



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Brasil

Alves da Costa, Djeson Mateus; de Barros Júnior, Antônio Carlos  
AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DO REÚSO DE ÁGUAS RESIDUAIS  
HOLOS, vol. 2, septiembre, 2005, pp. 81-101  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549266007>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## **AValiação da Necessidade do Reúso de Águas Residuais**

**Djeson Mateus Alves da Costa<sup>1</sup> e Antônio Carlos de Barros Júnior<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Professor do CEFET-RN, Mestre em Geociências

[djeson@cefetrn.br](mailto:djeson@cefetrn.br)

<sup>2</sup> Aluno do CEFET-RN, Curso de Tecnologia dos Materiais

[jrbarros01@yahoo.com.br](mailto:jrbarros01@yahoo.com.br)

---

Recebido em junho de 2005 e Aceito em setembro de 2005

### **RESUMO**

O objetivo desse trabalho foi, por meio uma pesquisa bibliográfica, apresentar um relato sobre a importância do racionamento do consumo de água através de seu reúso, descrever o ciclo global da água e quantificar seus principais reservatórios na terra, identificar as fontes potencialmente poluidoras das reservas hídricas, apresentar os aspectos críticos sobre a disponibilidade e o consumo de água no mundo, mencionar as tecnologias aplicadas no tratamento para posterior reúso das águas residuais. Nesse sentido, são apresentadas formas de reúso direto, indireto, planejado e de reciclagem das águas residuais aplicáveis na indústria, na agricultura, em edifícios, na recarga de aquíferos e em usos urbanos para fins potáveis.

**Palavras-chave:** Água, residuais, reúso, ciclo e reciclagem.

### **CONSIDERATIONS ABOUT WASTEWATER REUSE NECESSITY**

#### **ABSTRACT**

The objective of this work is to present, by means of bibliographical research, a story on the importance of water rationing by its reuse, to describe the water global cycle and quantifying the most important reservoirs on Earth. To identify potentially polluting sources of water resources and to present critical aspects on water availability and consumption around the world and also to mention technologies applied in the treatment of wastewater for further reuse. In this direction, are presented direct an indirect forms of reuse, planned reuse and recycling of wastewater applied to sectors like industry, agriculture, buildings, water-bearing recharge and urban uses for human consumption.

**Key-words:** Water, residuals, reuse, cycle and recycling.

## **AValiação DA NECESSIDADE DO REÚSO DE ÁGUAS RESIDUAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

A água é uma substância essencial para a sobrevivência de todas as espécies de vida existentes em nosso planeta *Terra*. O seu uso tem aumentado de forma espantosa nas últimas décadas, seja para os consumos humanos, industriais ou para os agrícolas, decorrentes do crescimento populacional que quadruplicou no último século, no mundo.

Devido ao aumento do consumo de água e sua grande escassez em algumas regiões, esse líquido passou a ser considerado como um bem econômico, conforme Agenda 21, conferida em 1992.

Dadas as limitações das reservas hídricas de boa qualidade, para consumo humano, como rios, lagos, riachos, lagoas, lençol freático, etc., e as constantes atividades antrópicas que, em sua grande parte, poluem cada vez mais essas reservas, torna-se essencial fazer o seu uso de forma racional para se evitar desperdício e, ao mesmo tempo, desenvolver atividades que lhe minimizem a degradação.

Os principais resíduos poluidores das reservas hídricas são compostos por substâncias que têm características químicas orgânicas e inorgânicas. Eles originam-se de efluentes industriais, domésticos, hospitalares e agrícolas. Independente desses mananciais de água já estarem ou não contaminados, é necessário que se orientem ações no sentido de se fazer reúso com o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não.

Atualmente, o reúso de água servida tem tomado relevante importância. Desde os anos sessenta, diversos países têm investido pesado em diferentes formas de reaproveitamento das águas servidas e/ou menos exigentes em termos de qualidade. No Brasil, essa prática ainda não sensibilizou a maioria da população e nem sequer foi difundida entre ela. Poucos exemplos poderiam ser relacionados com respeito ao reúso de água no Brasil. Apenas algumas Indústrias localizadas no Estado de São Paulo e alguns Projetos Piloto, no Nordeste brasileiro, com finalidade para reúso agrícola, têm avançado nessa área.

Para que o uso da água se torne cada vez mais eficaz é necessário que tomemos decisões que visem à proteção dos mananciais que ainda estão conservados e à recuperação daqueles que já estão prejudicados.

Surge, portanto, a necessidade de encontrarmos meios para que a água seja utilizada apenas para fins nobres, como por exemplo, para beber, tomar banho e na indústria farmacêutica e de alimentos.

### **2. CICLO GLOBAL DA ÁGUA**

A Terra, o único planeta do sistema solar com água em abundância, possui 70% de sua superfície coberta com água no estado líquido. Suas condições ímpares de temperatura

e pressão permitem a existência da água em seus três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

Os reservatórios de água no nosso planeta, nos três estados físicos, armazenam  $1,459 \cdot 10^9 \text{ km}^3$ , dos quais 96% encontram-se nos oceanos e 4% nos continentes. Da fração que se encontra nos continentes, 75% está sob a forma de gelo, nas calotas polares; 25%, nas águas subterrâneas, rios e lagos; e 0,001%, sob a forma de vapor na atmosfera (Berner, 1987).

Durante o *Ciclo Hidrológico*, a água se move de um reservatório para outro. Após a evaporação nos oceanos e continentes, a água permanece como vapor d'água na atmosfera em média 11 dias, antes de se reprecipitar na forma de chuvas e neves (Berner, 1987). A água precipitada nos continentes corre para os rios que despejam parte dela no mar e, localmente, acumula-se temporariamente em lagos; uma fração se infiltra formando as águas subterrâneas, as quais logo atingirão os rios e lagos; e o restante volta diretamente à atmosfera pela evaporação.

Admitindo que o *Ciclo Hidrológico* na terra ocorra em um sistema fechado, em média, a taxa de evaporação deve ser igual à taxa de precipitação ( $5,05 \cdot 10^5 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ). Nos oceanos, a evaporação ( $4,34 \cdot 10^5 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ) excede a precipitação ( $3,98 \cdot 10^5 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ). Nos continentes, observa-se uma relação inversa, a precipitação ( $1,07 \cdot 10^5 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ) excede a evaporação ( $7,1 \cdot 10^4 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ). A diferença, em cada caso, de  $3,6 \cdot 10^4 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$  corresponde à quantidade de água transportada dos oceanos ao continente, via atmosfera, e dos continentes aos oceanos, via rede hidrográfica (Berner, 1987).

