

REÚSO– A ÚNICA SOLUÇÃO PARA RESOLVER SIMULTANEAMENTE OS PROBLEMAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE SANEAMENTO

Ivanildo Hespanhol, M. Sc. Ph.D.

Professor Titular Sênior do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Fundador e Diretor do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA/IRCWR da USP.

***“It is possible for cities to move away from reliance on imported water.
This is a revolution that is coming in the water supply area”.***

Prof. David Sedlack, Berkeley Water Center, Berkeley, CA

“It is time to play another music”

Francis Crick, Prêmio Nobel de Medicina 1962, por ter descoberto a hélice
dupla do Genoma Humano

“Segui il tuo corso et lascia dire la genti”

Dante Alighieri, La Divina Comédia

Resumo

Este documento foi escrito como resposta formal ao artigo “Crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo – Análise Crítica, Reflexões e Sugestões” publicado na Revista Saneamento Ambiental, Edição 181, de dezembro de 2015 pelos Engenheiros Antonio Carlos Parlatore e Júlio Cerqueira César Neto.

São apresentados, descritos e avaliados diversos sistemas de reúso direto e indireto, potáveis e não potáveis operando no Brasil e no exterior, evidenciando suas respectivas eficiências para produzir efluentes com qualidades adequadas para serem utilizados nos usos benéficos pretendidos. O conjunto de tipos de reúso mencionado se constitui na única solução, técnica, social, econômica, ambiental e de saúde pública viável para resolver o problema da degradação dos rios e dos mananciais das bacias hidrográficas do Alto e Médio Tietê e de muitas regiões com estresse hídrico.

Observação:

O artigo citado acima não pode, absolutamente, ser considerado como uma publicação formal. Não apresenta resumo e “abstract”, não inclui o trabalho de revisão da literatura e citação de referências bibliográficas. A publicação relata única e exclusivamente a opinião dos autores, as quais, sob essas condições, são consideradas meras ilações errôneas ou subjetivas.

Os autores utilizaram na maioria das partes do texto linguagem técnica, mas escolheram utilizar em diversas ocasiões linguagem coloquial, agressiva e desrespeitosa para relatar opiniões as quais não concordavam.

Essa maneira inusitada de expressar opiniões próprias sem justificativas compromete não apenas os autores, mas também a *Revista Saneamento Ambiental*, por ter, inadvertidamente, concordado em publicar um artigo incompleto, sem a devida revisão e editoração, estatutos formais considerados imprescindíveis para a publicação de quaisquer textos - técnicos ou não.

Para relatar os aspectos técnicos, o autor utiliza nesta resposta, uma linguagem técnica, mas não prescindiu, quando necessário e por questão de isonomia, utilizar a mesma verbosidade agressiva e desrespeitosa utilizada pelos autores.

Não há, portanto, obrigações morais ou legais para solicitar a honra de uma resposta, principalmente por parte deste autor.

Entretanto, acreditando que seria muito importante divulgar informações técnicas e esclarecer tomadores de decisões e engenheiros ambientais sobre temas importantes sobre reúso de água, este autor considerou necessário publicar este artigo no qual são abordados temas específicos, incluindo os seguintes:

- problemas de abastecimento de água e de degradação dos rios, fontes de água e reservatórios que vem, desde há muito tempo, afetando as bacias hidrográficas do Alto e Médio Tietê;
- custos elevados associados à tecnologia milenar de transferência de bacias hidrográficas removendo água de regiões com grande estresse hídrico em benefício daquelas cujos recursos se esgotaram por falta de planejamento adequado;
- constante crescimento da prática de reúso em todo o mundo, seu grande potencial para resolver problemas de escassez e os benefícios que pode proporcionar;
- disponibilidade de moderna tecnologia para produzir efluentes consistentemente seguros para serem utilizados para quaisquer formas de reúso;
- concepções errôneas de engenheiros ortodoxos, de tomadores de decisão e dos autores e suas notórias incapacidades para observar e tentar entender o que está ocorrendo em todo o mundo sobre o uso de esgoto tratado para fins benéficos;
- preocupação da Organização Mundial da Saúde ao constatar a imensa quantidade de sistemas de reúso que já estão em operação em todo o mundo levando-a no início de 2017 a publicar um documento estabelecendo diretrizes e proporcionando suporte para a adoção de medidas de saúde pública e ambientais;
- percepção pública relativa à prática de reúso potável;

Abstract

This document has been written as a formal response to the paper “Crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo – Análise Crítica, Reflexões e Sugestões” published by the Journal Saneamento Ambiental, Ed.# 181, December, 2015 by the Engineers Antonio Carlos Parlatore and Júlio Cerqueira César Neto.

It depicts the present conditions regarding management and public health aspects related to water supply and sanitation which have been, since long, making inhabitable Metropolitan São Paulo and the Medium Tietê Hydrographic Basin. The approach is to tackle the subject of water supply, sanitation, but more emphasis is direct to the benefits of direct and indirect, potable and non-potable reuse and how these practices are able to solve the related problems, Several operating systems from Brazil and abroad, on water reuse and sanitation are presented, discussed and evaluated, showing the production of high quality effluents able to be utilized as treated wastewater for reuse. The reuse types taken in consideration are the single technical, social, economic, environmental as well as of public health methods to solve simultaneously the problem of water supply and water pollution of natural sources.

Note:

The published document has absolutely no conditions to be considered as a formal publication since it does not include resume, abstract or bibliographic references, expressing exclusively opinions emanated by the authors, which, under these conditions, can be considered false erroneous or subjective.

Despite the authors used in most parts of the text technical language, on several occasions they chose to use colloquial, aggressive and disrespectful language to report opinions they did not agree with.

This unprecedented way of expressing own opinions without justification compromises not only the authors but also the Saneamento Ambiental Journal, for having inadvertently agreed to publish an incomplete article, without proper revision and editing, which are formal statutes considered essential for the publication of any texts – being them technical or not.

In order to report the technical aspects, the author uses a technical language in this response, but he did not hesitate, when necessary and for reasons of isonomy, in using the same aggressive and disrespectful verbosity used by the authors.

There is, therefore, no moral or legal obligation to request the honor of a reply, especially on the part of this author.

However, believing that it would be very important to disseminate technical information and to clarify decision makers and environmental engineers on important water reuse issues, he considered necessary to publish this article in which specific topics are addressed, including the following:

- problems of water supply and degradation of rivers, water sources and reservoirs that have long been affecting the upper and middle Tietê river basins;
- high costs associated with the millenarian technology of watershed transfer by removing water from regions with high water stress in benefit of those whose resources have been exhausted due to lack of adequate planning;
- steady growth in reuse practice around the world, its great potential to solve problems of scarcity and the benefits it can provide;
- availability of modern technology to produce effluents consistently safe to be used for any forms of reuse;
- misconceptions of orthodox engineers, decision makers and authors and their notorious inability to observe and try to understand what is happening around the world about the use of treated sewage for charitable purposes;
- concern of the World Health Organization to note the large number of reuse systems already in operation around the world leading in early 2017 to publish a document setting out guidelines and providing support for the adoption of public health measures and environment;
- public perception regarding the practice of drinking reuse;

1. Introdução

As propostas recentes efetuadas pelos tomadores de decisão do Estado de São Paulo, algumas finalizadas e outras em obras, compreendem a importação para a RMSP de aproximadamente 18 m³/s de água para abastecimento público (5 m³/s do Sistema Juquiá, 5 m³/s do rio Paraíba do Sul, 4 m³/s do braço do Rio Grande da Billings para a ETA Taiaçupeba do sistema Alto Tietê (obra inaugurada recentemente), 1 m³/s da Billings para o Guarapiranga, 1 m³/s do rio Guaió, etc.) A capacidade instalada de tratamento das 5 ETEs do Projeto Tietê (Parque Novo Mundo, São Miguel, Suzano, ABC e Barueri) é de 18 m³/s, mas apenas 16 m³/s são tratados, o que corresponde a 24% do esgoto coletado na RMSP.

A reversão de um adicional de 18 m³/s de água para abastecimento público vai gerar aproximadamente mais 11,5 m³/s de esgotos (considerando perda física de 20% e coeficiente de retorno de 0,8) que serão lançados sem tratamento nos rios da área metropolitana e do médio Tietê, contribuindo ainda para o agravamento dos níveis tróficos dos reservatórios de jusante. (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, etc.)

Essa enorme quantidade de esgoto inundará a RMSP e o Médio Tietê com esgoto bruto, fato que não causará, absolutamente, quaisquer constrangimentos aos monotemáticos e pseudo-sanitaristas monotemáticos de que dispomos.

Infelizmente, ainda não dispomos de um cientista e humanista como Michael Faraday, que, protestando contra o “*Great Stink of London*” escreveu: “O dilúvio abaixo da ponte de Londres, está tão ruim como as descrições poéticas do lago Stygian, enquanto o London Dock é preto como Acheron... Onde estão os engenheiros civis? Eles podem remover montanhas, cruzar mares e encher rios... Será que eles podem purificar o Tâmsa, e assim tornar sua própria cidade habitável?” (*The Builder*, 1853)

O protesto permanece válido, principalmente na RMSP. Londres despoluiu o Tâmsa e Paris despoluiu o Sena no início do Século XIX. Porém, São Paulo, que tem o mesmo nível econômico dessas duas metrópoles, mantém o esgoto em seus rios e mananciais em pleno Século XXI apesar do repúdio da sociedade paulistana.

É hora de tocar outra música!

A RMSP sofre de demanda reprimida de lazer. Os nossos rios urbanos deveriam estar integrados à sociedade através de parques, jardins e áreas de lazer. Entretanto, permanecem em estado de abandono total. Se os sanitaristas atuais não forem capazes de acrescentar alguma visão ambiental e de saúde pública às propostas unilaterais que promovem, os nossos rios urbanos e os rios e reservatórios do Médio Tietê serão cada vez mais degradados.

O reúso é, portanto, a única solução para resolver o problema de abastecimento de água sem tornar mais grave a situação hídrica dos rios e reservatórios da RMSP e do médio Tietê. Propostas de soluções parciais e imediatistas apoiadas por esses engenheiros, contemplando apenas uma parte de um grande problema, se constituem em fracasso técnico ambiental e humanístico da engenharia sanitária e ambiental brasileira.

2. Sobre transposições de bacias.

A RMSP está localizada no Planalto Paulista nas cabeceiras do Rio Tietê, cuja vazão média é insuficiente para abastecer os seus quase 21 milhões de habitantes e um dos maiores parques industriais do mundo. Pretendendo garantir a sustentabilidade do abastecimento de água na região, nossos tomadores de decisão adotaram a tecnologia vigente há mais de dois mil anos utilizada na construção dos aquedutos romanos, sem considerar os altíssimos custos associados e o fato de transpor recursos de regiões com grande estresse hídrico, como é o caso da bacia PCJ.

É muito provável que a concessão de outorgas associadas à transposição de bacias hidrográficas se tornará cada vez mais restritiva devido à conscientização popular do valor vital da água, ao fortalecimento institucional dos comitês de bacias afetados pela perda de recursos hídricos valiosos e, possivelmente, em função da resposta proporcionada por diversos modelos matemáticos de previsão do aquecimento global que preveem, de maneira drástica, a possível redução da disponibilidade hídrica, nas regiões sul e sudeste do Estado de São Paulo. (Hespanhol, 2008).

3. O cenário poluidor atual

A cultura de importar água de bacias cada vez mais distantes para satisfazer o crescimento da demanda remonta há mais de dois mil anos. Os Romanos, que praticavam uso intensivo de água para abastecimento domiciliar e de suas termas, procuravam, de início, captar água de mananciais disponíveis nas proximidades. À medida que estes se tornaram poluídos pelos esgotos dispostos sem nenhum tratamento, ou ficavam incapazes de atender à demanda, os romanos passaram a aproveitar a segunda fonte mais próxima e assim sucessivamente. Esta prática deu origem à construção dos grandes aquedutos romanos, dos quais existem, ainda, algumas ruínas, em diversas partes da Europa.

A sistemática herdada é irracional, resolvendo precariamente o problema de abastecimento de água em uma região, em detrimento daquela que a fornece. Há, portanto, necessidade de adotar um novo paradigma que substitua a versão romana de transportar grandes volumes de água de bacias cada vez mais longínquas.

Em função dos 80 m³/s de água aduzida na RMSP, uma vazão de esgotos de aproximadamente 64 m³/s acaba sendo gerada. Como a capacidade instalada de tratamento na região é de apenas 16

m³/s, o esgoto bruto remanescente, isto é 48 m³/s, é despejado, sem nenhum tratamento, em corpos de água adjacentes, tornando-os cada vez mais poluídos.

4. Disruptores Endócrinos

Alguns compostos químicos sintéticos ou naturais e seus metabolitos (compostos orgânicos, intermediários ou finais num processo de metabolismo) presentes em esgotos possuem potencial de alterar o funcionamento normal dos sistemas endócrinos e passaram a ser identificados como interferentes, desreguladores, perturbadores ou disruptores, endócrinos - DEs. São definidos como “substâncias ou mistura de substâncias exógenas que alteram as funções de sistemas endócrinos, causando, conseqüentemente, efeitos adversos sobre a saúde de organismos sadios ou de seus descendentes ou (sub) populações” (WHO, IPCS, ILO, UNDP, 2002).

A modalidade de ação de alguns desses compostos sintéticos e outros de origem natural pode ser anti-estrogênica, bloqueando a produção ou a utilização de estrógenos, ou inibindo os seus efeitos (como bifenilas policloradas, tamixofen, menadione, hexaclorofeno) (Joohee et al, 2004) como estrogênica, ou seja, compostos capazes de modular tanto sistemas endócrinos como sistemas imunes, resultando em uma alteração da homeostase, da reprodução, do desenvolvimento e do comportamento (tais como 17β-estradiol, estriol, estrona, progesterona, 17α-etinilestradiol) (Mendes, J.J.A., 2002), (Gomes, R.L. et al, 2003).

Pelo fato de antagonizar ou de imitar as ações de hormônios naturais, a dose-reposta desses produtos sintéticos é bastante difícil de ser avaliada, pois depende de cada composto e da faixa etária e do sistema endócrino de cada indivíduo exposto. De uma maneira geral, a dose-resposta é associada a valores numéricos muito baixos (da ordem de nanogramas por litro) exercendo ações diferentes de outros compostos químicos, os quais não atuam diretamente sobre sistemas endócrinos. (WHO, IPCS, ILO, UNDP, 2002).

Os efeitos são exercidos sobre mamíferos, pássaros, répteis, anfíbios, peixes e invertebrados. A saúde humana pode ser afetada por redução de taxas de reprodutividade, aumento de puberdade precoce, alterações de funções neurais, principalmente em associação a exposição pré-natal (desenvolvimento neurológico, funções neuroendócrinas e comportamento), alteração de funções imunes, podendo, ainda, provocar doenças específicas como endometriose e diversos tipos de câncer (mama, testículos, próstata, endométrio e tireoide).

DEs, tanto os naturais como os exógenos, e seus metabolitos são encontrados no meio ambiente, tendo sido amplamente identificados em efluentes de estações de tratamento de esgotos domésticos (ETES) e industriais, em águas superficiais e subterrâneas e em água potável (Bila & Dezotti, 2003). Alguns dos hormônios que mais tem sido identificados são: estradiol, ou 17β-estradiol (E₂), um esteroide sexual natural, derivado do colesterol que, face ao seu elevado potencial estrogênico é

tomado como referência, sendo os demais referidos como estradiol equivalentes; etinilestradiol, ou 17 α -etinilestradiol (EE₂), esteroide sintético que é o principal componente estrogênico de pílulas anticoncepcionais; estrona (E₁), um esteroide natural secretado pelo ovário e por tecido adiposo, e; estriol (E₃), também um esteroide natural, produzido por placenta durante períodos de gravidez.

No afluente à ETE próxima a Frankfurt on Main foram encontrados 0,015 $\mu\text{g/l}$ de 17 β -estradiol e 0,027 $\mu\text{g/l}$ de estrona, gerando, em conjunto, uma carga de 1 g/dia. (Ternes, T.A. et al, 1999). Os mesmos autores relatam a ocorrência de concentrações relativamente baixas de 17 β -estradiol-17-valerate, estrona, 16 α -hidroestrona 17 β -estradiol, 17 α -etinilestradiol e mestranol, em efluentes de ETES, tanto na Canadá como na Alemanha e em águas superficiais no Canadá;

No Rio Danúbio, como consequência da descarga de efluentes brutos e tratados foram identificados 34 diferentes compostos orgânicos polares, incluindo produtos farmacêuticos (ibuprofeno, diclofenaco, sulfamethoxazole e carbamazepine), pesticidas e seus produtos de degradação (bentazone, 2,4-D, mecoprop, atrazina, terbutilazina, desetilterbutilazina), ácidos perfluorados (perfluorooctanoico-PFOA e perfluorooctanesulfônico-PFOS, e DEs (nonilphenol, NPE₁C, bisfenol A, estrona) (Loos, R. et al, 2010). A Tabela 1 mostra as cargas de diversos produtos químicos persistentes em toneladas por ano lançada no Mar Negro pelo Rio Danúbio (vazão de referência de 6.420 m³/s).

Tabela 1 – Cargas de Produtos Químicos Persistentes Lançadas pelo Rio Danúbio no Mar Negro (Loos et al., 2010)

Produto Químico	Concentração à jusante do Rio Arges, antes do delta do rio Danúbio (ng/L)	Carga (toneladas por ano)
Benzotriazole	167	33,8
Cafeína	152	30,8
Tolytriazole	84	17,0
Carbamazepine	25	5,1
Sulfamethoxazole	23	4,7
PFOA	12	2,4
Terbutylazine	7	1,4
Desethylterbutylazine	6	1,2
Desethylatrazine	7	1,4
PFOS	6	1,2

Nos Estados Unidos, o United States Geological Survey efetuou um levantamento em corpos hídricos de 30 estados no período 1999 e 2000 para avaliar a ocorrência de produtos farmacêuticos, hormônios e outros contaminantes orgânicos que ocorrem em esgotos domésticos. Dentre os 95

compostos detectados, 82 são de origem doméstica, industrial e agrícola. Os detectados com maior frequência foram: copostranol (esteroide fecal), colesterol (esteroide de origem animal ou vegetal), N,N-dietiltoluamina (repelente de insetos), cafeína (estimulante), triclosan (desinfetante antimicrobiano), tri (2-cloroetil) fosfato (retardantes de chamas) e 4-nonilphenol (metabolito de detergente não iônico). As concentrações encontradas foram relativamente baixas, não excedendo as regulamentações locais, embora muitos desses compostos ainda não tenham sido regulamentados. (Kolpin et al 2002).

