

**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS - UNIPAC  
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS E SEQUENCIAIS DE JUIZ DE FORA,  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

Luiza Ribeiro Canedo

Max Saulo Machado Francisco

REUSO DAS ÁGUAS

Juiz de Fora

2010

Luiza Ribeiro Canedo  
Max Saulo Machado Francisco

## REUSO DAS ÁGUAS

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto de Estudos Tecnológicos e Sequenciais de Juiz de Fora, da Universidade Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. José Teotônio Pimentel Gouvêa.



Juiz de Fora

2010

Dedico este trabalho aos meus pais Adjalma e Esmeralda, meus filhos, irmãos e amigos que me incentivaram nesta caminhada.

Dedico este trabalho à minha mãe e à minha filha que me incentivaram nesta caminhada.

## RESUMO

Esse estudo de pesquisa bibliográfica comenta sobre o reuso das águas para fins não potáveis e apresenta algumas experiências exitosas no Brasil. Juntamente com a preservação do meio ambiente sob todos os seus aspectos, a demanda aumentada e diversificada de água é um alerta para sua eminente escassez como fonte de manutenção da vida. No primeiro capítulo comenta-se que no Brasil os sistemas públicos abastecem 89,4% dos domicílios urbanos e 82,4% da população rural não têm acesso aos sistemas públicos. Existe no país enorme déficit de cobertura de esgotos sanitários com o devido tratamento, o que contribui para a deterioração dos corpos hídricos e interfere na saúde da população. A demanda por água leva a aprofundar estudos sobre o reuso de águas conforme se verifica no segundo capítulo pois a água para o reuso deve manter as características físicas e químicas dentro de certos limites e exige monitoramento contínuo de sua qualidade. No terceiro capítulo apresenta-se a experiência brasileira de reuso de água.

Palavras-Chave: Reuso de águas, condições de reuso das águas, tratamento de esgotos sanitários.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	6
1 SITUAÇÃO DA ÁGUA NO BRASIL .....	8
2 REUSO DAS ÁGUAS .....	13
2.1 Categorias de Reuso das Águas.....	15
2.2 Qualidade da água para reuso.....	19
2.3 Riscos do reuso das águas.....	22
3 EXEMPLOS DE REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS.....	24
3.1 Reuso de águas no Brasil .....	24
3.2 Recomendações da ABES/SP .....	25
CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28

## INTRODUÇÃO

Os diversos movimentos nacionais e internacionais contribuíram para o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável estruturando um novo modelo de crescimento econômico, que maximiza os resultados sociais e minimiza os impactos ambientais. Esse conceito vem sendo assimilado por segmentos da população, aparecendo, inclusive, em discursos e documentos oficiais que tratam das questões do meio ambiente e da qualidade de vida.

Na interrelação com a natureza a fixação do homem em qualquer região do planeta tem acontecido, geralmente, em função das disponibilidades energéticas, como: alimento, luz solar, ar e água, necessários à sua sobrevivência. Nesse sentido, a água, substância inorgânica tem sido a forma de energia essencial à vida e a manutenção dos ecossistemas.

De acordo com Jordão e Pessoa (1995), três quartos da superfície terrestre é coberta por água. Do volume total de água existente no planeta, 97% corresponde a água salgada imprópria para a maioria das necessidades humanas; 2,2% se encontra sobre as planícies das regiões próximas aos pólos e assim, apenas 0,8% corresponde a água doce. Dos 0,8% de água doce existente no planeta, 97% são águas subterrâneas e somente 3% corresponde a água superficial.

Entretanto as represas, açudes e reservatórios de acumulação de água existentes enfrentam considerável depreciação na qualidade da água, notadamente, devido aos processos de eutrofização, assoreamento, salinização e contaminação fecal.

Dessa forma, a escassez, cada vez mais acentuada, de mananciais de qualidade adequada para o abastecimento de água após o tratamento convencional, como também o crescente consumo de água dos centros urbanos, são fatores determinantes para o despertar interesse pelo reuso de água.

O reuso da água para fins não potáveis foi impulsionado em todo mundo nas últimas décadas, devido a crescente dificuldade de atendimento da demanda de água para os centros urbanos e algumas localidades no meio rural, pela escassez cada vez maior de mananciais próximos e/ou de qualidade adequada para abastecimento após tratamento convencional. Com a política do reuso, importantes volumes de água potável são poupados, usando-se água de qualidade inferior,

geralmente efluentes secundários pós-tratados, para atendimento das finalidades que podem prescindir da potabilidade.

As imagens mais comuns associadas ao reuso da água são normalmente àquelas ligadas ao abastecimento doméstico, industrial e agrícola. O reuso da água, entretanto, afeta outras utilizações do recurso hídrico, como a diluição dos despejos nos cursos d'água receptores, o uso de mananciais para abastecimento, a navegação, as atividades recreacionais, a pesca, e mesmo a geração de energia elétrica.

Nesse contexto o objetivo geral desse trabalho é apresentar o reuso de águas para fins não potáveis. Especificamente os objetivos são: comentar sobre a qualidade da água para reuso e mostrar alguns exemplos de reuso de águas.

Para alcançar os objetivos propostos a metodologia empregada foi a pesquisa bibliográfica, consultando publicação, tais como artigos de jornais e revistas, *sites* da internet dirigidos ao público em geral.

A partir das leituras surgiu o interesse em conhecer o "Reuso das águas para fins não potáveis" e essa pesquisa é relevante na medida em que contribui para um melhor entendimento desse assunto podendo ainda servir como fonte de análise para trabalhos futuros.

## 1 SITUAÇÃO DA ÁGUA NO BRASIL

A água é uma substância simples que pode ser encontrada tanto no estado líquido, como sólido e gasoso. Embora o controle sobre o ciclo hidrológico seja restrito e o volume global praticamente não se altere, a água disponível pode ser administrada e conservada.

