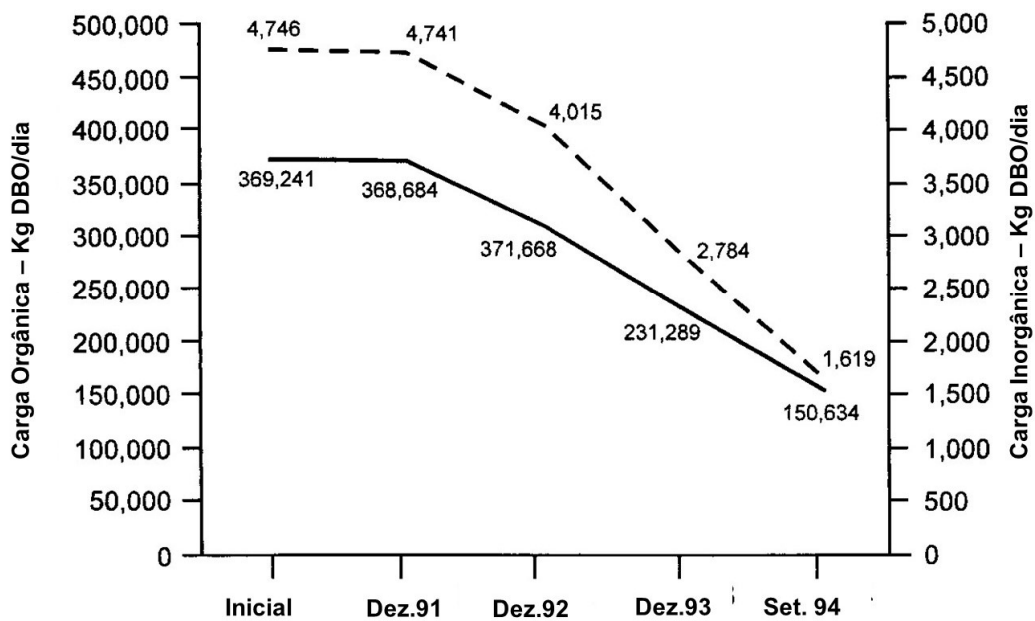


FIGURA 2 –DECRÉSCIMO DAS CARGAS DE POLUIÇÃO INDUSTRIAL ENTRE 1991 E 1994 (HERMAN & BRAGA, 1997)

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 carga inorgânica de 4.746 Kg DBO/dia para 1.619 Kg DBO/dia (66%).

O programa STAR previsto para terminar em 1996 cessou de operar abruptamente em setembro de 1994. É importante salientar que esse programa visava reduzir a poluição dos rios da RMSP das emissões do setor industrial unicamente, e não integrava nenhuma conotação de proporcionar controle nas fontes de emissão com o objetivo de melhorar a segurança da qualidade de água distribuída na região.

Atualmente o controle de emissões industriais é feito pela SABESP através 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) visando, unicamente, a cobrança pelo lançamento de efluentes em suas redes coletoras de esgoto incluído as eventuais cargas diferenciadas de DBO e de Sólidos Suspensos determinadas pelo coeficiente K.

O controle de emissões de efluentes, domésticos e industriais em corpos hídricos é efetuado pela CETESB, através do Art. 18 da Portaria CONAMA 357 (ou Art. 18 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 megametrópole paulistana é abastecida com aproximadamente 74 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 84 m<sup>3</sup>/s. Considerando a perda oficial de 19,3% no sistema de distribuição, são gerados aproximadamente 54 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. Os 34 m<sup>3</sup>/s remanescentes são lançados, em sua forma bruta nos rios Tietê, Tamanduateí, canal de Pinheiros, etc.

Essa situação crítica irá se agravar substancialmente quando estiverem operando os sistemas de transposição de bacias do Rio São Lourenço, do Paraíba do Sul, do reservatório Billings para o sistema Taiacupeba e para o Guarapiranga, Itatinga-Jundiaí, Guaió, Juquiá-Santa Rita 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 distribuição vão gerar aproximadamente mais 13 m<sup>3</sup>/s de esgotos. Como foi explicitamente declarado que não haverá investimento em tratamento de esgotos, a metrópole paulistana e o Médio Tietê, passarão a receber em seus sofridos rios um total de 47 m<sup>3</sup>/s de esgotos brutos.

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, através do braço Taquacetuba, mais 4 m<sup>3</sup>/s de água altamente poluída do corpo central do reservatório Billings e passará brevemente a receber um adicional de 1m<sup>3</sup>/s.

