

UNIVERSIDADE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

VANESSA DIAS DA CUNHA

ESTUDO PARA PROPOSTA DE CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA
ÁGUA PARA REÚSO URBANO

SÃO PAULO

2008

VANESSA DIAS DA CUNHA

ESTUDO PARA PROPOSTA DE CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA
ÁGUA PARA REÚSO URBANO

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade São Paulo,
para a obtenção do título de mestre em
Engenharia.

Área de concentração:

Engenharia Hidráulica e Saneamento
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Mierzwa

SÃO PAULO

2008

Este exemplar foi revisado e alterado em relação a versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de outubro de 2008

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Cunha, Vanessa Dias da

Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reúso urbano/
V.D. da Cunha.--ed.rev. -- São Paulo, 2008.

106 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade São Paulo.
Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

1. Reúso de Água. I.Universidade São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária II. t.

DEDICATÓRIA

À *minha família* que não mediu esforços para a minha formação, por todo o apoio necessário e toda a força nos momentos difíceis, me incentivando a lutar pelos meus objetivos e superar as dificuldades.

À *minha avó Henriqueta, in memoriam*, que sempre esteve ao meu lado e torceu pra que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, o prof. Dr. José Carlos Mierzwa, por todos os momentos de paciência, compreensão, competência e pela incansável persistência. Sua participação neste trabalho superou em muito o papel de um orientador. Mostrou-se mestre no seu papel de orientar, foi compreensivo nos momentos de desalento; e, principalmente, me mostrou o caminho do início ao fim, não me deixando desistir.

À minha família, que sempre se alegraram com os bons resultados que fui obtendo ao longo deste período, que sempre me deram apoio e força pra que eu superasse as dificuldades e chegasse até aqui.

A todos os professores pelo aprendizado adquirido e pelo auxílio prestado.

A Deus, pela vida e por propiciar tantas oportunidades de estudos e por colocar em meu caminho pessoas amigas e preciosas.

E a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para que eu pudesse concluir este objetivo.

O meu muito obrigada!

“Um dia, a Terra vai adoecer. Os pássaros cairão do céu, os mares vão escurecer e os peixes aparecerão mortos na correnteza dos rios. Quando esse dia chegar, os índios perderão o seu espírito. Mas vão recuperá-lo para ensinar ao homem branco a reverência pela sagrada terra. Aí, então, todas as raças vão se unir sob o símbolo do arco-íris para terminar com a destruição. Será o tempo dos Guerreiros do Arco-Íris”.

(Profecia feita há mais de 200 anos por “Olhos de Fogo”, uma velha índia Cree.)

RESUMO

A cada dia a disputa pelo uso da água entre os diversos setores aumenta gerando sérios conflitos entre os usuários. Para minimizar a crise da água, tem-se desenvolvido técnicas, estudos, projetos e medidas que visem a proteção e conservação dos recursos disponíveis. Neste contexto, a possibilidade de substituição de parte da água potável, para usos menos restritivos, por uma de qualidade inferior está cada vez mais em evidência. No entanto, a falta de regulamentação específica sobre o assunto pode trazer conseqüências indesejáveis como riscos à saúde pública e ao meio ambiente, criação de práticas inadequadas; conflitos de competências e de interesses e, até, o descrédito da prática do reúso de água por parte da população. Este trabalho visa propor as variáveis de qualidade e seus respectivos limites para água de reúso urbano não potável de modo a garantir que esta prática seja viável e segura. Para tanto, são apresentados os potenciais usos urbanos da água de reúso e os riscos associados; as experiências internacionais e nacionais dos programas de reúso; a legislação e diretrizes existentes. Com base na pesquisa concluiu-se que a qualidade da água está relacionada aos perigos do reúso de água, contaminação química e contaminação microbiológica, sendo esta a mais relevante. Desta forma, definiu-se como variáveis de controle: os coliformes termotolerantes que indicam a contaminação por microorganismos patogênicos; de sólidos dissolvidos totais que causam danos materiais como incrustação e corrosão; da matéria orgânica que pode causar o ressurgimento dos microorganismos e aumentar o consumo do agente de desinfecção; da turbidez que interfere no processo da desinfecção; do cloro residual que deverá garantir a eliminação dos organismos patogênicos e garantir um residual para evitar o ressurgimento de bactérias.

Palavras-chave: reúso de água, critérios para reúso de água.

ABSTRACT

Every day the dispute for the use of water between the sectors increases creating serious conflicts between the users. To minimize the water crisis, several options have been looked for through development of techniques, studies, projects and measures that seek the protection and conservation of the available resources. In this context, the possibility of replacing part of the potable water for one of lower quality is more and more in evidence. However, the lack of specific regulation on the issue can bring undesirable consequences as risk to public health and to the environment; creation of inadequate practices; conflicts of competences and of interests; and mainly the precipitate condemnation of water reuse from part of the population. This paper aims to propose the variables and quality of their water limits for urban non-potable reuse in order to ensure that this practice is feasible and safe. For that, are presented the potential uses of reuse water and the associate risks; the national and international experiences of reuse programs; the existing legislation and guidelines; and proposed quality criteria for the reuse water seeking a safe practice. Each one of these items will be evaluated and then the quality criteria will be proposed as well as their concentration for urban reuse. Based on the research concluded that water quality is related to the dangers of reuse of water contamination, chemical and microbiological contamination, which is the more relevant. Thus, it was defined as control variables of the limits of the thermotolerant coliforms that indicate the contamination by pathogenic microorganisms; of total dissolved solids that cause incrustation and corrosion problems; of organic matter that can cause the resurgence of the microorganisms; of the turbidity that interferes in the disinfection process; of the residual chlorine that must guarantee the elimination of pathogenic organisms.

Key-words: water reuse, guidelines for water reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Ciclo Hidrológico e o Reúso de Água	08
Figura 3.2 Fluxograma típico de MBR	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Distribuição da disponibilidade hídrica por região	02
Tabela 3.1: Classes das Águas de Reúso	18
Tabela 3.2: Diretrizes sugeridas para o Reúso de Água - EPA	23
Tabela 3.3: Classificação dos constituintes do Esgoto	28
Tabela 3.4: Concentrações típicas dos constituintes nos esgotos brutos	29
Tabela 3.5: Concentrações típicas dos constituintes nos esgotos tratados	30
Tabela 3.6: Sistemas de Tratamento em Função dos Usos Potenciais e Fontes Alternativas de Água	31
Tabela 3.7: Eficiência dos sistemas secundários	32
Tabela 3.8: Tipos de membranas	33
Tabela 3.9: Qualidade do permeado do MBR	35
Tabela 3.10: Dosagem de cloro para diferentes efluentes	36
Tabela 3.11: Histórico da Prática de Reúso Urbano	40
Tabela 5.1: Concentrações nos efluentes secundários	62
Tabela 5.2: Variáveis de Qualidade sugeridas para o Reúso Urbano de Água - EPA	63
Tabela 5.3: Variáveis de Qualidade sugeridas para o Reúso Urbano de Água - JAPÃO	63
Tabela 5.4: Variáveis de Qualidade sugeridas para o Reúso Urbano de Água	64
Tabela 5.5: Variáveis de Qualidade sugeridas para o Reúso Urbano de Água - NBR 13969/97	64
Tabela 5.6: Variáveis de Qualidade da Água para o Reúso Urbano	65
Tabela 5.7: Variáveis de Qualidade sugeridas para SABESP	66
Tabela 5.8: Comparativo das variáveis de qualidade para a água de reúso	67
Tabela 5.9: Variáveis sugeridas para qualidade da água para reúso urbano	69
Tabela 6: Variáveis de Qualidade sugeridas para a qualidade da água de reúso urbano	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo geral	5
2.2. Objetivos específicos	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1. A escassez e a poluição das águas	6
3.2. Desenvolvimento Sustentável e Uso Racional.....	10
3.3. Histórico do abastecimento de água da Cidade de São Paulo	14
3.4. Reúso de Água	15
3.4.1. Definições	16
3.4.2. Modalidades.....	17
3.5. Critérios e Diretrizes do Reúso de Água	21
3.5.1. Os perigos do reúso.....	24
3.5.2. A aceitação do usuário:.....	27
3.5.3. Qualidade da fonte de água:.....	28
3.5.4. Adequação da qualidade ao uso pretendido.....	30
3.6. Reúso Urbano de Água Não Potável	36
3.7. Experiência no Reúso Urbano de Água	38
3.7.1. Experiência Internacional.....	39
3.7.2. Experiência Nacional	43
3.8. Levantamento das Legislações sobre Reúso de Água	46
3.8.1. No mundo	46
3.8.2. No Brasil	48
4. METODOLOGIA.....	54
5. APRESENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	55
5.1. Premissas para a escolha das variáveis de qualidade da água de reúso urbano.....	55
5.1.1. Usos urbanos não potáveis possíveis:.....	56
5.1.2. Perigos do reúso urbano não potável	58
5.1.3. Mecanismos para assegurar a prática do reúso urbano:	60
5.1.4. Fonte da água de reúso:.....	61
5.1.5. Variáveis de qualidade existentes:.....	63
5.2. Proposta das Variáveis de Qualidade para a Água de Reúso Urbano não Potável.....	69
5.2.1. Coliformes Termotolerantes.....	70
5.2.2. Bactérias Heterotróficas.....	70
5.2.3. Sólidos Dissolvidos Totais	71

5.2.4.	Nitrogênio.....	72
5.2.5.	Fósforo.....	72
5.2.6.	Matéria Orgânica	73
5.2.7.	Turbidez.....	74
5.2.8.	Cloro Residual	75
6.	CONCLUSÕES	77
7.	RECOMENDAÇÕES.....	80
8.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	81

1. INTRODUÇÃO

De toda a água existente no planeta, 97,5% está nos oceanos, ou seja, apenas 2,5% é água doce. Do total de água doce no Brasil, 80% está na região Amazônica e 20% distribuídos desigualmente no restante do país, atendendo 95% da população (SANTOS e MANCUSO, 2003). Mesmo sendo um país com abundância de recursos hídricos, a escassez de água no Brasil também é preocupante em regiões como a Grande São Paulo, devido à demanda excessiva e no Nordeste, pela escassez natural, condições que conduzem ao estresse hídrico.

Conforme a Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA, 2004), o índice de estresse de água (water stress index), é o modo mais utilizado para avaliação da disponibilidade hídrica, medido como o volume de recursos hídricos renováveis anuais per capita disponíveis para atendimento das necessidades nos usos domésticos, industriais e agrícolas. A partir da experiência de estresse hídrico em cidades de zonas áridas foi proposto 1.700 m³/hab.ano, como o mínimo valor em que pode haver impedimento do desenvolvimento e efeitos adversos à saúde humana. Abaixo de 1.000 m³/hab.ano ocorre escassez crônica de água; abaixo de 500 m³/hab.ano há estresse hídrico absoluto e 100 m³/hab.ano é o menor nível de sobrevivência para usos doméstico e comercial.

Já a ONU, classifica a disponibilidade de água como abundante para valores acima de 20.000 m³/hab.ano, correta para valores acima de 2.500 m³/hab.ano, pobre quando abaixo de 2.500 m³/hab. ano e crítica para valores inferiores a 1.500 m³/hab.ano (ONU, 2006).

Conforme entrevista de Mônica Porto, a Região Metropolitana de São Paulo opera com 53% da capacidade dos reservatórios e a quantidade de água disponível é de 201 m³/hab.ano, índice menor que o valor considerado crítico pela ONU (que é de 1.500 m³/hab.ano), e que a quantidade disponível no sertão do Nordeste brasileiro (PORTO, 2003). A Tabela 1.1 apresenta a disponibilidade hídrica da região metropolitana de São Paulo comparada com algumas regiões do país:

Tabela 1.1: Distribuição da disponibilidade hídrica por região

Região	Disponibilidade	Situação Hídrica (conforme ONU)
Região Metropolitana de São Paulo (Bacia do Alto Tietê)	201	Situação crítica
Região de Campinas e adjacências (Bacia do Piracicaba)	408	Situação crítica
Pontal do Paranapanema (divisa com MS)	37.236	Abundância
Estado de São Paulo	2.913	Situação confortável
Pernambuco	1.320	Situação crítica
Paraíba	1.437	Situação crítica
Rio de Janeiro	2.315	Pobre em recursos
Ceará	2.436	Pobre em recursos
Bahia	3.028	Situação confortável
Piauí	9.608	Rico em recursos
Goiás	39.185	Abundância
Amazonas	878.929	Abundância
BRASIL	48.314	Abundância
Legenda:		
Situação crítica	Abaixo de 1.500 m ³	
Pobre em recursos hídricos	Entre 1.501 e 2.500 m ³	
Situação confortável	Entre 2.501 e 5.000 m ³	
Rico em recursos hídricos	Entre 5.001 e 10.000 m ³	
Muito rico em recursos hídricos	Acima de 10.000 m ³	
Abundância	Acima de 20.000 m ³	

Fonte: PORTO, 2003 (Adaptado do Jornal Folha de São Paulo).

Além da má distribuição e demanda excessiva, a escassez hídrica é agravada pelos problemas de poluição.

Atualmente, com a preocupação sobre a água em quantidade e qualidade disponível, o conceito de uso racional da água começa a se consolidar. A aprovação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433, 1997), agregou um valor econômico à água, instituindo a cobrança pelo seu uso, visando à utilização racional e integrada dos recursos hídricos. O conceito de uso racional ajudou o reúso de água a ser difundido de forma mais rápida. Contudo a falta de regulamentação específica sobre o assunto pode trazer conseqüências indesejáveis como riscos à saúde pública e ao meio ambiente; desenvolvimento de práticas inadequadas; conflitos de competências e de interesses e, principalmente, o descrédito da prática do reúso por parte da população.

O reúso de água e o aproveitamento das águas pluviais tornam-se extremamente importantes uma vez que, além de reduzir a utilização da água potável para fins não potáveis, como lavagem de carros e calçadas e descarga em bacias sanitárias, entre outros, minimiza o risco de crise no abastecimento de água das áreas urbanizadas e ajuda na manutenção do Balanço Hídrico da região.

No entanto, para a viabilidade das práticas de reúso e aproveitamento das águas pluviais, entre os vários fatores a serem considerados destaca-se a segurança da saúde pública que deve estar garantida. Para isso, torna-se necessário o estabelecimento de leis e normas que disciplinem a utilização dos recursos hídricos pelos diversos segmentos da sociedade (MIERZWA, 2002), promovendo o reúso e fazendo com que essa prática se desenvolva com segurança, com princípios técnicos adequados, como também seja economicamente viável.

O reúso de água, até então uma tendência restrita aos locais onde a falta de água está em um estágio avançado, vem se tornando comum em outros setores. Projetos urbanos inovadores trazem grandes vantagens com a implantação de novos conceitos e tecnologias de preservação ambiental, difundindo a possibilidade de se obter lucros e, ao mesmo tempo, garantir a sustentabilidade ambiental do empreendimento.

Levando em consideração o crescimento desordenado da Região Metropolitana de São Paulo e a dificuldade de encontrar mananciais preservados para novas fontes de captação de água, a possibilidade de substituição de parte da água potável por uma de qualidade inferior para fins não potáveis se torna cada vez mais viável.

A decisão pela substituição de parte da água potável por água de reúso depende da disponibilidade hídrica da região, da relação dos custos entre a água potável e a água de reúso e dos investimentos necessários para desenvolvimento de novas fontes de captação de água, bem como de aspectos relacionados aos padrões de qualidade exigidos para os usos pretendidos.