A demanda por água nos grandes centros urbanos fez com que fossem construídos complexos sistemas de captação em rios de grande porte, os quais tem córregos que cruzam núcleos urbanos e que recebem esgoto não tratado como contribuição. Com o aumento da poluição, cresce o risco de oferecimento de água de má qualidade, crescem os custos para o tratamento da água e cresce o risco de falta de água nas estiagens (HELLER et al., 2002).

Juntamente com a preservação do meio ambiente sob todos os seus aspectos, a necessidade de economizar água vem sendo apontada como alternativa para se contornar o problema da escassez.

O fenômeno da escassez está diretamente relacionado ao crescimento populacional e a conseqüente degradação ambiental. Não é problema exclusivo das zonas áridas e semi-áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, que não atendem a demandas elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições ao consumo.

De acordo com Heller et al (2002) no Brasil, a oferta de água para as cidades vem diminuindo. A população urbana aumentou 137% em 26 anos passando de 52.000.000 de hab em 1970 para 123.000.000 hab em 1996 e para 166.700.00 hab em 2000. A disponibilidade hídrica de 105.000 m<sup>3</sup> hab/ano em 1950 caiu para 28.200 m<sup>3</sup> em 2000. Tal fato tem apontado para problemas futuros que podem advir do uso indiscriminado dos recursos hídricos.

A disponibilidade de água no Brasil é distribuída de forma irregular 69% da água doce encontra-se na Região Amazônica e 31% nas demais regiões, as quais concentram 95% da população do País. Heller et al (2002) comenta que a distribuição dos recursos hídricos está na proporção de 68,5 % para a região Norte, 3,3% para a região Nordeste, 6,0% para a região Sudeste, 6,5% para a região sul e 15,7% para a região Centro-Oeste.

Com relação às águas residuárias de acordo com o Censo (2000) o Brasil apresenta um total de 44,7 milhões de domicílios particulares permanentes. Desse total, 37,3 milhões estão nas cidades e 7,4 milhões na área rural. Em termos de moradores desses domicílios permanentes, o Censo 2000 constata uma população brasileira de 168,3 milhões. Desse total, 137 milhões moram nas cidades e 31,3 milhões vivem no meio rural (IBGE – CENSO 2000).

Os sistemas públicos de abastecimento de água cobrem 89,4% dos domicílios urbanos brasileiros, equivalente a 89,1% da população urbana, mas existem ainda 14,9 milhões de brasileiros em centros urbanos sem acesso a esse serviço (PNSB, 2000).

No meio rural, onde residem aproximadamente 31,3 milhões de brasileiros ou 18,6% da população, a situação é grave, uma vez que 25,8 milhões, ou seja, 82,4% da população rural, não têm acesso aos sistemas públicos.

De acordo com o PNSB (2000), no Brasil, existe a distribuição de água por rede geral em 8.656 distritos, em 5.391 municípios, através de 30,5 milhões de ligações prediais, sendo que 25 milhões dessas ligações possuem medidores. De toda essa água distribuída à população brasileira, 75% do volume total recebeu tratamento convencional. Entre 1989 e 2000, as estações de tratamento de água passaram de 2.485 para 4.560 unidades de tratamento convencional e não-convencional.

Foi ainda constatado pelo Censo (2000) que dos municípios com menos de 30.000 habitantes, somente 55,6% têm atendimento de serviços de abastecimento de água e dentre aqueles acima de 30.000 chega a 83,7%. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) evidenciou que ainda existem 116 municípios sem nenhum serviço de abastecimento de água por rede geral.

A coleta e a disposição final de esgotos sanitários também reproduz a desigualdade de acesso aos serviços de abastecimento de água. Com relação aos esgotos sanitários segundo o Censo (2000), 36,2 milhões de domicílios urbanos permanentes possuem algum tipo de banheiro ou sanitário e desses, 20,9 milhões estão ligados à rede pública de esgotos. Na área rural, somente 4,8 milhões de domicílios têm algum tipo de banheiro ou sanitário e apenas 246,7 mil estão conectados à rede pública de esgotos. No meio urbano, 5,9 milhões de domicílios e no meio rural, 715 mil usam fossa séptica. O restante dos domicílios brasileiros,

cerca de 15 milhões, lança os esgotos em fossa rudimentar, vala, rio, lago, mar ou outros escoadouros. Nas cidades, 1,1 milhão de moradias e no meio rural, 2,6 milhões não possuem nenhum tipo de banheiro ou sanitário.

Para o Censo (2000), somente 31,6% dos municípios, com população menor que 30.000 habitantes, têm atendimento de serviços de esgoto sanitário. Dentre aqueles com mais de 30.000 habitantes, o atendimento chega a 69,8 %.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB 2000), somente 52,2% dos 5.507 municípios brasileiros, em 2.000, eram servidos por algum sistema coletivo de esgotos sanitários, 47,8% do total de municípios brasileiros não têm coleta de esgoto. Dentre os distritos brasileiros que coletam o esgoto, somente 33,8% fazem o tratamento, enquanto 66,2% não tratam de forma alguma. Do total de distritos que não tratam os esgotos coletados, a grande maioria, 84,6%, lançam nos rios. Desta forma, comprometem a qualidade da água para o abastecimento humano, indústria, irrigação e recreação.