Um monitoramento efetuado na Itália, em afluentes e efluentes de seis ETEs por lodos ativados (Kobis, Fregene, Ostia, Roma Sul, Roma Oeste e Roma Norte) no período outubro de 1999 a março de 2000 encontrou nos efluentes tratados concentrações medianas de 1.0 ng/L de estradiol, 0,45 ng/L de etinilestradiol e 9,3 ng/L de estrona. O estudo mostrou, também, a capacidade dos sistemas de lodos ativados avaliados em remover o potencial estrógeno de seus afluentes. Durante 5 meses de operação as remoções foram de 95% para estriol, 87% para estradiol, 85% de etinilestradiol, mas apenas 61% para estrona. (Baronti, et al, 2000).

Efluentes de sete ETEs foram avaliados no Reino Unido (Desbrow et al. 1998). Os sistemas de tratamento utilizados nas ETEs selecionadas incluem diversos níveis de tratamento, variando desde sistemas primários e secundários até sistemas terciários, tratando, predominantemente, esgotos domésticos, os esteroides estrona e 17 β -estradiol foram identificados em todas as amostras coletadas e 17 α – etinilestradiol, foi identificado apenas nas estações de Naburn e Horsham.

No Brasil foram identificados DEs e produtos farmacêuticos em efluentes de ETEs, em águas superficiais e em água potável:

Nos esgotos brutos da ETE Penha, no Rio de Janeiro foram detectadas concentrações de 0,021 μ g/l de 17 β -estradiol e 0,040 μ g/l de Estrona, gerando, em conjunto, uma carga de 5 g/dia. (Ternes, T.A. et al, 1998);

Um estudo amplo realizado na Região Metropolitana de Campinas-SP, avaliou a ocorrência de DEs, produtos farmacêuticos e de higiene pessoal em águas superficiais (rios Atibaia, Ribeirão Anhumas e Ribeirão Pinheiros, próximos à cidade de Paulínia-SP), em afluente e efluente de estação de tratamento de esgotos (ETE Samambaia, sistema de tratamento por lodos ativados, aeração prolongada) e em água potável distribuída após tratamento em estação de tratamento de água – ETA, operada pela SANASA-CAMPINAS. O estudo mostrou uma significativa presença desses produtos químicos em todos os sites avaliados. Os resultados são resumidos na Tabela 2. (Ghiselli, 2006)

Tabela 2 - Concentrações de disruptores endócrinos e de produtos farmacêuticos e de higiene pessoal caracterizados na região de campinas esgoto bruto, esgoto tratado e água potável (Ghiselli, 2006)

Composto	Conc. Esgoto Bruto (µg/L)	Conc. Esgoto Tratado (µg/L)	Conc. Água Bruta (µg/L)	Conc. Máx. Água Potável (µg/L)
Ibuprofeno	54,2	48,4	ND	ND
Paracetamol	18,1	5,9	ND	ND
Dietilftalato	-	-	0,22-3,2	0,13-0,23
Penaclofenol	8,2	ND	ND	ND
Cafeína	294	1,3	1,1-106	0,4-3,8
4-Nonilfenol	1,9	1,4	ND	ND
Dibutilftalato	12,4	1,4	0,39-2,4	0,33-1,75
Diclofenaco	2,9	1,8	2,0-6,0	ND
Bisfenol	8,7	8,0	2,2-64,2	2,0-3,6
Estrona	4,8	4,1	3,5-5,0	ND
Estradiol	6,7	5,6	1,9-6,0	2,1-2,6
Etinilestradiol	5,8	5,0	1,2-3,5	1,6-1,9
Progesterona	3,6	2,9	1,4-4,2	1,1-1,5
Benzo[a]pireno	1,1	ND	ND	ND
Coprostanol	212	66,5	5,2-40,9	ND
Colesterol	513	76,4	8,8-301	1,9-2,9
Colestanol	32,7	25,8	2,2-46,0	ND
Estigmasterol	309	1958	5,7-85,5	ND

N.D = Não detectado

Estudos realizados em São Paulo identificaram a presença de DEs em diversos reservatórios que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo e verificaram o potencial de remoção de DEs e de microcistina através de sistema de membranas de ultrafiltração, utilizando água dos reservatórios de Guarapiranga, Baixo Cotia e Billings, (Mierzwa, 2009).

A primeira fase desta pesquisa envolveu a montagem e operação de uma unidade piloto de ultrafiltração, (Perenne, Equipamentos e Sistemas de Água Ltda), 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 m³/s.

Foram utilizadas membranas de ultrafiltração na configuração enrolada em espiral, (área de membrana de 8,36 m² por módulo) fabricada pela empresa Osmonics, modelo GK-4040F, de filme fino composto e capacidade para separação de moléculas orgânicas com peso molecular maior ou igual a 3.500 g.mol⁻¹. 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, na 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 β -estradiol e para o 17 α -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 (GK-4040F), 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 α -etinilestradiol. Como o peso molecular do 17 α -etinilestradiol é muito inferior à massa molecular de corte (MMC) da membrana utilizada foi considerado que o mecanismo de remoção não está associado exclusivamente à retenção pela membrana, mas sim através da adsorção do estrógeno, que é hidrofílico, no material em suspensão e na matéria orgânica presentes na água bruta e na própria membrana.

Em relação aos DEs avaliados na pesquisa efetuada com águas do reservatório Guarapiranga, os estrogênios naturais, 17 α -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, Concentrado 141 ng/L; Estrogênios naturais - Água bruta 7,5 ng/L, Permeado 14,6 ng/L, Concentrado 6,06 ng/L; 17 α -etinilestradiol - Água bruta <0,50 ng/L, Permeado <0,50 ng/L, Concentrado <0,50 ng/L.

Além do monitoramento de DEs no Reservatório Guarapiranga também foi feita a avaliação no Rio Cotia, em um ponto a montante da Estação de Tratamento do Baixo Cotia e do Reservatório Billings, junto à estação elevatória de Pedreira.

Foi detectada a presença de estrogênios naturais e do nonilfenol, com maior frequência no Rio Cotia e Reservatório Billings, enquanto que no Reservatório Guarapiranga, em apenas uma das amostras foi possível detectar a presença de estrogênios. A concentração de nonilfenol variou de 51 ng/L a 2.185 ng/L, enquanto que a concentração de estrogênios variou de 0,72 a 17,1 ng/L. A concentração de 17 α -etinilestradiol, nos três mananciais, sempre esteve abaixo do limite de detecção do método utilizado.

Paralelamente ao crescimento da quantidade de produtos químicos, diversos organismos patogênicos emergem ou reemergem após um longo período de inatividade em função de alterações ambientais, de comportamento humano ou de desenvolvimento tecnológico. Provocam doenças cujas incidências cresceram nas duas últimas décadas ou que apresentam potencial para crescer em futuro próximo.

Há diversas categorias de poluentes emergentes, ou seja, micro-organismos que são totalmente novos (como os vírus da imunodeficiência humana VIH-1 e VIH-2 e o da gripe aviária H5N1), os que

já eram conhecidos e apenas recentemente foram considerados como patogênicos (como o *Helicobacter pylori*) ou os que já eram conhecidos mas apresentaram aumento de virulência (como o *Streptococcus pyogenes*) ou os que adquiriram resistência a antibióticos (como o *S. pneumoniae*, o *Mycobacterium tuberculosis*, o *Staphylococcus aureus* e o *Enterococcus faecium*). Diversas doenças que foram consideradas sob controle, tais como a tuberculose, a cólera, a febre amarela e a dengue estão, atualmente se disseminando em diversas regiões do mundo.

As causas potenciais do aparecimento ou ressurgimento de organismos patogênicos na água são basicamente as seguintes (adaptado de WHO, 2004):

- desenvolvimento de novos ambientes provocados por fatores diversos tais como mudanças climáticas, desmatamento, construção de barragens e de sistemas de irrigação, instalação de grandes torres de resfriamento de sistemas de ar condicionado, sistemas de abastecimento de água mal projetados e operados, e aumento das operações de emergências humanitárias;
- alterações na vulnerabilidade e no comportamento humano, causados pela extensiva circulação humana, acessibilidade e rapidez de sistemas de transporte em nível mundial, alterações demográficas, crescimento de populações submetidas a condições de alto risco, descarga, deliberada ou acidental, de organismos na água;
- desenvolvimento de tecnologias, tais como novas técnicas industriais e novas práticas agrícolas, alternativas de tratamento de esgotos utilizando recursos hídricos;
- desenvolvimentos científicos tais como, uso inadequado de novas gerações de inseticidas, métodos agrícolas inadequados. Etc.

Como agravante, os sistemas convencionais de tratamento para produção de água potável (coagulação, floculação, sedimentação, filtração rápida, desinfecção com cloro e ajuste do Índice de Langelier), embora possa atender às variáveis estabelecidas na Portaria MS 2914/2011 não é considerada como água segura

5. Sustentabilidade de sistemas de abastecimento de água

Nas regiões áridas e semiáridas, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos buscam novas fontes de recursos para atender às demandas crescentes, principalmente dos setores domésticos e industriais. No polígono das secas do nosso Nordeste, a dimensão do problema é ressaltada por um anseio, que já existe há quase oitenta anos, para a transposição do rio São Francisco, visando o atendimento da demanda dos estados não riparianos, da região semiárida, situados ao norte e a leste de sua bacia de drenagem. Diversos países do oriente médio, onde a precipitação média oscila entre 100 e 200 mm por ano, dependem de alguns poucos rios perenes e pequenos reservatórios de água

subterrânea, geralmente localizados em regiões montanhosas, de difícil acesso. Em muitos desses países, a água potável é proporcionada através de sistemas de dessalinização da água do mar e, devido à impossibilidade de manter uma agricultura irrigada, mais de 50% da demanda de alimentos é satisfeita através da importação de produtos alimentícios básicos. (Hespanhol, 1999.)

Entretanto, a prática de reúso de água não é aplicável exclusivamente em regiões áridas e semiáridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. Como acima considerado, a bacia do Alto Tietê, dispõe, pela sua condição característica de manancial de cabeceira, vazões insuficientes para atender à demanda da RMSP, embora apresente uma precipitação média de aproximadamente 1.490 mm/ano (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2011).

Antevendo, precocemente, a necessidade de modificar políticas ortodoxas de gestão de recursos hídricos, principalmente em áreas carentes, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, propôs, em 1958, que, "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior". (United Nations, 1958). As águas de qualidade inferior, tais como esgotos de origem doméstica, efluentes de sistemas de tratamento de água e efluentes industriais, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e a gestão da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água

A Agenda 21, documento básico produzido pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, (UNCED, 1992) com o objetivo enfrentar os desafios ambientais do século 21, também dedicou importância especial ao reúso, recomendando aos países participantes, a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco com práticas ambientais adequadas.

No Capítulo 21 - "Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos", Área Programática B - "Maximizando o reúso e a reciclagem ambientalmente adequadas", estabeleceu, como objetivos básicos: "vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reúso e reciclagem de resíduos", e "tornar disponível informações, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para encorajar e tornar operacional, sistemas de reciclagem e uso de águas residuárias".

A prática de reúso é, também, direta e indiretamente, associada ao capítulo 12 - "Gestão de ecossistemas frágeis: combate à desertificação e à seca", ao 14 - "Promovendo a agricultura

sustentada e o desenvolvimento rural”, ao 18 - “Proteção da qualidade das fontes de águas de abastecimento - Aplicação de métodos adequados para o desenvolvimento, gestão e uso dos recursos hídricos”, visando a disponibilidade de água "para a produção sustentada de alimentos e desenvolvimento rural sustentado" e "para a proteção dos recursos hídricos, qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos" e capítulo 30 – “Fortalecimento do Comércio e da Indústria”, propondo, dentro da área programática A – “aumentar a eficiência da utilização de recursos, inclusive com o aumento da reutilização e reciclagem de resíduos e reduzir a quantidade de despejos”

6. Modalidades de Reúso

O abastecimento da RMSP depende de águas importadas de outras bacias hidrográficas, sendo a maior delas, a reversão de aproximadamente 30 m³/s, da bacia do PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiaí).

A sistemática atual é irracional, resolvendo, precariamente, o problema de abastecimento de água em uma região, em detrimento daquela que a fornece, como é o caso das Bacias PCJ Há, portanto, necessidade de adotar um novo paradigma que substitua a versão romana de transportar grandes volumes de água de bacias cada vez mais longínquas.

Sustentabilidade é um conceito técnico/filosófico genérico que não tem, isoladamente, significado prático e não pode ser avaliado em termos quantitativos. Em se tratando de sistemas de abastecimento de água, há necessidade de considerar algumas variáveis sistêmicas para avaliar a sua sustentabilidade. A sustentabilidade, nesse caso, deve ser visualizada como a probabilidade com a qual um sistema de abastecimento de água possa, permanentemente, suprir a demanda em condições satisfatórias. As variáveis mais importantes, que estabelecem, ou não, uma condição de sustentabilidade são: (i) Robustez, refletindo desempenho consistente e capacidade de atender a uma demanda crescente, mesmo em condições de diversos tipos de estresses; (ii) Resiliência, a habilidade do sistema de recuperar seu estado satisfatório após sofrer impactos negativos, como por exemplo, a perda de capacidade de atendimento de fontes de abastecimento, e; (iii) Vulnerabilidade, a magnitude da falha de um sistema de abastecimento.

Sistemas, como por exemplo o que abastece a RMSP, não são, portanto, sustentáveis porque são pouco robustos e possuem resiliência praticamente nula, e são extremamente vulneráveis, uma vez que permanecem na dependência de recursos oriundos de bacias que, por sua vez, também estão submetidas a condições extremas de estresse hídrico.

A solução moderna e sustentável que potencializa significativamente a robustez e a resiliência do sistema de abastecimento de água da RMSP (e de qualquer região com estresse hídrico) consiste em tratar e reusar os esgotos já disponíveis no planalto que abriga a RMSP, para finalidades diversas, inclusive para complementação do abastecimento público.

7. É hora de tocar uma nova música

A falta de recursos hídricos e o aumento dos conflitos pelo uso da água gerou a emergência da conservação e do tratamento e reúso, como componentes formais da gestão de recursos hídricos. Os benefícios inerentes à utilização de água recuperada para usos benéficos, ao contrário de disposição ou descarga inclui a preservação de fontes de qualidade elevada, proteção ambiental e benefícios econômicos e sociais. (Asano, 2007).

Pretendendo garantir a sustentabilidade do abastecimento de água na região, os nossos tomadores de decisão adotaram a tecnologia vigente há mais de dois mil anos utilizada na construção dos aquedutos romanos, sem considerar os altíssimos custos associados e o fato de transpor recursos de regiões com grande estresse hídrico, como é o caso da bacia PCJ. É muito provável que a concessão de outorgas associadas à transposição de bacias hidrográficas se tornará cada vez mais restritiva devido à conscientização popular do valor vital da água, ao fortalecimento institucional dos comitês de bacias afetados pela perda de recursos hídricos valiosos e, possivelmente, em função da resposta proporcionada por diversos modelos matemáticos de previsão do aquecimento global que preveem, de maneira drástica, a possível redução da disponibilidade hídrica, nas regiões sul e sudeste do Estado de São Paulo. (Hespanhol, 2008). A seguir serão destacados os potenciais de reúso para fins urbanos, para aquicultura, para agricultura e para fins industriais.

Urbanos

Em áreas urbanas, o potencial de reúso de efluentes é muito amplo e diversificado. Entretanto, usos que demandam água com qualidade elevada, requerem sistemas de tratamento e de controle avançados. De uma maneira geral, esgotos tratados podem, no contexto urbano, ser utilizados para fins potáveis e não potáveis.

Urbanos não potáveis

Atualmente, diversas companhias de saneamento se preparam para fornecer a chamada “água de reúso” ou “água de utilidades” para o atendimento de fins não potáveis na área urbana. Esta prática, já bastante disseminada em diversas regiões metropolitanas brasileiras, principalmente na RMSP, consiste em complementar, geralmente através de sistemas de tratamento físico-químicos, o tratamento dos efluentes de sistemas biológicos e efetuar a distribuição em áreas restritas, para atender a usos diversos, principalmente de novos usuários. O reúso urbano não potável é, portanto, efetuado tendo os esgotos domésticos como matéria prima básica, para suprir necessidades diversas que admitem água com qualidade inferior à potável. O reúso urbano não potável é subdividido em duas categorias: as de áreas com acesso controlado e não controlado. Assim, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto com o público. (USEPA, 2004, Hespanhol, 1997). As principais aplicações neste caso são:

- irrigação de parques e jardins públicos, residenciais e industriais, centros esportivos, campos de futebol e de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- reserva de proteção contra incêndio;

- sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes, chafarizes e espelhos d'água;
- lavagens de veículos, tais como automóveis, caminhões, ônibus e trens;
- lavagem de pisos e praças;
- descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios residenciais e comerciais, públicos e privados;
- limpeza de tubulações de esgotos e de galerias de águas pluviais;
- controle de poeira;
- construção civil, na lavagem de agregados, preparação e cura de concreto e controle de umidade para compactação do solo.

Aquicultura

A alimentação de lagoas para produção de peixes e plantas aquáticas com excreta ou esgotos é uma prática secular que até os dias atuais vem sendo exercida na Ásia, particularmente na China, Índia, Indonésia e Vietnã. A prática é, também, exercida na Europa (Alemanha, desde o final do século 19 e na Hungria), na África (Egito e África do Sul), (Edwards & Pullin, 1990) e na América do Sul, principalmente no Peru, (Cavallini, J.M.,1996). O maior sistema ainda em operação teve início em 1930, em Calcutá, na Índia, possuindo atualmente uma área total de lagoas com aproximadamente 3.000 hectares e produzindo de 4 a 9 toneladas de peixes por hectare.