Por estas razões, a avaliação das diretrizes existentes e das legislações vigentes sobre a prática de reúso é de grande relevância, pois possibilitará a identificação e discussão dos pontos de conflito e a proposição de variáveis de qualidade que possibilitem a implantação de programas de reúso de água viáveis, com uma estrutura responsável e segura.

Atualmente a prática de reúso urbano vem sendo ampliando sem a existência de critérios técnicos claramente definidos, com grande potencial de risco para a saúde pública. Segundo Vesentini (1999), 80% das doenças nos países

subdesenvolvidos são conseqüências da má utilização dos recursos hídricos. Os riscos epidemiológicos no uso das águas residuárias devem ser considerados, uma vez que estas águas são procedentes das atividades humanas e industriais e podem apresentar contaminação por organismos patogênicos, metais pesados, substâncias tóxicas e carcinogênicas, entre outros contaminantes.

Assim, para o uso seguro e eficiente das águas de reúso, é necessário o estabelecimento de variáveis de qualidade que viabilizem o reúso planejado e seguro.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivos analisar os dados disponíveis sobre os critérios de qualidade existentes para a água de reúso urbano e propor as variáveis e os limites a serem utilizados nos programas de reúso urbano não potável possibilitando uma prática responsável, segura e viável.

2.2. Objetivos específicos

Visando viabilizar a prática do reúso urbano de água e minimizar os riscos associados a sua implantação e estabelecer os limites de qualidade, serão avaliados os seguintes elementos:

- Situação atual e a realidade do reúso: experiências nacionais e internacionais na prática do reúso urbano e a tendência do desenvolvimento desta prática;
- Legislações vigentes sobre o reúso;
- Usos urbanos com potencial para reúso;
- Limitações da prática do reúso: os riscos, a aceitação pública e os padrões de qualidade tanto da alternativa de fonte de água (efluente tratado), quanto dos requisitos para os usos previstos;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A escassez e a poluição das águas

A primeira razão dos problemas de escassez é a má distribuição hídrica, onde algumas regiões são privilegiadas com grande quantidade de água como a região amazônica, e outras como Israel e alguns países da África que apresentam sérios problemas decorrentes da falta de água. O outro motivo é o uso irracional da água, como o desperdício e a poluição, levando a qualidade da água a padrões inaceitáveis para o consumo humano.

Nos últimos anos, com o aumento da população mundial o consumo de água pelas diferentes atividades humanas e a degradação deste recurso aumentou, enquanto a quantidade de água existente permanece a mesma. A poluição e o desperdício têm relação direta com o Homem, em especial com o crescimento e a diversificação de atividades agrícolas e industriais, aumento da urbanização e intensificação de atividades humanas nas bacias hidrográficas.

A quantidade de água disponível seria suficiente para suprir as necessidades se fosse mais bem gerenciada, no entanto, a degradação da sua qualidade agrava o problema de escassez. A água utilizada poderia ser direcionada, após tratamento, a outras atividades, onde os requisitos de qualidade não precisam ser tão restritivos como, por exemplo, em indústrias, lavagem de áreas públicas e descargas em bacias sanitárias, entre outros.

De acordo com a ONU (Organização das Nações Unidas), a quantidade necessária para sobrevivência humana (ingestão e preparação de alimentos) é de aproximadamente 21 Litros por pessoa por dia (ROCHA, 2001), este consumo aumenta na medida em que incluímos os usos de higiene pessoal e usos gerais.

A água abriga um rico ecossistema e em seu ciclo constante tem capacidade de recuperar a sua qualidade, no entanto, perde sua eficiência devido aos processos de poluição.

O Homem vem prejudicando seu abastecimento poluindo a água, que deixa de ter seu fim nobre e sua distribuição natural. Com o surgimento da prática de

reúso de água, o ciclo natural é alterado possibilitando a recarga de aquíferos, o reúso na agricultura e industrial e o lançamento em corpos superficiais, mantendo a vazão dos cursos hídricos, como mostra a Figura 3.1.

Segundo projeções da ONU (UNFPA, 2007), em 2008, metade da população mundial (3,3 bilhões de pessoas) estará concentrada em áreas urbanas e em 2030 a população urbana chegará a 5 bilhões de pessoas (60% da população). O aumento da população urbana somada ao mau uso da água resulta em um quadro preocupante e a garantia da água de boa qualidade será um dos principais desafios de um futuro próximo.

Muitas pessoas morrem a cada ano vítimas de doenças associadas à falta de água ou más condições sanitárias. O contato com as águas residuárias assume diferentes graus de riscos sanitários, por este motivo o estabelecimento de variáveis de qualidade do reúso de água é tão importante, seja na determinação de níveis de remoção ou na recomendação de medidas que minimizem a exposição.

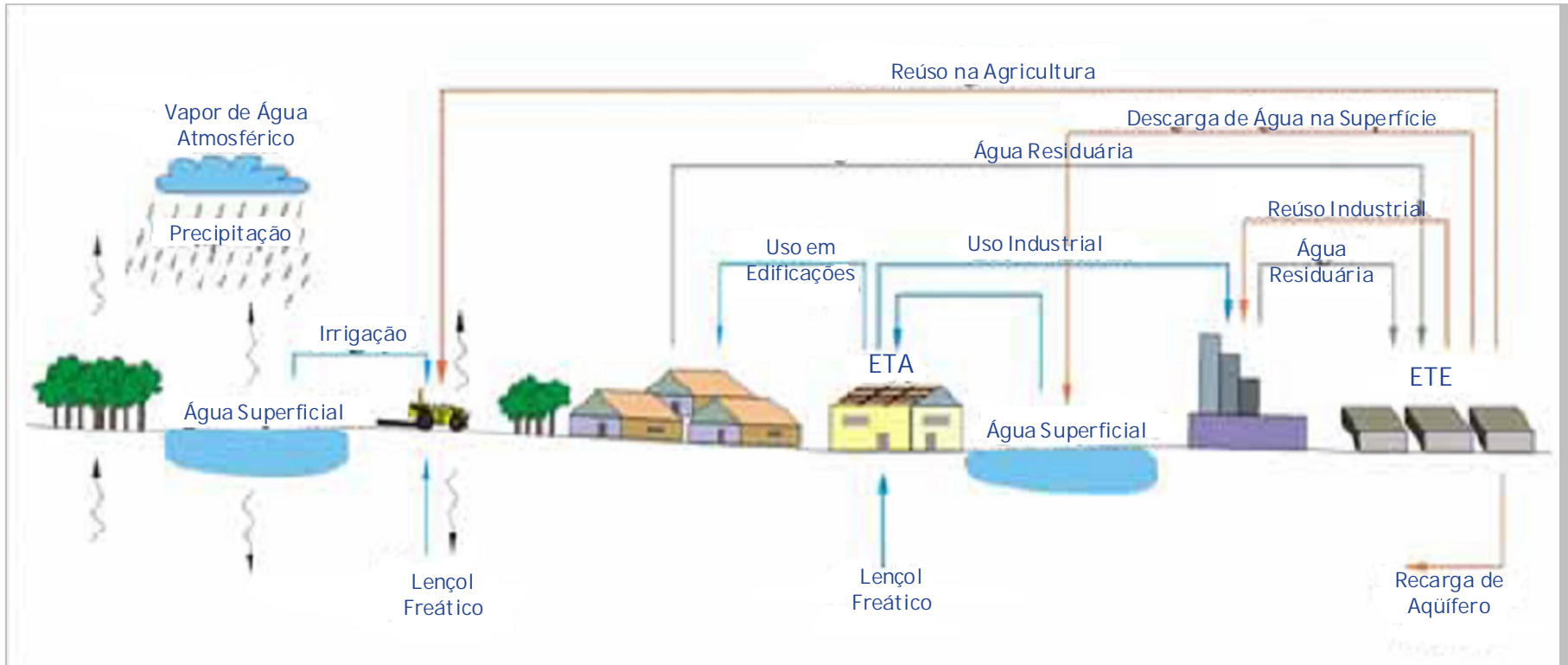


Figura 3.1: Ciclo Hidrológico e o Reúso de água (Metcalf e Eddy, 2003).

Até 2050 a falta de água será grave em pelo menos 60 países. Ao menos 3,0 bilhões de pessoas têm que se servir de águas contaminadas, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde cerca de 90% do esgoto é jogado nos corpos d'água sem nenhum tratamento. Ainda, em países em desenvolvimento, 50% da água potável é desperdiçada devido a vazamentos e sistemas ilegais (FIORI, 2004 *apud* BIO, 2001).

Para a avaliação da disponibilidade hídrica, ou seja, a relação das possíveis fontes de água deve-se considerar: a quantidade de água na região e os níveis de qualidade da água necessários; as tecnologias existentes; os cuidados e riscos associados à aplicação de “água menos nobre” para “fins menos restritivos”; e a gestão necessária durante a vida útil da instalação. Da análise se obtém as seguintes informações (SINDUSCON, 2005):

- possibilidade de abastecimento através de concessionária (água potável e água de reúso);
- possibilidade de captação direta e tratamento necessário;
- possibilidade do uso de águas subterrâneas, usos específicos e tecnologias de tratamento necessárias;
- volume de reserva de água de chuva e possíveis usos;
- forma de segregação dos efluentes gerados;
- possibilidades de reúso, aplicações e tecnologias necessárias;
- logísticas de operação;
- investimentos necessários; e
- custos de manutenção.

A disponibilidade da água tende a diminuir cada vez mais, aumentando a necessidade de se rever o sistema de consumo e estabelecer políticas que estimulem o uso sustentável. Porém, a escolha de fontes alternativas de abastecimento de água deve considerar a necessidade de se garantir a água em

quantidade e qualidade necessárias a cada uso específico, resguardando a saúde pública dos usuários.

A escassez de água e as atualizações da legislação brasileira têm criado condições para que o reúso de água torne-se cada vez mais viável. Porém a viabilidade da prática do reúso é o resultado da avaliação da disponibilidade hídrica (alternativas de fontes) e da avaliação econômica, que determinarão se o projeto será viável e poderá ser implantado.

3.2. Desenvolvimento Sustentável e Uso Racional

O “desenvolvimento sustentável” surgiu para corrigir o desenvolvimento a qualquer preço, como o esgotamento dos recursos naturais e dentre eles a água. Toda atividade humana causa impactos ao meio ambiente e por isso a sustentabilidade perfeita não pode ser efetivada.

Desta forma, o conceito de Desenvolvimento Sustentável: “O desenvolvimento que atende as necessidades da geração atual, sem comprometer o direito das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades”. (COMISSÃO BRUNDTLAND, 1987), pode servir para conter uma destruição mais acelerada dos recursos naturais.

No Brasil o conceito de conservação da água ainda é limitado por causa da abundância dos recursos e por questões culturais. Porém para a sustentabilidade dos recursos hídricos é preciso pensar na conservação e no reúso. Segundo o manual “Conservação e Economia de Água” (FIESP/CIESP, 2004), o desenvolvimento sustentável, apresenta os seguintes benefícios:

Benefícios Ambientais:

- Redução do lançamento de efluentes domésticos e industriais nos corpos d'água, possibilitando a melhoria da qualidade das águas interiores das regiões mais urbanizadas e industrializadas;

- Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada.
- Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como o abastecimento público, hospitalar, etc.

Benefícios Econômicos:

- Conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos, possibilitando melhor inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais;
- Mudanças nos padrões de produção e consumo das indústrias;
- Redução nos custos de produção;
- Aumento da competitividade do setor industrial;
- Habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores de cobrança pelo uso da água.

Benefícios sociais:

- Ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos e em toda a cadeia produtiva;
- Ampliação na geração de empregos diretos e indiretos; e
- Melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento de empresas socialmente responsáveis.

A sustentabilidade dos grandes centros urbanos está diretamente vinculada com a garantia e manutenção de fontes de água para abastecimento público. Neste sentido é fundamental a adoção de estratégias e políticas públicas que promovam a sustentação da produção atual de água, incluindo a proteção dos mananciais, a diminuição dos desperdícios e perdas, juntamente com a racionalização do uso deste recurso fundamental.

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), instituído em abril de 1997 pelo Governo Federal, tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. E por objetivos específicos definir e implantar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes da água demandados para consumo nas áreas urbanas (Ministério das Cidades - PNCDA, 2006).

Em 2003, o governo do estado de São Paulo lançou o Programa de Incentivo a Redução do Consumo de Água, com o objetivo de reduzir em 20% o consumo de água na Região Metropolitana. Esta medida antecedia uma solução mais severa, como racionamento de água.

Os governos estaduais e federal vêm se omitindo na tomada de decisões referente à questão da água. A política tarifária adotada por quase todas as concessionárias do país, em geral, favorecem o desperdício devido a três fatores. O primeiro é que consumidores comerciais e industriais pagam um valor maior pelo mesmo produto, a água. O segundo fator é a manutenção do consumo mínimo residencial, onde quem consome abaixo do limite (10m³/mês) paga o mesmo que quem consome no limite do consumo. O terceiro fator é a falta de sistemas de micro-medição individual em edifícios, ou seja, por apartamento (PACHECO, 2004).

Somente agora o governo federal vem tomando consciência, e começando pelo terceiro fator, criou a Lei 3.557/2005, (regulamentada pelo Decreto nº 26.535 de 17/01/06) que determina a individualização da ligação de água em condomínios que antes possuíam apenas uma unidade de mediação de consumo. Esta lei se aplica a todos os prédios construídos desde abril de 2006, já os edifícios antigos têm cinco anos para se adaptarem à mudança. Caso seja comprovada a inviabilidade da instalação, os condôminos terão que definir uma forma para ratear as despesas de água.

Com a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433/97), a água passa a ter valor econômico, devido à sua escassez em quantidade e/ou qualidade. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos se mostrou, em experiência em outros países, mais do que um instrumento para gerar receita, sendo indutora de mudanças na economia de água, na redução de perdas, na poluição e na gestão com a justiça ambiental, isso porque se cobra de quem usa ou polui.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é também incentivadora do reúso de água. Quem reutiliza as águas reduz as vazões de captação e de lançamento o que, conseqüentemente, reduz as despesas com a cobrança. No Brasil, não é possível separar a cobrança do uso da água da outorga, pois prevalece o princípio do direito ribeirinho, que considera que a água corrente não pode ser apropriada privadamente, cabendo ao Estado regulamentar esse acesso (KELMAN, 2000: 94).

Outro motivo que também tem incentivado a prática do reúso de água é o rigoroso limite e o alto custo do tratamento para remoção de nitrogênio e fósforo, requerido na qualidade da água dos corpos d'água (EPA, 2004).

Segundo a EPA (1998), o uso eficiente da água pode ter como objetivos principais: a preservação ambiental, a saúde pública, e benefícios econômicos para ajudar a melhorar a qualidade da água, manter ecossistemas aquáticos e proteger as fontes de água potável, através da redução da vazão de efluentes, com processos de reúso de efluentes industriais e domésticos.

No combate ao desperdício, inclui-se a detecção e controle de perdas de água nos sistemas prediais, a conscientização de usuários para não desperdiçar, o uso de aparelhos sanitários economizadores de água e o incentivo à adoção da medição individualizada, entre outros.