Quanto ao número de moradores atendidos por rede de esgoto sanitário, o Censo (2000) identificou que 132,7 milhões de moradores urbanos (96,9% da população urbana) tinham algum tipo de banheiro ou sanitário, sendo que desses, somente 73,7 milhões (53,8% da população urbana) são atendidos por rede geral de esgoto (rede pública, da rua). Na área rural, somente 19,5 milhões de moradores (64,7% da população rural) possuem algum tipo de banheiro ou sanitário e apenas 962 mil moradores (3,1%) são atendidos por rede geral de esgoto e 2,7 milhões por fossa séptica. O restante da população rural, ou seja, 27,6 milhões de pessoas, usam alternativas inadequadas para esgoto sanitário, como fossa rudimentar, vala, rio, mar, lago e outros escoadouros.

De acordo com Heller et al (2002) esta situação geral do país reflete-se, indiscutivelmente, na saúde da população que padece por doenças causadas pela ausência de saneamento, tornando-se ineficazes as ações de saúde, principalmente a nível local.

No Brasil, quando não há uma solução coletiva, a opção geralmente passa pela utilização do tanque séptico com sumidouro e, em grande parte, lançamentos dos efluentes sobre o solo. Apesar da larga experiência com a utilização de tanques sépticos, as condições operacionais são usualmente deficientes, devido à falta de análise dos projetos e de acompanhamento da execução e da operação dos mesmo.

Em conseqüência, embora muito aplicado e teoricamente uma solução sanitariamente satisfatória, a maioria apresenta problemas de funcionamento e não cumprem as suas finalidades de tratamento e disposição correta de esgotos (CHERNICHARO, 1997).

Por outro lado, cerca de 80% das águas de abastecimento utilizadas por uma população, retornam na forma de esgotos, que sem tratamento provocam a poluição do solo e contaminação das águas de superfície e subterrâneas, além de diminuir a oferta de água para consumo humano.

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9 % de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos (JORDÃO e PESSOA, 1995).

Em uma residência os dados da utilização de água (500l/dia) se apresentam como descrito a seguir:

A água proveniente de cozinha apresenta partículas de comida, óleo, gordura e é mais poluente do que as águas negras. Podem causar bloqueio nos sistemas de aplicação no solo. Apresentam altas concentrações de coliforme termotolerante e alta concentração de detergentes que podem torná-la alcalina.

As águas provenientes da lavagem de roupas podem apresentar concentrações de coliforme termotolerante. A concentração de produtos químicos é alta devido aos sabões empregados que contém Sódio, Fosfato, Boro, Surfactantes, Amônia e Nitrogênio. Apresentam sólidos em suspensão e turbidez elevada e a demanda por oxigênio por ser alta, pode causar danos ambientais e a saúde se for lançada no solo sem tratamento.

As águas provenientes de chuveiros e pias de banheiros são consideradas aparentemente como as menos contaminadas. No entanto apresentam grande concentração de coliformes e produtos químicos que podem afetar o solo porém, estes produtos encontram-se mais diluídos (REVISTA BRASILEIRA DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 2002).

Portanto é importante que se estabeleça nova consciência de não somente tratar os esgotos, mas também, da reutilização da águas tratadas como forma de enfrentar a escassez de água para abastecimento de populações.

Neste sentido, os processos de tratamento bem como os sistemas devem atender as características brasileiras econômico-financeiras, de operação e manutenção onde se constata a necessidade de não somente tratar esgotos, mas a necessidade de conjugar baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e sustentabilidade do sistema como um todo (CHERNICHARO, 1997).

Chernicharo (1997) estabelece algumas alternativas, tais como:

- Sistemas individuais de tratamento e disposição de excretas e esgotos.
- Fossa seca, nas suas diversas modalidades.
- Tanque séptico + infiltração no solo.
- Tanque séptico + filtro anaeróbio.
- Tanque séptico + filtro anaeróbio seqüencial;
- Sistemas coletivos de tratamento de esgotos.
- Lagoas de estabilização.
- Aplicações no solo.
- Reator anaeróbio de manta de lodo.

Sob o ponto de vista de custos em geral e eficiências desejáveis deve-se observar as seguintes alternativas: a) baixo custo de implantação; b) elevada sustentabilidade do sistema, relacionada a pouca dependência de fornecimento de energia, de peças, equipamentos de reposição, etc. e ainda simplicidade operacional, de manutenção e de controle; c) reuso das águas tratadas (CHERNICHARO 1997).

## 2 REUSO DAS ÁGUAS

A economia de água vem sendo incentivada em varias partes do mundo. No Brasil ainda são incipientes as questões relativas ao problema da escassez. A educação para a economia da água também vem sendo difundida na mídia e nas escolas (REVISTA BIO, 2001).

A dificuldade de obtenção de água nas grandes cidades e os custos crescentes de captação, tratamento e transporte agravados pela crescente degradação dos mananciais, vem apontando para a necessidade de conservação e uso racional do insumo.

Um paralelo pode ser traçado quando se tem em mente as projeções para 2010 no Rio de Janeiro e São Paulo, de que a demanda será bem maior do que a oferta. Desta forma, seria melhor a disponibilidade de água de uma qualidade inferior do que a falta ou reduzida quantidade de água de excelente qualidade. A pesquisa de fontes alternativas do insumo deve ser estimulada principalmente para sejam usadas em atividades onde não há a necessidade de um padrão de potabilidade de forma que a população continue a obter água para suprir suas necessidades, mas sempre levando em conta o princípio da precaução no que diz respeito à questão da saúde pública (REVISTA BIO, 2001).

Na dimensão ambiental deste cenário, o reuso e a reciclagem de água são extremamente interessantes para não só diminuir o consumo de água, como atenuar os impactos dos efluentes nos corpos receptores, nos solos e na paisagem em geral. O reuso significa recuperar por meio de tratamento compatível com os novos usos, a água desses efluentes para usos menos nobres e preservar os mananciais com água de boa qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento humano (REVISTA BIO, 2001).