No Brasil há uma grande produção de pescado através de sistemas de cultivo. Em 2000 foram produzidas aproximadamente 150.000 toneladas de pescado através dessa prática. Além da piscicultura são desenvolvidos projetos comerciais associados à carcinocultura e à malacocultura. Os peixes mais cultivados no Brasil são a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e o surubim ou catfish (*pseudoplatystoma SP.*) (Crepaldi, D.V. et al, 2006). Apesar dessa grande produção, não existem, ainda, no Brasil, sistemas de lagoas produzindo produtos aquáticos de qualquer natureza, fertilizados por esgotos tratados.

As Figuras 1-a e 1-b mostradas em sequência indicam a situação crítica em Daka, Bangladesh. As casas foram construídas junto a lagoas produtoras de peixe. Os esgotos oriundos caem diretamente na água. Como os peixes são comidos sem cozimento, a contaminação é muito grande. Posteriormente foi introduzida uma lagoa intermediária que recebe os esgotos brutos e os aproveita para produzir um vegetal aquático ("lemna" ou "duckweed" dos quais existem algumas espécies no Brasil – Figura 1-c). Nessa lagoa não são introduzidos peixes. As plantas aquáticas são colhidas, secas ao sol, pesadas e introduzida em uma lagoa que também recebe os peixes, quebrando a linha de contaminação e produzindo peixes de boa qualidade e descontaminados. A produção de peixes é

abundante como mostrado na Figura 1-d. A sequência do sistema é indicada pela linha vermelha da Figura 2.



Figura 1 – Aquicultura em Daka, Bangladesh . (a) Casas instaladas próximas às lagoas (b) latrinas suspensas sobre as lagoas de peixes (c) Lagoa de “Duckweed” ou lemna (d) Coleta de peixes sem contaminação (fotos do autor)

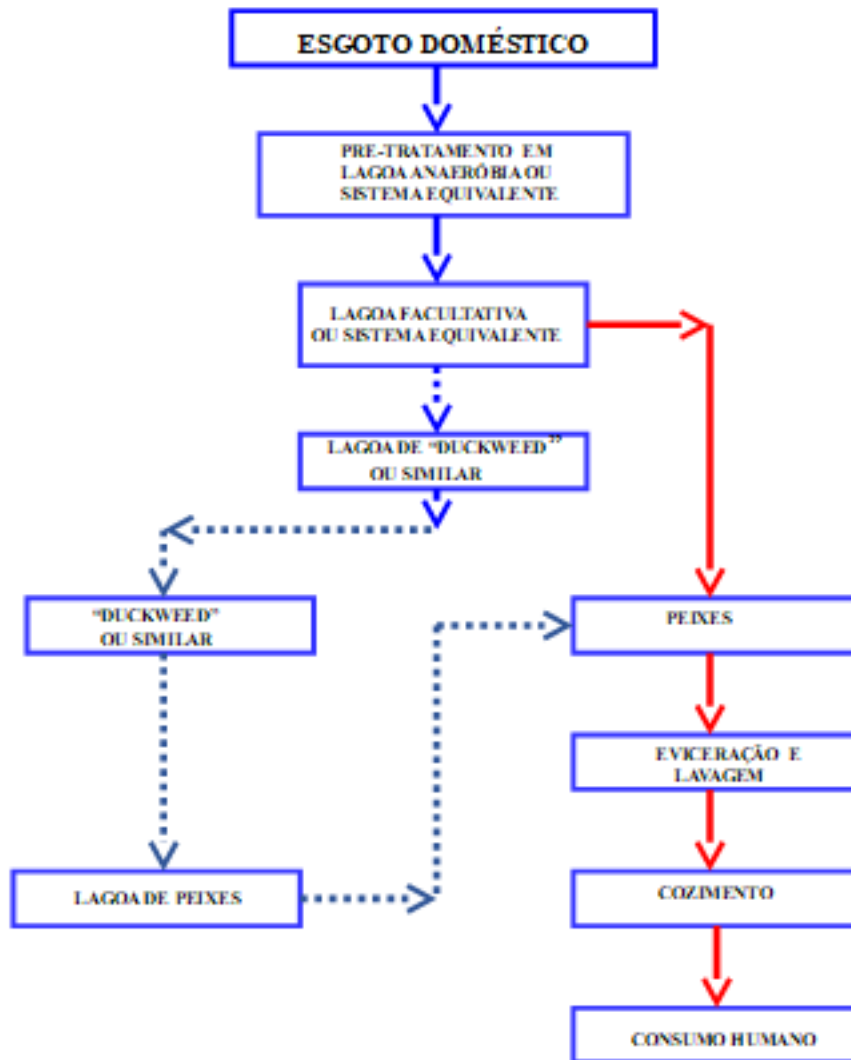


Figura 2 – Esquema atual e modificado com lagoa Duckweed

Indústria

Atualmente, a indústria está submetida a dois grandes instrumentos de pressão. De um lado, as imposições globais, tanto ambientais como de saúde pública, resultantes das relações do comércio interno e internacional e, do outro, as recentes condicionantes legais de gestão de recursos hídricos, particularmente as associadas à cobrança pelo uso da água (Pio, 2005).

Os principais usos da água na indústria estão indicados na Figura 3. Note-se que a maior demanda é para torres de resfriamento, onde o esgoto pode ser tratado e utilizado como água de reposição diminuindo substancialmente o consumo de água potável para essa finalidade (Figura 4)



Figura 3– Consumo de água na indústria por setor (Fonte: Mierzwa e Hespanhol, 2002)

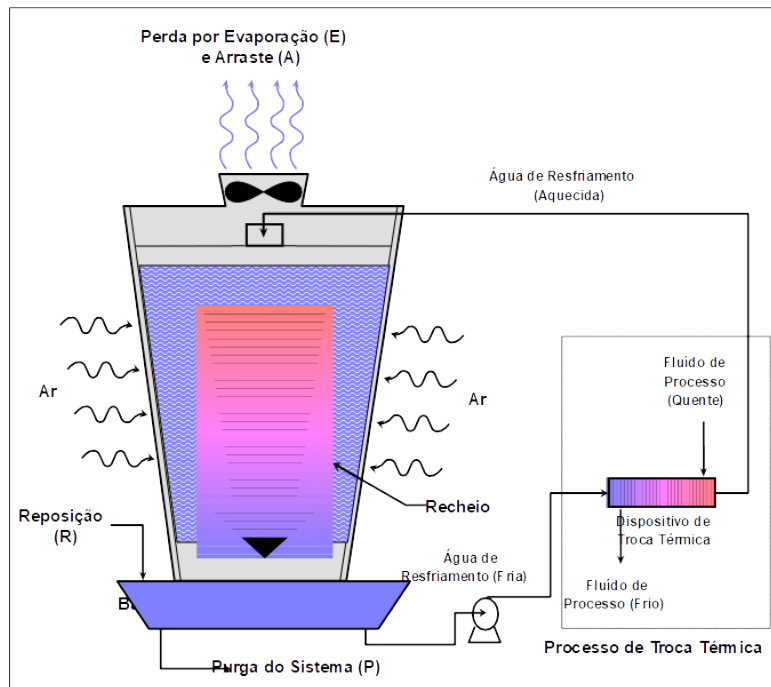


Figura 4 – Esquema básico de torre de resfriamento (Fonte: Mierzwa e Hespanhol, 2002)

Para se adaptar a este novo cenário, a indústria vem aprimorando os processos industriais e desenvolvendo sistemas de gestão ambiental para atender às especificações do mercado interno e externo e implementando sistemas e procedimentos direcionados para a gestão da demanda de água e a minimização da geração de efluentes. (Mierzwa e Hespanhol, 2005)

Esses fatores, associados aos custos elevados da água, têm levado as indústrias a avaliar as possibilidades internas de reúso e a considerar ofertas das companhias de saneamento para a compra de efluentes tratados, a preços inferiores aos da água potável, disponível em sistemas públicos de abastecimento. A “água de utilidade” produzida através de tratamento de efluentes secundários e distribuída por adutoras que servem um agrupamento significativo de indústrias, se constitui, atualmente, em um grande atrativo para abastecimento industrial a custos razoáveis. A existência de estações de tratamento de esgotos nas proximidades de zonas industriais contribui para a implantação de programas de reúso, uma vez que aumenta o potencial de viabilizar sistemas de distribuição de águas de reúso compatíveis com a demanda industrial.

Dentro do critério de estabelecer prioridades para usos que demandam vazões elevadas e que necessitam níveis de tratamento relativamente menores, em relação aos necessários para processos industriais, é recomendável concentrar a fase inicial do programa de reúso industrial, em torres de resfriamento.

Embora corresponda a apenas 17% da demanda de água não potável pelas indústrias, o uso de efluentes secundários tratados, em sistemas de resfriamento, tem a vantagem de requerer qualidade independentemente do tipo de indústria, e a de atender, ainda, a outros usos menos restritivos, tais como lavagem de pisos e equipamentos, e como água de processo em indústrias mecânicas e metalúrgicas.

Além disso, a qualidade de água adequada para resfriamento de sistemas semiabertos, é compatível com outros usos urbanos, não potáveis, tais como irrigação de parques e jardins, lavagem de vias públicas, construção civil, formação de lagos para algumas modalidades de recreação e para efeitos paisagísticos. Outros usos, que podem ser considerados nas fases posteriores na implementação de um programa industrial de reúso, incluem água para produção de vapor, para lavagem de gases de chaminés, e para processos industriais específicos, tais como metalúrgicos, produção primária de metal, curtumes, têxteis, químicas, petroquímicas, papel e celulose, material plástico e construção civil (Silva et al., 2003). Essas modalidades de reúso, envolvem sistemas de tratamento avançados e demandam, conseqüentemente, níveis de investimento elevados.

A conservação de água, visualizada como gestão da demanda, deve, também, ser estimulada nas indústrias, através de utilização de processos industriais modernos e de sistemas de lavagem com baixo consumo de água, assim como em estações de tratamento de água para abastecimento público, através da recuperação adequada e reúso das águas de lavagem de filtros e de decantadores.

As aplicações de água de reúso na indústria são basicamente as seguintes: (Hespanhol e Gonçalves, 2005, adaptado):

- como fluido de resfriamento ou aquecimento. Nestes casos, a água é utilizada como fluido de transporte para remoção do calor de misturas reativas ou outros dispositivos que necessitam de resfriamento devido à geração de calor, ou então, devido às condições de operação estabelecidas, pois a elevação de temperatura pode comprometer o desempenho do sistema, bem como danificar equipamento;
- como matéria-prima em processos industriais;
- usos como fluido auxiliar, tais como preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículos, ou ainda, para as operações de lavagem.
- uso para geração de energia. Para esse tipo de aplicação, a água pode ser utilizada por meio da transformação da energia, potencial ou térmica, da água, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica.
- como descarga em vasos sanitários e mictórios;

- na construção civil, cabines de pintura, combate a incêndio, rega de áreas verdes ou incorporação em diversos subprodutos gerados nos processos industriais, seja na fase sólida, líquida ou gasosa.

A água para uso industrial requer características de qualidade em função do tipo de uso considerado. Na maioria dos casos, o efluente requer um tratamento adicional após o tratamento secundário, alcançando assim a qualidade de água requerida para um determinado uso industrial.

Como exemplo, a fábrica de “blue jeans” de Medellín, Bogotá (Figura 5) construiu uma estação de tratamento completa e reusa 60% do efluente de qualidade elevada produzido.



Figura 5 – Fábrica de Jeans Medellín, Bogotá, Colômbia. (a) Unidade Principal de Tratamento (b) Decantador (c) Flotador (d) Efluente final (fotos do autor)

Agricultura

Agricultura

A agricultura irrigada vem se tornando, nos últimos anos, uma das atividades econômicas mais importantes no Brasil. A irrigação e a drenagem dos campos irrigados são atividades que permitem compensar os efeitos negativos da má distribuição, espacial e temporal, das águas de precipitação.

Em 2002 (Christophidis, 2002) a área total cultivada no Brasil foi estimada em 54 milhões de hectares, dos quais apenas 3 milhões de hectares eram irrigados. Entretanto, essa pequena porcentagem era responsável por 14% de toda a produção agrícola nacional. Atualmente, o total cultivado no país é de 77 milhões de hectares, mas a área irrigada ainda se mantém próxima aos mesmos 3% anteriores.

Por meio da irrigação, pode-se intensificar a produção agrícola, regularizando, ao longo do ano, as disponibilidades e os estoques de alimentos, uma vez que esta prática permite uma produção na contra-estação. A atividade de irrigação é a maior consumidora de água entre os diversos usos desse recurso natural. Dentro dela, os consumos específicos variam bastante, dependendo do método de irrigação empregado. A natureza do solo, o tipo de requerimentos das diferentes culturas e os índices de evaporação locais são elementos importantes para definir o consumo de água para irrigação.

A demanda de água para o setor agrícola brasileiro representa 70% do uso consumptivo total, com forte tendência para chegar a 80% até o final da década. As razões para o aumento do uso de esgotos para a irrigação nas duas últimas décadas foram (Hespanhol, 2003):

- a dificuldade para identificação de fontes alternativas de águas para a irrigação;
- os elevados custos dos fertilizantes;
- a segurança de que os riscos para a saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções são efetivamente tomadas;
- os elevados custos dos sistemas de tratamento, necessários para a descarga de efluentes em corpos receptores;
- a aceitação sociocultural da prática de reúso agrícola;
- o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Efluentes de sistemas convencionais de tratamento, tais como lodos ativados, têm uma concentração típica de 15 mg/litro de N total e 3 mg/litro de P total, proporcionando, portanto, às taxas usuais de irrigação em zonas semiáridas (aproximadamente 2 metros por ano), uma aplicação de N e P de 300 e 60 kg/ha/ano, respectivamente. Essa aplicação de nutrientes reduz, substancialmente, ou mesmo elimina a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais. Além dos nutrientes (e dos micronutrientes, não disponíveis em fertilizantes sintéticos), a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água.

O aumento de produtividade não é, entretanto, o único benefício na aplicação de efluentes tratados na agricultura, uma vez que se torna possível ampliar a área irrigada e, quando as condições

climáticas permitem, efetuar colheitas múltiplas, praticamente ao longo de todo o ano (Hespanhol, 2003).

Um exemplo notável de recuperação econômica, associada à disponibilidade de esgotos para irrigação é o caso do Vale de Mesquital, no México, onde a renda agrícola aumentou de quase zero no início do século, quando os esgotos da cidade do México foram postos à disposição da região, até aproximadamente 4 milhões de dólares americanos por hectare, em 1990 (CNA, 1993)

Estudos efetuados em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em sistemas de irrigação com esgotos adequadamente administrados. A Tabela 3 mostra os resultados experimentais efetuados em Nagpur, Índia, pelo Instituto Nacional de Pesquisas de Engenharia Ambiental (NEERI), que investigou os efeitos da irrigação com esgotos, sobre as culturas produzidas (Shende, 1985).

Tabela 3 - Aumento da produtividade agrícola (ton/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos (Fonte: Shende, 1985)

IRRIGAÇÃO COM	TRIGO (8 ANOS (*))	FEIJÃO (5 ANOS)	ARROZ (7 ANOS)	BATATA (4 ANOS)	ALGODÃO (3 ANOS)
ESGOTO BRUTO	3,34	0,9	2,97	23,11	2,56
EFLUENTE PRIMÁRIO	3,45	0,87	2,94	20,78	2,3
EFLUENTE DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
ÁGUA + NPK	2,7	0,72	2,03	17,16	1,7

Sistemas de reúso adequadamente planejados e administrados, trazem melhorias ambientais e de saúde pública, principalmente em áreas rurais de países em desenvolvimento. Alguns dos aspectos altamente positivos do reúso de esgotos na agricultura são os seguintes:

- evita a descarga de esgotos em corpos de água;
- preserva recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos.
- permite a conservação do solo, através da acumulação de "humus", aumenta a resistência à erosão e a capacidade de solos em reter água;
- contribui, principalmente em países em desenvolvimento, para o aumento da produção de alimentos, elevando, assim os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas a esquemas de reúso.

Entretanto, podem ocorrer efeitos deletérios em associação com o uso de esgotos para irrigação. Uma consequência potencialmente negativa é a poluição, por substâncias e produtos químicos, particularmente por nitratos e organismos patogênicos, de aquíferos subterrâneos, utilizados para abastecimento de água. Isso ocorre quando uma camada insaturada, altamente porosa se situa sobre o aquífero, permitindo a percolação de nitratos. Quando a parte superior do aquífero é constituída por camada profunda e homogênea, com capacidade para reter e processar esses elementos, a possibilidade de contaminação é bastante pequena. A assimilação de nitrogênio pelas plantas cultivadas, por exemplo, reduz a possibilidade de contaminação por nitrato, mas isso depende das taxas de assimilação pelas plantas e das taxas de aplicação de esgotos no solo.

O acúmulo de contaminantes químicos no solo é outro efeito negativo que pode ocorrer. Dependendo das características dos esgotos, a prática da irrigação por longos períodos, pode levar à acumulação de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, e ao aumento significativo de salinidade, em camadas insaturadas (Foster et al., 1994). Para evitar essa possibilidade, a irrigação deve ser efetuada com esgotos de origem predominantemente doméstica.

Sistemas adequados de drenagem, devem ser também considerados, visando minimizar o processo de salinização de solos irrigados com esgotos. Da mesma maneira, a aplicação de esgotos por períodos muito longos, pode levar à criação de habitats, propícios à proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como mosquitos e algumas espécies de caramujos.

8. Recarga gerenciada de aquíferos

A prática de recarga gerenciada de aquíferos, com efluentes domésticos tratados vem encontrando aplicação em diversas partes do mundo tanto em regiões áridas e semiáridas como em áreas com disponibilidade hídrica elevada. No Brasil, a prática que é ainda pouco conhecida, vem suscitando reações de hidrogeólogos, biólogos, engenheiros ambientais e de conservacionistas em geral, que a consideram como uma metodologia com grande potencial para contaminar as águas subterrâneas.