De acordo com PNCD, as perdas são consideradas os volumes de água não contabilizados que englobam as perdas reais (físicas), representada pela parcela não consumida, e as perdas aparentes (não físicas), representadas pela água consumida e não registrada. As perdas reais, que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, são elevadas, mas estão dispersas. A magnitude das perdas está diretamente relacionada ao péssimo estado das tubulações,

principalmente nos casos de pressões elevadas (de 70% a 90% das ocorrências estão nos ramais prediais) (PNCDA, 2006).

Atualmente, no Brasil, cerca de 70% das bacias sanitárias residenciais têm vazamentos e, em um ano, um vazamento na bacia sanitária é capaz de desperdiçar mais de 83 mil litros de água, o suficiente para se tomar 4 banhos por dia durante 1 ano (ROCHA, 2001).

Um levantamento realizado pelo ISA em 2007, como base os dados fornecidos para o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Ministério das Cidades (ano base 2004), revelou que a quantidade de água desperdiçada em vazamentos, fraudes e sub-medições seriam suficientes para abastecer 38 milhões de pessoas/dia, ou a população de um país como a Argentina. O abastecimento de água de apenas 6 das 27 capitais brasileiras atendem à totalidade de sua população; e a média de consumo per capita nas capitais é de 150 L/dia, sendo que São Paulo, Rio de Janeiro e Vitória apresentam os maiores consumos (mais de 220 L/hab.dia) enquanto que a ONU recomenda 110L/hab.dia (ISA, 2007).

3.3. Histórico do abastecimento de água da Cidade de São Paulo

Desde o início do desenvolvimento da cidade de São Paulo a água já era considerada um problema de saneamento básico, e embora a região tivesse água em abundância, já era perceptível as dificuldades de abastecimento pelo difícil acesso.

Atualmente para abastecer a população da cidade de São Paulo, conforme dados da SABESP, são produzidos aproximadamente 3,4 bilhões de litros de água por dia (equivalentes a 3,4 milhões de caixas d'água ou 40 metros cúbicos por segundo), sendo o volume de água consumido na cidade de aproximadamente 2,4 bilhões de litros por dia, incluindo a água que é medida pela empresa e a água que é retirada de forma clandestina das redes, o restante são perdas nos sistemas que vão desde a captação até os pontos de consumo. A alta taxa de perda na rede, o elevado consumo por boa parte de seus habitantes somado a degradação dos

mananciais fazem com que a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) enfrente sérios problemas para garantir água em quantidade e qualidade adequada para seus 19 milhões de habitantes (ISA, 2007).

Desta forma, hoje, para dar conta do abastecimento de sua população, a Grande São Paulo importa mais da metade da água que consome da Bacia do Rio Piracicaba, através do Sistema Cantareira - que está a mais de 70 km do centro de São Paulo e conta com seis represas interligadas por túneis. O restante da água é produzido pelos mananciais que ainda restam na região - em especial Billings, Guarapiranga e Sistema Alto Tietê - e que sofrem intenso processo de ocupação, resultante da expansão da mancha urbana dos municípios que fazem parte da metrópole. Segundo a ONU, a Bacia do Alto Tietê, que abastece a região, possui uma disponibilidade hídrica 10% menor que o recomendado (ISA, 2007).

Em resumo, o aumento populacional e a necessidade crescente de água potável fizeram com que ao longo dos anos se buscasse por novos mananciais, naturais e preservados, para fontes de abastecimento sem que se parasse para pensar nos sistemas de recuperação de água, nas formas de reúso e na substituição de fontes. No entanto, em muitas regiões não existem mais fontes naturais disponíveis e a produção de água está muito próxima da disponibilidade hídrica dos mananciais existentes colocando a região em uma situação frágil, onde um período de estiagem mais prolongado pode resultar em racionamento de água para grande parte da população. Por este motivo o reúso de água, bem como as substituições de fontes são cada vez mais necessárias.

3.4. Reúso de Água

Como já mencionado, a água passou a ser um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, tendo em vista que a disponibilidade *per capita* de água doce diminui, enquanto que a demanda para os seus múltiplos usos e a contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis, aumenta. Para reequilibrar a oferta e a demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, são necessários métodos e sistemas

alternativos convenientemente desenvolvidos e aplicados em função de características de sistemas e centros de produção específicos.

3.4.1. Definições

Atualmente existem diversas definições para o “reúso de água” como a frase utilizada por Mierzwa (2002): “é o uso de efluentes tratados para fins benéficos como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis”; ou a definição segundo Lavrador Filho, (1987):

“Reúso de água é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original”.

O reúso da água, após tratamento, surge como uma das soluções possíveis para os problemas apresentados anteriormente: minimizar os impactos causados pelo lançamento de esgotos sem tratamento nos rios, a fim de preservar os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO,1973) temos:

- *Reúso Indireto*: quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- *Reúso Direto*: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável.
- *Reciclagem Interna*: é o reúso de água internamente à instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

O reúso ainda pode ser classificado de acordo com a intenção em realizá-lo:

- *O reúso intencional ou planejado*: ocorre quando há conhecimento de sua realização, ou seja, decorre de uma ação humana consciente. O reúso intencional ou planejado pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade

requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água.

- *O reúso não intencional ou inconsciente*: normalmente ocorre no reúso indireto, quando o efluente é despejado no meio ambiente e aqueles que fazem o uso das águas a jusante destes lançamentos não tem consciência desta ocorrência.

3.4.2. Modalidades

Com a falta de água em muitas regiões e possibilidade de tratar os efluentes alcançando resultados com qualidade e segurança, as águas residuárias passaram a ser vistas como um novo recurso hídrico.

O reúso da água surge com o objetivo de substituir a água potável nos usos que toleram água com qualidade inferior, preservando as fontes naturais para os usos potáveis, evitando o desperdício de recursos, principalmente se houver a necessidade de um complexo tratamento para atingir esta qualidade.

Conforme o “Manual de Reúso de Água” da EPA (USEPA, 2004), o reúso é classificado de acordo com o seu destino, estabelecendo os seguintes tipos:

- *Urbano*: usos não potáveis em áreas urbanas como irrigação de parques públicos e centros de recreação, jardins de escolas, residências e campos de futebol, uso comercial com lavagem de veículos, de janelas, águas de mistura para pesticidas, herbicidas e fertilizantes líquidos; uso em jardins ornamentais e decorativos; controle de poeira e produção de concreto em projetos construtivos; águas de combate a incêndios; descargas em bacias sanitárias em banheiros comerciais e industriais; irrigação de áreas de acesso restrito.
- *Industrial*: água utilizada em sistemas de recirculação e resfriamento; água de alimentação de caldeira; água de processo industrial como indústria têxtil, química, petrolífera, de papel, mecânica, de cimento;
- *Agrícola*: irrigação superficial ou por aspersão de algum grupo de alimento processados comercialmente ou não, inclusive grupo de

alimento consumido cru; irrigação superficial de jardins, pomares e vinhedos; grupos de alimentos para animais como pasto para animais de ordenha, alimento de animais (como gado, cavalos ou ovelhas), fibras e grãos;

- *Recreação*: Pesca, navegação, outros usos de recreação;
- *Ambiental*: Banhados, pântanos, habitat de animais selvagens, aumento no fluxo de rios;
- *Recarga gerenciada de aquíferos subterrâneos*; e
- *Aumento no suprimento de água potável*: reúso potável indireto.

A Tabela 3.1 apresenta a classificação da água de reúso em classes, baseada nos usos, conforme a NBR 13969/97 e o SINDUSCON (2005).

Tabela 3.1: Classes das Águas de Reúso

CLASSE	USOS PREPONDERANTES	
	NBR 13969/07	Manual de Conservação e Reúso
Classe 1	- lavagem de carros; e - outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.	- descarga de bacias sanitárias; - lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.); - lavagem de roupas; - lavagem de veículos.
Classe 2	- lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins; - manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	- usos associados a construção civil: lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira.
Classe 3	- reúso nas descargas dos vasos sanitários.	- Irrigação superficial de áreas verdes e rega de jardim.
Classe 4	- reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados; e - outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	- Resfriamento de equipamentos e ar-condicionado.

Fonte: Adaptado de NBR 13969/ABNT (1997) e SINDUSCON (2005).

A água de reúso pode ter sua qualidade dividida em classes, cada uma resumindo os critérios e restrições aplicáveis em cada situação. Dependendo da interpretação na determinação dos critérios, estas classes podem apresentar divergências nas classificações como apresentada acima.

De maneira geral, a água de reúso pode substituir a água potável em grande parte dos usos, no entanto os riscos sanitários e de saúde pública, conseqüentes do

uso das águas residuárias são vários, tornando-se necessário o estabelecimento de critérios e padrões de qualidade para a água de reúso.

O reúso é um tema que envolve as áreas ambiental, hídrica, social e de saúde. Por este motivo é necessária uma boa articulação entre os órgãos públicos e da sociedade, com responsabilidades bem definidas e um adequado estabelecimento das condições técnicas de tratamento, de segurança microbiológica, saúde e proteção ambiental, além da informação ao público em geral, para a aplicação desta prática.

Conforme Hespanhol (2003), até 2003, nenhuma forma de ordenação política, institucional, legal ou regulatória orientava as atividades de reúso no território nacional. Atualmente, já existem normas publicadas para o reúso urbano não potável, porém nenhuma delas especificam os padrões de qualidade, sistemas de tratamento, etc. As avaliações legais têm se baseado nas legislações de outros países, principalmente nos critérios de qualidade para reúso da Organização Mundial da Saúde (OMS), entendida como referência mundial.

No Brasil, os projetos existentes são desvinculados de programas de controle de poluição e de usos integrados de recursos hídricos nas bacias hidrográficas, onde estão sendo implantados sem tecnologia adequada para os tipos específicos e não incluem as ressalvas necessárias para a preservação ambiental e proteção da Saúde pública dos grupos de riscos envolvidos (HESPANHOL, 2003).

Ainda para Hespanhol (2003), os elementos básicos para promover e regulamentar a prática do reúso são:

- Definir os critérios de tratamento de efluentes para reúso e proposição de tecnologias adequadas para a prática, em função de características climáticas, técnicas e culturais regionais ou locais;
- Estabelecer critérios para a avaliação econômico-financeira de programas e projetos de reúso;
- Estabelecer normas e programas para informação, educação ambiental e para participação pública nos programas e projetos de reúso;

- Estabelecer um sistema de monitoramento, avaliação e divulgação dos programas a níveis nacional, regionais e locais;
- Estabelecer uma política de reúso, definindo objetivos e metas, tipos de reúso, áreas prioritárias e condições locais e/ou regionais para a implantação da prática;
- Propor estruturas institucionais para a promoção e gestão de programas e projetos de reúso a níveis nacionais, regionais e locais;
- Estabelecer uma legalização incluindo diretrizes, padrões e códigos de prática;
- Estabelecer uma regulamentação, incluindo atribuições, responsabilidades, incentivos e penalidades.

O reúso de água é possível desde que seja devidamente planejado, ou seja, evitar que a água de reúso seja misturada à água tratada e não permitir o seu uso para usos potáveis como preparação de alimentos e higiene pessoal. Porém, a qualidade necessária para atender aos usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, para a garantia da segurança sanitária.

As *vantagens* do reúso de água são:

- Diminuição de descarga de esgotos em corpos d'água; (os corpos d'água podem ser recuperados naturalmente)
- Recuperação e economia de água;
- Preservação dos recursos subterrâneos;

Já as *desvantagens* ou limitações são:

- Os impactos (as águas durante a reutilização vão concentrando os poluentes, alterando as características do esgoto doméstico dificultando o seu tratamento e a autodepuração);
- Os riscos associados à saúde humana (transmissão de doenças infecciosas devido aos patógenos presentes nos esgotos; às

substâncias químicas e a produtos farmacêuticos); e

- A aceitabilidade (a opinião pública é fundamental para a viabilidade do reúso).

3.5. Crítérios e Diretrizes do Reúso de Água

Os critérios estabelecidos para a prática do reúso são baseados, principalmente na saúde pública e no meio ambiente, além dos danos a materiais e aos equipamentos e das próprias limitações técnicas desta prática (CROOK, 1993). De acordo com Blum (2003) e Hespanhol, os critérios para um programa de reúso quanto à qualidade da água produzida são:

- o reúso de água não deve resultar em riscos sanitários;
- a água de reúso não deve apresentar características, como turbidez, perceptíveis que causem rejeição por parte do usuário;
- o reúso não deve causar prejuízos ou desequilíbrios que afetem a qualidade dos ecossistemas;
- a qualidade da água de reúso deve atender às exigências dos usos à que se destina, evitando danos materiais e ao meio ambiente e assegurando a saúde pública.
- os efluentes utilizados como fonte devem ser submetidos a um confiável e seguro sistema de tratamento garantindo a segurança do programa de reúso;
- os sistemas de tratamento a serem utilizados para obtenção da qualidade necessária deve ser compatível com a tecnologia.
- os custos associados ao tratamento devem ser compatíveis com o reúso de efluentes considerados.
- as variáveis e os respectivos limites a serem utilizados na caracterização da água de reúso devem ser obtidos em tecnologias analíticas disponíveis;

Já as diretrizes são estabelecidas para minimizar as possibilidades de contaminação e orientar na tomada de decisões, proporcionando uma referência comum, para a criação de normas e padrões. Normalmente apresentam os tratamentos mínimos necessários, os padrões de qualidade exigidos para os usos, a eficiência exigida para o tratamento, a concepção do sistema de distribuição e o controle de usos de áreas. Os padrões são imposições legais estabelecidos por autoridade competente, através de leis ou regulamentos, a nível nacional, adaptando diretrizes às prioridades e levando em consideração as limitações, características técnicas, econômicas, sociais e culturais locais, os riscos e os benefícios (HESPANHOL, 1999).

O manual de reúso de água da EPA (2004), apresenta algumas diretrizes como: sugestões de processos de tratamento de efluentes; de qualidade da água para reúso; de monitoramento; e as distâncias mínimas para proteger as fontes de água potável de contaminações e as pessoas de riscos a saúde devido à exposição à água recuperada. As diretrizes sugeridas são apresentadas na Tabela 3.2, baseadas na informação de reúso nos Estados Unidos, porém condições locais podem limitar a aplicação destas diretrizes.