A água de reuso é uma opção correta do ponto de vista ambiental, já que contribui para diminuição da captação e conseqüente redução nas vazões de lançamento de efluentes. Entretanto, para que possa ser utilizada deve-se levar em conta a questão da saúde pública. Existem padrões em alguns países do mundo que fazem do reuso de água, uma prática habitual. Entretanto, aqui no Brasil, estas práticas ainda estão iniciando.

A Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia do Conselho Nacional de Recursos Hídricos apontou para a necessidade de uma ampla discussão sobre o

tema "Reuso não potável da água". Foram elaborados dois termos de referência. O primeiro referente à elaboração de resolução contemplando os aspectos políticos, legais e institucionais e o segundo relativo às diretrizes gerais para a prática do reuso. É necessário que se leve em consideração o tipo de reuso que se deseja e o nível de tratamento para que os padrões sejam alcançados (REVISTA BIO, 2001).

O reuso da água para fins não potáveis foi impulsionado em todo mundo nas últimas décadas, devido à crescente dificuldade de atendimento da demanda de água para os centros urbanos, pela escassez cada vez maior de mananciais próximos e/ou de qualidade adequada para abastecimento após tratamento convencional.

Com a política de reuso, importantes volumes de água potável são poupados, usando-se água de qualidade inferior - geralmente efluentes secundários pós-tratados - para atendimento daquelas finalidades que podem prescindir da potabilidade (REVISTA BIO, 2001).

Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que estabelece: "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior" (REVISTA BIO, 2001, p. 24).

De acordo com Chernicharo (1997) são muitas as formas e configurações de reuso da água. A seleção de uma determinada alternativa deve considerar seus efeitos locais e regionais, em cenários atuais e estimados para o futuro. Os impactos sociais, ambientais e econômicos, positivos e negativos, do reuso planejado devem ser criteriosamente avaliados.

A forma de reuso pode ocasionar importantes alterações na qualidade e na quantidade das águas, bem como na morfologia dos corpos d'água, devido a mudanças no regime de transporte da descarga sólida nestes cursos (CHERNICHARO 1997).

Conforme salienta Chernicharo (1997) a transposição do recurso hídrico entre bacias hidrográficas pode às vezes gerar conflitos entre as necessidades dos usuários das bacias afetadas, trazendo para a bacia importadora a necessidade de captar mananciais adequados cada vez mais distantes do pólo consumidor. Por outro lado, a bacia exportadora do recurso hídrico tem sua oferta para consumo local

diminuída, com eventuais prejuízos para a manutenção de sua qualidade de vida. O reuso das águas surge como forma de minimizar, ou mesmo evitar, esses conflitos.

## 2.1 Categorias de Reuso das Águas

A ABES/SP (2002) classifica reuso de água em duas grandes categorias: potável e não potável.

1) Reuso potável: esse recurso pode ser direto e indireto.

O reuso potável direto ocorre quando o esgoto tratado por meio de processo avançado é injetado numa adutora de água potável. A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES/SP (1992) não recomenda hoje o reuso potável direto porque: a tecnologia disponível torna o custo proibitivo; a inexistência de conhecimento em amplitude e profundidade necessários sobre o rol de poluentes e contaminantes do recurso hídrico; e, a dificuldade em controlar a flutuação da qualidade da água processada pode trazer riscos inaceitáveis à população.

Mesmo em países desenvolvidos tal prática não é de uso corrente, em virtude dos motivos apontados. De acordo com Mancuso et al (1992) a conceituação de reuso potável direto tem sido também vista por alguns autores sob um enfoque mais amplo. Conceituam muitos que o reuso é direto sempre que o efluente tratado é reutilizado pelo mesmo usuário, com ou sem diluição, porém sem que tenha ocorrido descarga na natureza, o que daria oportunidade para que a auto depuração natural purificasse o despejo lançado, antes da captação para novo uso.

Reuso Potável indireto ocorre quando o esgoto tratado é lançado em corpos d'água ou infiltrado no terreno reforçando a disponibilidade das águas superficiais ou subterrâneas. Trata-se do reuso natural, onde fatores como a diluição e a reaeração, no caso das águas de superfície, promovem a purificação natural do recurso hídrico, viabilizando sua captação, tratamento e consumo como água potável (ABES/SP, 1992).

Pode se dar de forma planejada ou não. No caso das águas superficiais, podem ser planejadas obras para descargas intencionais à montante do ponto de captação. A diluição é dependente do volume de água disponível no receptor e a reaeração, da velocidade das águas do rio. No caso das águas subterrâneas,

recargas planejadas podem decorrer do tratamento os esgotos por infiltração-percolação no solo, ou por injeção pressurizada, ambas modalidades reforçando o aquífero.

## 2) Reuso não potável

Reuso não potável para fins agrícola: ocorre quando o efluente das estações de tratamento de esgotos (ETE's), convenientemente condicionado, é utilizado para irrigação da agricultura de sustento ou forrageira e/ou para dessedentação de animais. Como consequência desta modalidade de reuso, na maioria das vezes ocorre a recarga do lençol freático.

A ABES/SP (1992) recomenda que a qualidade da água para este tipo de reuso seja examinada observando-se os limites normalizados para poluentes na água de irrigação, fixados para períodos curtos (menos de 20 anos) e para uso a longo termo. Os primeiros são para os solos de textura fina, neutros ou alcalinos, com alta capacidade de remoção dos diferentes poluentes, enquanto os segundos são fixados conservativamente, para cultivo da planta mais sensível a determinado poluente, em solo arenoso, que tem baixa capacidade de reação tendo, portanto baixa capacidade de remoção do poluente em questão.

Reuso não potável para fins industriais: trata-se do reuso dos efluentes das ETE's, convenientemente condicionados por tratamento posterior se necessário, para torres de resfriamento, caldeiras, água de processamento, construções civis e fins menos nobres que possam prescindir da qualidade da água potável (ABES/SP, 1992).