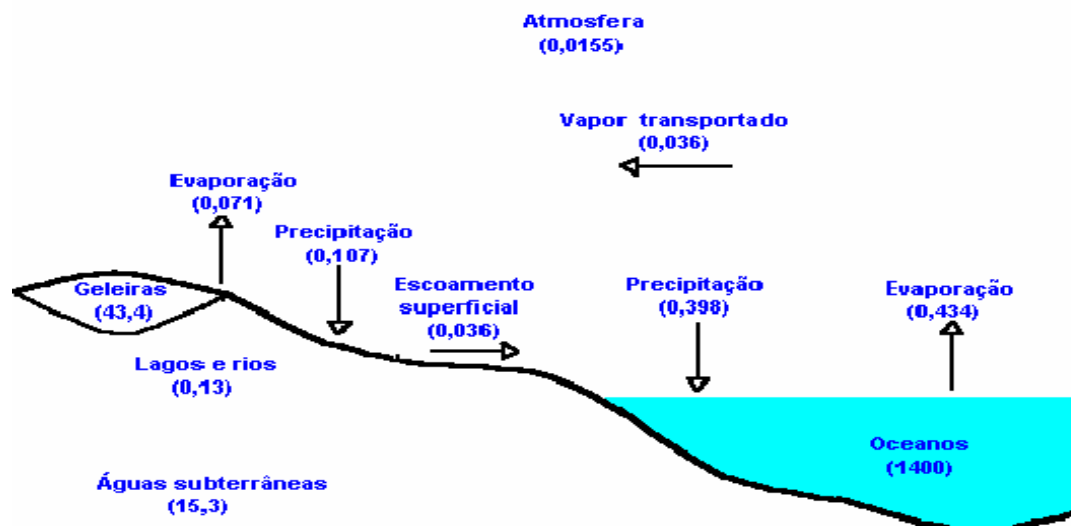
O tempo de residência médio de uma molécula num reservatório, considerando-se os volumes dos diversos reservatórios de água constantes, é dado por

$$T_R = \frac{\text{volume} - \text{do} - \text{reservatório}}{\text{taxa} - \text{de} - \text{variação}},$$

que, aplicado para os oceanos, encontra-se  $T_R = 39.000$  anos. Esse longo tempo de residência justifica o grande volume de água do oceano em contraste com o tempo de residência na atmosfera, igual a 11 dias. O tempo de residência para os rios e lagos estaria entre esses dois extremos. A Figura 1 ilustra o *Ciclo Hidrológico* da Terra.

### 3. RESERVAS DE ÁGUA NO MUNDO

Mesmo conhecido como *planeta água*, por possuir dois terços de sua superfície coberta por água, a Terra tem uma quantidade de água doce que representa apenas 3,0% de toda sua reserva (Água Web Site, 2002). Vale salientar que essa reserva não se encontra totalmente disponível para o consumo humano. Segundo Trinidad et al. (2001), apenas 0,6% representa a reserva total aproveitável pelo homem. Para Berner (1987), esse valor alcança a cifra de 1%. Isso porque a maior quantidade de água doce se armazena nas geleiras. Das águas disponíveis e que podemos ingerir, 90% encontram-se no subsolo e estão em constante risco de contaminação. O restante se distribui em lagos, rios etc.



**Figura 1:** Ciclo hidrológico da Terra. Os números entre parênteses representam valores (em  $10^6 \text{ km}^3 = 10^{18} \text{ kg}$ ) para cada reservatório. Os fluxos são em  $10^6 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$  ( $10^{18} \text{ kg} \cdot \text{ano}^{-1}$ ).

Estima-se que há aproximadamente 3 bilhões de anos a quantidade de água na Terra é praticamente a mesma. Em base volumétrica, e se tratando de água doce,  $1.700 \text{ km}^3$  de água encontram-se nos rios (com tempo de permanência no leito de 2 semanas),  $30.000.000 \text{ km}^3$  nas geleiras e neves (podendo permanecer por milhares de anos congelada) e  $113.000 \text{ km}^3$  na atmosfera (permanecendo aí de 8 a 10 dias) (Água Web Site, 2002). A disponibilidade *per capita* de água doce para os blocos geo-econômicos, no ano 2000, está representada na Tabela 1.

**Tabela 01:** Disponibilidade *per capita* de água doce para o ano 2000.

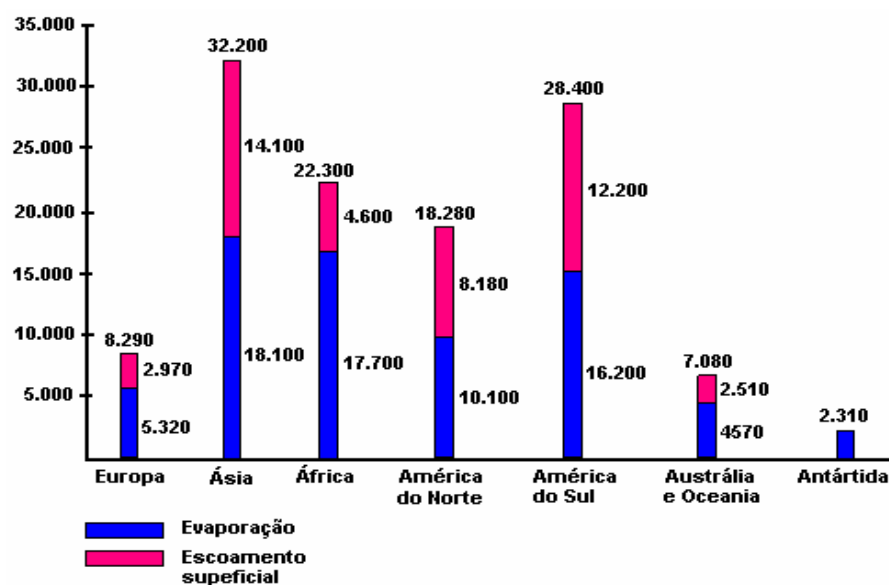
Bloco	Estimativa da população (milhões)	Participação (%)	Disponibilidade per capita ( $\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ )
África	790	13	3.966
América Latina	508	8	24.973
Ásia	3.378	61	4.050
OCDE	1.061	18	11.196
Mundo	6.037	100	7.055

Fonte: ONU, 1997.

Analisando os dados constantes na Tabela 1, a América Latina apresenta-se como o bloco geo-econômico com melhor disponibilidade de água doce do planeta, possuindo uma quantidade muito superior à média mundial. Apesar de apresentarem uma boa disponibilidade *per capita*, os países da OCDE, devido ao desenvolvimento produtivo dos setores industrial e agrícola, têm os recursos hídricos já afetados tanto na qualidade quanto na quantidade. Percebe-se que a África e a Ásia apresentam situações preocupantes, devido à grande população que nesses blocos se concentram.

Segundo dados do *Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – NMA*, o Brasil se apresenta como uma nação bastante promissora em recursos hídricos, possuindo, aproximadamente, 14% de toda a reserva de água doce do planeta. Com essa percentagem, a disponibilidade *per capita* hídrica brasileira alcança a mais alta do mundo,  $50.810 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Aqui, a distribuição também ocorre de forma irregular. O Estado de São Paulo, sendo o mais populoso, possui apenas 1,6% desse recurso nacional. Já a região Norte, a menos populosa, possui em torno de 80% da reserva de água doce do país.

De forma semelhante às reservas de água no mundo, as precipitações também ocorrem de maneira irregular. Tal desordem distributiva pode ser vista através do Gráfico 1, o qual apresenta a distribuição das precipitações, evaporações e escoamentos superficiais em várias regiões.



**Gráfico 1: Distribuição das precipitações, evaporações e escoamentos superficiais em várias regiões ( $\text{km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ).**

Fonte: Shiklomanov (1993). \* A altura das barras mostra o total das precipitações.

#### 4. DEMANDA DE CONSUMO DE ÁGUA

Podemos dizer que os três principais fatores que contribuíram para o aumento na demanda de água durante o século passado foram o crescimento demográfico, o desenvolvimento industrial e a expansão do cultivo irrigado.

Devido ao aumento na demanda, às limitações dos recursos hídricos e às baixas precipitações pluviométricas, é bem provável que, em um futuro bem próximo, tenhamos uma crise mundial no setor. Tal fato torna-se mais evidente quando se trata de regiões áridas e semi-áridas, nas quais se intensifica a prática da agricultura irrigada, por ser esta a única forma de suprir as necessidades de produção de alimentos nos períodos de estiagem. A Tabela 2 apresenta a evolução do consumo de água no planeta, por setor de atividade de consumo, desde o ano de 1900.