Não existe atualmente, um programa específico para avaliar as emissões de efluentes poluidores visando 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.

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

#### **4.1. 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 exclusivamente 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.

#### **4.2. Inadequacidade 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 a clarificação das águas do rio Tâmis (FAIR, GEYER & OKUN, 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 a 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 nano partículas. (HESPANHOL, 2012)

A solução desses problemas depende da aceitação do critério fundamental de adotar a melhor tecnologia disponível para produzir água realmente potável. Sistemas modernos de tratamento como, por exemplo unidades de membranas de ultrafiltração são dotados de sensores que medem a qualidade da água continuamente em toda a fase de produção. Esses dados são automaticamente encaminhados a “data loggers” que os envia para os computadores de unidades de controle de estações de tratamento de água-ETAs, permitindo monitoramento “on line” da qualidade de água produzida. Esses sistemas reduzem significativamente a necessidade e os custos de monitoramentos subsequentes, com exceção daqueles que são efetuados em redes de distribuição. Tanto os custos associados a capex como os de opex são menores do que os das ETAs convencionais, pois os sistemas de membranas de ultrafiltração demandam áreas muito menores para implantação, não necessitam de grandes unidades de concreto necessários para as operações e processos unitários de coagulação, sedimentação e filtração, e não utilizam produtos químicos, a não ser os necessários para limpeza periódica de membranas.

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 através de sistema de membranas de ultrafiltração, tratando água dos reservatório 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 através 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, obteve-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: Nonilfenol - 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.

#### **4.3. 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 à um acúmulo de poluentes nos afluentes de ETAs, incluindo Oocistos de *Cryptosporidium spp.*, cistos de *Giardia spp.* material particulado precursores de sub produtos de desinfecção, flocos de hidróxido de alumínio, ferro e manganês, etc.(EPA, 2002, BOURGEOIS, WALSH E GAGNON, 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 através de sedimentação 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 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 ultra violeta. 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 ultra violeta.

#### **4.4. 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 haviam 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 caia 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 deve ser proibido manobras de operação intermitente. Apenas o planejamento antecipado é capaz de resolver definitivamente esse problema.

## **5. 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 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 a monitoramento.

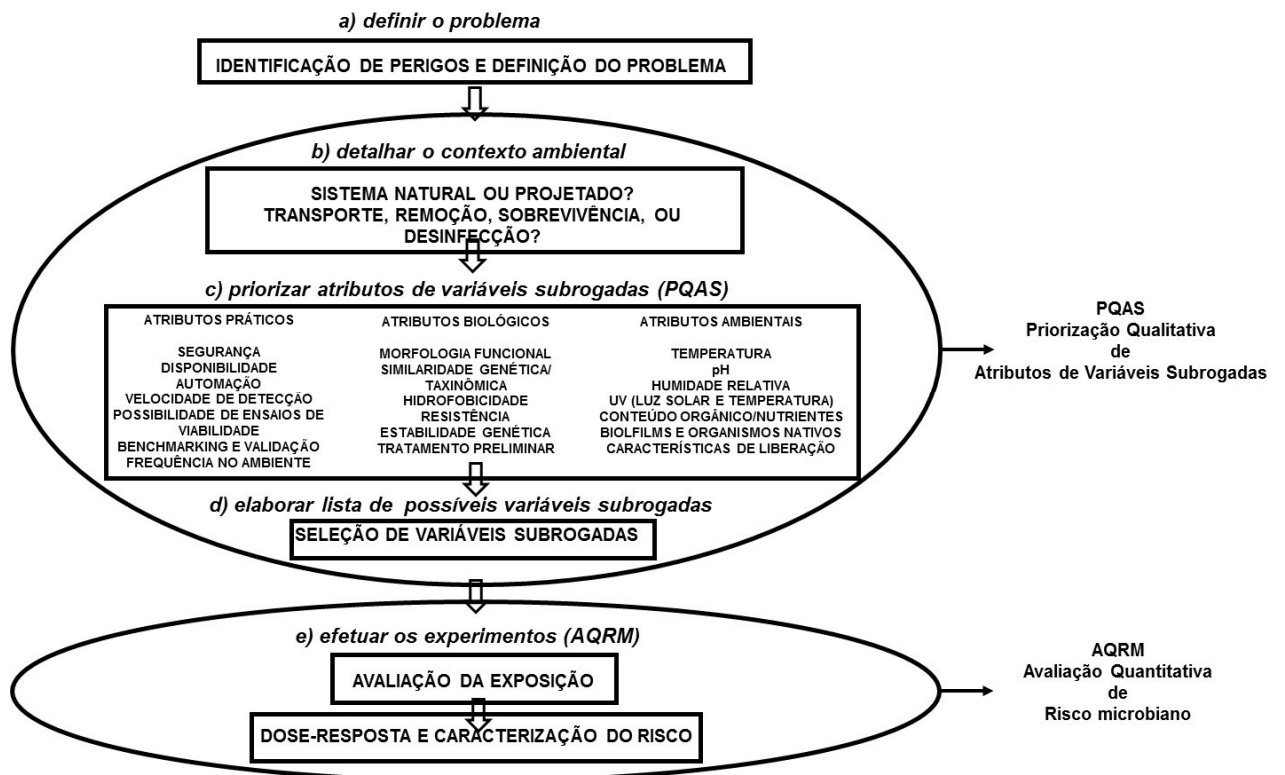
O termo sub-rogado é utilizado para indicar um substituto para qualquer item de interesse. No contexto de microbiologia ambiental e avaliação de riscos de saúde pública, variáveis sub-rogadas como organismos, partículas ou substâncias são utilizados para avaliar o destino de um organismo patogênico no ambiente. A descoberta da bactéria coliforme *Eschericia 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 remove-las da água potável (SINCLAIR, R.G., ET ALL., 2012)