Tabela 3.2: Diretrizes sugeridas para o reúso de água – EPA

Tipos de Reúso	Tratamento	Qualidade de água recuperada						Monitoramento de água recuperada	Distâncias recomendadas
		pH	DBO	Turbidez	SS	Coliformes Termotolerantes /100mL	Cloro Residual		
Reúso Urbano	Secundário Filtração Desinfecção	6 - 9	≤ 10 mg/L	≤ 2 uT	-	Não detectável	1 mg/L	pH, DBO, Turbidez, Coliformes e Cloro Residual	15 m dos poços de captação de água potável.
Irrigação de área de acesso restringida	Secundário Desinfecção	6 - 9	≤ 30 mg/L	-	≤ 30 mg/L	≤ 200 coli Termotolerantes/ 100mL	1 mg/L	pH, DBO, Sólidos em Suspensão, Coliformes e Cloro Residual	90 m dos poços de captação de água 30 m de áreas acessíveis ao público (se por aspersão).
Reúso na Agricultura	Secundário Filtração Desinfecção	6 - 9	≤ 10 mg/L	≤ 2 uT	-	Não detectável	1 mg/L	pH, DBO, Turbidez, Coliformes e Cloro Residual	15 m dos poços de captação de água potável.
Recreação	Secundário Filtração Desinfecção	6 - 9	≤ 10 mg/L	≤ 2 uT	-	Não detectável	1 mg/L	pH, DBO, Turbidez, Coliformes e Cloro Residual	150 m dos poços de captação de água potável (mínimo) se o fundo não for impermeabilizado.
Paisagístico	Secundário Desinfecção	-	≤ 30 mg/L	-	≤ 30 mg/L	≤ 200 coli Termotolerantes/ 100mL	1 mg/L	DBO, Sólidos em Suspensão, Coliformes e Cloro Residual	150 m dos poços de captação de água potável (mínimo) se o fundo não for impermeabilizado.
Usos na Construção	Secundário Desinfecção	-	≤ 30 mg/L	-	≤ 30 mg/L	≤ 200 coli Termotolerantes/ 100mL	1 mg/L	DBO, Sólidos em Suspensão, Coliformes e Cloro Residual	-
Reúso potável indireto	Secundário Filtração Desinfecção Tratamento Avançado	6,5 – 8,5	-	≤ 2 uT	-	Não detectável	1 mg/L	pH, Turbidez, Coliformes, Cloro Residual, padrões de qualidade de água – trimestralmente.	600 m de poços de extração, podendo variar de acordo com as condições específicas do local.

Fonte: Adaptado de EPA, 2004.

Conforme Blum (2003), para estabelecer as diretrizes e as variáveis de qualidade para a prática segura do reúso deve-se levar em conta:

- os riscos sanitários (a saúde pública e ao meio ambiente);
- a aceitação da água pelo usuário; e
- a qualidade da fonte de água.
- a adequação da qualidade ao uso pretendido e os usos da água;

3.5.1. Os perigos do reúso

Segundo Hespanhol (2003), os riscos com os usos não potáveis são menores que os riscos dos usos potáveis, porém eles existem e devem ser considerados uma vez que há possibilidade de contato direto do público com os gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas, campos de esporte, descargas sanitárias e torneiras de área comum. Hespanhol também destaca que neste tipo de reúso as maiores dificuldades estão relacionadas aos custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. No entanto, estas dificuldades podem ser minimizadas em regiões que ainda estão se desenvolvendo, onde há possibilidade de um planejamento da infraestrutura.

Para começar a falar dos perigos do reúso é importante diferenciar a definição de risco e perigo. Perigo é o agente que pode causar efeito adverso à saúde enquanto que o risco é a probabilidade de ocorrer algum tipo de contaminação, associada à severidade do efeito. A avaliação do risco envolve estudos do perigo a saúde humana e das estatísticas de causa e efeito e são gerenciados por normas e regras que tem por objetivo controlar e minimizá-los (NARDOCCI, 2003).

O perigo relacionado à saúde, associados aos tipos de reúso urbano, se dá pelo contato com a água de reúso, podendo ser de várias formas como por ingestão acidental, contato com a pele e inalação de aerossóis e podem ser divididos em riscos químicos ou biológicos (BLUM, 2003):

Riscos Químicos:

De acordo com Metcalf & Eddy (2003), os contaminantes químicos podem ser orgânicos ou inorgânicos. No grupo dos contaminantes inorgânicos estão os nutrientes, compostos não metálicos, metais e gases ionizáveis dissolvidos. Já no grupo de orgânicos estão compostos agregados que não podem distinguir seus componentes separadamente. Neste grupo, alguns compostos têm seus efeitos tóxicos, agudos ou crônicos, conhecidos e outros ainda não. Este é um sério problema, pois as Estações de Tratamento das Companhias de Saneamento Básico recebem também os efluentes de indústrias que diariamente insere em seus processos novos produtos químicos e que nem sempre as Estações de Tratamento tem capacidade de removê-los. Estes riscos são, na sua maioria, causados pela ingestão destes compostos.

Riscos Biológicos:

A maior preocupação associada à água de reúso é transmissão de doenças infecciosas por agentes patogênicos como bactérias, protozoários, helmintos e vírus, originários de fezes e urina, de humanos e animais infectados, presentes nos esgotos.

De acordo com Hespanhol (2003), a presença destes microorganismos não significa necessariamente a transmissão de doenças, uma vez que a possibilidade de um indivíduo ser infectado depende de variáveis relacionadas a característica do microorganismo, dos hospedeiros, dos padrões de higiene e das condições sanitárias. Giordani (2002), divide as doenças relacionadas ao esgoto em cinco categorias:

- doenças não latentes e de baixa persistência: causadas por vírus, protozoários e helmintos, sendo as moscas e eventualmente moluscos os vetores de transmissão. Ex: hepatite e gastroenterite.
- doenças não latentes e de média persistência: são doenças transmitidas por bactérias, sendo os maiores transmissores as moscas. Ex.: febre tifóide, gastroenterite e cólera.
- doenças latentes, persistentes e sem hospedeiro intermediário: é uma

das categorias mais perigosas devido à extensa meia vida. Ex: ascaris lumbricoides e trichuris.

- doenças latentes, persistentes e com hospedeiro intermediário animal.
- doenças latentes, persistentes e com hospedeiro intermediário aquático (geralmente um caramujo). Ex: esquistossomose e giardíase.

Segundo Bastos e Bevilacqua (2005) os organismos patogênicos, as bactérias, seguidas dos vírus, são organismos sensíveis à ação de desinfetantes físicos e químicos e, portanto são facilmente removidos em estações de tratamento de esgotos. Já os cistos de protozoários e, principalmente, os ovos de helmintos são mais resistentes, entretanto apresentam tamanho e densidade que favorecem a remoção por sedimentação e filtração.

Além dos riscos à saúde, considerado a principal barreira do reúso de água, existe também o risco ao meio ambiente que podem ser causados por agentes físicos, químicos ou biológicos. Conforme a EPA (1998) a avaliação destes riscos pode ser pelo tipo, pela intensidade, pela escala adversa dos efeitos ou pelo potencial de recuperação. São exemplos destes riscos:

- Contaminação do solo e da água subterrânea: o uso das águas de reúso em irrigação por longos períodos pode acarretar no acúmulo de substâncias tóxicas e no aumento da salinidade do solo. Dependendo da profundidade do aquífero freático, das características do solo e do período em que a área é irrigada, a contaminação pode atingir as águas subterrâneas comprometendo a sua qualidade;
- Redução da disponibilidade hídrica: alguns corpos receptores têm sua vazão dependente do lançamento dos efluentes. Com o reúso de água estes efluentes abastecerão outro usuário e poderão ser lançados em outro corpo receptor fazendo com que alguns rios desapareçam. Vale lembrar que o recurso hídrico mantém-se disponível, mas em outra bacia hidrográfica.

- Alteração do ecossistema: tanto a contaminação, como a falta de água altera as características naturais, causando efeitos diversos nos ecossistemas aquáticos.

Estes riscos podem ser controlados e minimizados se a água de reúso tiver um tratamento adequado; a rede, o sistema e os pontos de consumo estiverem bem sinalizados, diferenciando da água potável; e no caso da irrigação e lavagens de ruas, calçadas, que o uso da água seja em horários de pouco contato com o público (LAVRADOR FILHO, 1987).

3.5.2. A aceitação do usuário:

De acordo com Hespanhol (2003), a aceitação por parte do usuário, em razão da sua qualidade depende de duas condições:

- Não deve apresentar riscos à saúde (quanto maior a exposição/ contato humano com a água de reúso, maior deve ser sua segurança sanitária);
- Não deve causar objeção por parte dos usuários (qualidade de estética: não podem apresentar cor e turbidez perceptíveis, pois o usuário rejeita águas “sujas” para qualquer tipo de uso residencial);
- Não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente (comprometer a qualidade ambiental de forma geral; comprometendo a composição, mudança de visual ou geração de odores em um lago, por exemplo);
- A fonte submetida a tratamento deve ser quantitativa e qualitativamente segura;
- A qualidade de água deve atender às exigências relativas aos usos a que se destina.

Em linhas gerais, água deve apresentar uma boa qualidade estética (ausência de cor e odor), parecer limpa para que não cause objeção por parte do usuário.

A qualidade da água de reúso requerida depende, além do uso escolhido, da qualidade dos esgotos utilizados como fonte e da compatibilidade com as etapas do sistema tratamento escolhido (BLUM, 2003). Dessa forma, para definir as variáveis de qualidade das águas de reúso, é necessário, primeiramente conhecer os principais elementos que constituem os esgotos sanitários de ETE's.

3.5.3. Qualidade da fonte de água:

De acordo com Metcalf & Eddy (1991), os constituintes do esgoto são classificados em convencional, não convencional e especial como mostra a Tabela 3.3 a seguir. Já as concentrações dos constituintes nos esgotos estão apresentadas na Tabela 3.4, conforme Jordão e Pessoa (1995) e Bastos (2003).

Tabela 3.3: Classificação dos constituintes do esgoto

CLASSIFICAÇÃO	CONSTITUINTES
Convencional	STS Sólidos coloidais DBO DQO Carbono Orgânico Total Amônia Nitratos Nitritos Nitrogênio Total Fósforo Bactéria Cistos de Protozoários e oocistos Virose
Não convencional	Orgânicos refratários Compostos orgânicos voláteis Surfactantes Metais Sólidos Dissolvidos Totais
Especial	Remédios prescritos ou não (substâncias farmacêuticas quimicamente ativas) Produtos de higiene pessoal Antibióticos humanos e animais Produtos de limpeza industriais e domésticos Hormônios Outras substâncias endócrinas

Fonte: Metcalf & Eddy (1991).

Tabela 3.4: Concentrações Típicas dos constituintes no Esgoto Bruto

CONSTITUINTE	ESGOTO BRUTO
Sólidos em Suspensão Totais	350 mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	850 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	50 mg/L
Nitrogênio Total	85 mg/L
Fósforo	15 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	400 mg/L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	1.000 mg/L
Óleos e Graxas	150 mg/L
ORGANISMOS PATOGÊNICOS	
Escherichia coli (NMP)	10^6 - 10^8 /100 mL
Salmonellae spp. (NMP)	10^2 - 10^3 /0,1 mL
Cistos de Giardia sp. (NMP)	10^2 - 10^4 / L
Cistos de Cryptosporidium spp. (NMP)	10^1 - 10^2 / L
Ovos de helmintos (NMP)	10^1 - 10^3 / L
Vírus (NMP)	10^2 - 10^5 / L

Fonte: JORDÃO PESSÔA (1995) e BASTOS (2003).

A geração de efluentes aumenta com o consumo de água e, desde que sejam coletados e adequadamente tratados podem ser considerados como a principal fonte para o reúso.

O presente trabalho considerará como fonte da água de reúso os efluentes tratados (após Tratamento Secundário) pelas companhias de saneamento ou sistemas individuais (descentralizados) resultantes da expansão das áreas urbanas e a deficiência na cobertura do saneamento. Os sistemas descentralizados, cada vez mais utilizados pela expansão de condomínios, são defendidos por alguns autores que consideram que a poluição deve ser confinada em menor área possível com casa, quarteirão, bairro (SANTOS E MANCUSO, 2003). Por outro lado, outros autores consideram que um grande número de estações de tratamento ocasionaria em um aumento nos custos de fiscalização.

A Tabela 3.5 apresenta as características do esgoto após tratamento secundário:

Tabela 3.5: Concentrações Típicas dos constituintes no Esgoto Tratado

CONSTITUINTE	ESGOTO TRATADO
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	10 ⁸
Sólidos em Suspensão Totais (mg/L)	26,7
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	200
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	6,1
Nitrogênio Total (mg/L)	20
Fósforo (mg/L)	2,8
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L)	12,8
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/L)	69,7
Óleos e Graxas (mg/L)	4,9

Fonte: JORDÃO PESSÔA (1995) e EPA (1992).

3.5.4. Adequação da qualidade ao uso pretendido

Uma vez escolhidas as aplicações possíveis para o reúso, é necessário adequar a qualidade da fonte para o reúso objetivado, ou seja, estabelecer os riscos associados ao seu uso, os compostos relevantes presentes na fonte escolhida e a eficiência de remoção dos sistemas de tratamentos utilizados, além de medidas de contingenciamento.

Para cada tipo de reúso, é selecionado um ou mais processos complementares de tratamento potencialmente adequados. Os níveis de tratamento, os critérios de segurança adotados e, os custos de investimento, operação e manutenção são obtidos em função da qualidade da água necessária (características físicas, químicas e biológicas), do objetivo específico da prática de reúso e, se houver disponibilidade, dos padrões de qualidade recomendados. Ressalta-se que para os custos do programa de reúso devem ser considerados apenas os custos adicionais aos custos da implantação do sistema de tratamento de esgoto, já que isto é uma exigência legal, independente do reúso. A Tabela 3.6 apresenta a indicação dos tratamentos necessários de acordo com a fonte alternativa de água e os usos potenciais para a água de reúso:

Tabela 3.6: Sistemas de Tratamento em função dos usos potenciais e das fontes alternativas de água

USOS POTENCIAIS	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA			
	Pluvial	Drenagem	Máquina de Lavar roupas	Lavatório + Chuveiros
Lavagem de Roupas	<ul style="list-style-type: none"> • Gradeamento; • Sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia; • Desinfecção; • Correção de pH. 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtração através de um filtro de camada dupla (areia + antracito); ou • Coagulação, floculação, decantação ou flotação; • Desinfecção; 	<ul style="list-style-type: none"> • Coagulação, floculação, decantação ou flotação; ou • Sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados; • Sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia; • Desinfecção; • Correção de pH. 	
Descargas em bacias sanitárias		<ul style="list-style-type: none"> • Filtração através de um filtro de camada dupla (areia + antracito). • Desinfecção. • Correção de pH. 		
Limpeza de pisos				<ul style="list-style-type: none"> • Filtração através de um filtro de camada dupla (areia + antracito); ou • Coagulação, floculação, decantação ou flotação; • Desinfecção; • Correção de pH.
Irrigação, rega de jardim				
Lavagem de veículos				
Uso ornamental				

Fonte: Adaptado de SINDUSCON (2005).

Conforme apresentado, os sistemas utilizados para tratamento das águas de reúso seguem, normalmente, a mesma seqüência dos sistemas de tratamento de esgotos convencional: tratamento preliminar e primário, processos físico-químicos como gradeamento, sedimentação e filtração para remoção de matéria inorgânica e orgânica; seguido do tratamento secundário, processo biológico para a remoção da matéria orgânica. No entanto, estes processos convencionais de tratamento de esgotos foram concebidos para a remoção da matéria orgânica e são pouco eficientes na remoção de organismos patogênicos, uma das preocupações dos programas de reúso de água. Desta forma, o presente trabalho admitirá como qualidade mínima da fonte para água de reúso, o efluente obtido no tratamento secundário, uma vez que este é o mais recomendado para áreas urbanas e considerará como tratamento adicional obrigatório, a desinfecção.

A Tabela 3.7 apresenta a eficiência do tratamento secundário de esgoto, que segundo Imhoff (2002) é medida em função da redução da matéria orgânica (DBO), ou de Sólidos em Suspensão (SS), ou ainda em menor proporção, de Bactérias e Coliformes.

Tabela 3.7: Eficiência dos Sistemas Secundários

CONSTITUINTE	ESGOTO BRUTO	EFICIÊNCIA E REMOÇÃO (%)
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	109	variável
Sólidos em Suspensão Totais (mg/L)	350	91,1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	850	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	50	69,7
Nitrogênio Total (mg/L)	85	-
Fósforo (mg/L)	15	59,9
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L)	400	93,6
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/L)	1.000	82,6
Óleos e Graxas (mg/L)	150	95,1

Fonte: JORDÃO PESSÔA (1995) e EPA (1992).