**Tabela 2: Consumo de água por setor.**

<b>Setor / Consumo anual (km<sup>3</sup>)</b>	<b>1900</b>	<b>1950</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>2000</b>
Agricultura	409	859	1.400	1.730	2.500
Indústria	4	15	38	62	117
Municipal	4	14	29	41	65
Reservatório	-	7	66	120	220
Total	417	894	1.540	1.950	2.900

Fonte: Shiklomanov (1993).

Observamos através da Tabela 2, que, em suas atividades, o homem tem utilizado aproximadamente 2,5 vezes mais água do que as quantidades disponíveis em todos os rios do planeta. Tal fato tem resultado em um uso cada vez maior das reservas existentes nos lagos e solos. Segundo a UNDP e outros (2000), aproximadamente 2,0 bilhões de pessoas, cerca de 1/3 da população da terra, dependem do aproveitamento das águas subterrâneas e já extraem cerca de 20% do total de água doce do planeta (600 a 700 km<sup>3</sup>) por ano. Nas zonas rurais, essa dependência é praticamente total.

De acordo com Wetzel (1983), citado em Recursos Hídricos do Planeta (2002), a quantidade total de água doce armazenada em lagos e rios é de 126.200 km<sup>3</sup> e o seu tempo de renovação pode alcançar até 100 anos. Calculando-se a razão entre a quantidade total de água doce em rios e lagos, e a quantidade utilizada pelo homem, chegamos a um tempo de circulação próximo de 44 anos. Esse resultado é bastante inferior ao tempo de renovação em escala global, o que indica uma tendência desse recurso se tornar cada vez mais escasso.

Nas regiões áridas e semi-áridas, devido à escassez de água de boa qualidade, incentiva-se o uso, na irrigação, de água salina, a qual pode ser de origem subterrânea, residual bruta ou tratada. Nessa atividade consome-se cerca de 70 - 76% de todo o consumo de água no mundo (Meraz y Estrada, 2001; Filho e Júnior, 2002). Por outro lado, apenas 5% se destinam ao consumo doméstico e aproximadamente 19% é utilizada pela indústria.

Estima-se que o uso de água na agricultura irrigada, por exemplo, gera um desperdício em torno de 60% de toda a água utilizada (Água Web Site, 2002). Tal fato deve-se à aplicação de água em excesso, fora do período de necessidade da planta, em horários de maior evaporação, e ao uso de técnicas de irrigação inadequadas ou, ainda, à falta de manutenção nos sistemas de irrigação. Portanto, apenas 40% da água adicionada ao solo são realmente utilizados no desenvolvimento das culturas irrigadas.

No que diz respeito ao uso de água na indústria, torna-se mais fácil aplicar formas mais econômicas de utilização, evitando desperdícios, através da recirculação ou reúso. Por exemplo, na refrigeração de equipamentos, na limpeza das instalações etc. Essa água reciclada pode ser usada na produção primária de metal, nos curtumes, nas indústrias têxteis, químicas e de papel.

Relativo aos sistemas de abastecimento, em torno de 15% ou mais de água são perdidas devido a vazamentos nas tubulações, inclusive dentro de nossas casas (Água Web Site, 2002). Nas residências os principais desperdícios devem-se aos vazamentos de torneiras, aos usos de válvulas de descargas em vez de caixas de descargas acopladas, à lavagem de calçadas e automóveis, à irrigação de jardins, etc.

Nos países desenvolvidos a demanda do consumo de água supera a dos não desenvolvidos e a dos em desenvolvimento em todas os setores. Entretanto, as maiores reservas nem sempre se encontram nos países mais desenvolvidos. Devido a tal fato, surgem a necessidade e a pressão de se explorar as reservas de águas subterrâneas. Segundo Diderich (2003), os mananciais de água doce no planeta estão se esgotando rapidamente e, somando-se isso ao crescimento populacional, à poluição e ao aquecimento global, eles serão reduzidos em um terço nos próximos 20 anos. Dados das Nações Unidas, citados por Carr (2000), nos próximos 50 anos 40% de toda a população mundial viverá em países que enfrentam *stress hídrico* ou *escassez de água*. Esse número não inclui as pessoas que vivem em regiões áridas dos países onde existe bastante água.

O problema de escassez de água doce é hoje uma realidade na África do Sul. Nos próximos 25 anos, as reservas desse tipo de água no país atingirão a metade (de 1206 m<sup>3</sup>/ano em 1995 para 698 m<sup>3</sup>/ano em 2025)(Gartner-Outlaw and Engleman, 1997).

Analizando o *Ciclo Hidrológico* da terra e observando as taxas médias de precipitação (107.000 km<sup>3</sup>) e evaporação (71.000 km<sup>3</sup>), chega-se a um *superavit hídrico anual*, precipitado no continente, aproximado de 36.000 km<sup>3</sup>. Por outro lado, o consumo médio mundial de água para o mesmo período gira, atualmente, em torno de 2.900 km<sup>3</sup>. Isso faz com que se chegue à seguinte conclusão: se toda água precipitada no continente ficar disponível para o consumo humano (algo praticamente impossível), e o consumo mundial continuar crescendo na mesma proporção que no último século, em aproximadamente 180 anos não teremos mais nenhum *superávit* com relação ao seu consumo, ou seja, atingiremos o limite máximo de capacidade de consumo de água do planeta. Não esqueçamos que esse balanço hídrico não leva em consideração a poluição das reservas de água.

A realidade descrita anteriormente ocorre atualmente em alguns municípios do Nordeste Brasileiro. Os reservatórios de água salina (CE > 2,0 dS.m<sup>-1</sup>) estão sendo explorados não somente para irrigação, mas também para o abastecimento urbano. A título de exemplo, no Município de Afonso Bezerra-RN, em pouco mais de 20 anos de exploração desses recursos, para abastecimento e/ou irrigação, já ocorreu um grande rebaixamento do lençol freático causando grandes transtornos para sua população. Em meados dos anos setenta, poços artesianos (cavados às margens do Rio Cabugí – o mais importante em termos hídricos para o Município) com apenas 5 m de profundidade apresentavam vazões médias em torno de 20.000 litros.h<sup>-1</sup>. Atualmente alguns desses mesmos poços, depois de redimensionados para 10 m de profundidade, não alcançam vazões de 10.000 litros.h<sup>-1</sup>. No caso dos poços tubulares, com 30 a 40 m de profundidade, que abasteciam a zona urbana (consumo médio de 800.000 litros.dia<sup>-1</sup>), hoje eles não são suficientes para suprir essa necessidade, o que tem provocado freqüentes interrupções no abastecimento da Cidade.

Diante desse quadro estarrecedor, não resta nenhuma dúvida que a vida no planeta Terra encontra-se ameaçada. Portanto, faz-se necessário que os órgãos, governamentais ou não, adotem medidas rígidas com respeito ao consumo de água. O reúso ou a reutilização das águas residuais, como queiram chamar, seja ela tratada ou não, desponta como uma alternativa para a minimização desse grave, atual e/ou futuro problema.



## 5. POLUIÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

Atualmente, presenciamos a contaminação das reservas hídricas de todo o planeta, das mais diversas formas possíveis, diminuindo cada vez mais a disponibilidade de água de boa qualidade para os consumos humanos, industriais e agrícolas. As principais fontes de contaminação são águas residuais não tratadas, elementos químicos, filtrações e derrames de petróleo, derrames em minas e poços abandonados e produtos químicos agrícolas provenientes dos campos de agricultura que escoam ou se infiltram no solo. Ao serem jogados no meio ambiente, esses produtos químicos, cerca de 2 bilhões de toneladas de lixo/dia (Quadrado e Vergara, 2003), alcançam os rios, lagos e aquíferos causando danos irreparáveis não só a essas reservas de água mas também às espécies vivas que aí habitam.