A recarga natural de aquíferos subterrâneos se realiza diretamente, através da precipitação pluviométrica e de run-off, ou através de rios, lagos e reservatórios. A recarga natural é, evidentemente efetuada sem qualquer controle ou seleção, podendo vir, também, a poluir os aquíferos subjacentes. A condição mais crítica ocorre quando a recarga é influenciada pela atividade antrópica não planejada ou inconsciente, submetendo os aquíferos a um processo de contaminação por infiltração e/ou lixiviação associada à aplicação, no solo, de efluentes ou biossólidos e de fertilizantes e biocidas. Ocorre, ainda, pela infiltração de micro poluentes orgânicos e inorgânicos presentes em áreas degradadas, ou de combustíveis e chorume, oriundo de aterros sanitários ou depósitos de lixo a céu aberto.

A engenharia de recursos hídricos desenvolveu, com a finalidade de aumentar a disponibilidade de água e de, eventualmente, resolver problemas localizados, a tecnologia de recarga gerenciada, utilizando efluentes adequadamente tratados. Essa prática permite o aumento das reservas subterrâneas com velocidade muito maior do que as que ocorrem naturalmente, proporcionando, ainda, maior segurança, em termos de proteção dos aquíferos, uma vez que a qualidade da água de recarga é adequadamente monitorada. Recarga pode ser efetuada por poços diretamente para os aquíferos sobre pressão, ou através de bacias de infiltração onde a água infiltra até o aquífero

A recarga artificial, vista como uma modalidade de reúso, pode atender a uma gama significativa de objetivos, entre os quais (Hespanhol, 2006):

- proporcionar tratamento adicional de efluentes

A infiltração e percolação de efluentes tratados se beneficia da capacidade natural de biodegradação, sorção, hidrólise, precipitação, complexação, troca iônica, filtração, etc. dos solos, proporcionando um tratamento "in situ" e permitindo, em função do tipo de efluente utilizado, dos métodos de recarga, de condições hidrogeológicas e dos usos previstos, eliminar a necessidade de sistemas de tratamento avançados. O sistema de tratamento proporcionado pelo conjunto da camada insaturada e do aquífero propriamente dito é designado por Tratamento Solo-Aquífero ou TSA.

O processo de recarga contribui, ainda, para a perda de identidade entre efluentes tratados e a água subterrânea, reduzindo o impacto psicológico do reúso para fins benéficos diversos;

- aumentar a disponibilidade de água em aquíferos potáveis ou não potáveis;

Esta é uma das principais vantagens da recarga artificial, particularmente em áreas carentes de recursos hídricos. A transformação de esgotos em água com qualidade para o atendimento de usos benéficos tais como a irrigação e fins potáveis, se constitui, também, em benefício ambiental, evitando a descarga de efluentes em corpos d'água;

- proporcionar reservatórios de água em substituição a reservatórios superficiais;

Alguns usos de água, que apresentam demanda sazonal, requerem grandes reservatórios para armazenamento ou métodos alternativos de descarga nos períodos de baixa demanda. Esses reservatórios, quando construídos na superfície demandam grandes áreas e estão sempre associados a custos elevados. Além dos impactos ambientais que causam, reservatórios superficiais são afetados por poluição, evaporação, desenvolvimento de gostos e odores devido a proliferação de algas, produção excessiva de macrófitas e outros problemas que implicam em custos de operação e manutenção;

- permitir que o aquífero possa servir como um eventual sistema de distribuição, eliminando canais ou linhas troncos;

dependendo de condições locais, os poços de recuperação da água infiltrada podem ser localizados em diversos pontos críticos de demanda, permitindo redução de custos associados a sistemas de distribuição e de reservatórios de regularização;

- prevenir subsidência de solos

A subsidência de solos, definida como "movimento para baixo ou afundamento do solo causado pela perda de suporte subjacente" se constitui em problema relevante em áreas onde ocorre excessivo bombeamento de água de aquíferos não suficientemente recarregados naturalmente. A recarga de aquíferos afetados por subsidência elimina ou minimiza o fenômeno da subsidência.

- prevenir a intrusão de cunha salina, em aquíferos costeiros.

O bombeamento excessivo de água subterrânea de aquíferos adjacentes a áreas costeiras pode provocar a intrusão de água salina, tornando-os inadequados como fontes de água potável ou para outros usos que não toleram salinidade elevada. Baterias de poços de injeção, ou bacias de infiltração, podem ser construídos em áreas críticas, criando barreiras para evitar a intrusão salina. Efluentes tratados são injetados nos aquíferos confinados, estabelecendo um gradiente hidráulico no sentido do mar, que previne a penetração de água salgada no aquífero.

Os métodos utilizados para recarga gerenciada de aquíferos com água recuperada são a injeção direta nos aquíferos, através de poços especialmente construídos para essa finalidade ou através de bacias de infiltração. Para recarga direta é necessário tratar os efluentes a nível de água potável para proteger a integridade sanitária do aquífero (Foster et al, 1994). Considerando os custos do tratamento mais os custos dos poços o processo exige grandes investimentos. A recarga efetuada através de bacias de infiltração é sempre mais econômica uma vez que utiliza a capacidade de depuração do solo evitando, portanto, a necessidade de tratamentos avançados e a construção de poços de injeção. Neste caso será necessário efetuar levantamentos hidrogeológicos para obter as características da camada insaturada e dos parâmetros hidráulicos do próprio aquífero, tais como composição, porosidade, permeabilidade do solo, etc. A Figura 6 ilustra um esquema de uma unidade de tratamento de esgotos e injeção de água por meio de lagoas em Tucson, Arizona, Estados Unidos e a Figura 7-a apresenta duas do total de seis lagoas de infiltração da unidade mencionada e a Figura 7-b um poço de extração.

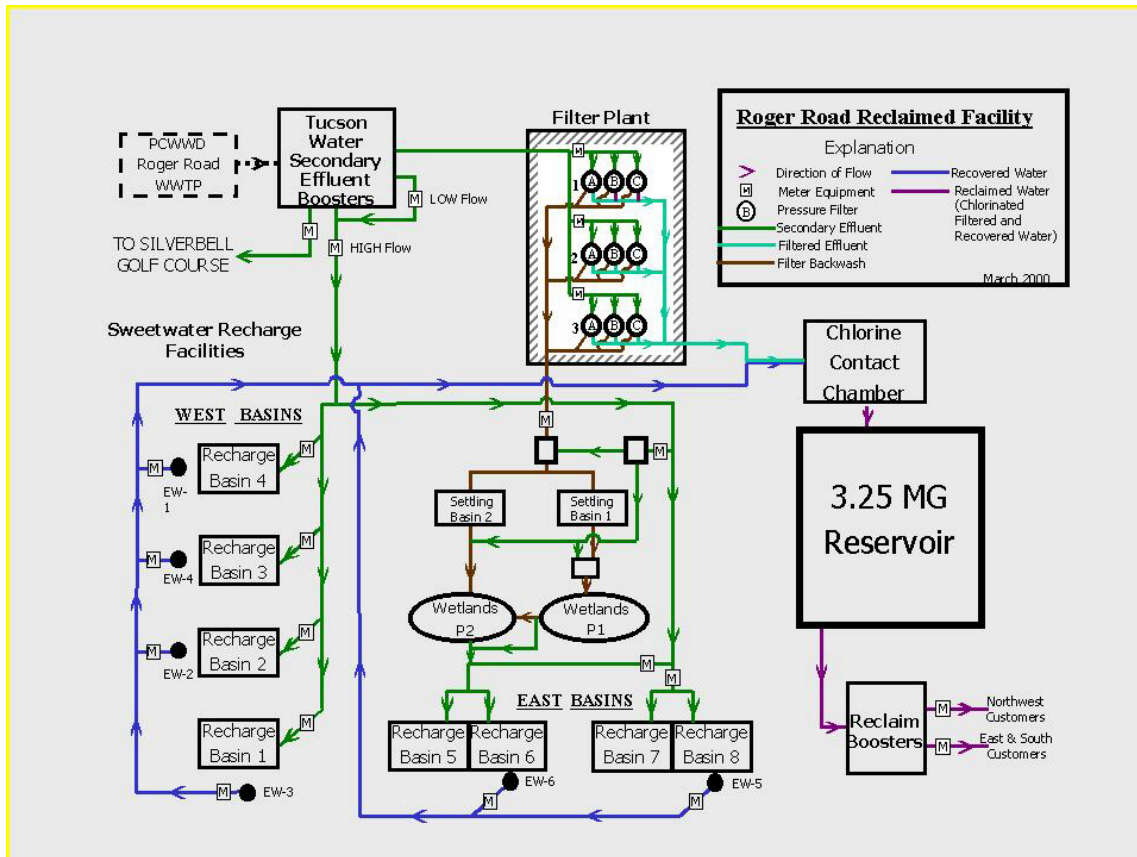


Figura 6 – Tratamento de esgotos e distribuição de água tratada e recuperada, Sweetwater Facility, Tucson, Arizona, EUA.



Figura 7 – (a) Lagoas de Infiltração (b) poço de extração, Sweetwater Facility, Tucson, Arizona, EUA.
(fotos do autor)

9. Recreação

Atividades recreativas associadas a reúso de água incluem pesca, canoagem, esqui aquático e outras atividades que envolvem contato mínimo com a água. Natação e vadeação são atividades permitidas apenas quando a qualidade da água atende aos requisitos legais relativos a contato corporal e ingestão incidental de água

Um exemplo marcante desse tipo de reúso é o Santee Lake Recreational Project situado no município de Santee, Califórnia, EUA, ocupando uma área total de 77 hectares, incluindo 33 hectares de lagos. O parque recebe aproximadamente 550.000 visitantes por ano e, apesar de ser alimentado com efluentes tratados a nível avançado (sistema biológico de lodos ativados, nitrificação e desnitrificação, coagulação, floculação, sedimentação lamelar, filtração, cloração e remoção de cloro através de dióxido de enxofre) são permitidas apenas atividades que não envolvem contato corporal completo. Na fase inicial de operação o sistema incluía uma piscina natural, onde era permitida natação nas partes mais rasas. Essa atividade foi posteriormente proibida pelo fato de que o fundo de areia da piscina contribuía para aumento de turbidez das águas, cujas partículas poderiam, ainda, abrigar algumas formas de bactérias patogênicas. (Asano et al., 2007).

A prática de reúso para fins recreativos (de maneira consciente e controlada), é, ainda, totalmente inexistente no Brasil, mas poderá vir a ser, futuramente, uma forma benéfica de utilizar esgotos

tratados, em função da grande demanda reprimida de lazer existente, principalmente em grandes regiões metropolitanas.

A presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reúso, principalmente os oriundos de estações de tratamento de esgotos de grandes conurbações com polos industriais expressivos, classifica o reúso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, dependendo de sistemas de tratamento avançado para atender aos requisitos de qualidade para quaisquer fins (Metcalf & Eddy, 2003), três fatores de especial interesse podem limitar a oferta de água de reúso para fins potáveis: a presença de vírus entéricos, de constituintes orgânicos, incluindo produtos químicos industriais, resíduos residenciais, medicamentos e metais pesados. Os efeitos de vários destes constituintes relacionados à saúde não são bem conhecidos e, por esse motivo, as agências ambientais de regulação em todo o mundo procedem com muito cuidado no sentido de permitir o reúso para fins potáveis.

10. O desconhecido potencial de reúso

A quantidade total de água, disponível na terra, há mais de 500 milhões de anos, é de aproximadamente 1,4 bilhões de km³. Embora esse seja um volume finito, através do ciclo hidrológico a água se constitui em um recurso renovável e, portanto, permanentemente disponível. Quando reciclada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro que é, através da atividade antrópica, deteriorada a níveis diferentes de poluição. Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos. A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reúso, estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais. As modalidades de usos potenciais de esgotos tratados, que podem ser implementados, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais são mostradas abaixo. (Hespanhol, 1999)

Qualquer que seja a forma de reúso empregada é fundamental observar que os princípios básicos que devem orientar essa prática são: a preservação da saúde dos usuários, a preservação do meio ambiente, o atendimento consistente às exigências de qualidade, relacionadas ao uso pretendido e a proteção dos materiais e equipamentos utilizados nos sistemas de reúso. (Hespanhol, 2002)

Na realidade o RPD não é uma tecnologia para ser utilizada "in extremis", pois hoje já ocorrem aplicações que foram inimagináveis há alguns anos atrás.

Um exemplo inaudito é a prática de reúso potável em desenvolvimento por 3 cervejarias de Denver, CO, Lone Tree Brewing Company, 105 West Brewing Company and Lost Highway Brewing Company.

Esta última recebeu 330 galões americanos (1249 litros), da CH2M (empresa de engenharia situada em Chicago com escritório no Brasil) de água de RPD e está produzindo a cerveja "Double Take".

A água de RPD utilizada para a produção da cerveja é recalçada para um veículo móvel equipado com um sistema de tratamento avançado com barreiras múltiplas (redundante) com operações e processos unitários avançados incluindo membranas de ultrafiltração, e de osmose reversa, oxidação avançada (Peróxido de Hidrogênio e Radiação UV de alta pressão (1.000 joules/ cm²), carvão ativado e desinfecção com cloro, projetado pela CH2M em associação com o Pima County, AZ.

O futuro relativamente próximo, levará, certamente, a uma mudança de avaliação do RPD. Nos próximos 35 anos, a população mundial aumentará a um nível de gerar uma cidade virtual com 1 milhão de habitantes a cada semana, com um agravante: o crescimento populacional ocorrerá principalmente em áreas urbanas da América Latina, África e Ásia (ONU, 2012 – ONU-Organização das Nações Unidas. Agenda 21, Rio de Janeiro: CM-MED, 1992)

11. As três realidades externas de Alex Tegmark.

Em seu livro sobre as diversas maneiras de visualizar o universo, suas obras, sistemas e objetos Alex Tegmark (Tegmark, M, 2014, página 239), propôs três realidades externas:

- Realidade física externa – como é o mundo físico real, isto é a realidade;
- Realidade de consenso – como grupos de indivíduos interpretam subjetivamente a realidade externa, e;
- Realidade Interna – a maneira como uma pessoa interpreta a realidade externa.

Fazendo uma analogia entre as realidades externas de Tegmark com o mundo real, particularmente ao mundo do saneamento, a única escolha seria acreditar naquilo que é real, isto é, a primeira opção, assumindo que o mundo físico fosse aquele que realmente existe.

Entretanto ao que concerne os sanitaristas ortodoxos em grupo, ou individualmente foram escolhidas a segunda e a terceira opções assumindo que os rios da RMSP e do Médio estão perfeitamente salubres, com alto índice de oxigênio dissolvido, e com elevada diversidade de peixes e de outros organismos aquáticos benéficos.

Essa visão absolutamente onírica de sanitaristas ortodoxos que interpretam o saneamento de modo monotemático visando apenas o abastecimento de água e assumindo que não há esgoto bruto assolando a RMSP, o Estado de São Paulo e grande parte do Brasil, parodiando, inconscientemente os tomadores de decisões sobre gestão hídrica que criticam permanentemente. Eles não conseguem compreender que o RPD resolve dos pontos de vistas ambiental e de saúde pública e econômica e tecnicamente, tanto o abastecimento de água como o terrível problema da poluição hídrica.

O RPD já está consolidado em muitos países desenvolvidos e em estado de industrialização não mostrando quaisquer vínculos de doenças hídricas associados a este sistema de distribuição, como será mostrado mais abaixo.

12. Estruturas de Reúso

Diversas configurações de sistemas de reúso podem ser adotadas em função de disponibilidades locais, como condições geográficas adequadas, disponibilidade e qualidade da água disponível, etc.

12.1 Reúso Potável Indireto não Planejado – RPINP

A maioria dos municípios ribeirinhos brasileiros, pratica, inconscientemente o RPINP, caracterizado como o lançamento de esgotos tratados ou brutos em rios ou reservatórios. Os municípios de jusante adotam a mesma prática, tratando e distribuindo os esgotos de montante, praticamente sem diluição. No estado de São Paulo esse procedimento ocorre nos Rios Tietê e Paraíba do Sul.

Nessa estrutura a água residuária, é lançada diretamente a um corpo diretamente com ou sem tratamento. Os municípios de jusante captam essas águas poluídas tratando-as por sistemas convencionais e lançando os efluentes. No mesmo corpo de água e assim sucessivamente, como mostrado na Figura 8. Essa modalidade corresponde a um RPINP e inconsciente.

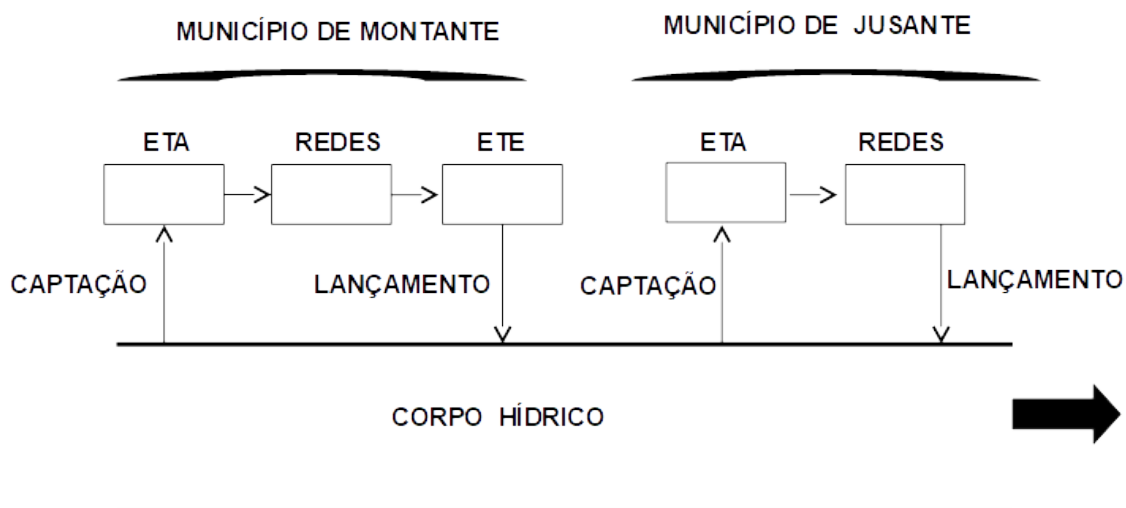


Figura 8 – Reúso Potável Indireto Não Planejado (RPINP)

Essa prática implica em problemas ambientais e de saúde pública relevantes, mas, até o presente nenhum engenheiro sanitário, mesmo aqueles que permanentemente criticam os tomadores de decisão sobre gestão de recursos hídricos do Estado de São Paulo, jamais abordaram este aspecto ou propuseram quaisquer ações para minimizar ou resolver este problema. O mesmo ocorre com os nossos órgãos de controle ambiental e de saúde pública.