Segundo Van Haandel (2005), os mecanismos de remoção dos principais organismos patogênicos têm naturezas diversas. Os coliformes termotolerantes decaem naturalmente em sistemas de tratamento, tendo, portanto, um mecanismo biológico de remoção. Os ovos de helmintos são removidos por sedimentação em sistemas de lagoas ou por floculação em sistemas com lodo em suspensão ou biofilmes. As bactérias, seguidas dos vírus, são os organismos patogênicos mais sensíveis à ação de desinfetantes físicos e químicos e, portanto, são de inativação relativamente fácil em estações de tratamento de água e esgotos. Os cistos de protozoários e ovos de helmintos são bem mais resistentes, por outro lado, apresentam tamanho e densidades que favorecem o potencial de remoção por sedimentação e filtração (BASTOS, 2003).

Adicionalmente ao tratamento secundário, para adequar os efluentes tratados ao reúso, já existem inúmeras tecnologias disponíveis como, por exemplo, os processos físico-químicos, ultrafiltração e osmose.

O sistema físico-químico também conhecido como tratamento de água convencional (Coagulação, Floculação, Sedimentação, Filtração e Desinfecção com cloro), consiste na remoção de sólidos e por precipitação de compostos pela adição de produtos químicos (MANCUSO, 2003). Os produtos químicos como cal, sais de alumínio ou ferro e polímeros são aplicados em diversos pontos do tratamento e a escolha dependerá do objetivo da remoção e do pH. Geralmente, a coagulação química é recomendada para efluentes de baixos teores de fósforo, de sólidos em suspensão e demanda bioquímica de oxigênio.

Para o reúso urbano não potável, conforme a WHO (2006), EPA (2004), o tratamento secundário deverá ser seguido de filtração e desinfecção.

A filtração dos esgotos, segundo Brito (2006), é com filtros do tipo rápido, semelhante aos usados em sistemas de tratamento para água potável, diferenciando apenas a granulometria do material filtrante e a intensidade e frequência da lavagem. Nestes casos são utilizados normalmente areias de grão relativamente grandes, carvão antracito, pedra pomes e granulados plásticos. Rajala (2003), apresenta em seu estudo que a filtração direta de efluente secundário em filtro descendente, operando em taxas de filtração de 5 m/h e 10 m/h, apresenta remoções de até 96% para sólidos em suspensão, 84% para turbidez, 35% para cor, 52% para DQO, 33% para fósforo, 56% para coliformes termotolerantes.

Outra opção para o sistema de tratamento da água para reúso seria os processos de separação por membranas que consiste na separação da água e de suas impurezas através um filme que atua como barreira seletiva, quando aplicado algum tipo de força motriz externa. As membranas podem ser classificadas de acordo com a sua porosidade, conforme mostra a Tabela 3.8 a seguir:

Tabela 3.8: Tipos de membranas

MEMBRANA	CAPACIDADE DE SEPARAÇÃO	PRESSÃO (Bar)	RENDIMENTO
Microfiltração (MF)	Partículas de 0,1 a 0,2 μm	<2	90 a 100%
Ultrafiltração (UF)	Moléculas de 1.000 a 100.000 Da	2 – 10	90 a 100%
Nanofiltração (NF)	Moléculas de 200 a 1.000 Da	5 – 40	90 a 100%
Osiose Reversa (OR)	Moléculas < 200 Da	8 - 200	90 a 100%

Fonte: Adaptado de SIMON, 2006.

O que difere o sistema de microfiltração do de ultrafiltração é o tamanho dos poros das membranas. No caso da microfiltração a principal aplicação é na remoção de material particulado, protozoários, bactérias e uma parte de vírus, substituindo a clarificação. Já as membranas de ultrafiltração, por possuírem poros menores, removem além dos removidos na microfiltração, as moléculas orgânicas, os colóides e praticamente todos os vírus operando como o decantador secundário e a desinfecção.

Nos sistemas individuais de tratamento da água para reúso, principalmente, tecnologias como o Bioreator a membranas (MBR) vem sendo cada vez mais utilizado. O MBR consiste em um reator biológico integrado a um sistema de membranas de ultrafiltração substituindo os decantadores secundários e os filtros de areia dos sistemas de lodo ativado, produzindo alta qualidade de efluente, simplificando a operação e reduzindo áreas de instalação. A redução no processo de tratamento de efluentes dentro de um único processo resulta também em uma planta com uma área de instalação menor que plantas convencionais de tratamento terciário de efluentes. Além disso, o sistema de MBR é modular, as membranas poderão ser adicionadas de acordo com a real necessidade da produção, facilitando a expansão. A Figura 3.2 apresenta o fluxograma típico do MBR (PACHECO, 2006).

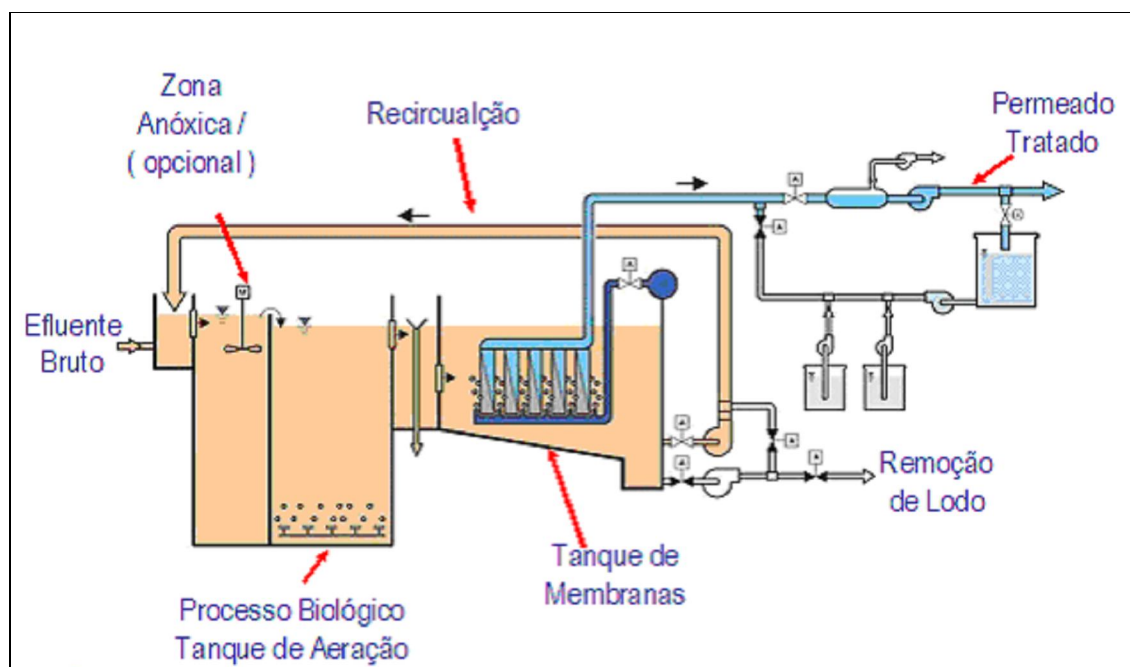


Figura 3.2: Fluxograma típico do MBR (GE WATER - PACHECO, 2006).

As membranas do tipo “Outside-In”, ou seja, o fluxo da água é de fora para dentro, ficam imersas em um tanque de aeração, em contato direto com o efluente e através de uma bomba centrífuga, cria-se um vácuo aplicado por uma tubulação conectada às membranas que succiona a água tratada (permeado) através das membranas de fibra oca separando o sólido do líquido e, portanto, não há necessidade de sedimentação do lodo nem de clarificador secundário ou filtros de

polimento. O lodo é descartado diretamente do tanque de aeração a uma concentração de sólidos na faixa de 0,8 a 1% (PACHECO, 2006).

Diferente dos sistemas convencionais, o MBR não é suscetível a variações momentâneas de cargas hidráulicas ou orgânicas e nos períodos de baixa vazão (e de carga orgânica), o lodo dentro do bioreator simplesmente se digere, sem afetar a qualidade do efluente tratado (PACHECO, 2006). A Tabela 3.9 apresenta a qualidade do permeado dos sistemas de MBR.

Tabela 3.9: Qualidade do permeado do MBR

PARÂMETRO	QUALIDADE DO PERMEADO
DBO	< 5 mg/L
Sólidos em Suspensão Totais (TSS)	< 5 mg/L
Nitrogênio Total	< 3 mg/L <i>Warm Climates</i> < 10 mg/L <i>Cool Climates</i>
Fósforo Total	< 0.2 mg/L
Turbidez	< 0,5 uT
SDI(<i>Silt Density Index</i>)	< 3

Fonte: PACHECO, 2006.

As bactérias e sólidos removidos do efluente permanecem fora da membrana, e para a limpeza das membranas é introduzido ar pela parte inferior dos módulos de membranas, causando uma turbulência que auxilia na limpeza da superfície externa das fibras, não ocasionando problemas de entupimento (PACHECO, 2006).

Embora os sistemas de membranas já apresentem uma remoção maior de organismos patogênicos e bactérias, a desinfecção ainda continua sendo recomendada, pois este processo garante um residual na água de reúso evitando o ressurgimento dos microorganismos comprometendo a qualidade da água.

A desinfecção tem o objetivo da inativação dos microorganismos patogênicos como as bactérias, protozoários e vírus, além de algas. O processo de desinfecção normalmente utilizado é a Cloração, o cloro é o agente inativador de organismos patogênicos mais econômico além de ter um alto poder oxidante, reagindo com vários compostos presentes nos esgotos.

A cloração pode ser efetuada pelo uso de cloro gasoso, hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio e dióxido de cloro. A quantidade necessária de cloro dependerá

do estado e do tipo do esgoto. Na Tabela 3.10 são apresentadas as quantidades aplicadas, segundo Jordão (1995) e Gonçalves (2003).

Tabela 3.10: Dosagem de Cloro para diferentes efluentes

Tipo de esgoto doméstico	Dosagem (ppm)
Esgoto Bruto	6 a 15
Esgoto Bruto séptico	12 a 30
Efluente decantado	8 a 20
Efluente de precipitação química	3 a 10
Efluente de Filtração Biológica	3 a 15
Efluente dos processos de lodos ativados	2 a 8
Efluente de filtros após tratamento secundário	1 a 6

Fonte: Jordão, 1995; Gonçalves, 2003.

O agente inativador de organismos patogênicos presentes em esgotos sanitários mais econômico e difundido é o cloro líquido (ou gasoso). Contudo, alguns de seus compostos podem gerar subprodutos tóxicos de efeitos crônicos à saúde humana e ao meio ambiente. A adição do cloro pode ocasionar efeitos secundários prejudiciais, pois ao reagir com a matéria orgânica pode levar à formação de substâncias cancerígenas, como os THM (LAPOLLI et al, 2003). Uma forma de minimizar a formação destas substâncias é substituir o cloro pelo dióxido de cloro, por este possuir uma capacidade de oxidação superior a do cloro, não reagir com a amônia e seus compostos, nem produzir orgânicos de cloro com os contaminantes que mais freqüentemente se encontram nas águas (AISSE et al., 2004).

3.6. Reúso Urbano de Água Não Potável

O presente trabalho aborda o reúso urbano planejado de esgotos tratados para fins não potáveis. Conforme Wenzel (2003), esta forma de reúso poupa até 40% do fornecimento de água das companhias de abastecimento. Assim, as águas de melhor qualidade são liberadas para os usos mais nobres, como usos potáveis.

O reúso urbano é dividido em usos urbanos potáveis e não potáveis. O reúso para fins potáveis não é recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) devido aos riscos elevados causados pela presença de organismos patogênicos e de diversos compostos orgânicos resultantes não só dos despejos industriais, mas também dos diversos tipos de produtos que utilizamos em nossas residências

(HESPANHOL, 2003). Além disso, estes usos demandam água com qualidade muito boa e exigem sistemas de tratamento com tecnologias e controle avançados e, dependendo da disponibilidade de água da região, pode resultar na inviabilidade econômico-financeira causada pelos altos custos com sistemas de tratamento.

O reúso urbano não potável, segundo Muffareg (2003), vem sendo incentivado pela crescente dificuldade de atendimento da demanda nos grandes centros urbanos com o objetivo de preservar a água de melhor qualidade pra os usos mais nobres. A seguir são apresentados os possíveis usos não potáveis de água:

- Descarga sanitária;
- Lavagem de pisos, calçadas, ruas, quintais e veículos;
- Limpeza de playgrounds e quadras de esporte;
- Lagos artificiais ornamentais e/ou decorativos;
- Irrigação de campos de futebol, golf e centros esportivos;
- Irrigação de canteiros, jardins, parques e áreas verdes em geral;
- Reserva contra incêndio;
- Água de resfriamento e Sistemas de ar condicionado;
- Usos em construção civil como preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo;
- Desobstrução de redes.

No entanto, para ser aceitável a água para reúso urbano deve apresentar exigências mínimas como:

- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- não deve deteriorar os metais sanitários;

- não deve formar incrustações.
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve apresentar mau-cheiro;

Para o cumprimento destas exigências são necessários critérios e diretrizes que estabeleçam as variáveis de qualidade da água necessárias para que a prática de reúso seja, além de viável economicamente, também segura.

3.7. Experiência no Reúso Urbano de Água

Em todo o mundo é possível identificar iniciativas das práticas do reúso, porém estas práticas dependem das características ambientais e culturais de cada local e do uso a qual se pretende, por isso têm-se tantas variedades.

Com a crescente necessidade de água potável, no último século, várias formas de reúso foram desenvolvidas. Segundo Angelakis e Spyridakis (1996), o reúso de água possui uma longa história, há indícios da utilização das águas residuárias em irrigação desde aproximadamente 5000 anos atrás. Segundo Brega Filho e Mancuso (2002), o reúso indireto e não planejado é realizado em comunidades no mundo inteiro. Os esgotos tratados, ou não, são lançados em corpos d'água receptores onde serão diluídos e servirão como fonte de abastecimento de outra ou da própria comunidade.

Alguns países como México, Peru, Estados Unidos, Israel, África do Sul, Índia, Austrália e Brasil, entre outros, já praticam o reúso há muito tempo, porém a maioria das experiências é voltada para a agricultura, que utiliza 70% de toda água consumida, e o uso industrial, existindo poucas experiências voltadas para o reúso urbano planejado.

3.7.1. Experiência Internacional

Israel teve uma atuação no reúso de água para irrigação, seguido por Tunísia, Chipre e Jordânia (ANGELAKIS e BONTOUX, 2001). Em Israel mais de 60% do volume total do esgoto urbano vem sendo reutilizado na irrigação de lavouras, jardins públicos, e revitalização dos rios. O projeto da região de Dan, que estuda a possibilidade de converter o deserto de Negev em área fértil e produtiva para a agricultura, através do aproveitamento das águas residuárias está possibilitando adiar os grandes investimentos para dessalinização da água do mar (VOMERO et al., 2000).