Em algumas zonas do planeta, a crescente demanda e a poluição das águas provocaram uma diminuição no volume dos grandes rios, afetando as populações ribeirinhas e costas adjacentes. Esse inconveniente tem causado, como conseqüências, uma crescente diminuição das atividades reprodutivas e um aumento da mortalidade de diversas espécies de fauna e flora silvestre. Segundo World Commission on Water (1999), mais da metade dos principais rios do planeta estão praticamente esgotados e contaminados, razão por que degradam e contaminam os ecossistemas e ameaçam a saúde e o sustento das pessoas que dependem deles.

Fato alarmante, no que diz respeito à poluição das águas disponíveis para consumo humano, é o que ocorre na Cidade de Manaus-AM, situada na maior bacia hidrográfica do mundo. A capital do Amazonas se encontra sob constante rodízio de água entre os seus bairros devido à má qualidade do líquido (Quadrado e Vergara, 2003).

Até pouco tempo atrás, pouca atenção era dada às questões de aproveitamento e qualidade das águas subterrâneas, principalmente nas regiões em desenvolvimento, em comparação à que era dada às águas superficiais. Além do mais, pouca confiança era dada aos dados relativos às reservas e à circulação da água existente no subsolo. Na Europa, no entanto, tem-se preocupado bastante com a qualidade das águas subterrâneas, pois delas depende a escolha do local para se fazer numerosos assentamentos de terras. A poluição dessas águas deve-se às conseqüências resultantes das atividades populacionais, as quais já foram citadas anteriormente, e, também, a fatores naturais. Como exemplos desses fatores naturais podemos citar a contaminação em regiões de intensa atividade vulcânica e em regiões próximas ao mar, nas quais ocorrem intrusões de águas salgadas, como conseqüência do bombeio excessivo de águas subterrâneas. Por exemplo, segundo a UNEP (1996), esse problema já vem ocorrendo em Madrás (Índia). Lá a água salgada chegou a 10 km de terra a dentro, contaminando poços. Além desses fatores existe ainda o processo natural de salinização das águas profundas como resultado da dissolução de rochas durante a sua percolação pelo solo e subsolo, até atingir o reservatório.

De acordo com Postel (1997) e UNEP (1999), regiões como a Índia, a China, a Ásia Ocidental, a ex-União Soviética, o Oeste dos Estados Unidos e a Península Arábica estão diminuindo suas capas freáticas, o que limita a quantidade de água que pode ser utilizada pelos agricultores dessas localidades, devido a sua utilização superior à recarga durante um longo período de bombeio. Por exemplo, o aquífero de Ogallala, a maior reserva de água subterrânea dos Estados Unidos (500.000 km<sup>3</sup>), é drenada atualmente por mais de 200 mil poços numa velocidade 14 vezes maior que sua recarga natural (Quadrado e Vergara, 2003). Um dos fatores mais preocupantes não se deve apenas à secagem desse reservatório,

mas às consequências advindas desse fato. A Tabela 3 apresenta os principais problemas relativos à qualidade das águas subterrâneas.

**Tabela 3: Problemas relativos à qualidade das águas subterrâneas.**

<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>	<b>Temas de preocupação</b>
- Contaminação antropogênica	- Proteção insuficiente dos aquíferos vulneráveis contra os vestígios deixados pelos seres humanos e pelas águas de lixiviação provenientes de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• atividades urbanas e industriais</li> <li>• intensificação dos cultivos agrícolas</li> </ul>	- Patogênicos, nitratos, sais de amônio, cloro, sulfatos, boro, metais pesados, COD, hidrocarbonetos aromáticos e halogenados. * nitratos, cloro, praguicidas.
- Contaminação natural	- Relacionada com a evolução do pH e Eh das águas subterrâneas e a dissolução de minerais agravadas pela contaminação antropogênica e/ou a exploração incontrolada.	- Principalmente ferro, flúor e, às vezes, arsênio, iodo, manganês, alumínio, magnésio, sulfatos, selênio e nitratos (da paleorecarga).
- Contaminação na boca dos poços	- Projeto e construção inadequados de poços que permitem a penetração direta de águas superficiais ou águas subterrâneas pouco profundas e contaminadas.	- Principalmente patogênicos.

Fonte: Foster, Lawrence e Morris, 1998.

## 6. ASPECTOS CRÍTICOS SOBRE A DISPONIBILIDADE E/OU CONSUMO DE ÁGUA

Dados da CSD (1997a) indicam que aproximadamente 1/3 da população mundial vive em países com *estress* hídrico variando de moderado a alto. Nessas regiões o consumo de água é superior a 10% dos recursos renováveis de água doce. Afirma, ainda, que 80 países, os quais possuem 40% da população mundial, sofriam de escassez de água em meados dos anos noventa. CSD (1997b) calcula que em menos de 25 anos 2/3 da população mundial estarão vivendo em países com *estress hídrico* ou *escassez de água*.

Uma previsão feita para o ano 2020, por World Water Council (2000a), estima que o consumo de água aumentará de 40% e que se necessitará de 17% adicional para a produção alimentar a fim de satisfazer as necessidades da população em crescimento.

Atualmente, cerca de 5 milhões de pessoas morrem por ano, em todo o mundo, devido ao consumo de água contaminada e à falta de saneamento (WHO e UNICEF, 2000). Muitas são as enfermidades causadas pelo uso de água de má qualidade, dentre estas se estimam atualmente que: com respeito somente ao paludismo, dois bilhões de pessoas correm o risco de contraí-lo, 100 milhões podem tornar-se enfermos em qualquer momento e entre 1 - 2 milhões podem morrer por sua causa; cada ano ocorrem cerca de 4 milhões de casos de diarreia e 2,2 milhões de mortes, equivalente a 20 acidentes de aviões *jumbo* por dia; próximo de 10% da população do mundo em desenvolvimento está infectada com parasitas intestinais; cerca de 6 milhões de pessoas ficam cegas por causa do

tracoma; e 200 milhões de pessoas estão afetadas por esquistossomoses (CSD, 1997a; WHO e UNICEF, 2000).

Como visto anteriormente, inúmeras são as doenças associadas à má qualidade das águas de consumo humano. Diante desse quadro, inúmeras são as empresas que faturam com a distribuição de água de boa qualidade. Só em 2000, o mercado de água engarrafada faturou 22 bilhões de dólares, com a venda de 89 bilhões de litros (Quadrado e Vergara, 2003), com custo médio aproximado de \$ 0,25/litro de água engarrafada.

## **7. TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS**

As águas de péssima qualidade, tais como as de esgotos domésticos, de drenagem agrícola e águas salinas, devem, dentro do possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos, até certo ponto, menos restritivo.

O tratamento necessário para a recuperação de águas residuais está intimamente relacionado com as especificações de aplicação de reúso associado à qualidade de água requerida. Os sistemas de tratamento envolvem a aplicação de processos de separação de misturas do tipo sólido-líquido e, também, a desinfecção. Em alguns casos, podem-se aplicar tratamentos que envolvam uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos.