Diversos 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, esgotos e efluentes industriais.

A outra grande vantagem de utilizar variáveis sub-rogadas é que eles devem ser criteriosamente avaliadas por correlação pelos grupos de variáveis que representam em termos de Priorização Qualitativa de Atributos Sub rogados (PQAS) e que devem ser certificadas através da Determinação Quantitativa de Risco Microbiano-DQRM, e não mais baseadas em propostas de especialistas.

A FIGURA 3 mostra um esquema conceitual de decisão partindo da definição do tema específico a ser regulamentado e a elaboração de uma lista de possíveis variáveis sub-rogadas em função de atributos práticos, biológicos e ambientais de interesse selecionando. Finalmente, são selecionadas as variáveis consideradas mais adequadas através de priorização quantitativa de seus atributos- PQAS.

A etapa seguinte consiste na certificação das variáveis selecionadas através de Avaliação Qualitativa de Risco Microbiano-AQRM, determinando os níveis de exposição e a dose-resposta relativa aos grupos de risco especificados no problema e seus respectivos riscos.



**FIGURA 3 –ESTRUTURA CONCEITUAL DE DECISÃO PARA SELECIONAR VARIÁVEIS SUBROGADAS (SINCLAIR, R.G ET ALL, 2012)**

Podem, também serem estabelecer diversos tipos de benchmarking de variáveis sub-rogadas com os respectivos testes de validação, como indicado na TABELA 2.

**TABELA 2 – TIPOS POSSÍVEIS DE BENCHMARKING DE VARIÁVEIS SUB-ROGADAS E EXPERIMENTOS DE VALIDAÇÃO (Sinclair, R.G et all, 2012)**

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Benchmarking 1	Método conservativo escolhendo uma variável sub-rogada resistente, persistente e robusta de acesso explícito ao organismo
Benchmarking 1	Através de revisão de literatura demonstrar que a variável sub-rogada possui os mesmos atributos explícitos que o patógeno alvo sem que haja acesso ao organismo
Benchmarking 1	Demonstrar e documentar o comportamento da variável sub-rogada entre limites de confiabilidade. Em seguida colocar os patógenos alvos dentro dos mesmos limites. Não é requerido acesso ao patógeno alvo.
Validação	Comparar em um mesmo laboratório e nas mesmas condições a variável sub-rogada e o patógeno alvo

A TABELA 3 mostra um exemplo de variáveis sub-rogadas para monitoramento de matéria orgânica e de precursores de trihalometanos. (EDZWALD, J.K.,BECKER, W.C., WATTIER, K.L., 1985)

Estabelecimento de normas de qualidade baseadas em variáveis sub-rogadas tem, também, sido utilizadas para avaliar qualidade de água de reúso para fins potáveis indiretos. Em Perth, Austrália, a Beenyup Advanced Wastewater Treatment foi equipada com membranas de ultrafiltração, de osmose reversa e desinfecção com radiação ultra-violeta. O efluente dessa ETE é infiltrado, através de recarga gerenciada no aquífero arenoso de Leederville que atua como atenuador ambiental para produção de água potável sob o conceito de reúso potável indireto. (AUSTRALIAN WATER CORPORATION, PROJETO WATER FOREVER-WHATEVER THE WEATHER, BEENYUP ADVANCED WASTEWATER RECLAMATION PLANT,PERTH, AUSTRALIA, 2013).