O reúso de água é uma prática difundida no México. Segundo Galan (2006), depois da China, o México é o país que mais utiliza águas residuárias na agricultura a nível mundial. No país, 83% do efluente recuperado é utilizado na irrigação, 10 % em atividades urbanas e 7% no setor industrial (JIMENEZ, 2002). De acordo com Tomaz (2001), o México possui o maior e mais velho projeto de reúso da água usando esgoto sanitário na agricultura e irrigação. São irrigados em todo o país 257.000 hectares com vazão de 102m³/s, ou seja, 8.812.000.000 L/dia (dados de 1995).

O Vale do Mezquital, situado na bacia vulcânica central do altiplano México iniciou o uso das águas residuárias na agricultura no final do século XIX, utilizando um volume de 1.356 milhões m³ de esgotos tratados por ano, o equivalente a 43 m³/s, sobre uma área de 70 mil hectares onde estão assentadas 45 mil famílias de agricultores (LÉON e CAVALLINI, 1999).

Na Arábia Saudita, dos quase 130 mil m³/dia de efluentes tratados em sistemas de reúso, 91% são para reúso agrícola, 7% para sistemas de refrigeração em indústrias e o restante para reúso urbano. A proposta de estratégia para o desenvolvimento de Riad é que no ano de 2021 cerca de 50% do reúso de água seja para o sistema urbano (LEWIN et al, 2002).

Na Ilha de Chipre, em 2001, cerca de 16 milhões de m³ de águas residuárias tratadas já eram utilizadas principalmente na cidade de Nicosia, capital do Chipre, onde cerca de 11 milhões de m³/ano é reutilizado no setor agrícola a fim de liberar

volumes de água de fontes convencionais para cobrir as demandas domésticas e industriais, que requerem água de melhor qualidade (AEMA, 2001).

Na Europa, a maioria das experiências de reúso também é voltada para a agricultura, no entanto já existem diversos países que exercem, extensivamente, a prática de reúso urbano não potável e industrial.

As experiências em reúso não são novas, vem sendo realizadas desde o início do século XIX. Em 1975, já existiam nos Estados Unidos 536 projetos de recuperação e reúso de efluentes. Segundo a EPA, 34 estados americanos praticam reúso urbano restrito e 28 estados praticam o reúso urbano irrestrito (SANTOS, 2001). A seguir, são apresentados exemplos desta prática. A Tabela 3.11 apresenta os primeiros exemplos internacionais de reúso urbano.

Tabela 3.11 – Histórico da prática de Reúso Urbano

ANO	LOCALIZAÇÃO	EXEMPLOS DE REÚSO URBANO
1912 a 1985	Golden Gate Park, São Francisco, Califórnia, U.S.A.	Irrigação de gramados e criação de lagos ornamentais
1926	Grand Canyon National Park, Arizona, U.S.A	Descarga em vaso sanitário, irrigação de gramado, água de resfriamento e alimentação de caldeira (primeiro sistema duplo de distribuição).
1929	Pomona, Califórnia, U.S.A	Irrigação de campos e áreas verdes.
1951	Tóquio, Japão	Uso na produção de uma fábrica de papel e posteriormente é comercializado para indústrias, uso em lavagens de trens de passageiros.
1960	Colorado Springs, Colorado, U.S.A	Irrigação de campos de golf, parques, cemitérios e limpeza de propriedades públicas.
1961	Irvine Ranch Water District, Califórnia, U.S.A.	A empresa de saneamento da cidade utiliza todo o efluente terciário da ETE Michelson Water para o reúso urbano não potável. Com a resolução de 1990 todos os edifícios com altura maior de 17m deverão ter sistemas duplos de distribuição para o reúso em descargas sanitárias.
1968	Windhoek, Namíbia	Sistema direto de recuperação de água residuária para aumentar a quantidade de água potável.
1969	Wagga Wagga, Austrália	Irrigação de paisagens, campos esportivos, gramados e cemitérios.
1977	St. Pretesburg, Flórida, U.S.A	Irrigação de parques, campos de golf e jardins escolares.
1984	Tokyo Metropolitan Government,	Projeto reciclo de água no distrito de Shinjuku.
1989	Shoalhaven Heads, Australia	Irrigação de jardins e descarga sanitária em residências.
1989	Consorti de la Costa Brava, Girona, Spain	Irrigação de campos de golf.
1991 a 1996	Austrália	Irrigação de plantações, pastagens e jardins.

Fonte: Adaptado de METCALF E EDDY (2003) e SANTOS (2000).

Dos exemplos apresentados acima, merece destaque o reúso realizado em São Petersburgo, na Flórida, onde em 1977, o conselho da cidade adotou a política “descarga zero” de efluentes, e um ano depois a cidade começou a distribuir água reciclada para uso não potável em seu sistema de distribuição urbano. Hoje este é um dos maiores sistemas de reúso urbano do mundo, fornecendo em média 80.000 m³/dia de água de reúso, distribuindo para mais de 7000 residências e escritórios (DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION OF FLORIDA, 2003).

Embora o reúso urbano para fins potáveis não é recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), exceto em regiões de escassez de água, existem dois exemplos desta prática que devem ser considerados: o primeiro é o caso da República de Namíbia, Windhoek, considerado pela ONU o primeiro exemplo de reúso urbano para fins potáveis com a utilização de esgotos exclusivamente domésticos e vem sendo praticado desde outubro de 1968. É importante ressaltar que desde esta época estudos epidemiológicos tem sido realizados, demonstrando que as doenças transmissíveis prevalentes no país (doenças diarréicas e Hepatite A), não são associadas à água reciclada, que abastece a cidade. Os esgotos domésticos são coletados na cidade de Windhoek, são encaminhados para a Estação de Tratamento de Efluentes na Gammams Sewage Treatment Works, e em seguida para a Goreangab Reclamation Plant, para a fase de potabilização e armazenamento da água potável em lençol freático, por longos períodos, de onde é, posteriormente, removida através de poços e introduzida no sistema de abastecimento público de Windhoek (OMS, 1973 apud HESPANHOL, 2003).

O segundo exemplo é o projeto experimental americano de Denver, no Colorado, onde a estação de demonstração de capacidade de tratamento de 44 L/s permite o estudo da viabilidade técnica e econômica do reúso potável direto, através de tecnologia de ponta para potabilização de água de má qualidade, em razão de seu uso anterior, e possibilita o desenvolvimento de metodologias científicas de monitoramento de qualidade de água, baseado nos mais modernos indicadores. A água resultante do processo foi relatada como tendo qualidade superior a muitas fontes de água da região (BREGA FILHO E MANCUSO, 2002).

O Reino Unido, também é um exemplo do reúso urbano não potável, pois possui sistemas descentralizados de reúso de águas cinzas, reaproveitando os efluentes das máquinas de lavar, lavatórios e chuveiros nas descargas dos vasos sanitários (GIORDANI, 2002).

Com o objetivo de atingir a vazão de 245.000 m³/dia para os usos não potáveis até 2011, Singapura, desde 2003 utiliza para os usos não potáveis em indústrias, comércios e outros usos urbanos, a água conhecida como newater: esgoto sanitário municipal que após tratamento avançado atente aos padrões de potabilidade.

No Japão, 41 % dos efluentes urbanos são reutilizados por indústrias, no entanto, diversas cidades como Ooita, Aomori e Tokio, utilizam os esgotos tratados ou águas de baixa qualidade, para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis (MAEDA et al., 1996). Em Fukuoka, uma cidade no sudoeste do Japão com aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, por exemplo, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados a nível terciário que são utilizados para descargas sanitárias de edifícios residenciais, irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases, entre outros usos (HESPANHOL, 2001).

Em Shinjuku, também no Japão, foram instalados sistemas duplos de tubulação, separando a água potável para reúso em descargas em vasos sanitários. Considerado o maior uso urbano não potável do país, com este projeto a cidade tem o objetivo de tornar-se um modelo de reúso urbano não potável (MAEDA et al., 1996).

A Austrália, em função da escassez de água, desenvolveu nos últimos anos importantes projetos de reúso de água. Em Rouse Hill, Sydney, o efluente tratado é distribuído por sistemas duplos de distribuição para o reúso em vasos sanitários e rega de jardim para cerca de 40 mil residências (SYDNEY WATER, 2004). Outro exemplo de reúso urbano é na Baía de Homebush, sede dos jogos Olímpicos de Sydney, onde em preparação para as olimpíadas de 2002 foi construído um sistema de captação de água de chuva e de coleta de esgoto que após tratamento terciário é reutilizada em usos não potáveis dentro e no entorno do parque. O sistema de reúso

considerado foi a microfiltração seguida de osmose reversa onde obtém-se uma água de alta qualidade e fornece até 7.000 m³/dia de água residuária tratada para usos em banheiros e rega de jardins (SYDNEY WATER, 2004).

Em Berlim-Kreuzberg, na Alemanha o governo federal financiou um projeto de reúso de águas residuárias e pluviais em um edifício residencial objetivando o uso racional. Além de reduzir o consumo de litros/habitante.dia, que reduziu pela metade, o projeto também proporcionou aos moradores uma consciência sobre importância deste recurso vital (FRANCO, 2001). Em Hamburgo, a escassez de água fez com que medidas de redução de consumo fossem tomadas, diminuindo o consumo per capita de água em 25% (GIORGI, 2007).

Em Bombay na Índia, edifícios comerciais altos de 20 a 25 andares também têm utilizado os efluentes tratados para complementar o sistema de ar condicionado (LEITE, 2003).

3.7.2. Experiência Nacional

No Brasil, o uso dos efluentes começou com o uso industrial. Em 1993, devido aos problemas de escassez, quatro fábricas do Pólo Industrial de Cubatão em São Paulo iniciaram um programa de reúso de água para refrigeração de seus processos de fabricação. Nesta mesma época, a fábrica da *General Motors* em São Caetano do Sul/SP, tratava e reciclava 100% da água que utilizava (LEITE, 2003).

Segundo Pádula Filho (2003), outro exemplo brasileiro de destaque é a estação experimental de tratamento de esgotos Dr. João Pedro de Jesus Netto da SABESP, também no município de São Paulo, que trata 60 L/s de esgotos sanitários, sendo que 20 L/s são fornecidos para a Indústria Coats Corrente, que se insere dentro do programa de Reúso de água da SABESP.

A PETROBRÁS teve um decréscimo no volume de captação de água e descarte de efluentes de 785 m³/hora para 45 m³/hora em dois anos, em sua Refinaria Planalto em Paulínia, responsável por 22% do refino do petróleo do País, principalmente por meio de medidas de reúso da água.

O Grupo Mahle implantou o sistema de reúso aplicado à produção industrial, com um rigoroso padrão de planejamento, monitoramento, controle e sinalização capaz de reutilizar a mesma água diversas vezes para a refrigeração de equipamentos do processo produtivo (GRUPO MAHLE, 2003/2004).

Segundo o jornal O Estado de São Paulo (2002), a cidade de São Paulo lançou o programa “Água de Reúso”, com o objetivo de implantar medidas para racionalizar o uso da água, reduzindo a necessidade de racionamento.

Na Região Metropolitana de São Paulo, seis prefeituras: Barueri, Carapicuíba, Diadema, São Caetano do Sul, São Paulo e Santo André já utilizam os esgotos tratados pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo), na limpeza de ruas e pátios, na irrigação e rega de áreas verdes, na desobstrução de redes de esgoto e águas pluviais e na lavagem de veículos. A distribuição da água de reúso para estes municípios é realizada através de caminhões pipas devidamente identificados (site SABESP, 2006).

Outro exemplo do reúso urbano é o aeroporto de Guarulhos, o projeto reutilizará a água do terceiro terminal em descargas sanitárias e sistemas de resfriamento (SANTOS e MANCUSO, 2003).

Segundo Oliveira (2001), o Movimento Habitacional Casa Para Todos, de São Paulo, foi o pioneiro em reúso em edifícios residenciais. O sistema capta água utilizada nos chuveiros e lavatórios e a deposita em um reservatório no subsolo das torres dos residenciais, a partir daí a água é submetida a um tratamento de filtração por areia e cloração e retorna já tratada para uma caixa especial implantada no teto das torres, para aproveitamento exclusivo nas caixas de descarga dos vasos sanitários.

Atualmente, já podemos citar outros exemplos de reúso em edifícios residenciais como o lançamento Mundo Apto da construtora SETIN, dez edifícios com sistema de reúso de água onde a água dos chuveiros e lavatórios, após tratamento, é reutilizada nos vasos sanitários e nas torneiras das áreas comuns (VANOSSI, 2006).

Os condomínios residenciais Gênesis I e II das construtoras Y.TAKAOKA e JAG localizados em uma área remanescente de Mata Atlântica, em Santana do Parnaíba, terão tratamento em nível terciário garantindo água potável e a preservação dos recursos hídricos da região, causando um menor impacto ambiental (JORNAL ESTADO DE SÃO PAULO, 2005).

No residencial Valville, também localizado em Santana de Parnaíba/ SP, a adoção da prática do reúso foi resultado das restritivas leis de uso e ocupação do solo na região e das frágeis condições do córrego Jaguary, corpo d'água de baixa vazão e, portanto, baixo poder de diluição (SOUSA, 2008).

Cada vez mais as Construtoras e Incorporadoras começam a vislumbrar os sistemas de reúso como grande diferencial em seus empreendimentos, não só na Grande São Paulo, mas também regiões com restrições de ocupação como Ilha Bela e em regiões com problemas de falta de fontes naturais, o *Hopi Hari*, por exemplo, teve como imposição legal a implantação do programa “descarga zero” de efluentes (GRULL et al., 2003).

Os exemplos brasileiros não param aí. Em Salvador, a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, a EMBASA e a Secretaria de Infra-Estrutura do Estado firmaram um convênio chamado "Reuságua", com o objetivo de estudar o reúso e de avaliar a qualidade necessária da água para cada finalidade. Para tanto, está submetendo a água de seus sanitários ao tratamento em mini-estação de reciclagem RTK-AcquaBrasilis, e fazendo-a retornar aos lavatórios (KIPERSTOK, 2003).

No Rio Grande do Norte, na cidade de Natal, foi construído um edifício residencial de 05 pavimentos com sistema de reaproveitamento das águas provenientes de chuveiros, lavatórios, tanques, máquinas de lavar roupa, e também as águas pluviais decorrentes das calhas, após o tratamento primário, na descarga de bacias sanitárias (MOREIRA, 2001).

3.8. Levantamento das Legislações sobre Reúso de Água

O reúso de água vem sendo cada vez mais utilizado como solução para os problemas de escassez, no entanto a falta de diretrizes e padrões para a água de reúso pode colocar em risco a saúde pública e a própria prática de reúso.

Desta forma se faz necessário a existência de normas específicas que regulamentem o reúso de forma eficiente e segura, evitando os riscos de contaminação da água por bactérias, vírus, protozoários, micro-poluentes orgânicos e inorgânicos e metais pesados. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), as doenças diarréicas são responsáveis por mais de 3 milhões de morte a cada ano. Portanto, para que o reúso seja praticado com segurança, é preciso estabelecer as bases científicas, políticas, institucionais e legais para o desenvolvimento de diretrizes e padrões mínimos físicos, químicos e microbiológicos que garantam a segurança da saúde pública e do meio ambiente.

3.8.1. No mundo

A primeira legislação a contemplar o reúso de água foi o relatório da “Royal Commission on Sewage Disposal in England”, em 1865, que aprovou oficialmente tal prática (HESPANHOL & PROST, 1994).