Em muitos casos, a água que é reciclada ou reusada necessita ser tratada para melhorar suas qualidades, particularmente, quando esta entrará em contato com alimentos ou produtos de bebidas ou é usada para a limpeza de superfícies que terá contato com esses produtos. Entre outras exigências o guia da CODEX (2000), citado por Carr (2000), especifica as seguintes:

- O reúso da água deve ser seguro para seu uso intencionado e não deve afetar a segurança do produto através da introdução de contaminantes químicos, microbiológicos ou físicos em quantidades que representem um alto risco para o consumidor;
- O reúso da água não deve adversamente afetar a qualidade do produto (sabor, cor, textura);
- O reúso de água intencionado para a incorporação em produtos alimentícios deve, pelo menos, juntar as especificações microbiológicas e químicas, supostos necessários para a água potável. Em certos casos as especificações físicas podem estar apropriadas;
- O reúso de água deve sugerir monitoramento e testes para assegurar e garantir sua segurança e qualidade. As frequências do monitoramento e do teste são ditadas pela origem da água ou por suas condições e intenção de reúso. As aplicações críticas requerem normalmente maior nível de condicionamento que os usos menos críticos;
- O sistema de tratamento escolhido deve ser semelhante àquele que prevê o nível de condicionamento apropriado para o reúso de água intencionado;
- A própria manutenção do sistema de condicionamento é crítica;
- O tratamento da água deve empreender-se com o conhecimento dos tipos de contaminantes da água adquirida e suas previsões de uso; e
- Os depósitos de água fria devem ser sanitizados (cloro) devido sempre existir possibilidade de contaminação do produto.

Segundo Adin e Asano (1998), citados por Trinidad et al. (2001), podem-se identificar vários níveis de tratamentos para as águas residuais. São eles:

- **primário**, através do qual se remove de 20 a 40% da DBO (demanda bioquímica de oxigênio e 40 a 60% dos sólidos em suspensão;
- **secundário**, supõe de fato empregar e acelerar os processos naturais de eliminação dos resíduos. Na presença de oxigênio, as bactérias aeróbicas convertem a matéria orgânica em formas estáveis, como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, nitratos e fosfatos, assim como outras matérias orgânicas. Nesse tratamento se reduz a DBO em até 85% e os sólidos em suspensão de 85 a 90% (Wilson et al., 1998);
- **terciário**, é empregado para eliminar nutrientes, mais de 99% dos sólidos em suspensão e a DBO em valores semelhantes. Os sólidos dissolvidos são eliminados por osmose reversa e pela eletrodialise. A eliminação do Amônio, a desnitrificação e a precipitação dos fosfatos podem reduzir o conteúdo de nutrientes.

Em geral, os tratamentos de águas residuais, adotados atualmente, não levam em conta a conservação dos nutrientes presentes nesses efluentes. Esses tratamentos eliminam somente os microrganismos e componentes indesejáveis, necessitando, portanto, de tecnologias mais adequadas para tal objetivo.

O tratamento utilizado deve garantir a retirada dos seres patogênicos e, conseqüentemente, assegurar que a saúde dos consumidores e dos trabalhadores, que terão contato com a água reutilizada, não será ameaçada. Sendo assim, para Bahri (1999), o tratamento proposto requer proteção da saúde pública, tecnologia apropriada, confiabilidade, usos da água, aceitação e participação do público, e deve ser economicamente e financeiramente viável.

A qualidade da água de reúso, a ser alcançada, está intimamente relacionada com os tipos de obstáculos existentes no processo de tratamento adotado. Essas barreiras impostas, como dito anteriormente, representam a coerência da qualidade da água adquirida com as de reutilização. O panorama representativo do processo e operações unitárias usadas em reformas de águas está mostrado na Tabela 4, a qual apresenta, ainda, a descrição de cada processo e suas respectivas aplicações.

Tabela 4: Panorama Representativo dos Processos e Operações Unitárias Usadas em Reformas de Águas.

Processo		Descrição	Aplicação
<i>Separação sólido-líquido</i>	Sedimentação	Sedimentação gravimétrica de partículas de matéria, flóculos químicos e precipitados de suspensão.	Remoção de partículas de águas turbidas maiores que 30 µm. Remoção de partículas de água maiores que 2 µm.
	Filtração	Remoção de partículas pela passagem de água através de areia ou outros poros médios.	Freqüentemente usado após a sedimentação ou coagulação – floculação.
<i>Tratamento biológico</i>	Tratamento biológico aeróbico	Metabolismo biológico de águas de consumo por microorganismos em um dique de aeração ou em um processo de biofilme.	Remoção de matéria orgânica dissolvida e suspensa da água servida.
	Tanque de oxidação	Tanques com 1,00 m de profundidade para mistura e penetração da luz solar.	Redução dos sólidos suspensos, DBO, bactérias patogênicas e amônia da água servida.
	Remoção de nutrientes biológicos	Combinação de processos aeróbicos, anóxicos e anaeróbicos para otimizar a conversão de orgânicos e nitrogênio da amônia para N <sub>2</sub> e remoção de fósforo.	Redução do conteúdo de nutrientes da água exigida.
	Tanque de estabilização de água servida	O sistema consiste de tanques anaeróbico, facultativo e de maturação ligados em série para aumentar o tempo de retenção.	Redução dos sólidos suspensos, DBO, bactérias patogênicas e amônia da água servida. Facilidades para reúso da água na irrigação e aquicultura.
<i>Desinfecção</i>		A inativação de organismos patogênicos usando oxidação química, luz ultravioleta, produtos cáusticos, calor ou processos de separação física (membranas).	Proteção da saúde pública pela remoção de organismos patogênicos.
<i>Tratamento Avançado</i>	Carbono ativado	Processo no qual os contaminantes são fisicamente adsorvidos na superfície do carbono ativado.	Remoção de compostos orgânicos hidrofóbicos.
	Corrente de ar	Transferência de amônia e de outros componentes voláteis da água para o ar.	Remoção de amônia e de alguns orgânicos voláteis da água.
	Permuta de íons	Permuta de íons entre uma resina e a água, usando um fluxo através de um reator.	Remoção efetiva de cátions como cálcio, magnésio, ferro, amônio e ânions como nitrato.
	Coagulação química e precipitação	Usa sais de alumínio ou de ferro, polieletrólitos e/ou ozônio para promover a desestabilização das partículas coloidais da água e precipitação de fósforo.	Formação de precipitados de fósforos e floculação de partículas para remoção pela sedimentação e filtração.
	Tratamento com cal	O uso de cal para precipitar cátions e metais da solução.	Usado para reduzir a escala de potencial da água, precipitar fósforo e modificar o pH.
	Filtração por membrana	Microfiltração, nanofiltração e ultrafiltração.	Remoção de partículas e microrganismos da água.
	Osmose reversa	Sistema de membranas para separar íons da solução baseada na pressão osmótica reversa diferencial.	Remoção de sais e minerais dissolvidos da solução; também, remoção efetiva de patogênicos.

Fonte: Adaptado de Asano, 1998, citado por Carr (2000).

Mesmo utilizando-se de boas técnicas de tratamento das águas residuais, alguns patogênicos altamente *infectivos* conseguem passar por todas as barreiras impostas a sua sobrevivência, e, como consequência, 100% deles não serão destruídos durante o processo. Dependendo da finalidade a que se destina, nem sempre é necessário se atingir níveis tão elevados na qualidade da água tratada.

Para projetar uma planta de tratamento de águas residuais, deve-se levar em consideração alguns pontos de extrema necessidade, entre eles pode-se citar o uso final desse líquido, clareza e definição nos objetivos e necessidades, níveis de tratamentos e processos requeridos, indicadores que podem ser levados em conta e os conflitos de interesses entre produtores e usuários de águas residuais (Bahri, 1999).