Para controle da qualidade da água no ponto de injeção no aquífero foram estabelecidas 18 variáveis sub-rogadas, conforme mostrado na TABELA 4.

**TABELA 3 – VARIÁVEIS SUBROGADAS DE QUALIDADE PARA MONITORAMENTO DE MATÉRIA ORGÂNICA E PRECURSORES DE TRIHALOMETANOS (EDZWALD, J.K.,BECKER, W.C., WATTIER, K.L., 1985)**

<b>VARIÁVEIS SUBROGADAS</b>	<b>VARIÁVEIS CORRESPONDENTES</b>
Turbidez	Partículas suspensas – Padrão de 1 UNT – Variável tradicional para medir o desempenho de ETAs
Cor	Matéria húmica – Padrão secundário de 15 unidades Pt-Co. Variável estética convencional.
Coliformes	Microorganismos patogênicos
COT	Matéria orgânica, sem padrão ou critério
Potencial de formação de trihalometanos	Medida indireta de precursores de trihalometanos – sem padrão para precursores. Padrão para trihalometanos formados
Absorbancia UV- 254 nm	Precursores de COT e de trihalometanos.

**TABELA 4. PERTH - VARIÁVEIS SUB-ROGADAS PARA AVALIAR QUALIDADE DE ÁGUA PARA RECARGA DO AQUIFERO LEEDERVILLE (AUSTRALIAN WATER CORPORATION, 2013).**

<b>VARIÁVEL SUB-ROGADA</b>	<b>VARIÁVEIS CORRESPONDENTES</b>
Boro	Metais e Metaloides
Nitrato	Ânions Inorgânicos
NDMA	N-Nitrosamina Residual
Cloratos	Ânions Residuais
1,4 – dioxanos	Produtos Orgânicos diversos
EDTA	Produtos Químicos orgânicos
Clorofórmio	Resíduos de Desinfecção
1,4 – dichlorobenzene	Voláteis orgânicos
Fluoreno	Compostos aromáticos policíclicos
2,4,6 – Trichlorophenol	Fenóis
Carbamazepina	Farmacêuticos
Estrona	Hormônios
Diclofenaco	Farmacêuticos ácidos
Trifluralina	Pesticidas
Octadioxina	Dioxinas, furanos and dioxin-like PCBs
MS2 bacteriófago	Micróbios, Patógenos, inclusive vírus
Atividade de partículas Alpha	Radioisótopos
Atividade de partículas Beta	Radioisótopos

## **6. Conclusões e Recomendações**

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 realistas 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. Referências**

Australian Water Corporation (2013) - Projeto Water Forever-Whatever the Weather, Beenyup Advanced Wastewater Reclamation Plant, Perth, Australia

Bourgeois, J.C., Walsh, M.E., Gagnon, G.A., (2004), Treatment of drinking water residuals: comparing sedimentation and dissolved air flotation performance with optimal cations ratios., Water Research, nº 38, pp.1173-1182

Edzwald, J.K., Becker, W.C., Wattier, K.L., (1985) Surrogate parameters for monitoring organic matter and THM precursors, J. AWWA, Research and Technology, vol.77 nº 4, pp. 122-132, USA;

Environmental Protection Agency – EPA, (2002), 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, December, Washington, DC, USA.



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, Inc. New York.

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., Prost, A.M.E., (1994), WHO Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality, Water Research, vol.28, no.1 p.119-124.

Hespanhol, I., (2012), 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. ISBN: 978-85-352-5954-4

Mierzwa, J.C. (2009), “Desafios para o tratamento de água de abastecimento e o potencial de aplicação do processo de ultrafiltração”, tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Livre-Docente, pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, p.127. São Paulo, SP.

Muller, A.P.B., (1999, Detecção de *oocistos* de *Cryptosporidium spp.* em águas de abastecimento superficiais e tratadas na RMSP, tese apresentada ao Instituto de Ciências Biomédicas, USP, para obtenção do título de Mestre em Ciências (Microbiologia), p;109, São Paulo, SP.

Sinclair, R.G., Rose, J.B., Hashaham, S.A., Gerba, C., e Haas, C.N., (2012) Criteria for selecting of surrogates used to study the fate and control of pathogens in the Environment. Appl.Environ Microbiol. N° 78 (6), pp. 1969-1977.

World Health Organization-WHO, (2011), Guidelines for Drinking Water Quality, 4 Th ed., p.541, Geneva, Switzerland.

World Health Organization-WHO, (1990), Basic Documents,38 th Edition, p. 416, Geneva, Switzerland.