12.2 Reúso Potável Indireto Planejado – RPIP

O RPIP, consiste em um sistema de tratamento avançado e subsequente diluição em um Atenuador Ambiental na forma de reservatórios superficiais ou subterrâneos, através de recarga gerenciada de aquíferos. No RPIP os esgotos previamente tratados são lançados em atenuador ambiental com qualidade de água compatível, cujas funções são as seguintes: A Figura 9 apresenta um esquema de RPIP

O atenuador ambiental pode ser natural, (um pequeno lago ou reservatório isolado) ou construído. Deve ser adequadamente projetado para servir como um sistema intermediário entre o sistema de tratamento de esgotos e o sistema de tratamento de água potável. Se o sistema envolve um grau significativo de variabilidade no sistema de tratamento de esgotos, esse reservatório deverá ser de dimensões relativamente elevadas, permitindo tempo suficiente para responder às eventuais deficiências do processo e efetuar uma certificação extensiva do efluente produzido. Caso o sistema apresente um elevado grau de confiabilidade, o reservatório de retenção poderá ter dimensões reduzidas ou mesmo não ser incluído no sistema de reúso.

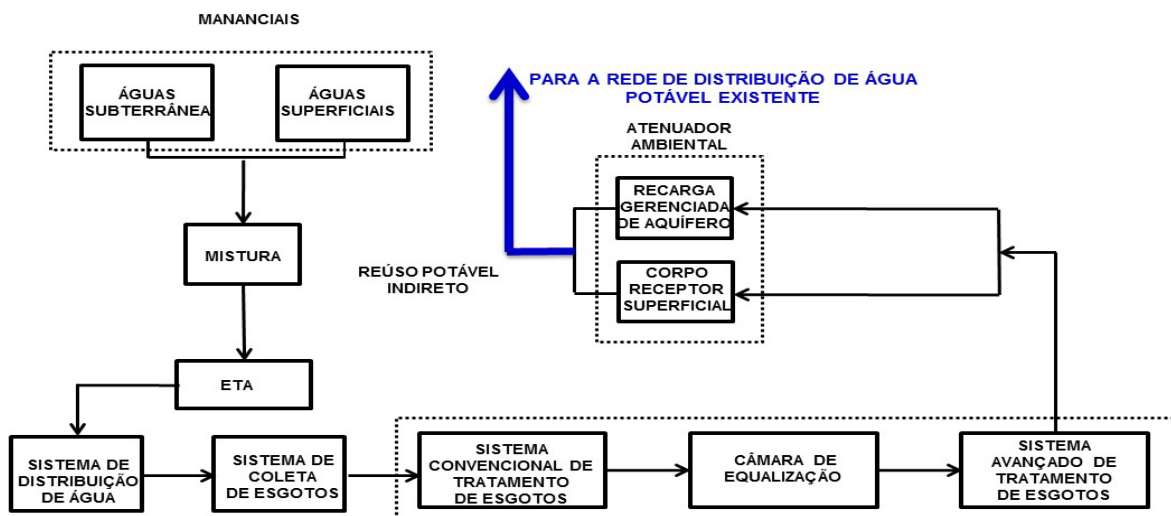


Figura 9 – Reúso Potável Indireto Planejado (RPIP)

Os objetivos dos atenuadores ambientais (Figura 9) são os seguintes:

- proporcionar diluição e estabilização dos contaminantes ainda existentes no efluente tratado;
- proporcionar, através de sistemas naturais, barreiras adicionais de tratamento para organismos patogênicos e/ou elementos traços;
- proporcionar tempo de resposta em caso de mau funcionamento de sistemas avançados de tratamento e;
- transmitir aos usuários de sistemas públicos de abastecimento a sensação de que o esgoto passa por sistemas naturais de diluição.

A legislação do estado da Califórnia (CDPH, 2008), para recarga gerenciada de aquíferos (que deve ser avaliada e adaptada para condições brasileiras), por exemplo, estabelece uma retenção de 6 meses, baseada na hipótese que cada mês de retenção proporciona a redução de 1 log (99%) de vírus, obtendo no período total uma redução correspondente a 6 logs (99,9999 %).

Na RMSP, apenas o reservatório Paiva Castro do Sistema Cantareira por apresentar água com qualidades adequadas para atuar como atenuador ambiental

Existe atualmente uma enorme quantidade de sistemas de RPIPs tanto experimentais como públicos operando em diversos países.

O sistema administrado pela Companhia Intermunicipal de Água, Veurne- Ambacht - IWVA, em Koksijde, no extremo norte da Bélgica, está em operação desde julho de 2002. A ETE de Wulpen, constituída por um sistema de lodos ativados foi construída em 1987 e reformada em 1994 para incluir remoção de Fósforo e Nitrogênio. O efluente da ETE Wulpen é encaminhado à Estação de Tratamento Avançado de Torreele onde passa por unidades de ultrafiltração (ZeeWeed, ZW 500C da Zenon) e, em seguida, por unidades de osmose reversa (30LE-440 da Dow Chemical).

O efluente da ETA de Torreele é, após um transporte de aproximadamente 2,5 quilômetros, infiltrado no aquífero arenoso, não confinado, de Saint André, com o objetivo de remover organismos patogênicos e traços de produtos químicos que possam ter ultrapassado a barreira de osmose reversa. A água é recuperada do aquífero a distancias variando entre 33 e 153m do ponto de recarga, através de 112 poços, com profundidades variando entre 8 e 12 metros. O extensivo sistema de monitoramento efetuado mostrou a excelente qualidade da água potável produzida. As análises efetuadas em 2007 nos efluentes do sistema de osmose reversa indicaram a ausência de produtos

farmacêuticos quimicamente ativos e de DEs acima dos limites de detecção de 0,5 a 10 ng/L (Van Houtte & Verbauwheide, 2008 e Vandenbohede et al, 2008).

O Reúso Potável Indireto Planejado – RPIP é difícil, senão impossível, de ser aplicado nas condições atuais brasileiras, devido às seguintes características técnicas, ambientais, legais e institucionais:

- Os corpos receptores superficiais que poderiam operar como atenuadores ambientais são, geralmente poluídos, não possibilitando os efeitos purificadores secundários deles desejados;
- Na realidade o oposto ocorreria, pois efluentes altamente purificados por processos avançados de tratamento seriam contaminados face aos elevados níveis de poluição da maioria de nossos corpos hídricos. Além disso, considerando que as estações de tratamento de esgotos-ETEs, são, geralmente, muito distantes das estações de tratamento de água-ETAs, os custos de interligação entre ambas seria muito elevado, particularmente na RMSP.

A opção adotada por vários sistemas de RPIP, em todo o mundo, é a de utilizar aquíferos subterrâneos como atenuadores ambientais através de recarga gerenciada. Entretanto, por desconhecimento da importância e benefícios inerentes, a prática de recarga gerenciada de aquíferos é, formalmente, rejeitada por nossos legisladores e por alguns órgãos de fomento, que vêm, continuamente, recusando o desenvolvimento de estudos e projetos, que dariam subsídios para o desenvolvimento de uma norma e de códigos de prática nacionais sobre o tema (Hespanhol, 2009). Não existe, portanto, atualmente, a possibilidade atual de serem utilizados, no Brasil, aquíferos como atenuadores ambientais.

12.3 Reúso Potável Direto – RPD

Numa primeira etapa, esta proposta se desenvolveu em termos de reúso para usos não potáveis. Nos últimos anos esta proposta vem se ampliando no sentido de adotar o reúso para fins potáveis. Este conceito, além de se constituir em solução econômica e ambientalmente correta proporcionará sistemas de abastecimento de água sustentáveis, tanto em termos de continuidade do abastecimento como em termos de proteção da saúde pública de seus usuários.

As tecnologias modernas de tratamento e de certificação da qualidade da água disponíveis atualmente têm grande potencial para viabilizar a prática do reúso potável direto. Pelo fato de empregar tecnologia e sistemas de controle e de certificação modernos proporcionará, certamente, melhores benefícios em termos de saúde pública do que o emprego das tecnologias de tratamento convencionais para tratar água oriunda de mananciais extremamente poluídos contendo, altas concentrações de esgotos domésticos e industriais.

RPD consiste, como mostrado na Figura 10, no tratamento biológico de efluentes domésticos, (sistemas convencionais ou sistemas MBRs, ou MBBRs), no tratamento avançado, por câmara de

balanceamento químico, e por reservatório de retenção e de certificação, e adentra um sistema público de distribuição de água potável, sem passagem por atenuadores ambientais, tanto superficiais como subterrâneos. (Hespanhol, 2015).



Figura 10 – Reúso Potável Direto (RPD)

A Figura 11 mostra quatro possíveis esquemas para permitir sistemas de tratamento avançado para RPD

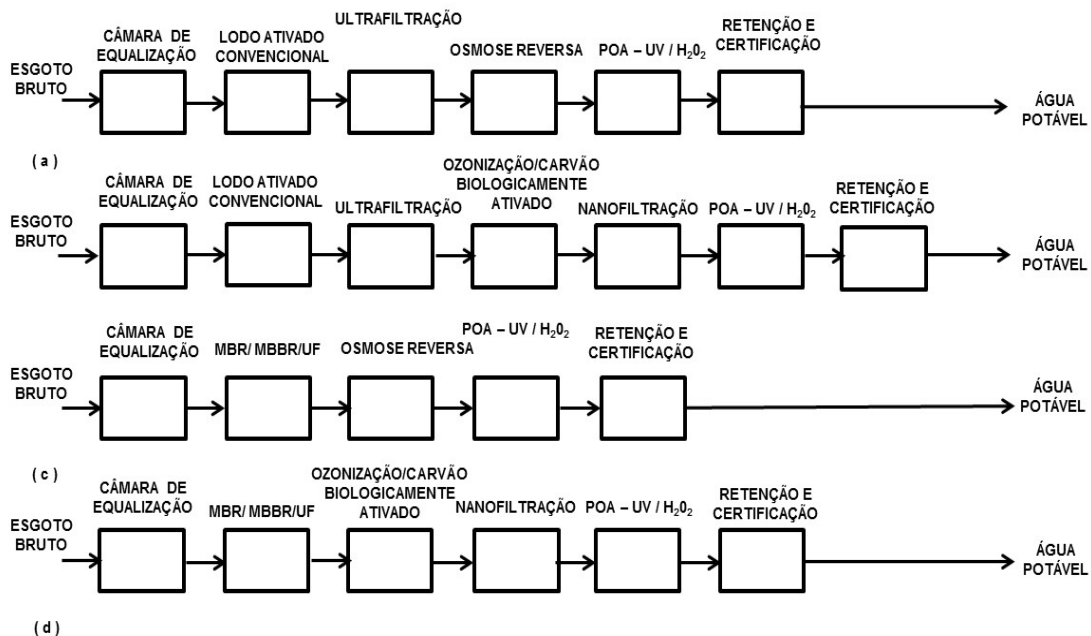


Figura 11 – Esquemas para reúso potável direto (Fonte: adaptado de Tchobanoglous et al, 2011)

A Figura 12 mostra a Estação Experimental de Denver, CO, para produção de água potável, já desativada, projetada como RPD.

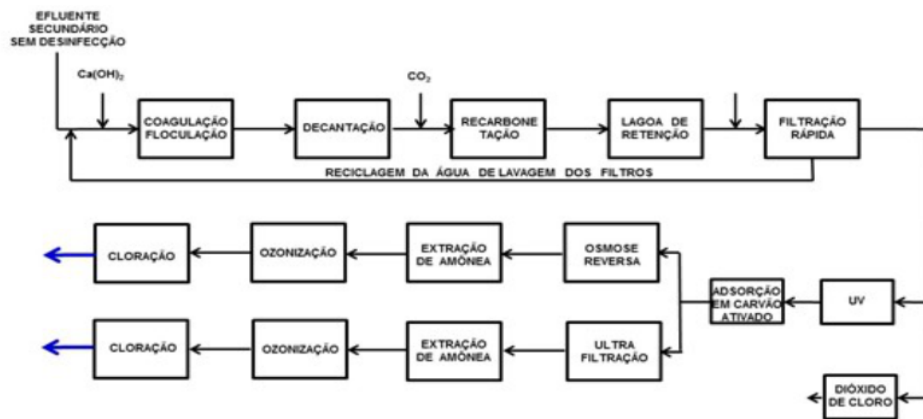


Figura 12 – Estação experimental de Denver, Colorado, EUA, para produção de água potável (Fonte: adaptado de Tchobanoglous et al, 2011)

A Figura 13 mostra esquematicamente o sistema de RPD proposto por Tchobanoblous

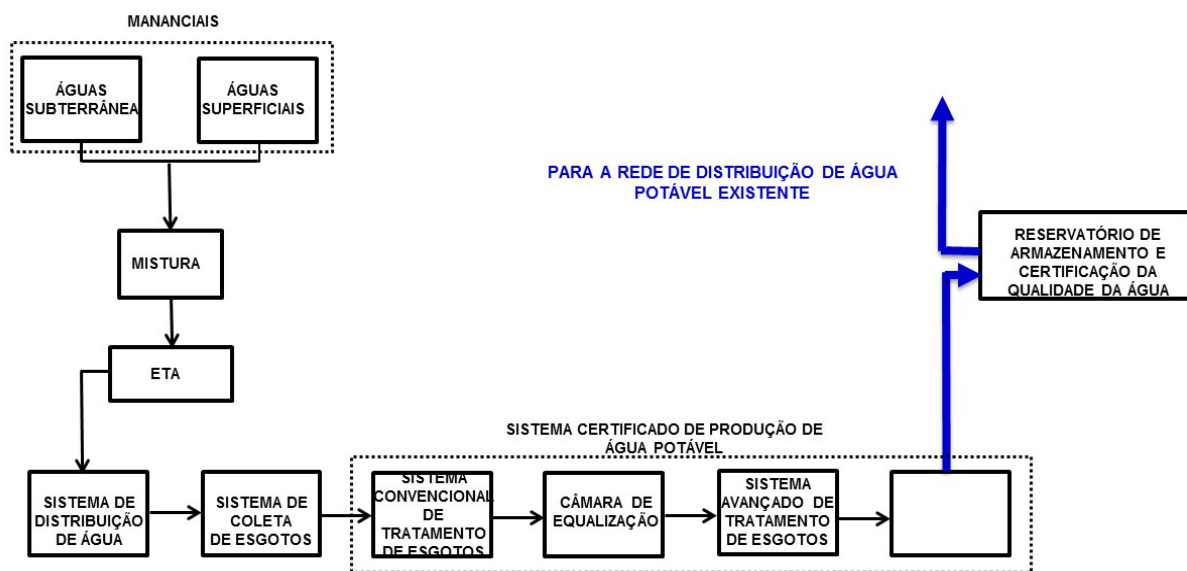


Figura 13 – Esquema de Reúso Potável Direto (Fonte: adaptado de Tchobanoglous et al, 2011)

A Figura 14 mostra esquematicamente o sistema de RPD instalado em Goreangab, Windhoek, Namíbia

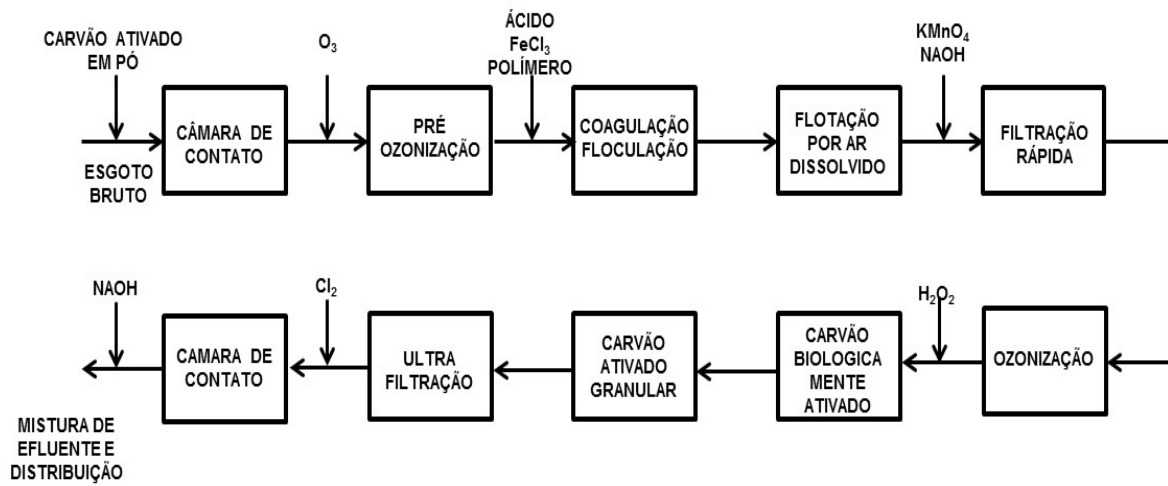


Figura 14 – Estação de Tratamento de Goreangab, Windhoek, Namíbia (Adaptado de Van der Merwe et al., 2008)

A Figura 15 mostra esquematicamente o sistema de RPD instalado em Cloudcroft, New México, EUA e a Figura 16 mostra esquematicamente o sistema de RPD instalado em Big Springs, Texas, EUA.