## 8. REÚSO DE ÁGUA

Tomando-se por base os aspectos do aumento do consumo, a diminuição das reservas disponíveis e o crescente aumento da poluição dos recursos hídricos, vem à tona o tema “*reúso ou reutilização de águas residuais*”. O reúso de águas residuais pode ser conduzido de quatro maneiras diferentes:

- **reúso indireto não planejado da água:** a água utilizada em atividades humanas é descarregada no meio ambiente e reutilizada, a jusante, de forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Ao caminhar até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita a diluição e depuração;
- **reúso indireto planejado da água:** neste caso, os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado admite que existe algum controle sobre as novas descargas que ocorrem durante o caminho, não alterando, portanto, os requisitos de qualidade de reúso objetivado;
- **reúso direto planejado da água:** os efluentes, após tratamento, são jogados diretamente no local de reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso de maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação;
- **reciclagem da água:** é o caso mais comum de reúso interno da água, antes mesmo de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Este é um caso particular de reúso direto planejado.

O reúso de água não potável pode ser feito objetivando suprir a demanda em locais que, costumeiramente, utilizavam água potável, com diferentes necessidades de aplicações. Entre elas, citam-se:

- reserva de proteção contra incêndio;
- sistemas decorativos aquáticos como fontes e chafarizes, espelhos d'água;
- descarga de sanitários públicos, edifícios comerciais e industriais;
- lavagem de trens e ônibus públicos;
- controle de poeira em movimento de terra;
- irrigação de jardins ao redor de edifícios, residências e indústrias, parques, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, gramados, árvores e arbustos ao longo de avenidas e rodovias;
- torres de resfriamento;

- caldeiras;
- construção civil e compactação de solos;
- lavagens de pisos, de galpões industriais e de algumas peças mecânicas;
- utilização em processos industriais; e
- recarga de aquíferos.

No Brasil o assunto ainda é algo muito novo, porém, em muitos outros países, desde os anos sessenta, a prática do reúso de água já é feita com bastante frequência. Tal fato é mais perceptível em países onde ocorre *stress hídrico*, principalmente naqueles que possuem regiões áridas e semi-áridas nas quais o fenômeno é mais evidente.

As águas residuais são, em sua grande parte, efluentes de indústrias, de hospitais, de esgotos domésticos e de campos agropecuários de atividades intensivas. Os maiores avanços quanto ao tratamento e reúso dessas águas têm ocorrido no setor industrial. Por ocorrer, nesse caso, um grande consumo que é ao mesmo tempo, concentrado em pequeno espaço, torna-se mais fácil e menos dispendioso a operacionalização dessas atividades. Nas instalações industriais, o reúso de águas, após o devido tratamento, tem significado grandes economias para as empresas que optam por esse tratamento.

## 8.1. NA INDÚSTRIA

A indústria (particularmente a de alimentos e bebidas) é o segundo maior consumidor das reservas de água doce do mundo (Abramovitz, 1996). De várias maneiras a reutilização das águas residuais tem sido adotada para uso industrial, humano e agrícola. A tabela 5 apresenta dados sobre o reúso de água na produção de alimentos e bebidas.

**Tabela 5: Exemplos de reúso de água na produção de alimentos e bebidas.**

Processo	Fonte potencial de água	Possibilidade de reuso da água*
Produção de culturas	- Água servida	- Aquacultura e irrigação
Processamento de alimentos	- Água condensada,	- Direto na preparação do produto
	- Água gelada	- Produtos de lavagem
	- Água de rejeito	- Produção de gelo, água quente e vapor.
	- Água de enxaguar equipamentos	- Controle de umidade e condicionamento de ar
	- Água de enxaguar produtos	- Iniciar, enxaguar e limpar equipamentos de processos.
	- Permeados de membrana / filtração	- Limpeza e desinfecção de processos
	- Água de sanitização	- Alimentar caldeira e extinguir fogo

Fonte: Codex Alimentarius Commission, 2000.

Em algumas regiões onde a demanda de água de boa qualidade é inferior aos recursos disponíveis, o tratamento dos efluentes industriais tornou-se uma necessidade. Exemplo típico é o *reúso planejado direto de água não potável* pela Indústria de Papel Sul Africana Pulp Ltda. (SAPPI), em Moinhos do Enstra, perto da Cidade de Primavera. Essa indústria foi a primeira naquele país a tratar seus efluentes para ajudar na oferta de água (Hart, 1987).

O tratamento adotado, nesse caso, consiste essencialmente das seguintes unidades:

- um tanque de floculação de 750 m<sup>3</sup> de capacidade;
- um canal de 0,6 m com uma bomba de *booster*;
- sistema de ventilação de alta velocidade de dispersão;
- um compressor de ar operando em 10 horas;
- tanques de armazenamento;
- equipamentos de dosagem de sulfato de alumínio, hidróxido de sódio e cloro; e
- equipamento auxiliar com controle de pH.

A eficiência do processo conferiu qualidades tão boas, para as águas tratadas, que passou a ser adotado, como modelo, por todas as fábricas de papel do país.

O *reúso planejado direto de água não potável* foi também adotado nos distritos de Koh-Toh, e Joh-Hoko, em Tóquio, e na cidade de Nagoya, onde são tratados, aproximadamente, 130.000 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> de efluentes urbanos. Em Nagoya e Koh-Tok, além do tratamento secundário são utilizadas a coagulação, a sedimentação, a filtração rápida em areia e a cloração. Em Joh-Hoko, além dos processos descritos, utiliza-se também carvão ativado. A maior parte da água reutilizada é para resfriamento de equipamentos e limpeza (Water Reuse Promotion).

No Brasil, poucos são os exemplos práticos sobre o assunto. A maioria dos projetos é desenvolvida nas universidades. Algumas empresas foram obrigadas a tratar seus efluentes após a lei do CONAMA nº 20 de 1986, que impõe limites para emissão de efluentes nos corpos hídricos superficiais, a qual é fiscalizada pela CETESB. Por exemplo, o Frigorífico Marba Ltda passou a tratar seus dejetos industriais gerados, tanto na produção dos alimentos, como dos efluentes sanitários. Para atender as exigências da legislação, bastava o tratamento de lodo ativado, porém, após análise econômica, verificou-se que seria viável o prolongamento do tratamento para posterior reutilização dos efluentes na lavagem da fábrica e resfriamento de caldeiras. O processo representou uma economia de 60% dos gastos com água (Visita Técnica).

Em algumas áreas da região metropolitanas de São Paulo, os efluentes de esgotos vêm sendo tratados objetivando uso não potável para indústrias. O custo da água posta à disposição da indústria está em torno de R\$ 8,00.m<sup>-3</sup>, enquanto que a água de utilidades apresenta um custo em torno de R\$ 4,00.m<sup>-3</sup>. O custo varia de acordo com o tratamento aplicado e com os fatores relativos ao sistema de distribuição (Hespanhol, 2003).

## 8.2. NA AGRICULTURA

A reutilização de águas residuais na agricultura tem aumentado em todo o mundo, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas. Essa necessidade surge devido, nessas áreas, a precipitação não cobre as demandas para o cultivo irrigado. A reutilização de águas residuais tratadas pode reforçar a produtividade agrícola visto que esse tipo de água contém bastantes nutrientes.