Alguns processos industriais podem exigir qualidade superior á da água potável, o que deve ser objeto de estudo e negociação. Por outro lado são freqüentes os casos em que as indústrias estudam a conveniência de captar seus próprios despejos.

Conforme salienta Mancuso et al (1992) em São Paulo, foi estimado que dos 55m<sup>3</sup>/s de água potável distribuída cerca de 13% são consumidos pela indústria.

Uma forma de reuso industrial é a praticada dentro da própria indústria, obedecendo o princípio da economicidade do reuso hídrico, pelo qual ele deve ser reutilizado o maior número de vezes que for possível, antes de ser finalmente descartado. Nesse processo de reciclagem dentro da indústria, a água tem sua qualidade alternada, devendo ser levados em conta, dentre outros fatores a

elevação da temperatura, nutrientes, pH, sólidos em suspensão, cargas orgânicas, metais pesados e tóxicos (MANCUSO, et al., 1992).

As instalações de reciclo de água industrial são de iniciativa da própria indústria, cabendo ao Estado controlar a qualidade e/ou quantidade do efluente descartado (ABES/SP, 1992).

Reuso não potável para fins recreacionais e/ou público: trata-se do reuso do efluente das ETE's convenientemente condicionado por tratamento posterior, para a irrigação de parques e campos de esporte, rega de jardins, lagos ornamentais e/ou recreacionais, postos de serviços para lavagem de automóveis. A remoção de nutrientes é desnecessária quando o reuso for voltado para irrigação urbana. Este reuso já é praticado há longa data no exterior e é recomendado pela ABES/SP (1992).

Reuso não potável para fins domésticos: trata-se do reuso do efluente das ETE's, convenientemente condicionados por tratamento posterior, para rega de jardins residenciais, lavagem de carros, áreas verdes de condomínios, descarga de vasos sanitários e como no caso anterior já é praticado habitualmente no exterior e é recomendado pela ABES/SP (1992).

Um exemplo que chama atenção segundo a Revista BIO (2001) é que no Japão foram mudadas as regras da construção civil. Lá, os condomínios, hotéis e hospitais passaram a ser construídos com sistemas particulares de reaproveitamento de águas servidas. Por exemplo, a água que sai pelo ralo do box ou da banheira segue por canos independentes até um pequeno reservatório que abastece os vasos sanitários do edifício. Só então ela vira esgoto, que, em algumas cidades, é tratado e reutilizado em processos industriais.

Reuso não potável para manutenção de vazões mínimas de cursos de água: trata-se da utilização planejada de efluentes de ETE's para garantir vazão mínima de diluição dos esgotos, de fonte pontuais ou não, descarregadas em determinado curso receptor. A ABES/SP (1992) recomenda que tal modalidade seja utilizada quando decorre de planejamento do recurso hídrico regional.

Reuso não potável para aquacultura: trata-se do reuso do efluente das ETE's, convenientemente condicionados por tratamento posterior para a alimentação de reservatórios destinados à produção de peixes e plantas aquáticas objetivando a obtenção de alimentos e/ou energia da biomassa aquática. A ABES/SP (1992),

recomenda que tal modalidade seja utilizada quando demonstrada ser viável economicamente.

Reuso não potável para recarga de aquíferos subterrâneos: trata-se do reuso do efluentes das ETE's convenientemente condicionados por tratamento posterior se necessário, para suplementar o nível do aquífero ou para evitar a intrusão da cunha salina em cidades a beira mar. A recarga permite a redução dos custos de bombeamento, uma vez que o nível da água subterrânea aumenta após a recarga. A ABES/SP (1992), recomenda tal recurso, cuja tecnologia já é disponível no exterior.

Pode ser feito por injeção pressurizada ou através do uso de água superficial, cuja vazão de base tenha sido reforçada pela recarga do aquífero alimentador. No primeiro caso a qualidade da água deve ser tal que não acarrete o entupimento do poço de injeção e/ou do aquífero no entorno do poço (MANCUSO et al, 1992).

O Programa Estadual de Uso Racional da Água, efetivado pelo Governo do Estado de São Paulo, através do decreto 45.805 de 15 de Maio de 2001, além de incentivar o uso racional e eficiente dos recursos hídricos promove a busca por alternativas tecnológicas e implementação de programas de aproveitamento de água em regiões críticas.

De acordo com Silva et al (1990) a preocupação com o do uso e preservação da água é antiga no Brasil. Em 1934 foi instituído o Código das Águas (Decreto nº24.643 de 24 de julho de 1934) cuja intenção era dotar o país de uma legislação adequada que permitisse ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas. Esse Decreto federal impôs condições para o aproveitamento da água superficial, em particular à voltada a energia hidráulica.

Esse Decreto, que enfatiza a utilização das águas públicas para energia hidráulica, define algumas regras para a navegação, assim como para outras aplicações. Especificamente para agricultura, indústria e higiene, a utilização de águas derivadas dependerá de concessão administrativa, por tempo limitado a 30 (trinta) anos. As águas comuns e particulares para que sejam utilizadas no interessa da saúde e da segurança pública, dependerão de autorização administrativa (SILVA et al., 1990).

Conforme salienta Hespanhol (2002) a lei nº 6938/1981, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente e o princípio do poluidor pagador. A política nacional dos recursos hídricos, concretizada pela Lei nº 9433/97 fixa fundamentos, diretrizes e instrumentos capazes de indicar a posição e orientação pública no processo de

gerenciamento dos recursos hídrico, veio instituir o conceito de usuário pagador denotando clara preocupação com a quantidade da água captada e qualidade das águas servidas devolvidas aos corpos hídricos reconhecendo a água como um bem finito e vulnerável e de intrínseco valor econômico.