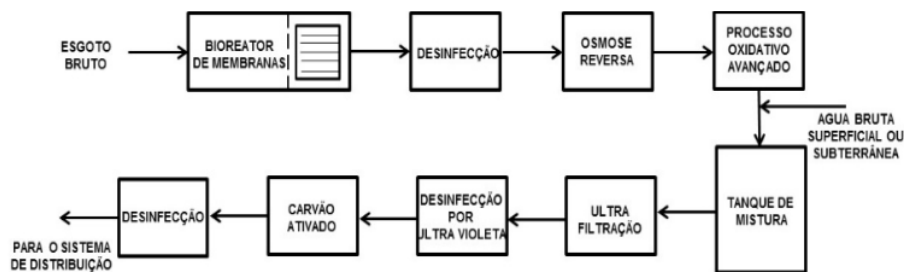


Figura 15– Estação de Tratamento de Cloudcroft, New Mexico, EUA. (Fonte: adaptado de Tchobanoglous et al, 2011)

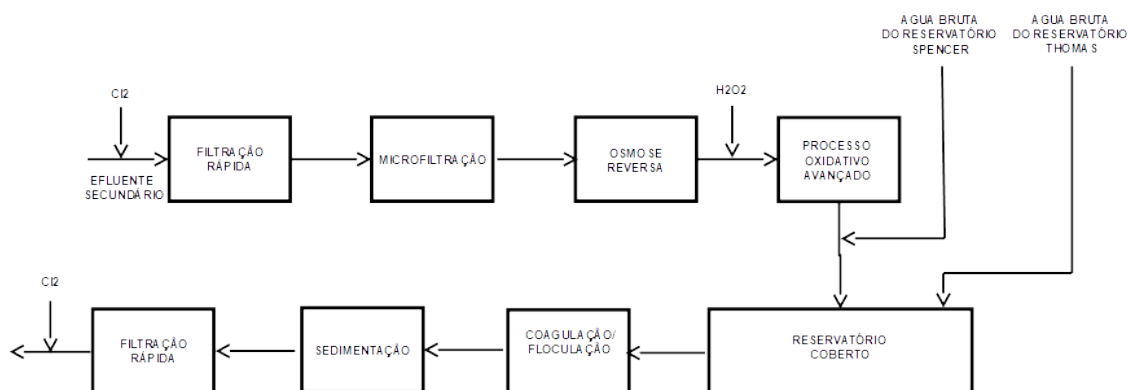


Figura 16– Estação de Big Springs, Texas, EUA. (Fonte: adaptado de Tchobanoglous et al, 2011),
Wichita Falls, Texas

Em 07.07.2017 a Texas Commission on Environmental - TCE autorizou a instalação do sistema de RPD em Wichita's. Essa solução foi adotada devido a uma seca histórica que deixou os lagos da região com disponibilidade de apenas 24%, tornando necessário aplicar níveis elevados de controle nunca utilizados anteriormente. Os exames e análises realizadas pela TCE mostraram que os exames e testes efetuados com a água produzida atendeu a todos os padrões de qualidade do Texas e da *Environmental Protection Agency* – EPA.

Após testes extensivos feitos pela City of Wichita Falls e da Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ), o TCEQ requisitou testes adicionais durante mais 30 dias. O projeto foi aprovado em 28 de junho de 2014, com a vazão de 5 milhões galões de água por dia (aproximadamente 19 milhões de m³ por dia) que corresponde a 1/3 do consumo diário.

O processo de tratamento envolve diversos passos: desinfecção, microfiltração, osmose reversa, com poros de diâmetro iguais a 0,0001 micron por onde passa apenas água retendo sais e outros contaminantes. O efluente é recalcado para uma lagoa de retenção e misturada com 50% de águas dos lagos Arrowhead e Kickapoo, que são previamente tratadas a nível potável. A mistura é então tratada com Dióxido de Cloro, Flúor, Cloro, redução da dureza, floculação, sedimentação e reestabilização

Como a mistura é efetuada com água tratada a um mesmo nível do efluente, as águas dos dois reservatórios não correspondem a atenuador ambiental sendo então considerado como sendo uma estrutura de RPD

Israel

Israel pratica extensivamente o reúso de água, para fins potáveis, mas, principalmente para irrigação.

A ETE de Mekorot instalada na Dan Region está entre os 30 projetos mundiais escolhidos pela Organização das Nações Unidas – ONU – para demonstrar a habilidade das autoridades locais em resolver problemas ambientais.

Alex Wiznitzer, presidente do Conselho Diretor da ETE de Mekorot e líder mundial em termos de qualidade e volume de esgoto utilizado na agricultura diz que o objetivo da companhia é o de utilizar totalmente todo o esgoto tratado produzido em Israel e parar completamente de lançar a parte remanescente no ambiente. Após tratamento convencional o esgoto é injetado em um aquífero que torna o efluente adequado para quaisquer tipos de irrigação.

Singapura

Singapura é uma pequena ilha com precipitação muito baixa, tendo por lema principal não perder uma única gota de água ou de esgoto

Em 2006 foi criado o programa PUB NEW WATER, (The Singapore National Water Agency) que é a responsável pelo desenvolvimento do Clean Water Programme (ABC) cujo objetivo inicial foi avaliar o que pode ser feito a partir de agora até o ano 2030. No início a Agência começou com dessalinização, mas devido aos custos considerados muito altos, tomou a decisão de produzir água potável tendo como matéria prima apenas águas pluviais e esgotos sanitários.

A produção segue um outro programa designado Smart Water Grid que monitora a qualidade da água de reúso produzida, a pressão e vazamentos da rede de distribuição através de sensores em tempo real, e a variação (declinando em poucos anos de 165 L/capita.dia a 151, embora a previsão para 2030 seja de 140) do consumo de água para consumo humano, industrial e agrícolas.

Em Singapura, o que chama a atenção com relação ao reúso de água são as instalações para produção de NEWater. NEWater é o efluente tratado de estações de tratamento de esgotos, comercializado como água para fins potáveis. É um caso de reúso potável direto.

Atualmente, cerca de 45.000 metros cúbicos por dia de NEWater são bombeados para os reservatórios de água bruta para uso potável indireto planejado. Para melhorar a compreensão pública da NEWater, o PUB embarcou em um programa de educação pública intensiva em NEWater, e propagandas, cartazes e folhetos foram produzidos. Briefings e exposições foram realizadas para aumentar a popularidade da NEWater. O NEWater Visitor Centre foi aberto em fevereiro de 2003 para o público, exibindo o uso de tecnologias de membrana de ponta e desinfecção ultra-violeta.

O início das operações da planta de NEWater se deu em 2000, com uma planta de demonstração em grande escala com uma capacidade de 10.000 metros cúbicos por dia. O serviço foi contratado para realizar testes extensivos sobre a qualidade da água recuperada, capacidade técnica e confiabilidade operacional da tecnologia de membrana para recuperar água de boa qualidade a partir de efluente tratado de uma estação de tratamento de esgoto municipal operando por lodos ativados. Ao mesmo tempo, uma estação em escala semi-piloto com o mesmo processo passou a usar NEWater para produção de água ultrapura para uma fábrica de biscoitos.

Um programa de intensa amostragem de água e análise abrangente foi implementado e da qualidade da NEWater aferida de acordo com os padrões da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). Laboratórios com métodos analíticos avançados de instituições locais e estrangeiras foram contratados para realizar auditoria física extensa e abrangente por meio de análises químicas e análise microbiológica da água em várias

fases do processo de produção ao longo de um período de 2 anos. Também foram incluídos parâmetros químicos de alguns poluentes emergentes.

Ao todo, cerca de 190 parâmetros e mais de 30.000 análises foram realizadas durante este período. Um painel internacional de especialistas que compreendem renomados especialistas nacionais e estrangeiros em engenharia, ciência biomédica, química e tecnologia da água foi formado para prestar assessoria independente sobre o estudo de recuperação de água e avaliar a adequação de NEWater como uma fonte de água para uso potável.

Os resultados do teste e da operação da planta foram regularmente auditados e revisados por um painel de especialistas. O painel de peritos concluiu que a NEWater é sempre de alta qualidade, bem dentro das exigências da USEPA e padrões da OMS para a água potável, sendo segura como uma fonte de água. O painel também recomendou o uso potável indireto através da introdução de NEWater em reservatórios de água bruta. Os estudos confirmaram que a água de altíssima qualidade recuperada pode ser confiável e consistente. Desta forma, o PUB embarcou em um programa para a produção em grande escala e fornecimento de NEWater diretamente para indústrias e setor comercial para uso não potável direto. Oficiais do PUB visitaram potenciais clientes, estudando as necessidades da indústria e preocupações. Os líderes do governo tomaram medidas para impulsionar o programa NEWater através do encontro com a indústria e passaram a beber NEWater em ocasiões públicas. Por fim, a criação de incentivos econômicos, tais como baixo preço e redução de impostos ajudariam com a execução do programa.

12. Custos associados ao tratamento de água para reúso

A grande maioria de sanitaristas ortodoxos não avalia corretamente quais os custos associados a reúso. Os custos primários associados aos sistemas de tratamento convencionais de esgotos não podem ser atribuídos ao reúso de água, pois são legalmente necessários para o atendimento aos padrões de emissão estabelecidos pelas Portarias CONAMA 357 e 430. Os custos atribuídos ao reúso de água são exclusivamente os custos marginais (Figura 17) que são associados às unidades de tratamento complementares necessárias para obter qualidades de efluentes compatíveis com os tipos de reúso estabelecidos. Esses custos devem ser atribuídos à concessionária que presta o serviço de coleta e tratamento de esgotos, que são baseados nas seguintes avaliações:

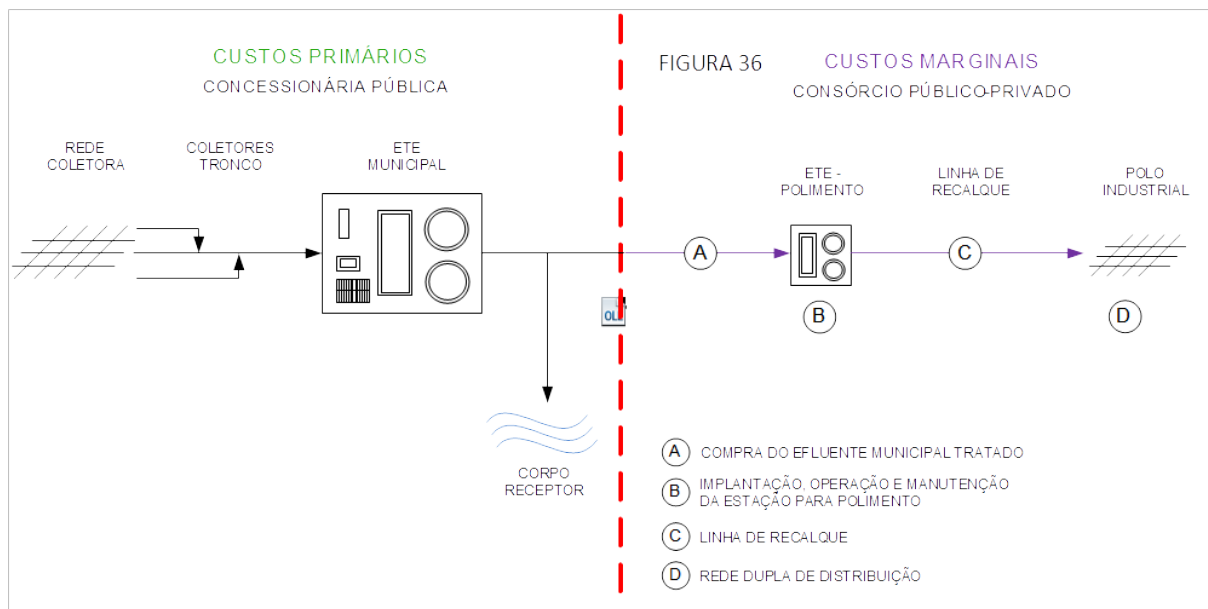


Figura 17 – Custos Primários e Marginais de Concessionárias Públicas

Condições e características adotadas para o cálculo de custos:

A – Valor da tarifa de água/esgoto da concessionária; vazões disponíveis; qualidade do efluente (o que poderá ser estabelecido de acordo com o nível de tratamento de cada ETE).

B – Qualidade requerida da água industrial; tecnologias a serem implantadas; todos os custos de implantação, operação e manutenção.

C – Vazões de água industrial; material utilizado; distância entre a estação e o polo consumidor; questões topográficas e de uso e ocupação do solo.

D – “Densidade de vazão” no parque industrial; número de ligações a serem executadas; vazões a serem compradas; duração dos contratos.

Como a grande maioria de sistemas de tratamento, para o atendimento da legislação brasileira são sistemas de lodos ativados convencionais, optou-se pela adaptação desses sistemas para que produzam efluentes com qualidade adequada para uma grande maioria de tipos de reúso. Essa adaptação que não envolve, praticamente obras civis, consiste na instalação de unidades de membranas de ultrafiltração nas próprias câmaras de aeração dos sistemas de lodos ativados, ou em pequenas câmaras adjacentes à câmara de aeração. O efluente de sistemas MBRs com membranas de ultrafiltração atendem a todas as variáveis estabelecidas na Portaria MS 2914/2008, com exceção de Cor Aparente, e se a água tratada for mantida em reservatório onde possa ocorrer a formação de limo, pode também ocorrer a presença de bactérias heterotróficas.

No Nordeste e no Estado de São Paulo, onde há predominância de lagoas de estabilização há necessidade de tratamento adicional. Se o sistema de lagoa incluir uma de maturação, será necessário apenas uma filtração em areia comum. Se não houver é necessário desinfecção e filtração. Nesses casos os custos de tratamento complementar poderão ser associados a sistemas de filtração em areia ou filtração e desinfecção.

Os custos totais para a adaptação de sistemas de lodos a sistemas de biomembranas-MBRs, foram calculados em R\$/m³/h para um período de retorno de 30 anos considerando as vazões de 180 m³/h (50 L/s), 360 m³/h (100 L/s), 720 m³/h, (200 L/s) e 1.800 m³/h (500 L/s) (Figura 18). Os custos dos sistemas de membranas completos, incluindo as membranas com poros de 0,035 µm, estruturas de suporte, válvulas, controles, bombas de lóbulo, medidores de vazão e sopradores (Puron Pulsion MBR, fibra oca, Koch Membrane Systems), foram os seguintes: R\$ 5,0, R\$ 8,62, R\$ 14,4 e R\$ 38,0 milhões para as vazões acima relacionadas, respectivamente.

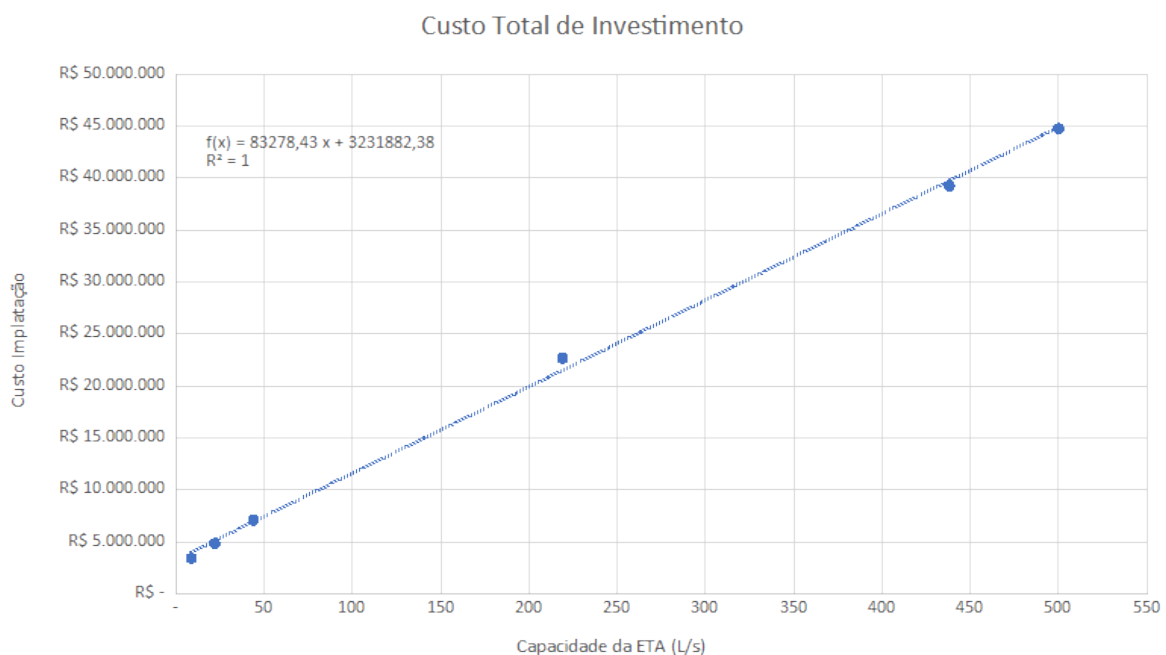


Figura 18– Custo Total de Investimento

13. Estudo piloto para RPD

Para demonstrar a viabilidade de um programa de RPD a Fundação Comitê das Bacias Hidrográficas Piracicaba, Capivari, Jundiáí financiou um modelo reduzido, que foi projetado e operado durante 1 ano pelo Centro Internacional de Referência em Reúso de Água-CIRRA/USP e ainda está instalado junto à ETE Capivari II da SANASA CAMPINAS, em Campinas.

A piloto (Figura 19) com nominal de 700 L/h integra 4 tecnologias A operação pode ser facilmente modificada através da mudança da direção de escoamento alterando o fechamento e a abertura de determinadas válvulas, permitindo a operação em 5 modalidades:

- Osmose Reversa de passo duplo + Carvão Biologicamente ativado – OR + CBA;
- Osmose reversa de passo duplo e Processo de Oxidação Avançado com Peróxido de Hidrogênio – OR+ POA radiação UV;
- Osmose reversa de passo duplo, Carvão ativado e processo oxidativo – OR+CA+POA;
- Osmose reversa de passo duplo, Processo oxidativo Avançado, Carvão ativado e carvão biologicamente ativado – OR+POA+CA+CBA, e;
- Influyente e Carvão biologicamente ativado - INFLUENTE+ CBA.

Com base na experiência do CIRRA sobre autópsia de membranas, uma unidade de radiação UV foi incorporada ao sistema na entrada do influente à unidade piloto, para prevenir o desenvolvimento de “*fouling*” nas membranas de OR.