O *reúso planejado direto de água não potável* é usado em Negev (Israel). A água é recebida de uma cidade bastante densa, em termos de povoação, através de um canal central. São águas servidas para serem utilizadas na irrigação. De acordo com o projeto, em torno de 100.000 a 160.000 m<sup>3</sup>/ano de esgotos podem ser transportados por meio de um canal de cimento, com diâmetro variando de 20 a 48 cm, à distância de 140 km (entre as



cidades de Netania, no norte, e Dorot, no sul). Esse fluxo é suficiente para irrigar 6.000 ha. de algodão, 20.000 ha. de trigo e 7.500 ha. de sorgo. O custo estimado para o transporte desse efluente é de 20 a 30 centavos de dólar por 1.000 galões (3.600 litros) (Water Renovation and Reuse, 2003).

Da cidade de Jerusalém são bombeados  $10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$  de efluentes de lodo ativado tratados para a área de Gazaza, a uns 51 km da cidade. A água servida é utilizada para irrigar, aproximadamente, 1.800 ha. de algodão e 600 ha. de cereais por ano (Balashe Yalon, 1973; citado por Water Renovation and Reuse, 2003). Medindo 10 m de profundidade e 38 ha. de área, o reservatório tem capacidade de armazenar  $3.000.000 \text{ m}^3$ .

### 8.3. EM EDIFÍCIOS

A Índia, além de possuir uma das maiores populações do mundo é, também, um dos países com maiores problemas de escassez de água. Nos edifícios com 20 a 25 andares, em Bombay, faz-se tratamento do esgoto bruto, que vem dos apartamentos, para ser utilizado no sistema de ar condicionado desses edifícios. A água refrigerada é re-circulada por uma torre localizada no topo do prédio e abastece  $150 \text{ a } 250 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ , dependendo do tamanho do edifício. Em Natal-RN, Brasil, em alguns edifícios já se faz reúso da água servida para a lavagem e utilização em jardinagem. O tratamento dado ao esgoto bruto pode constar das seguintes etapas (Water Renovation and Reuse, 2003):

- gradeamento;
- aeração prolongada;
- decantação;
- filtro de areia; e
- cloração.

Após esse tratamento, o efluente fica livre de cheiro, podendo ser bombeado para o reservatório, que fica no topo do prédio e, em seguida, distribuído para o sistema de ar-condicionado.

### 8.4. NA RECARGA DE AQUIFERO

Esse é um exemplo típico do *reúso planejado indireto de água potável*. Esse sistema foi adotado na Califórnia (USA), no final da década de 60, para evitar a contaminação, com água salina, do lençol subterrâneo que abastece a região. A super exploração desse lençol com a irrigação de extensas plantações de laranja favoreceu a intrusão de água do Oceano Pacífico, ameaçando o abastecimento local. Para evitar tal situação, foi montada uma usina piloto de tratamento de esgoto objetivando purificá-lo e injetá-lo de volta no solo, reabastecendo o lençol. Dessa forma, o reservatório permaneceria cheio e fora de perigo de contaminação por água salgada (ONGERTH & JÖPLING, 1977).

Devidamente tratada, a água, ao atingir o subsolo, se dilui na água fresca e as rochas do subsolo, que são porosas, ajudam a filtrar de forma natural todo o fluxo líquido. Sendo assim, a água torna-se apropriada para o consumo humano, de acordo com a legislação local.

Segundo Hespanhol (2003), a recarga artificial de aquíferos tem como objetivo proporcionar um tratamento adicional de efluentes, aumentar a disponibilidade de água em

aquíferos potáveis e não potáveis, disponibilizar reservatórios de água para uso futuro, prevenir a subsidência do solo e a intrusão de água salina, em aquíferos costeiros. A recarga pode ser feita por poços de injeção ou por infiltração superficial, utilizando bacias ou canais de infiltração.

### **8.5. USOS URBANOS PARA FINS POTÁVEIS**

Diferentes são os tipos de usos de efluentes urbanos os quais, na sua grande maioria, exigem sistemas de tratamentos avançados devido à alta qualidade necessitada para a água. Esses tratamentos muitas vezes tornam-se inviáveis em função do alto custo financeiro.

Muitos dos efluentes urbanos, oriundos de esgotos domésticos e industriais, possuem concentrações elevadas de patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos, representando elevado risco para a população, se direcionado para reúso. Segundo Hespanhol (2003), a Organização Mundial da Saúde não recomenda o reúso direto de efluentes de uma estação de tratamento de esgoto a uma estação de tratamento de água e, em seguida, ao sistema de distribuição. Nesse caso, recomenda-se o uso indireto desse efluente o qual pode ser feito através da diluição dos esgotos, após tratamento, em um corpo hídrico (lago, reservatório ou aquífero subterrâneo). Depois de determinado tempo de retenção relativamente longo, é efetuada a nova captação, seguida de tratamento adequado e posterior distribuição para consumo.

O reúso indireto exige que o corpo hídrico receptor, lago, reservatório ou aquífero subterrâneo, seja despoluído e, dessa forma, através da diluição conveniente, ocorra uma redução da carga poluidora a níveis aceitáveis.

A prática do reúso para fins potáveis, atualmente intencionado na cidade de São Paulo, na qual as águas poluídas por efluentes, tanto domésticos como industriais, são revertidas, sem nenhum tratamento, para outro manancial, também muito poluído por esgotos domésticos e por elevadas concentrações de cobre, o qual é utilizado para o controle do crescimento de algas, não pode ser classificado como reúso indireto (Hespanhol, 2003).

A existência de enorme quantidade de compostos de alto risco, em particular micropoluentes orgânicos, presentes nos efluentes líquidos industriais, em mananciais que recebem, ou que receberam, durante longos períodos, esses efluentes, desqualifica a prática de reúso nesse caso para fins potáveis.

Na cidade de Windhoek, República da Namíbia, esgotos exclusivamente domésticos vêm sendo tratados para fins potáveis e os esgotos industriais são coletados em redes separadas e tratados independentemente. Ocorre, também, um controle intensivo feito pela população no sentido de evitar a descarga, mesmo que de forma acidental, de efluentes industriais ou compostos químicos de qualquer espécie, no sistema de esgotos domésticos (Hespanhol, 2003).

O tratamento dado aos esgotos, citado no parágrafo anterior, consta das seguintes etapas:

- grade;
- caixas de areia;
- decantadores primários;
- sistema de lodos ativados; e
- lagoas de maturação.

Após esse tratamento, o efluente é encaminhado para a fase de potabilização, na qual é submetido aos seguintes processos:

- pré-ozonização;
- coagulação-floculação;
- sedimentação;
- filtros rápidos de areia;
- ozonização;
- deaeração e reciclagem de ozona;
- adsorção em carvão ativado granular, cloração ao "breakpoint";
- correção de pH com cal; e
- armazenamento da água potável em lençol freático, por longo período.

O sistema descrito anteriormente está em operação desde 1968 e, as doenças associadas à ingestão de água poluídas (diarréias e hepatite **A**), nesse país, não se devem ao reúso dessa água (Hespanhol, 2003).

## 9. CONCLUSÃO

A conservação da taxa de crescimento na produção agrícola no mundo é algo imprescindível para manter toda a população da Terra. Trata-se de uma população que se encontra em constante crescimento. Em muitas regiões, a precipitação pluviométrica e a disponibilidade de água de boa qualidade não são suficientes para suprir essa necessidade produtiva. As regiões mais comuns com essas características são as áridas e semi-áridas do planeta. Sendo assim, faz-se necessário o uso da irrigação, principalmente nos períodos de estiagem, como forma de amenizar essa deficiência produtiva.

A produção industrial que se concentra nos grandes centros urbanos também requer o uso de grandes volumes de água. Esse fato somado ao consumo doméstico, esgota numa velocidade assustadora, os recursos hídricos disponíveis nesses locais.