A Agenda 21, capítulo 21, dedicou importância especial ao reuso de água, recomendando a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes. Segundo Hespanhol (2002) embora não haja menção ao tema 'reuso', na política nacional de recursos hídricos, existe uma vontade política direcionada para esta questão. Segundo a Conferencia Interparlamentar sobre o desenvolvimento do Meio Ambiente, realizada em Brasília em Dezembro de 1992, no parágrafo 64/B, recomenda esforços a nível nacional para institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível, promovendo o tratamento e a disposição de esgotos de modo a não poluir o meio ambiente.

## **2.2 Qualidade da água para reuso**

A qualidade das águas é representada por um conjunto de características, geralmente mensuráveis, de natureza química, física e biológica. Sendo um recurso comum a todos, foi necessário, para a proteção dos corpos d'água, instituir restrições legais de uso. Desse modo, as características físicas e químicas da água devem ser mantidas dentro de certos limites, os quais são representados por padrões, valores orientadores da qualidade de água, dos sedimentos e da biota (Resoluções Conama nº 357/2005, Conama nº 274, Conama nº 344/2004, e Portaria nº 518, do Ministério da Saúde) (HESPANHOL, 2002)

Os ecossistemas aquáticos incorporam, ao longo do tempo, substâncias provenientes de causas naturais, sem nenhuma contribuição humana, em concentrações raramente elevadas que, no entanto, podem afetar o comportamento químico da água e seus usos mais relevantes.

De acordo com Hespanhol (2002) são basicamente cinco os contaminantes naturais da água:

1. Sólidos em suspensão (Silte, ferro precipitado, Colóides);
2. Sais dissolvidos (Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos, Fosfatos, Nitratos e outros);

3. Matéria Orgânica dissolvida (ácidos húmicos, fúlvicos, carboidratos, proteínas);
4. Microrganismos (Bactérias, protozoários, algas, fungos);
5. Gases dissolvidos (metano, sulfeto, gás sulfídrico).

Entretanto, outras substâncias lançadas nos corpos d'água pela ação antrópica, em decorrência da ocupação e do uso do solo, resultam em sérios problemas de qualidade de água, que demandam investigações e investimentos para sua recuperação.

Os aspectos mais graves dos poluentes referem-se às substâncias potencialmente tóxicas, oriundas de processos industriais (SILVA, et al., 1990).

Por outro lado, atualmente, observa-se, ainda, a presença, em ambientes eutrofizados, ricos em matéria orgânica, de microalgas capazes de produzir toxinas com características neurotóxicas e hepatotóxicas (HESPANHOL, 2002).

A aceitabilidade da água para qualquer fim específico é dependente da sua qualidade física, química e microbiológica. Os fatores que afetam a qualidade da água para reuso incluem a qualidade na fonte geradora, o tratamento da água residuária a confiabilidade no processo de tratamento, o projeto e a operação dos sistemas de distribuição. Os programas de controle das fontes industriais podem limitar o ingresso de constituintes químicos capazes de afetar adversamente a qualidade da água.

A garantia da confiabilidade no tratamento é muitas vezes negligenciada. O projeto dos sistemas de distribuição e os métodos de operação dos sistemas de água para reuso são importantes para garantir que a qualidade pretendida não seja agravada antes do seu destino, ou para assegurar que a água será utilizada para a finalidade prevista.

A reservação a céu aberto pode resultar na degradação da qualidade por microorganismos, algas, ou material particulado, podendo ser causa de odores objeccionáveis e causar cor na água destinada ao reuso.

Segundo Santos (1993) estão bem documentados os problemas de saúde devidos ao reuso do esgoto bruto, ou insuficientemente tratados. Em decorrência desse fato, os padrões e orientações para reuso da água preocupam-se principalmente com a proteção da saúde pública, sendo geralmente baseados no controle de microorganismos patogênicos.

O reuso da água exige o conhecimento das características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias ou poluídas, de modo a adequar seu tratamento à obtenção da qualidade que satisfaça os critérios recomendados ou os padrões que tenham sido fixados para determinado uso (MANCUSO et al, 1992).

As águas de uso doméstico (com exceção da água da bacia sanitária) tem recebido especial atenção como alternativa para reuso. Entretanto, suas características devem ser levadas em consideração ao se avaliar as possibilidades de reuso incluindo inclusive pré-tratamento. O reuso dessas águas é indicado para descargas sanitárias já que em alguns países, como é o caso do Brasil, utiliza-se água potável para fins onde a potabilidade não é considerada fator preponderante (MANCUSO et al. 1992)

De acordo com Mancuso et al (1992) o incremento constante da atividade industrial e as inovações tecnológicas têm introduzido um crescente número de substâncias orgânicas e inorgânicas complexas no meio ambiente. Existem mais de sete milhões de substâncias químicas registradas no Chemical Abstract Service dos Estados Unidos, das quais setenta mil são usadas corriqueiramente nos países industrializados.

A impossibilidade de quantificar analiticamente o número de substâncias levou entidades como a Organização Mundial de Saúde, a Comissão das Comunidades Européias e a do Comissão do Rio Reno, na Alemanha, a divulgarem listas contendo poluentes denominados prioritários (MANCUSO et al., 1992)

Foram assim designados por terem sido considerados os mais tóxicos, persistentes, bioacumulativos, carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos e por estarem presentes com maior freqüência e concentração nos efluentes industriais. Têm também como característica comum a possibilidade de serem identificados e quantificados.

Tendo em vista a proposta de reuso das águas, a ABES/SP (1992) sugere que o Ministério da Saúde desenvolva uma lista de contaminantes prioritários que seja adequada ao objetivos do programa e à nossa realidade. Esta lista leva em conta as limitações analíticas no Brasil, os escassos recursos econômicos e humanos dedicados a esta área e as condições de uso e ocupação do solo dentro da bacia hidrográfica, alvo do programa de reuso da água. Seria imprescindível a atualização dos padrões de qualidade de forma a acompanhar a evolução do parque industrial e os novos estudos epidemiológicos e toxicológicos.