Em 1918 o Departamento de Saúde do Estado da Califórnia estabeleceu critérios de qualidade para irrigação que foi utilizado como base por diversos outros países. Hoje esta legislação é considerada mais complexa e rigorosa que a Norma Federal da EPA (HESPANHOL, 2003).

Em 1965, em Israel, foi publicada uma norma que permite que os efluentes após tratamento secundário possam ser utilizados para a irrigação de vegetais que podem ser comidos crus (ASANO, 1998).

Em 1971 a Organização Mundial da Saúde – (OMS) reconheceu efetivamente a importância dos aspectos de saúde relacionados com a reutilização de águas. E em 1989, após estudos epidemiológicos, a OMS estabeleceu critérios de qualidade da água de reúso voltado para a agricultura e aqüicultura: “*Health Guidelines for use of Wastewater in Agriculture and Acquaculture*”. Em 2005 foi realizada uma reunião

para atualização que trouxe o uso de águas residuárias, excretas e águas cinzas: “*Guidelines for the safe use of Wastewater, Excreta and Greywater*”(WHO, 2006).

A França foi o primeiro país da Comunidade Européia a recomendar a aplicação dos padrões microbiológicos da OMS para o uso dos efluentes. Em 1991 criou uma norma nacional, o que a tornou pioneira na criação de uma legislação específica para reúso de águas residuárias (HESPANHOL & PROST,1994).

A Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), criada em 1970 pelos Estados Unidos, divulgou em nível federal, em 1992, critérios e recomendações para o reúso de água com a publicação *Guidelines for Water Reuse* contendo exigências em relação ao reúso da água, instruções para o tratamento e os usos da água reutilizada, no entanto pelas particularidades, cada estado que pratica reúso deve definir regulamentação específica. O *Guidelines for Water Reuse* foi atualizado em 2004 incluindo informações sobre técnicas, documentos e exemplos de reúso desenvolvidos em outros países (EPA, 2004).

Segundo EPA (2004), nos Estados Unidos são reutilizados 6,4 milhões de m³ de água por dia e, atualmente, 25 Estados americanos têm regulamentação para reúso da água, 16 têm manuais ou diretrizes e somente 9 não têm regulamentação ou manual.

Outros países já possuem uma legislação que regulamenta a prática do reúso, geralmente agrícola, como a Tunísia: o reúso agrícola é regulamentado pela *Lei das Águas* e pelo *Decreto nº 89-1047 de 1989* (BAHRI, 1998), já os padrões de qualidade para as águas de reúso foram estabelecidos no "Tunisian Standard 106.03" também de 1989, onde é apresentado uma lista das culturas para as quais há possibilidade de sua implementação e as especificações visando à proteção dos grupos de risco, como trabalhadores e consumidores (BAHRI, 1998).

Na África do Sul, o *Ato das Águas* de 1956, também já prevê o reúso das águas.

O México possui a Lei Nacional de Águas – Ley Nacional Del Agua, em vigor desde 1993, com uma seção dedicada especificamente à prevenção e ao controle da contaminação da água e a Norma Técnica Ecológica NOM-001-ECOL-1996 que

estabelece requisitos para o uso das águas residuárias na agricultura.

Como já apresentado, as regulamentações do reúso são definidas de acordo com as particularidades de cada região, por este motivo é que não existe uma regulamentação específica e única de reúso. Estados como Arizona, Califórnia, Colorado, Flórida, Geórgia, Havaí, Massachussetts, Nevada, Nova Jersey, Novo México, Carolina do Norte, Ohio, Oregon, Texas, Utah, Washington e Wyoming desenvolveram regulamentações e/ou orientações incentivando o reúso da água como estratégia de conservação dos recursos hídricos, através de padrões específicos de qualidade da água, processos de tratamento, ou ambos (EPA, 2004).

Como exemplo à regulamentação do reúso da água em âmbito internacional pode ser citado o projeto da *United Kingdom Water Industry Research Limited* (UKWIR), que prevê a revisão do critério existente para o reúso de água, visando identificar pontos fortes e fracos das diferentes metodologias e sugerir uma metodologia referência para o desenvolvimento de um método para reúso de água no Reino Unido (BASTIAN, 2005).

3.8.2. No Brasil

As normas e diretrizes surgem para a adequação das práticas que já ocorrem, no entanto, no Brasil o reúso de água é uma alternativa recente e as legislações não estabelecem critérios específicos que devem ser atendidos, como os padrões de qualidade da água de reúso para cada uma das modalidades descritas e o tratamento necessário para garantir a qualidade da água, minimizando os riscos de contaminação e transmissão de doenças veiculadas pela água e dando condições para que a prática do reúso seja viável e principalmente segura.

A 1ª lei sobre o uso da água foi o Código de Águas de 1934, que considerava a água inesgotável, para utilização abundante. O código de Águas previa a propriedade privada de corpos d'água (Artigo 8º); assegurava o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente (Artigo 34º); e tratava os conflitos sobre o uso das águas como simples questões de vizinhança, valorizando a utilização dos rios brasileiros para a produção de energia elétrica.

Com a consciência das limitações dos recursos hídricos, veio a Constituição Federal de 1988, mas com uma visão estreita em relação a sua utilização, que só foi alterada em 1997, com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecida pela Lei Federal nº 9433 (FINK e SANTOS, 2003).

A Lei nº 9.433/97 consagra a água como um bem social e com características de bem econômico. A situação crítica da água vem tornando sua gestão um desafio da administração pública e um amadurecimento das políticas ambientais.

Um dos principais objetivos da PNRH é alterar a forma de utilização da água doce no país induzindo a um uso mais racional deste recurso, assegurando à atual e às futuras gerações, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade necessária, através da utilização racional e integrada dos recursos hídricos (art. 2º, II).

O reúso das águas pode ser considerado um exemplo de utilização racional dos recursos hídricos, mesmo assim, a Lei não prevê o reúso da água como instrumento da Política, dificultando sua adoção. Em contra-partida, a criação dos instrumentos de outorga e de cobrança pelo uso da água induz a adoção de práticas de reúso.

Na PNRH, alguns instrumentos previstos dão sustentação e condições facilitadoras para a implementação da prática do reúso. São eles:

1. Planos de Recursos Hídricos: exige a apresentação do balanço entre as disponibilidades e demandas, em quantidade e qualidade, a fim de se identificar os possíveis conflitos entre usuários; as metas de racionalização do uso; o aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; além de programas e projetos que deverão ser desenvolvidos para que se atinjam as metas previstas (Cap.IV, Seção I da lei nº 9433).

Desta forma, a racionalização do uso, o aumento de quantidade e a melhoria da qualidade são algumas das possíveis conseqüências do reúso.

2. Enquadramento: com os objetivos de assegurar às águas, qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; e diminuir os custos de combate à poluição das águas mediante ações preventivas permanentes.

Neste caso, o reúso pode ser considerado uma ação preventiva permanente que irá reduzir a exploração dos recursos hídricos, preservando o recurso natural para os usos mais exigentes, minimizando a emissão de efluentes e assegurando a qualidade de determinadas águas.

3. Outorga: caracterizada como concessão do direito ao uso da água por um período determinado, visa a preservação dos usos múltiplos dos recursos hídricos e define os usos que devem ser outorgados (Lei nº 9433, Artigo 12):

“Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.”

4. Cobrança: com o objetivo do reconhecimento da água como um bem dotado de valor econômico, dá ao usuário uma indicação de seu real valor incentivando a racionalização do seu uso (Cap. IV, Seção IV da Lei nº 9433).

De acordo com Fink e Santos (2002), dentre os instrumentos da PNRH, a cobrança pelo uso da água, fundamentando o princípio do poluidor pagador, talvez seja o que trará maior incentivo ao reúso de água como forma de minimização de

passivo ambiental. Do ponto de vista financeiro, a cobrança tornou-se um importante argumento para as novas práticas conservacionista, como o reúso de água. A comprovação da viabilidade econômica do reúso passará a ser mais facilmente atingida, com a redução do consumo de água e do lançamento dos efluentes e, conseqüentemente do valor cobrado, resultados desta prática.

O “reúso” da água adquire uma particular relevância e conforme Fink & Santos (2002), a legislação em vigor (Lei nº 9.433), ao instituir os fundamentos da gestão de recursos hídricos, cria condições jurídicas e econômicas para a hipótese do “reúso” de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

Abordando o reúso, no âmbito Nacional, a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso de água direto não potável:

“Art. 3º O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reúso na aqüicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

§ 1º As modalidades de reúso não são mutuamente excludentes, podendo mais de uma delas ser empregada simultaneamente em uma mesma área.

§ 2º As diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso definidas nos incisos deste artigo serão estabelecidos pelos órgãos competentes.”

Em 1997 a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) publicou a NBR 13969/97, a primeira norma brasileira a estabelecer critérios para a prática do reúso.

O item 5.6 descreve que o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exijam qualidade de água não potável, mas segura. O tipo de reúso pode ser desde o aproveitamento da água de enxágüe da máquina de lavar, com ou sem tratamento, nas bacias sanitárias, até uma remoção em alto nível de poluentes para processos industriais ou lavagem de veículos. No entanto, seja qual for o reúso, deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional, para isso deve-se levar em consideração (NBR 13.969/07 – ABNT):

- Os usos previstos - devem ser considerados todos os usos que o usuário precisar;
- O volume do esgoto a ser reutilizado - deve ser estimado os volumes para cada tipo de reúso considerando as condições de clima, frequência de lavagem e sazonalidade;
- A área necessária para o tratamento;
- O grau do tratamento necessário – é sempre de acordo com a qualidade necessária para o uso mais restritivo;
- Sistemas de reservação e distribuição – identificar de modo claro e inconfundível principalmente para que não ocorra mistura com o sistema de água potável; e
- Manual de operação e treinamento dos responsáveis.

Apesar de em 1997 a norma da ABNT já descrever critérios para a prática do reúso, a primeira legislação a regulamentar o reúso no Estado de São Paulo foi o Decreto nº 45.805 de 15 de maio de 2001, que instituiu o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável.

Em seguida, a Lei Municipal nº 13.309 de 31 de Janeiro de 2002, a primeira a falar realmente em reúso foi regulamentada pelo Decreto nº 44.128, de 19 de novembro de 2003 e dispõe sobre o reúso não potável, pela prefeitura, das águas provenientes das Estações de Tratamento de Esgoto do município para a lavagem de ruas, praças e passeios públicos, bem como para a irrigação de jardins, praças, campos esportivos, considerando o custo benefício destas operações. Embora a lei

defina os usos ela não estabelece padrões de qualidade, deixando a critério da administração pública contratante.

A lei nº 10.785/2003 de Curitiba e a lei nº 14.018/2005 de São Paulo instituem o Programa de Conservação e o Uso Racional de Águas em Edificações visando o combate aos desperdícios. Para isso estabelecem que novas construções deverão apresentar estudos de sistemas hidráulicos com dispositivos economizadores, utilização de fontes alternativas como as águas pluviais - determinam a instalação de sistemas de armazenamento da água da chuva, de modo que ela possa ser utilizada na lavagem de carros e calçadas ou para regar jardins; e as águas cinzas - captação da água usada no chuveiro para reutilizá-la no vaso sanitário; e a conscientização da população.

A Lei municipal de São Paulo nº 14.018, de 28 de junho de 2005, instituiu o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações, e além da opção de reúso em edificações, obriga todos os bens imóveis e locados a se adaptarem em um prazo de até 10 (dez) anos. Embora a lei não se limita às soluções existentes, prevendo em seu 3º artigo a realização de estudos para as soluções técnicas, a obrigatoriedade da prática do reúso sem critérios para realizá-lo com segurança podem resultar em sérios problemas de saúde ambiental.

A regulamentação para o reúso não pode apenas criar exigências ao usuário, sem que criem condições para colocá-lo em prática. Na medida em que são determinadas as formas de implantação de reúso, os órgãos gestores bem como os demais órgãos públicos envolvidos não podem estar omissos a sua parcela de responsabilidades, uma vez que devem assegurar a saúde pública e o meio ambiente.

Uma política de reúso adequadamente elaborada e implantada contribuiria ao desenvolvimento da disposição de volumes adicionais para o atendimento da demanda em períodos de oferta reduzida ou em regiões de escassez. Para tanto, é necessário estabelecer mecanismos para institucionalizar, regulamentar e incentivar a prática do reúso, estimulando as empresas ou indústrias que estão iniciando a reutilização e promovendo o desenvolvimento daquelas que ainda não iniciaram a prática do reúso no Brasil.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o presente trabalho teve como base pesquisas bibliográficas sobre os programas reúso de água, experiências nacionais e internacionais sobre o reúso urbano, levantamento das legislações existentes e projetos de pesquisas nesta área. Foram utilizadas, também, informações obtidas em páginas eletrônicas confiáveis, buscando referências, conceitos, instrumentos legais existentes relacionados ao reúso urbano de água.

Em seguida, a partir de dados secundários foram propostas variáveis de qualidade que atendam aos usos urbanos, sugerindo as concentrações limites para uma prática segura de reúso urbano não potável, que poderão vir a servir de suporte à institucionalização e legalização do reúso urbano de água no País.

A proposta das variáveis de qualidade da água de reúso foi estabelecida a partir da característica do esgoto, da avaliação dos principais usos urbanos, seus riscos a saúde pública e ao Meio Ambiente, dos critérios de aceitação do usuário; das variáveis de qualidade existentes; da viabilidade e das limitações do reúso.

A qualidade da água de reúso pode ser definida por variáveis e valores máximos toleráveis para uma exposição segura. As variáveis são definidas com base no perigo que elas representam aos usos pretendidos, pela eficiência das tecnologias de tratamento e pela possibilidade de ocorrência natural destas variáveis. Já os valores máximos de cada uma destas variáveis são estabelecidos por estudos epidemiológicos e/ou toxicológicos existentes, somados aos fatores de incerteza como a quantidade e a qualidade dos dados disponíveis.

No atual estágio de conhecimento sobre a prática do reúso, é impossível determinar os riscos absolutos, portanto os riscos relativos à saúde foram adotados a partir dos riscos causados pelas substâncias presentes nos esgotos urbanos. Dessa forma a determinação das variáveis de qualidade levará em conta a qualidade do esgoto disponível, os processos de tratamentos da água para reúso e os perigos associados a cada um dos usos possíveis.

5. APRESENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Como já descrito, o reúso de água surgiu como uma opção para minimizar o problema da escassez de água, entretanto o crescimento das práticas do reúso sem uma legislação específica pode gerar outro problema, disseminando epidemias e comprometendo a saúde pública, além de problemas técnicos e ambientais específicos.

As legislações existentes estão voltadas para o uso racional da água induzindo a prática do reúso, como é o caso, por exemplo, da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Decreto Estadual de São Paulo nº 45.805/01. A Resolução nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos também aborda o reúso de água de forma generalizada e estabelece que as diretrizes, critérios e parâmetros específicos serão estabelecidos pelos órgãos competentes. Nenhuma das legislações existentes no Brasil estabelece critérios específicos como os padrões de qualidade da água de reúso e/ou o tratamento necessário visando minimizar os riscos de contaminação.

Desta forma, com base nas pesquisas realizadas, a seguir, será apresentada uma proposta para a qualidade da água de reúso urbano não potável.

5.1. **Premissas para a escolha das variáveis de qualidade da água de reúso urbano**

O principal objetivo da definição das variáveis de qualidade da água de reúso é minimizar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, tornando a prática segura. O estudo mostra que o reúso urbano não potável apresenta riscos menores comparados aos usos potáveis, no entanto, uma vez que há possibilidade do contato humano tanto dos operários do sistema, quanto do usuário final, os riscos existem e devem ser monitorados.