As reservas hídricas superficiais próximas às áreas de produção agrícola e/ou industrial praticamente se esgotaram e/ou foram deterioradas devido ao avanço da poluição. Dessa forma, intensificou-se a exploração descontrolada das reservas de águas subterrâneas. Essa prática, seja no campo ou na cidade, vem aumentando a escassez de água potável em todo o mundo. Em algumas zonas rurais, nas quais não mais existem reservas de água de boa qualidade, estimula-se o uso de água salina na irrigação. Essa prática exige alta tecnologia, caso contrário, todo processo produtivo ficará comprometido. Em se tratando das zonas urbanas, a insuficiente disponibilidade de água potável exigiu a construção de enormes estações de tratamento de água visando melhorar a sua qualidade.

Enquanto as reservas de água no mundo são limitadas, por outro lado, a demanda aumenta assustadoramente todo dia. Diante desse quadro, as medidas tomadas atualmente, seja no campo ou na cidade, não foram eficientes para evitar transtornos no abastecimento hídrico dessas localidades.

Tomando-se por base o aumento irrestrito da demanda de água, associado ao aumento na poluição das reservas hídricas, uma nova estratégia de consumo está se desenvolvendo em todo o mundo visando conservar a sua disponibilidade e qualidade: “**o reúso de água**”.

Muitos são os países que fazem reúso de água, após o devido tratamento, para consumo doméstico, industrial e agrícola. O tratamento a ser dado às águas servidas está atrelado ao objetivo ao qual se propõe. A escolha do processo deve garantir que as águas tratadas, que serão reutilizadas com fins diversos, não representarão nenhum risco à saúde pública.

Embora a prática da reutilização de água servida não tenha sido levada a sério no Brasil, algumas empresas já iniciaram essa prática visando suprir a sua demanda de água. Isso vem ocorrendo com algumas indústrias localizadas na região Sudeste. Tais estratégias têm representado economias significativas no processo produtivo dessas instituições. É chegada a hora de se incentivar, também, o tratamento de esgotos dos grandes centros urbanos e, canalizá-los para as regiões de produção agrícolas próximas a esses locais, objetivando o seu reúso na irrigação. Visto que esses efluentes são bastante ricos em nutrientes, isso representará, na certa, uma grande economia financeira e de água potável.

## 10. REFERÊNCIAS

- Abramovitz, J. 1996. Imperiled Waters, Impoverished Future: The Decline of Freshwater Ecosystems. Washington, DC, Worldwatch Institute, p.5-66.
- Alzaba, A. A. 1998. Necessity for Modification of Management Parameters When Using Low Quality Water. *Agricultural Water Management*. 36: 210-211.
- Bahri. 1999. Agricultural Reuse of Wastewater and Global Water Management *Water Science Technology*. 40 (4-5). 339-346.
- Berner, E. K. & Berner, R. A.. *The Global Water Cycle: Geochemistry and Environment*. 1987, p. 13. Reprinted by permission of Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Carr, Richard. 2000. Re-use of Process Water in the Food and Beverage Industries, November 17, 2000. Pretoria, South Africa.
- Consumo de Água no Brasil e no Mundo. Água Web Site.  
<http://www.aguaweb.com.br>. Ver data, 2002.
- CSD (1997a). Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World. Report of the Secretary-General. United Nations Economic and Social Council.  
<http://www.un.org/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-9.htm>.

- CSD (1997b). Overall Progress Achieved Since the United Nations Conference on Environment and Development. Report of the Secretary-General Addendum – Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources. United Nations Economic and Social Council.  
<http://www.un.org/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-2add17.htm>.
- Filho, Bruno Coraucci e Júnior, Elgim Tito Borges. Remoção de Nutrientes Através do Reúso de Efluente Anaeróbico na Irrigação Superficial por Sulcos de Infiltração. X Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp. 25 –26 de Setembro de 2002. Campinas-SP.
- Foster, S., Lawrence, A. and Morris, B. (1998). Groundwater in Urban Development: Assessing Management Needs and Formulating Policy Strategies. Washington DC, World Bank.
- Gardner-Outlaw, T and Engleman, R. 1997. Sustaining Water, Easing Scarcity. A Second Update. Washington, DC. Population Action International, p. 2-19.
- Hart, O. O.; van Vuuren, L.R.J. (1977). *Water reuse in South Africa*. A: H.I. Shuval (ed.) Water renovation and reuse. Academic Press, Nova York.
- Hespanhol, Ivanildo. (2003). Potencial de Reúso de Água no Brasil – Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. [Ivanhes@usp.br](mailto:Ivanhes@usp.br). 04/06/2003.
- Joelle Diderich, Joelle. Crise de água vai se agravar com diminuição de reservas—ONU. Reuters.  
  
Paris, Quarta-Feira, 5 de Março de 2003, 11:09 AM.
- Meraz, J. González; Estrada, Cisneros. Reuso del Agua en Agricultura de Invernadero. XI Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 9. Contaminación, Tratamiento y Reuso del Agua. Guanajuato, México, 19-21 de Septiembre de 2001.
- ONGERTH, H. J.; JÖPLING W.F. (1977). *Water reuse in California*. A H.I. SHUVAL (ed.) Water renovation and reuse. Academic Press, Nova York, 1977.
- Postel, S. (1997). Pillars of Sand: Can the Irrigation Miracle Last ? New York, W. W. Norton and Company.
- Quadrado, Adriano; Vergara, Rodrigo. 2003. Vai Faltar Água?. Superinteressante. Ed. 189, Junho, 2003.
- Recursos Hídricos do Planeta. 10/09/2002.  
<http://www.eco.unicamp.br/orojetos/agua/rechid.html>.  
  
22/05/2003.
- Shiklomanov, I. A. (1993). World Freshwater Resources. In P. H. Gleick (ed.), Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources. New York, Oxford University Press.

- Trinidad, J. González; González, J. A. Delijorge y Lujan, A. Vázquez. Recuperación y Reutilización de las Aguas Residuales en la Producción Agrícola y Pecuaria de las Zonas Áridas. XI Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 9. Contaminación, Tratamiento y Reuso del Agua. Guanajuato, México, 19-21 de Septiembre de 2001.
- UNDP, UNEP, World Bank and WRI (2000). World Resources 2000 – 2001. Washington DC, World Resources Institute.
- UNEP (1996). Groundwater: A Threatened Resource. Nairobi, UNEP.
- UNEP (1999). GEO-2000. United Nations Environment Programme. London and New York, Earthscan.
- Water Renovation and Reuse. <http://www.technowater.hpg.ig.com.br/menu7/ind.html>. 16/06/2003.
- WHO y UNICEF (2000). Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. Geneva and New York, World Health Organization and United Nations Children's Fund. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/Globassessment/GlasspdfTOC.htm](http://www.who.int/water_sanitation_health/Globassessment/GlasspdfTOC.htm).
- Wilson, D. R., Page, I. C. Cocci, A. A. and Landine, R. C. (1998). Case History two Stage, Low Rate Anaerobic Treatment Facility for South American Alcochemical Citic and Wastewater. Water Science Technology. 38 (4-5) 45-52.
- World Commission on Water (1999). World's Rivers in Crisis – Some Are Dying; Others Could Die. World Water Council. <http://www.worldwatercouncil.org/Vision/6902B03438178538C125683A004BE974.htm>.
- World Water Council (2000a). World Water Vision Commission Report: A Water Secure World. Vision For Water, Life and the Environment. World Water Council. <http://www.worldwatercouncil.org/Vision/Documents/CommissionReport.pdf>.