No Brasil o grau de atendimento à legislação depende fundamentalmente da capacitação tecnológica dos laboratórios, da confiabilidade e da repetitividade dos dados das análises realizadas. Ao mesmo tempo devem ser implantadas metodologias para estudos epidemiológicos e toxicológicos, de tal forma que a avaliação dos riscos do empreendimento reuso da água possa ser confiável, atual e continuamente realizada (ABES/SP, 1992).

Para o reuso potável a ABES/SP (1992) restringe suas observações ao reuso potável indireto, o único hoje recomendável. Para esta modalidade de reuso a associação adota a posição da Organização Mundial de Saúde que recomenda a adoção dos padrões de potabilidade de cada país.

Para Mancuso et al (1992) no caso específico do reuso potável indireto a água recuperada deve ter melhor qualidade, ou pelo menos igual a do corpo receptor. Por exemplo, se o corpo receptor é em aquífero, cujas águas necessitem apenas de desinfecção para sua potabilização, a água recuperada, e que será descarregada nesse corpo d'água para posterior reutilização, deve ter qualidade comprovadamente igual, ou melhor, do que o do referido manancial.

Da mesma forma, se o corpo receptor é um rio cujas águas requeiram intensivo tratamento antes de sua utilização, então essa água deverá ter qualidade pelo menos igual a desse rio.

Esses exemplos mostram que a água deverá ter qualidade tal que previna efeitos que deteriorem o corpo receptor pela alteração de alguns indicadores, como depleção de oxigênio dissolvido, eutrofização, aumento no teor de sólidos dissolvidos ou acumulação de elementos traços orgânicos ou inorgânicos.

Para o caso de reuso potável direto, Mancuso et al (1992) recomendam que a qualidade da água recuperada deve ser igual ou melhor que a água final, produzida com melhor qualidade na região considerada.

### **2.3 Riscos do reuso das águas**

Ao se planejar o uso de esgotos tratados a primeira coisa que se pensa é o risco associado a essa prática. O risco à saúde relacionado a várias modalidades de reuso pode ser entendido como sendo a probabilidade de se experimentar um efeito

adverso (morte, doença, etc) ou, como no caso de reuso potável a exposição é praticamente contínua, a probabilidade por unidade de tempo (MANCUSO, 1992).

Esta mesma preocupação deve estar relacionada aos sistemas públicos que captam suas águas a partir de mananciais de superfícies que foram utilizados a montante para afastamento de resíduos líquidos de várias cidades e, de forma aleatória, não planejada e não controlada, caracterizando, dessa forma, o reuso potável indireto não planejado, que é exatamente a alternativa que conduz a maiores riscos. Dependendo da modalidade de reuso considerada, os riscos podem ser maiores ou menores havendo necessidade de cuidados especiais, como por exemplo, o monitoramento contínuo dos padrões de qualidade da água.

### 3 EXEMPLOS DE REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

#### 3.1 Reuso de águas no Brasil

A Companhia de Saneamento de São Paulo (SABESP) desde 1998, vem trabalhando com a questão do reuso de água para fornecimento de água industrial, para a empresa Coats Corrente. A SABESP garante a continuidade, volume e qualidade requeridas no processo industrial de lavagem, tingimento e mercerização de fios (REVISTA BIO, 2002).

Para o reuso, são utilizadas Unidades da ETE Jesus Netto que tratam o esgoto através de dois processos paralelos:

- a) Processo biológico aeróbio de lodos ativados, com capacidade máxima de tratamento de 30 l/s.
- b) Processo biológico combinado de reator anaeróbio de fluxo ascendente e filtros biológicos com capacidade máxima de tratamento de 30 l/s.

Com a combinação destes dois processos, foi possível aumentar a vazão média para 40 l/s de água de reuso, que pode ser disponibilizada de forma direta, através de rede para outros clientes do Pólo Industrial do Ipiranga, próximos da Estação, ou através de abastecimento por carro-tanque, utilizando sempre contratos específicos de fornecimento de água industrial. Está sendo implantado também um sistema de filtração pressurizado com capacidade de 200 m<sup>3</sup>/h, que conta com 4 filtros granulares de antracito e areia e 4 filtros de cartuchos construídos em aço inox com controle automático de vazão, pressão e retrolavagem. Esse sistema deverá garantir o atendimento de padrões internacionais físicos e biológicos de qualidade para água de reuso, possibilitando diversificar suas aplicações em processos que não exijam o uso de água potável (REVISTA BIO, 2002).

A Sabesp e as prefeituras de Barueri e Carapicuíba assinaram no contrato para fornecimento de água de reuso para fins não-potáveis, como lavagem de ruas, pátios, logradouros e veículos, combate a incêndios, irrigação de áreas verdes e desobstrução de redes coletoras de esgotos e galerias de águas pluviais. O fornecimento é de 2 milhões de litros de água por mês para Barueri, e 1 milhão de litros para Carapicuíba. Assinou também com a prefeitura de São Caetano do Sul

em 2001, para fornecimento de 1 milhão de litros de água por mês (REVISTA BIO, 2002).

Outro subproduto que pode sair da ETE Barueri é a geração de energia elétrica a partir do biogás (gás de esgoto). O poder calorífico do gás de esgoto é cerca de 60% do gás natural. Por dia, o processamento de 22 mil metros cúbicos de biogás vai gerar 2,6 mil Kw de energia, que será consumida pela própria Sabesp. O projeto será assessorado pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo e pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa. Dependendo do resultado que for obtido em Barueri, outras estações de tratamento de esgoto da Grande São Paulo também poderão produzir energia.