A avaliação de parâmetros operacionais da unidade piloto foi efetuada através de monitoramento contínuo com um “*data logger*” sobre uma interface remota móvel, que registra os dados recebido dos sensores a cada 3 minutos, sem a intervenção de operadores

A avaliação do desempenho da unidade piloto foi efetuada durante 1 ano, em períodos diferentes do ciclo hidrológico

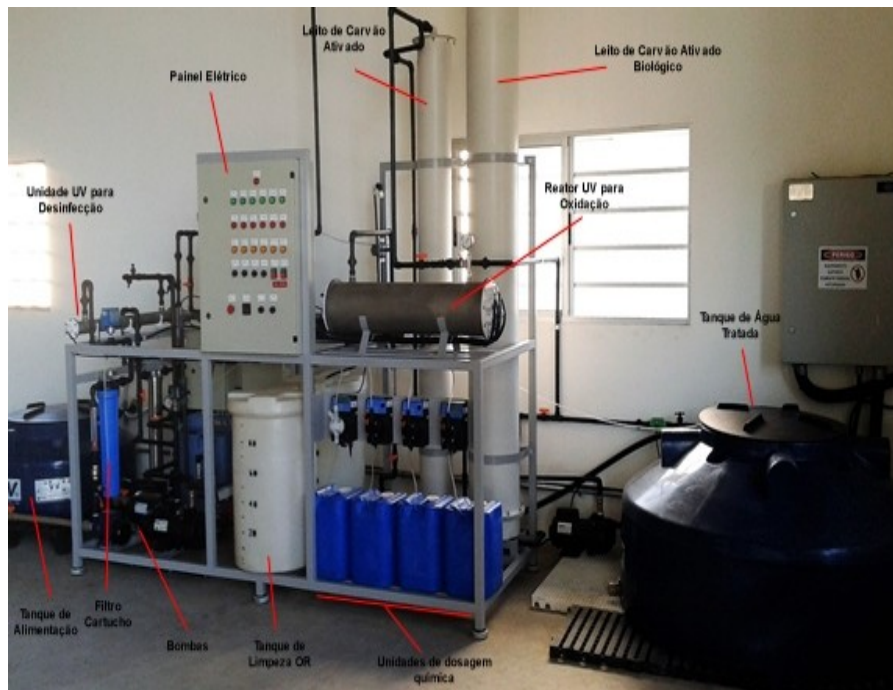


Figura 19 – Unidade Piloto para reúso potável direto SANASA, Campinas, São Paulo.(foto do autor)

Os parâmetros operacionais avaliados foram os seguintes:

- pressão transmembrana;
- pH do influente;
- vazões de alimentação e de recirculação;
- pH do influente;

Com base nesses dados foram calculadas;

- permeabilidade das membranas;
- taxa de recuperação das membranas;
- temperatura do permeado normalizado a 25° C, e;
- vazão normalizada.

As amostras para análise foram colhidas de todas as 5 modalidades de operação.

Foram tomadas amostras da vazão influente (efluente da ETE Capivari II) em semanas alternadas, antes da cloração e semanalmente após a RO e após POA quando esta operação unitária estava operando, também antes da cloração.

A qualidade da água produzida foi avaliada com:

- Portaria MS 2914/2008, que estabelece as variáveis e condições a serem atendidas para água potável no Brasil – análises efetuadas pelo laboratório certificado Merieux Nutrisciences, Campinas SP;
- Toxicidade com Luminescência (*Vibrio Fischeri*) -análises efetuadas pelo laboratório certificado Merieux Nutrisciences, Campinas SP;
- N-Nitrosodimethylamine (N-NDMA) – análises efetuadas pelo laboratório certificado Merieux Nutrisciences, Campinas SP;
- Teste de AMES para mutagenicidade - análises efetuadas pelo laboratório certificado Merieux Nutrisciences, Campinas SP;
- Vírus entéricos –análises efetuadas pelo Laboratório de Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas – ICB/USP
- Testes YES (Yeast Estrogenic Screen) e YAS (Yeast Androgenic Screen) para disruptores endócrinos e produtos farmacêuticos quimicamente ativos. Análises efetuadas pelo CIRRA.

14. Diretrizes para reúso potável - OMS

Considerando a importância e a adoção em nível mundial do RPD, a Organização Mundial da Saúde, publicou no início de 2017 as diretrizes para reúso potável para esta prática sob os aspectos de saúde pública e de proteção ambiental.

15. Sobre os custos imputados ao reúso.

Os sanitaristas ortodoxos não avaliam adequadamente os custos que são intrinsicamente associados ao reúso. Os custos associados a tratamento secundário são exigidos para o atendimento dos padrões de emissão estabelecidos pelas Resoluções CONAMA, nº 357 e 430, particularmente no que tange aos padrões de emissão de efluentes.

Portanto, os custos atribuídos ao reúso devem ser, única e exclusivamente, aqueles associados a operações e processos unitários ou a sistemas de tratamentos complementares subsequentes aos tratamentos secundários (biológicos ou físico químicos) visando obter qualidades de efluentes finais que atendam aos objetivos do reúso preconizados.

Sobre qualidade de água (que os autores esqueceram) Manancial protegido é o corpo hídrico que não recebe efluentes domésticos ou industriais ou qualquer outro poluente, tais como resíduos sólidos ou chorume. O conceito floresceu com os engenheiros do período vitoriano (junho de 1837 a janeiro de 1901) e foi consagrado no Brasil através de nossos luminares da engenharia sanitária, entre os quais Saturnino de Brito, José Martiniano de Azevedo Neto, Eduardo Riomey Yassuda, Odyer Sperandio, Lucas Nogueira Garcez, Ataulpho Coutinho, Lincoln Continentino, e muitos outros. Paulatinamente, o conceito foi ficando mais permissivo, sendo numa primeira fase, considerados como protegidos aqueles que recebessem apenas esgotos domésticos, pois estariam isentos de

micro poluentes complexos, orgânicos e inorgânicos característicos de efluentes industriais. Mesmo com a descoberta recente da presença de poluentes emergentes, contidos nos esgotos de origem doméstica, os mananciais que os recebem continuaram a ser considerados como adequados, levando ao esquecimento definitivo do conceito de manancial protegido. Chegamos, portanto, a uma estratégia esdrúxula de gestão de recursos hídricos no que concerne ao mais nobre dos usos da água pois, qualquer manancial, independentemente de seu nível de poluição, é considerado como adequado para produzir água potável.

Por outro lado, não restam dúvidas de que mananciais protegidos, dentro desse conceito, se tornaram praticamente inexistentes, ficando pouco realista a ideia de que apenas esses possam ser utilizados para abastecimento público. A única solução possível é, portanto, a de proporcionar sistemas de tratamento compatíveis com os níveis de poluição atual dos mananciais disponíveis, isto é, evoluir dos sistemas tradicionais de filtração e desinfecção com cloro para sistemas avançados de tratamento.

Como, atualmente, as soluções para tornar o abastecimento de água sustentável em regiões com estresse hídrico, incluem o reúso de água para fins potáveis, o emprego de sistemas modernos de tratamento se constitui em prática indispensável para a proteção da saúde pública de usuários dos sistemas públicos de distribuição de água.

16. Reúso de água no Brasil

Estimamos que o Brasil pratique reúso o equivalente a menos de que 1% do esgoto produzido. O reúso praticado é o para fins potáveis mostrado na Figura 8 (RPINP) mas a maioria é utilizada para reúso não potável. As causas são provavelmente, a falta de conhecimento dos benefícios que o reúso proporciona, desinteresse dos tomadores de decisão para buscar recursos para desenvolver a prática, e implementação de regulamentos irracionalmente restritivos implantados, principalmente, no Estado de São Paulo

Alguns estados do Nordeste (Rio Grande do Norte e Ceará, Pernambuco, Paraíba e Bahia) ainda praticam alguma forma de reúso, a maioria para a irrigação da forrageira capim elefante.

Apesar de ser ainda muito pequena o Estado de São Paulo é o estado que mais aplica em reúso do Brasil. A Figura 20 mostra as demandas captáveis e a Figura 21 os investimentos em reúso praticados na RMSP.

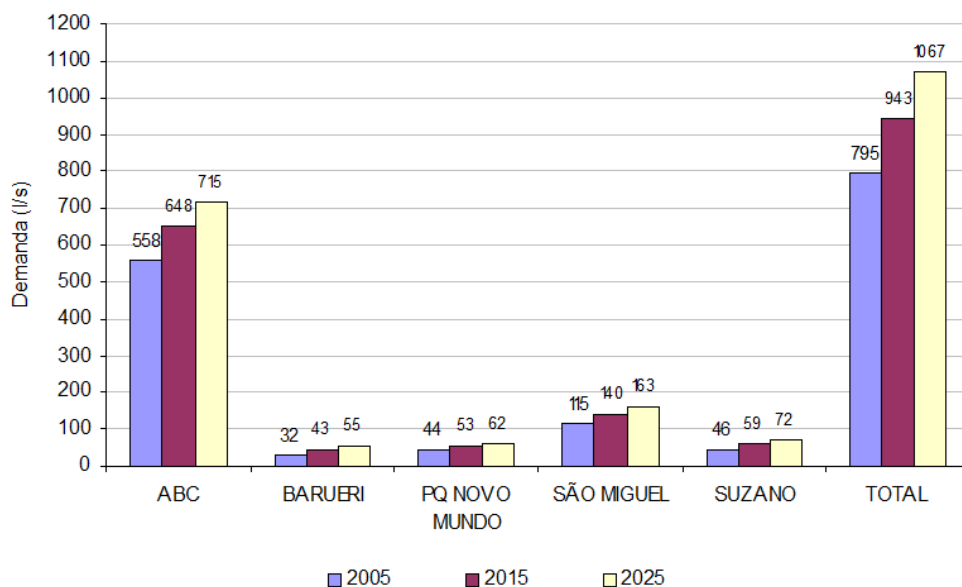


Figura 20 – Demandas Captáveis de Água de Reúso na Região Metropolitana de São Paulo

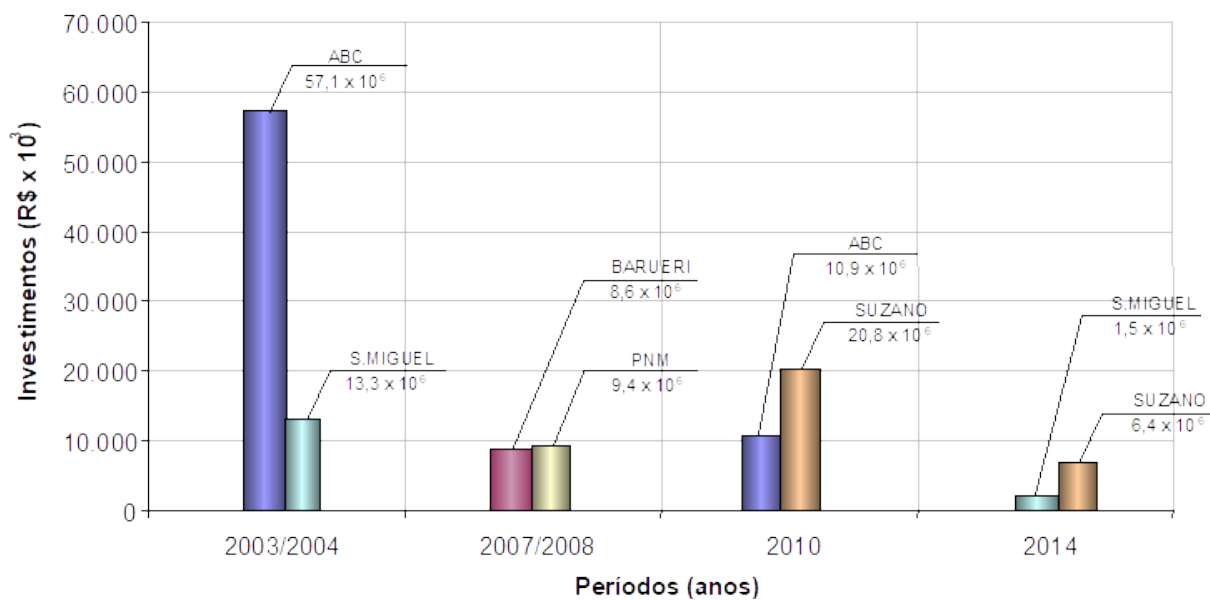


Figura 21 – Investimentos em Reúso na Região Metropolitana de São Paulo

Entretanto o Brasil desenvolve atualmente dois importantes projetos que irão avançar rapidamente a prática do reúso de água para todos os fins: 1” Proposta do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil”, sob a égide do Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA (Acordo de Empréstimo No. 8074- BR – Banco Mundial.) O Produto VI – Plano de Ações / Política de Reúso já foi finalizado e atualmente está sendo revisado. O CIRRA tem a honra de participar desse estudo na condição de consultor da CH2M, que lidera o projeto, e; 2 – “Avaliação de Lacunas e Alternativas para Impulsionar o Reúso de Água no Brasil e Desafios de Regulação”, sob a égide da Confederação Nacional da Indústria – CNI. O CIRRA em conjunto com a Infinythec S.A, são os executores desse projeto.

Além disso hoje estão sendo avaliados pelo nosso Congresso Nacional 13 projetos sobre reúso e temas correlatos, incluindo subsídios para compra de equipamentos e para empresas que praticam o reúso, aproveitamento de águas pluviais, dessalinização, etc.

17. Reúso no resto do mundo

O reúso de água vem crescendo em ritmo acelerado como mostrado na Figura 22 para países de diversas partes do mundo. Os Estados Unidos, país considerado como muito restritivo em termos de saúde pública, tem planos para aumentar em 36% o volume de águas de reúso em relação ao que produz atualmente.

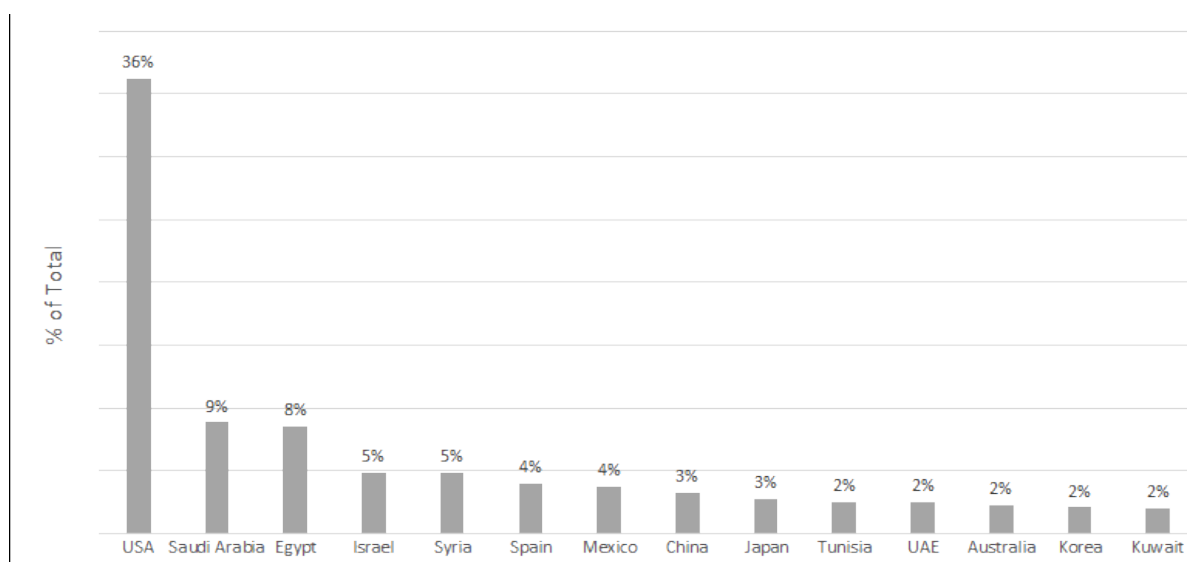


Figura 22 – Reúso Planejado no Mundo (Fonte Hespanhol, 2010)

18. Opiniões do Autor a respeito da publicação “Crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo – Análise Crítica, Reflexões e Sugestões”

Além dos aspectos técnicos o artigo inclui algumas opiniões controversas de cunho pessoal. Em um determinado trecho, a ciência e a tecnologia que são os pilares fundamentais para suportar o desenvolvimento humano e prover a melhoria da qualidade de vida de uma maneira geral, é repudiada através da frase seguinte “ *Não é moral, nem eticamente aceitável compensar as mazelas do subdesenvolvimento com ciência e tecnologia*”. É a mais flagrante transformação de conceito em preconceito. É uma opinião sem fundamento de lógica porque, excluídos os fins bélicos e terroristas a “*a ciência e a sabedoria*” que são consideradas por todos os *scholars* do mundo como os pilares fundamentais para prover o desenvolvimento científico, intelectual, técnico, social e moral da sociedade humana é formalmente rejeitada em todos os seus aspectos. Ainda mais, a analogia apresentada como exemplo para justificar a banalidade da ciência e da sabedoria, apesar de macabra, demonstra exatamente o contrário do pretendido, uma vez que transforma, através de técnicas modernas de cirurgia uma pessoa amputada de ambos os pés em um atleta altamente competitivo (*sic*). Com relação à tecnologia médica moderna será que os autores já ouviram falar de Engenharia Biomédica, da qual temos um eminente representante brasileiro, o ex-professor da Escola de Engenharia de São Carlos, Eng. Luíz Romaríz Duarte. Será que os autores já ouviram falar de radiografia por raios X, ressonância magnética computadorizada, de próteses mecânicas e inteligentes, de litostripia não invasiva para a remoção de cálculos renais, de marca passo, de inteligência artificial e de sequenciamento do genoma humano, por exemplo?

Não se revolveriam em seus túmulos aqueles que dedicaram suas vidas a expandir os limites da ciência, como Albert Einstein, James Clerk Maxwell, Ervin Schrödinger, Dmitri Ivanovich Mendeleev, Gregor Johann Mendel, Louis Pasteur, Ève Denise Curie Lambouise, César Lattes, Adolfo Lutz, Carlos Justiniano Ribeiro Chagas? Provavelmente o único que não se manifestaria seria o capitalista intrínseco Karl Heinrich Marx, que desfrutou das benesses burguesas da sociedade londrina durante a maior parte de sua vida e, que depois de ser agraciado com os escritos de Leszek Kolakowski sobre seus falsos truísmos, de Thomas Hobbes sobre suas concepções falsas, e de Robert Heilbroner (“A batalha entre Capitalismo e Comunismo já terminou. O Capitalismo venceu”), ainda teve de receber de George Wilhelm Friedrich Hegel, a mais notória definição de Marx, de sua filosofia e de seus seguidores “Marx foi um filósofo de terceira que engendrou uma filosofia perniciosa de segunda, disseminada e imputada à força por fanáticos imbecis de primeira”. E que diriam os gênios que desenvolveram a tecnologia hoje desfrutada pela sociedade humana? Lembram-se os autores de Archimedes de Siracusa, Robert Fulton, Thomas Alva Edison, Nikola Tesla, Humphrey Davy, Guglielmo Marconi, Johanes Gutemberg, Alexander Graham Bell, Alexander Fleming, Bartolomeu de Gusmão, Alberto Santos Dumont, Douglas Engelbart, James Watt?