Das cinco grandes plantas de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo, quatro delas geram biogás. A Sabesp também avalia possíveis aplicações agrícolas para o lodo resultante do processo. Estudos já foram desenvolvidos em Franca e no Vale do Ribeira. (REVISTA BIO, 2002).

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), está desenvolvendo um programa de reuso de águas no plantio de flores e forragem (capim elefante) para o gado o programa é desenvolvido em três etapas: tratamento de efluentes por processo anaeróbio controlado; pós-tratamento; e uso produtivo do efluente tratado. Em Pernambuco a experiência está sendo feita com a utilização dos efluentes da ETE Mangueira, operada pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), composta de elevatória de esgoto bruto, grade e caixa de areia, reator UASB com 800 m<sup>3</sup> com 8 células (tempo de detenção hidráulica de 8 horas) e uma lagoa de polimento (TDH 3,5 dias) (REVISTA BIO, 2002).

### **3.2 Recomendações da ABES/SP**

Para finalizar mostra-se as recomendações da ABES/SP (1992), que objetivam facilitar a implantação de um programa de reuso:

Criação de um grupo de trabalho interinstitucional para implantação de diretrizes que levem a estudos sobre o reuso da água, observando o enfoque de uso múltiplo dos recursos hídricos.

- Criação de um programa de monitoramento de qualidade da água que subsidie o grupo.

- Desenvolvimento de modelos de acompanhamento da qualidade das águas de superfície que sejam utilizadas por várias comunidades, como fonte de água bruta para abastecimento público.
- Desenvolvimento de padrões de qualidade da água atendendo simultaneamente os requisitos ambientais e o pretendido reuso.
- Criação de programas de reciclagem da água em indústrias e em estações de tratamento de água, visando a minimização das descargas nos cursos receptores.
- Estudo e desenvolvimento dos chamados sistemas duplos de distribuição, para utilização no reuso não potável industrial.
- Criação de núcleos de pesquisa para o desenvolvimento de processos avançados de tratamento de esgotos.
- Desenvolvimento e implantação de programas de adequação de mão-de-obra de tratamento de esgotos.
- Criação de disciplina específica sobre o reuso de água nos programas de pós-graduação das universidades.
- Informar a sociedade da existência das diversas formas de reuso potável indireto não-planejado já existentes, como forma de enfatizar as vantagens de planejar o reuso potável indireto.

Finalizando podemos concordar com Mancuso et al (1992) que ao mesmo tempo em que o reuso da água vem se tornando tema cada vez mais presente em revistas e livros especializados estrangeiros, no Brasil o assunto ainda é tratado com certa reserva e até como certo preconceito, portanto há necessidade de trabalhar na conscientização da população a este respeito.

## CONCLUSÃO

O reuso da água é um tema que vem despertando interesse na literatura especializada, assim pensando foi realizada uma revisão desta literatura sobre o assunto, chegando ao final apresentando a conclusão que se segue.

As águas residuárias tratadas, quando lançadas em corpo d'água ou mesmo infiltradas no solo, sofrem naturalmente diluição e aeração, podendo assim, ser novamente captadas, tratadas e reusadas como água potável. Dessa forma, pode-se considerar que as águas doces existentes no planeta são fontes renováveis desde que haja um planejamento e um gerenciamento cuidadoso e criterioso para tornar assim um ciclo sustentável.

A maior ou menor disponibilidade de água, no futuro, para fins mais exigentes, como abastecimento, lazer e para certos usos industriais, está na dependência de uma política de planejamento regional e urbano conseqüente, onde atenção especial seja dispensada aos recursos hídricos e, em particular, à proteção de mananciais, ao tratamento dos esgotos, à escolha adequada dos corpos receptores, bem como a política de reuso com tecnologia segura e aceitação social destas águas.

Uma política de planejamento regional e urbano para proteção dos mananciais deve contar com a fiscalização e um amplo controle dos três níveis de poder que atuam na região, além da participação da sociedade civil e da população no combate direto à transgressão geral.

As idéias apresentadas não têm a pretensão de esgotar o tema. Visam estimular a criação de uma mentalidade que utilize o reuso da água como alternativa de planejamento ambiental

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Reuso da Água**. São Paulo: ABES/SP, 1992.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. (Reatores anaeróbios). Belo Horizonte: DESA/ Universidade Federal de Minas Gerais. 1997.
- HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; MONTEIRO, T. C. N.; SALLES, M. J.; ALMEIDA; L. M.; CÂNCIO, J.. **Saneamento e Saúde nos países em desenvolvimento**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde, 2002.
- HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil - Agricultura, indústria, Municípios, recarga de aquíferos**. 2002. Disponível em <<http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos>>. Acesso em 10 de novembro de 2010.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE.
- JORDÃO, E. P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1995
- MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F.; MORITA, D.M. Reuso da água. **Revista Ambiente**. nº61, v.1, p. 33-38, 1992.
- REVISTA BIO. Reuso da água – uma alternativa viável. **ABES**, n.18, ano XI , p 24-25, abril/junho. 2001.
- REVISTA BIO. Reuso – quatro anos de sucesso na Sabesp . **ABES**, n.22, ano XI , p 36-39, abril/junho. 2002
- REVISTA BRASILEIRA DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, Água: o ouro do século XXI. p.26, janeiro/março 2002.
- SANTOS, H.F. Critérios de qualidade da água para reuso. **Revista Ambiente**, nº74, p. 10-18, nov/dez. 1993.
- SILVA, R.J.C. et al. Guaracabi: plano de um novo sistema sul de abastecimento de água da Grande São Paulo. **Revista Ambiente**. nº 46, p. 23-26, 1990.