A sentença “No Estado de São Paulo somente faz sentido cogitar do reúso potável em situações de emergência extrema, jamais como solução permanente. ” é tendenciosa pois não relata o que ocorre

atualmente. Nós já vivemos há muito tempo com uma situação de emergência, e o reúso precisa ser efetuado já, e só ser suspenso quando os nossos recursos hídricos ficarem livres da poluição que os assola.

A sentença “É certo que a água tratada resultante é tecnicamente considerada potável, à luz dos padrões de potabilidade oficiais é, pelo menos demasiadamente pretensiosa”. Como é possível que uma pessoa que não consegue ver o que está ocorrendo sobre reúso, o potencial do reúso, que é absolutamente leiga em reúso, principalmente em relação às tecnologias de tratamento, tenha a ousadia de dizer que a tecnologia de tratamento é viável? Uma das mais admiradas frases do cientista Stephen Hawking é “*The biggest obstacle for Discovery is not ignorance, but the illusion of knowledge*”

Quanto a frase “Não é moral nem eticamente aceitável compensar as mazelas do subdesenvolvimento com ciência e tecnologia”, já foi comentada acima mas convém inquirir: não tem a humanidade usufruído da ciência e da tecnologia desde os seus primórdios para evoluir em todos os setores? Sabedoria, ciência e tecnologia tem uma condição cíclica: a sabedoria desenvolve a ciência, que por sua vez produz tecnologia e a ciência gera, continuamente, mais sabedoria.

Os custos para reúso potável direto são inferiores aos custos da maioria das transposições hoje construídas e em fase de execução. O que necessário é que custos sejam avaliados corretamente (ver item sobre custos atribuídos ao reúso)

19. A percepção pública sobre o RPD

A percepção popular relativa ao RPD se forma com base em avaliação subjetiva de aspectos positivos e negativos.

Os positivos são associados a duas características básicas do abastecimento de água: segurança sanitária e a segurança hídrica que o reúso poderia proporcionar. A primeira é percepção de que se disporia de água tratada a um nível extremamente elevado que garantiria a preservação da saúde pública de consumidores de sistemas públicos de distribuição. A segunda é relativa à continuidade do abastecimento, uma vez que sendo o reúso “à prova de secas” ter-se-ia um sistema mais robusto e mais resiliente, que garantiria a continuidade do suprimento de água, mesmo em condições de estresse hídrico ou de aumento imprevisto da demanda

Os fatores negativos são associados à percepção de que “se está tomando água que veio do esgoto bruto” (“*the yuck factor*” dos americanos) e à restrição da prática de reúso (não apenas para fins potáveis) que é causada pela adoção de normas pouco realistas, impossíveis de serem aplicadas no ambiente técnico e sócio-econômico brasileiro. Há ainda fatores positivos que podem ser relevantes,

principalmente em culturas motivadas pela preservação ambiental, que consideram o reúso de água como prática conservacionista.

Diversos outros fatores que podem influenciar a receptividade do público ao RPD são: (i) percepção dos riscos associados à água reciclada; (ii) a origem de fontes de água a serem recicladas; (iii) o direito de escolher suas fontes de abastecimento; (iv) a credibilidade da organização e de seus principais dirigentes; (v) conhecimento e credibilidade dos sistemas de tratamento utilizados, e; (vi) credibilidade atribuída a governantes.

Evidentemente os fatores negativos são muito mais conspícuos tanto para o público em geral como para engenheiros projetistas dessa prática, que não tem condições de atender a regulações de qualidade e a requisitos de licenciamento irracionalmente restritivos.

Para entender melhor as atitudes de comunidades em relação ao RPD, é necessário considerar as respostas instintivas e emocionais que a população expressa em relação à excreta humana e a temas associados a esgotos.

As ações associadas a educação ambiental, reuniões comunitárias e propaganda intensiva (rádio, jornal, televisão, etc.) surtiu efeitos positivos significativos levando à aceitação da prática de RPD.

As reuniões comunitárias efetuadas em áreas de maior resistência mostraram que a aceitação do RPD é bastante alta quando é adequadamente explicado que: (i) o nível de contato humano com esgotos é praticamente nulo; (ii) as medidas de proteção da saúde pública de consumidores são adequadas; (iii) a proteção ambiental é um benefício evidente do reúso de esgotos; (iv) a promoção da conservação de água é, também, um benefício evidente do reúso; (v) a percepção de que o esgoto é a fonte de água reusada é mínima; (vi) os problemas relativos ao abastecimento de água são muito críticos; (vii) os custos de tratamento e dos sistemas de distribuição são razoáveis; (viii) o papel da reciclagem de água está bem definido em relação ao sistema integrado de abastecimento de água; (ix) a percepção de que a qualidade da água distribuída é elevada, e; (x) é grande a confiança na gestão da concessionária de água local e que as tecnologias utilizadas para tratamento são adequadas para a produção de água potável.

Os efeitos dessas reuniões comunitárias são maximizadas quando são satisfeitas as condições seguintes: (i) o diálogo entre as partes é aberto e estimulado; (ii), a comunidade tem acesso a outras fontes de informações, independentes das agências responsáveis pelos programas de RPD; (iii) a comunicação com a comunidade se inicia muito antes da divulgação oficial do empreendimento; (iv) a informação é fornecida a todas as classes sociais; (v) o comportamento não é coercivo, sendo considerado como uma maneira adequada e racional e tomar uma decisão, negativa ou positiva. Todas as opiniões são ouvidas e consideradas e, se necessário, discussões laterais ou em grupos podem ser prolongadas, e; (vi) determinado nível de controle é estendido a cidadãos para opinar

sobre ou contribuir para os programas em desenvolvimento ou sobre as leis básicas que regem o RPD.

Algumas pesquisas efetuadas não encontraram indícios de que qualquer religião ou fé apresentam restrições sobre o RPD.

Após um estudo detalhado e consultas a cientistas e engenheiros o Council of Leading Islamic Scholars da Arábia Saudita emitiu, em 1978, uma “fatwa” especial sobre a aceitação da prática de RPD considerando que o reúso de água não é “haraam” desde que não provoque problemas de saúde pública e, que esgoto tratado pode, teoricamente, ser utilizado para “wudu” e para fins potáveis.

Diversos países onde a opinião dos consumidores foi favorável ao RPD utilizaram os órgãos formadores de opinião pública locais, como os nossos Lyons Club e Rotary Club, para convencer cidadãos da segurança e vantagens do RPD.

Entre o grande número de técnicas utilizadas em Windhoek para mudar a opinião pública negativa sobre o RPD foram divulgadas extensivamente, várias máximas que foram rapidamente absorvidas pela população.

A mais significativa delas foi, provavelmente: “A água não deve ser avaliada pelo seu histórico, mas sim pela sua qualidade”.

20. A ortografia correta da palavra reúso.

Os autores não empregaram corretamente a ortografia de palavra Re|Ú|so, utilizando a forma errada “reuso” isto é sem o acento grave no “u”.

A palavra “REÚSO” não constava até 1998, na língua portuguesa e até então era traduzida literalmente do inglês e escrita de duas formas re-uso ou reuso. A grafia correta é “REÚSO”, do verbo “reusar” (ABL 1998) devendo ser acentuada por ser um hiato.

Especulava-se que, com a reforma ortográfica, o acento teria desaparecido, mas na verdade não ocorreu, como pode ser visto em: http://www.atica.com.br/novaortografia/index_.htm

Numa primeira leitura desatenta, pode-se ter a impressão de que “REÚSO” não possui mais acento. Porém, o acento só desapareceu em palavras que possuem “i” ou “u” como parte de um hiato se for precedido de um ditongo (ou seja, precisa-se de 3 vogais juntas), como por ex., em “feiura” (fei-u-ra) que pela regra nova, não possui mais acento no “u”.

21. Referências

- Australian Water Corporation (2013) - Projeto Water Forever-Whatever the Weather, *Beenyup Advanced Wastewater Reclamation Plant, Perth, Australia*
- Asano, T., Burton, F.L., Laverenz, H.L., Tsuchihashi, R., Tchobanoglous, G., (2007), *Water Reuse - Issues, Technologies, and Applications*, Metcalf & Eddy/AECOM, eds., p. 1.570, Mc Graw Hill, New York;
- Baronti, C., Curine, R., D'Ascenzo, G., Di Corcia, A., Gentili, A., Samperi, R., (2000), *Monitoring Natural and Synthetic Estrogens at Activated Sludge Sewage Treatment Plants and in a Receiving River Water*, *Environmental Science and Technology*, vol.34, nº 24, p. 5059-5065.
- Bila, D.M., Dezotti, M., (2003) *Fármacos no Meio Ambiente*, *Quim. Nova*, vol.26, nº 4, p.523-530.
- 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
- California Department of Public Health – CDPH (2008), *Groundwater Recharge Reuse Draft Regulations*, California State of California-Health and Human Services Agency, Sacramento, California, USA.
- Chemical Abstract Service–CAS, American Chemical Society, <http://www.cas.org>, acessado em 02.02.2012
- Daniele, M.B., Dezotti, M., (2003), *Fármacos no Meio Ambiente*, *Quim. Nova*, vol. 26, p. 523-530, Rio de Janeiro, RJ.
- Desbrow, C., Routledge, E.J., Brighty, G.C., Sumpter, J.P., Waldock, M., (1998), *Identification of Estrogenic Chemicals in STW Effluent. 1. Chemical Fractionation and in Vitro Biological Screening*, *Environmental Science and Technology*, vol.32, nº 11, p. 1549-1558.
- Edzwald, J.K., Kelley, M.B., (1998), *Control of Cryptosporidium: From Reservoirs to Clarifiers to Filters*, *Water Science and Technology*, Vol. 37, no. 2, p. 1-8.
- 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.
- Faraday, M. (1853), *The Builder*, September, London, UK
- Foster, S.S, Gale, D, and Hespanhol, I. (1994), *Impact of wastewater reuse and disposal in groundwaters*, Tec. Report WD/94/55, British Geological Service, Keinort, Nottingham, UK.
- Ghiselli, G., (2006), *Avaliação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas: Ocorrência e Deterioração ods Interferentes Endócrinos (IE) e Produtos Farmacêuticos e de Higiene Pessoal (PFHP)*, Tese de Doutorado, Área de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 25 de setembro, Campinas, SP.
- Gomes, R.L., (2003), *Determination of Endocrine Disrupters in Sewage Treatment and Receiving Waters*, *Trends in Analytical Chemistry*, vol.22, nº 10, p.597-707, Elsevier, B.V.
- 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., (2012), Conservação e Reúso de Água, tema Gestão da Água, in: Anuário da Construção-Sustentabilidade, Edição sobre Recursos Hídricos e Gestão Metropolitana, ano 9, nº 9, p. 76-85, Editorial Magazine, janeiro, São Paulo.

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

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

Joohee, J., et all (2004), Anti-estrogenic activity of fifty chemicals evaluated in vitro Assays, Life Sciences, vol.74, no. 7, p.3065-3074, May, Elsevier Science and Technology, vol.37, no. 2, p. 9-18

Karanis, P., Schoenen, D., Seitz, H.M., (1998), Distribution and removal of *Giardias* and *Cryptosporidium* in water supplies in Germany, Water

Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B., Buxton, H.T., (2002), Pharmaceuticals, Hormones, and other Organic Wastewater Contaminants in U.S. Streams, 1999-2000: A National Reconnaissance, Environmental Science and Technology, vol. 36, nº 6, p.1202-1211

Kdvr Online Public File • Kwgn Online Public File • Eeo Report • Terms Of Service • Privacy Policy • 100 East Speer Blvd. Denver, Colorado 80203 • Copyright © 2017, Kdvr • A Tribune Broadcasting Station • Powered By Wordpress.Com Vip

Korich, D.J., Mead, J.R., Madore, M.S., Sinclair, N.A., and Sterling, C.R., (1990), Effects of Ozone, Chlorine Dioxide, and Monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability, Applied and Environmental Microbiology, vol. 56, no. 5, p.1423-1428

Loos, R., Locoro, G., Contini, S., (2010), Occurrence of polar organic contaminants in the dissolved water phase of the Danube River and its major tributaries using SPE-LC-MS² Analysis, Water Research, 44, p. 2325-2335

Mendes, J.J.A., (2002), The endocrine disruptors: a major medical challenge, Food and Chemical Toxicology, 40, p.781-788, Pergamon Press.

São Paulo, Prefeitura Municipal de São Paulo, (2011), Precipitação em estações distritais no município de São Paulo – Médias Mensais, Secretaria das Administrações Regionais, Comissão Municipal de Defesa Civil, COMDEC, São Paulo;

Singapura, **Singapore Statute Online**. Disponível em: <http://statutes.agc.gov.sg/aol/home.w3p>

Singapore National Environmental Agency, **Laws Administered by the National Environment Agency**. Disponível em: <http://www.nea.gov.sg/corporate-functions/about-nea/legislation>

Tegmark, M. (2014), Our mathematical Universe-My quest for the ultimate nature of reality, p. 132-152, pp. 415, Vintage Books,, a division of Random House, New York USA.

Ternes, T.A., Stumpf, M., Mueller, J., Haberer, K., Wilken, R.D., e Servos, M., (1999), Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants – I. Investigations in Germany. Canada and Brazil, The Science of the Total Environment 225, p.81-90, Elsevier Science, B.V.

Vandenbohede, A., Van Houtte, E., Lebbe, L., (2008), Groundwater flow in the vicinity of two artificial recharge recharge ponds in the Belgian coastal dunes. Hydrology Journal, p. 1669-1681, Belgium.

Van Houtte, E., Verbauwheide, (2008), Operational experience with indirect potable reuse at the Flemish coast, *Desalination*, no.218, p.198-207.

Van der Merwe, B., Du Pisani, P., Menge, J., König, E., (2008), Water Reuse in Windhoek, Namibia: 40 years and still the only case of direct water reuse for human consumption, p.434-454, chapter 24, in: *Water Reuse-An International Survey of current practice, issues and needs*, Eds. Blanca Jimenez and Takashi Asano, IWA Publishing, London.

WHO,IPCS, ILO, UNDP, (2002), *Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors*, Eds. Terri Damstra, Sue Barlow, Aake Bergman, Robert Kavlock, Glen Van Kraak, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety, International Labor, (Organization, EHO/PCS/EDC/02.22002), Geneva, Switzerland.

22. Referências Recomendadas

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

Chang, A.C., Page, A.L.,Asano, T. and Hespanhol, I, (1995), Developing Human Health-Related Chemical Guidelines for Reclaimed Wastewater and Sewage Sludge Applications in Agriculture@, in: Proceedings of the ASecond International Symposium on Wastewater and Sludge Applications in Agriculture@, Eraklio, Creta, Greece, 17 to 20 October

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. 122132, 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.

Gibson,, R., Durán-Álvarez, J.C., Estrada, K.L., Chávez, A., Cisneros, B.J., (2010),Accumulation and leaching potential of some pharmaceuticals and potential endocrine disruptors in soils irrigated with wastewater in the Tula Valley, Mexico, *Chemosphere* 82, p. 1437-1445, journal homepage:www.elsevier/locate/chemosphere.

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., (2002), Potencial de Reúso de Água no Brasil-Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, RBRH, vol.7 no.4, dezembro, Edição Comemorativa, pp.75-97, Porto Alegre

Hespanhol, I., (2008-b), Water Reuse for Irrigation – Can developing Countries afford a Tolerable Disease Burden of no more than 10⁻⁶ DALY PPPY?, in: *Proceedings of the Global*

Hespanhol, I., (2008-c), Tratamento avançado de águas para abastecimento público, apresentado no Seminário sobre Qualidade de Água no Estado de São Paulo, Instituto de Engenharia de São Paulo, 19 de maio, São Paulo, SP

Hespanhol, I.,(1990), Guidelines and Integrated Measures for Public Health Protection in Agricultural Reuse Systems@, *J. Water SRT-Agua*, vol.39, no.4, pp. 237-249, Great Britain.

Hespanhol, I. and Prost, A.M.E., (1994), @ WHO Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality@, *Water Research*, Vol. 28, no.1, pp. 119-124, Great Britain.

Hespanhol, I., (2009), O Princípio da Precaução e a Recarga Gerenciada de Aquíferos 28-29, Revista DAE, nº 179, Paulo;

National Research Council, (2012), Water Reuse: Potential for expanding the Nation's water supply through reuse of municipal wastewater, p. 349, National Research Council, National Academy of Science, The National Academies Press, Washington, D.C.

Nascimento, M.F, (2009), Remoção de *oocistos* de *cryptosporidium* por meio de filtração direta ascendente em areia: avaliação em escala piloto, dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, p.131, Brasília, D.F.

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. Nº 78 (6), pp. 1969-1977.

Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology-REWAS 2008, pp.1533-1540, Cancun, México, 12-15 October;, ensaio, p. ISSN 0101-6040, janeiro, São Paulo.

Tchobanoglous, G, Burton ,(1991), Wastewater Engineering – Treatment Disposal and Reuse, 3th edition, Metcalf & Eddy, p. 1.334, Mc Graw Hill, USA.

Tchobanoglous, G, Burton , F.L., Stensel, H.D., (2003), Wastewater Engineering – Treatment and Reuse, 4th edition, Metcalf & Eddy, p. 1.819, Mc Graw Hill, USA.

Tchobanoglous, G, Leverenz, H., Nellor, M.H.N., Crook, J., (2011), Direct Potable Reuse – A Path Forward, Water Reuse Research Foundation, p.102, USA.

World Health Organization-WHO, (1990), Basic umDocents, 38th Edition, p. 416, Geneva, Switzerland.(ADAPTADO DE ATSE 2013)