Desta forma, para a proposta das variáveis de qualidade da água de reúso foram fixados os usos propostos e a qualidade do esgoto que será utilizado como fonte.

5.1.1. Usos urbanos não potáveis possíveis:

O setor urbano apresenta uma grande diversidade para o uso dos esgotos sanitários tratados, pois muitos dos usos urbanos não necessitam de água com uma qualidade tão exigente.

Para recomendar as variáveis de qualidade a serem controladas e seus respectivos limites, para cada um dos usos urbanos escolhidos, foram levantadas as exigências de qualidade a serem atendidas pela água de reúso (SINDUSCON, 2005):

Irrigação de áreas verdes (Campos de Futebol, Golf, Centros Esportivos, Canteiros, Jardins, Parques e Áreas Verdes):

- não deve causar infecções ou contaminações por patógenos prejudiciais à saúde humana.
- não deve conter componentes que agridam o solo, as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- não deve ter salinidade excessiva;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve ter mau-cheiro;

Lavagem de ruas, pisos, calçadas, quintas, playgrounds, quadras esportivas e veículos:

- não deve causar infecções ou contaminações por patógenos prejudiciais à saúde humana.
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem.
- não deve apresentar mau-cheiro;

Água para uso ornamental/ decorativos:

- não deve causar infecções ou contaminações por patógenos prejudiciais à saúde humana.
- deve ser incolor;
- não deve apresentar mau-cheiro;

Descarga em bacias sanitárias:

- não deve causar infecções ou contaminações por patógenos prejudiciais à saúde humana.
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve deteriorar os metais sanitários;
- não deve apresentar mau-cheiro;

Água para refrigeração e sistema de ar condicionado, reservas contra incêndio e desobstrução de redes:

- não deve ser abrasiva;
- não deve formar incrustações;
- não deve deteriorar máquinas.
- não deve apresentar mau-cheiro;

Água para uso em construção civil: preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo:

- não deve causar infecções ou contaminações por patógenos prejudiciais à saúde humana.
- não deve alterar as características de resistência dos materiais;

- não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais;
- não deve apresentar mau-cheiro;

5.1.2. Perigos do reúso urbano não potável

A determinação dos perigos do reúso é o que permite identificar onde há o risco, determinar os pontos de controle e garantir a segurança.

Para a determinação dos perigos do reúso urbano, considerando as possibilidades de contaminação do usuário e operadores; os danos possíveis da prática do reúso não potável; e a qualidade da água de reúso, foram levantados as preocupações para cada um dos usos possíveis:

Lavagem de ruas, pisos, calçadas, quintais, pisos, playgrounds, quadras esportivas e veículos:

- preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através do contato com a pele do ou pela ingestão indireta;
- preocupação com o meio ambiente: toxicidade à vida aquática devido à possibilidade águas de reúso chegarem aos rios através do sistema de drenagem ou como poluição difusa;
- preocupação com os materiais: corrosão e/ou manchas nos piso e veículos;

Irrigação de Campo de Futebol, Golf, Centros Esportivos, Canteiros, Jardins, Parques e Áreas Verdes:

- preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através do contato com a pele do ou pela ingestão indireta;
- preocupação com o meio ambiente: salinidade excessiva do solo; e toxicidade às plantas;

Lagos ornamentais/ decorativos:

- preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através do contato com a pele ou por inalação no caso de aspersão (Fontes);
- preocupação com a saúde pública: doenças causadas pela inalação de toxinas produzidas por algas;
- preocupação com o meio ambiente: eutrofização e mortandade de peixes e toxicidade da vida aquática;
- preocupação com os efeitos estéticos: mau cheiro e depósitos de lodo nos tanques de armazenamento;

Descargas Sanitárias:

- preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através do contato com pele ou por inalação no caso de aspersão e, até, ingestão indevida;
- preocupação com os materiais: manchas nas louças sanitárias;
- danos à equipamentos e problemas operacionais, como obstrução e corrosão.
- preocupação com os efeitos estéticos: mau cheiro, objeção visual e depósitos de lodo nos tanques de armazenamento;

Água de Resfriamento em sistemas de ar condicionado:

- preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através do contato por inalação no caso de aspersão;
- preocupação com os materiais: incrustação e corrosão das tubulações e tanques de armazenamento;
- preocupação com os efeitos estéticos: mau cheiro;

Construção civil (preparação de argamassas, concreto), controle de poeira e compactação do solo:

- preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através de ingestão por engano, do contato com a pele ou por inalação no caso de aspersão;
- possibilidade de diminuição da resistência das estruturas.

Reserva contra incêndio:

- preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através do contato com a pele ou por inalação no caso de aspersão;
- preocupação com os materiais: incrustação e corrosão das tubulações e tanques de armazenamento; e depósitos de lodo nos tanques de armazenamento;

Desobstrução de redes de esgoto e galerias de águas pluviais:

- preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através do contato do operador com a pele ou por inalação no caso de aspersão;

5.1.3. Mecanismos para assegurar a prática do reúso urbano:

Para garantir a segurança dos programas de reúso urbano, foram levantados mecanismos visando minimizar os riscos causados pelas preocupações apresentadas no item anterior. De maneira geral, as medidas de controle para assegurar a prática de reúso são:

- os sistemas de tratamento da água de reúso deverão ser dimensionados, controlados e monitorados para garantir a qualidade requerida pelo uso a que se destina;
- monitoramento do efluente utilizado como fonte, garantindo assim a

eficiência do sistema de tratamento;

- estabelecimento de variáveis de qualidade e limites máximos para a água de reúso que garantam a segurança de prática sem inviabilizá-la.

Levando em consideração que o risco de contaminação microbiológica é o mais crítico devido ao possível contato do usuário com a água de reúso, deve-se destacar, além das medidas acima, alguns mecanismos essenciais para o controle deste risco:

- sinalização da rede e dos pontos de consumo, diferenciando da água potável;
- utilização de corante na água de reúso diferenciando da água potável;
- lavagem de ruas e/ou irrigação de áreas verdes no período noturno ou em horários de pouco contato com o público; e
- conscientização dos usuários quanto aos usos permitidos, e a boa utilização da prática do reúso.

5.1.4. Fonte da água de reúso:

A utilização dos esgotos tratados pode levar à riscos potenciais em decorrência da presença de microorganismos patogênicos e/ou substâncias tóxicas. Segundo Von Sperling (1996), o esgoto de uma comunidade é originado através de três fontes distintas: a primeira seria a contribuição doméstica, incluindo residências, comércio e instituições públicas; a segunda parcela corresponde a infiltração através de tubos defeituosos; e a terceira seria os despejos industriais. O Estado de São Paulo permite nas redes públicas, o lançamento de esgotos industriais desde que atendam aos padrões de lançamento da legislação estadual (Decreto nº 8.468 – Artigo 19-A), no entanto os lançamentos industriais irregulares ou clandestinos trazem consigo uma série de componentes nocivos à saúde pública e aos sistemas de tratamento de esgotos. Por este motivo é que, para se evitar os riscos, o tratamento adequado dos esgotos para a qualidade da água requerida é

imprescindível.

Para esta pesquisa, o alvo de estudo foi o esgoto tratado nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) das Companhias de Saneamento e para que seja possível o reúso dos efluentes das ETEs devem ser consideradas as características físicas, químicas e biológicas dos efluentes e os riscos associados ao seu uso. Os componentes presentes na água que alteram o seu grau de pureza podem ser definidos como “variáveis de qualidade”.

A Tabela 5.1, a seguir, apresenta as concentrações nos efluentes tratados, cujas características foram baseadas na eficiência do tratamento secundário, apresentada no Tabela 3.7 da revisão bibliográfica, nos perigos levantados, e nas características requeridas para cada um dos usos escolhidos.

Tabela 5.1: Concentrações nos efluentes secundários

CONSTITUINTE	ESGOTO TRATADO
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<10 – 10 ⁷
Sólidos em Suspensão Totais (mg/L)	5 - 50
Turbidez (uT)	1 - 30
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	200
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	6,1
Nitrogênio Total (mg/L)	10 - 30
Fósforo (mg/L)	0,1 - 30
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L)	10 - 30
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/L)	50 - 150
Óleos e Graxas (mg/L)	4,9

Fonte: Adaptado Jordão Pessôa (1995), Lazarova (2003), Metcalf & Eddy (1991) apud SOUSA (2008).

5.1.5. Variáveis de qualidade existentes:

Neste item serão apresentados e comentados as variáveis de qualidade e os respectivos limites existentes que subsidiarão a escolha das variáveis de qualidade para a água de reúso urbano não potável.

A maioria dos países e comunidades que praticam o reúso de água planejado tem suas variáveis baseadas nas diretrizes da OMS e EPA. Os critérios estabelecidos pela OMS (2006), definem apenas variáveis microbiológicas como Coliformes Termotolerantes, <200/100 mL, e Ovos de Helmintos, <1ovo/L. Já a EPA em 2004, apresentou a qualidade das águas de reúso contemplando um maior número de variáveis, inclusive para o reúso urbano, como mostra a Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Qualidade da água sugerida para o reúso urbano não potável – EPA

TIPOS DE REÚSO	QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO
Paisagístico e Usos na Construção	DBO ≤ 30 mg/l; Sólidos em Suspensão ≤ 30 mg/l Coliformes ≤ 200 coli fecais/100mL Cloro Residual = 1 mg/l
Demais usos Urbanos	pH – 6,0 a 9,0; DBO ≤ 10 mg/l; Turbidez ≤ 2 uT; Coliformes Termotolerantes - Não detectável; Cloro Residual = 1 mg/l

Fonte: Adaptado de EPA (2004).

Embora com uma forma diferente de classificação, não mais pelo uso, mas pelo possível contato corporal, em 1990 o Japão também definiu as variáveis de qualidade para a reutilização, conforme apresenta a Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Variáveis de qualidade sugeridas para o reúso urbano não potável – JAPÃO

VARIÁVEIS DE QUALIDADE	SEM CONTATO CORPORAL	COM POSSÍVEL CONTATO
Coliformes Termotolerantes	<1000/100mL	<50/100mL
DBO	<10 mg/L	<3 mg/L
PH	5,8 a 8,6	5,8 a 8,6
Turbidez	<10 uT	<5 uT
Odor	Não ofensivo	Não ofensivo
Cor	<40 uH	<10 uH

Fonte: Asano et al. (1998).

Outros países como Espanha, México e a Flórida nos Estados Unidos, também definiram algumas variáveis de qualidade para o reúso urbano não potável, apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Variáveis de qualidade sugeridas para o reúso urbano não potável

VARIÁVEIS DE QUALIDADE	ESPAÑA	MÉXICO	FLÓRIDA
DBO	<25 mg/L	<30 mg/L	<20 mg/L
Sólidos em suspensão total	<35 mg/L	<30 mg/L	<5 mg/L
Coliformes Termotolerantes	≤ 200/100mL	≤ 1000/100mL	ND em 75% das amostras
Turbidez	<20 uT	-	<2 uT
PH	6,0 a 9,0	-	-
Óleos e Graxas	-	<15 mg/L	-

Fonte: Adaptado de Semura et al. (2005).

No Brasil, a NBR 13.969 da Associação Brasileira de Normas Técnicas em 1997 já sugeria algumas variáveis de qualidade para a água de reúso urbano não potável, conforme a Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Variáveis de qualidade sugeridas para o reúso urbano não potável – NBR 13969/97

USOS PREPONDERANTES	VARIÁVEIS DE QUALIDADE	
Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes:	Turbidez (uT)	< 5
	Coliforme fecal (nmp/100mL)	< 200
	Sólidos dissolvidos totais(mg/l)	<200
	pH	6,0 a 8,0
	Cloro residual (mg/l)	0,5 a 1,5
Classe 2 – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:	Turbidez (uT)	< 5
	Coliforme fecal (nmp/100mL)	< 500
	Cloro residual (mg/l)	> 0,5
Classe 3 – Reúso nas descargas dos vasos sanitários:	Turbidez (uT)	< 10
	Coliforme fecal (NMP/100mL)	< 500

Fonte: Adaptado da NBR 13969, 1997.

A Tabela 5.6 mostra outra sugestão apresentada no Manual de Conservação e Reúso de Água que definiu as variáveis de qualidade da água de acordo com a classe do reúso.

Tabela 5.6: Variáveis de qualidade sugeridas para água de reúso urbano não específico

CLASSE	USOS PREPONDERANTES	VARIÁVEIS DE QUALIDADE	
Classe 1	- descarga de bacias sanitárias; - lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.); - lavagem de roupas; - lavagem de veículos.	Coliformes Termotolerantes pH Cor Turbidez Odor e Aparência Óleos e Graxas DBO Compostos Orgânicos Voláteis Nitrato Nitrogênio Amoniacal Nitrito Fósforo Total Sólidos em suspensão total (SST) Sólidos dissolvidos totais (SDT)	não detectáveis 6,0 a 9,0 ≤10 UH ≤2 uT não desagradáveis ≤1 mg/L ≤10 mg/L Ausentes ≤10 mg/L ≤20 mg/L ≤ 1 mg/L ≤ 0,1 mg/L ≤ 5 mg/L ≤ 500 mg/L
Classe 2	- usos associados a construção civil: lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira	Coliformes Termotolerantes pH Odor e Aparência Óleos e Graxas DBO Compostos Orgânicos Voláteis Sólidos em suspensão total	≤ 100 NMP/mL 6,0 a 9,0 não desagradáveis ≤ 1 mg/L ≤ 30 mg/L Ausentes 30 mg/L
Classe 3	- Irrigação superficial de áreas verdes e rega de jardim	pH Salinidade Sódio Cloretos Cloro residual Boro Nitrogênio Total DBO Sólidos em Suspensão Total Turbidez Cor aparente Coliformes Termotolerantes	6,0 a 9,0 450<SDT(mg/L)<1500 3 a 9 SAR <350 mg/L ≤1 mg/L 0,7 mg/L 5 a 30 mg/L < 20 mg/L < 20 mg/L < 5 uT < 30 UH ≤200 NMP/100mL

Tabela 5.6: Variáveis de qualidade sugeridas para água de reúso urbano não específico (Continuação)

CLASSE	USOS PREPONDERANTES	VARIÁVEIS DE QUALIDADE		
			sem recirculação	com recirculação
Classe 4	- Resfriamento de equipamentos e ar-condicionado	Sílica	50 mg/L	50 mg/L
		Alumínio	-	0,1 mg/L
		Ferro	-	0,5 mg/L
		Manganês	-	0,5 mg/L
		Amônia	-	1,0 mg/L
		Sólidos dissolvidos totais (SDT)	1000 mg/L	500 mg/L
		Cloretos	600 mg/L	500 mg/L
		Dureza	850 mg/L	650 mg/L
		Alcalinidade	500 mg/L	350 mg/L
		Sólidos em suspensão total (SST)	5000 mg/L	100 mg/L
		pH	5,0 a 8,3	6,8 a 7,2
		Coliformes Termotolerantes	-	2,2 NMP /100mL
		Bicarbonato	600 mg/L	24 mg/L
		Sulfato	680 mg/L	200 mg/L
		Fósforo Total	-	1,0 mg/L
		Cálcio	200 mg/L	50 mg/L
		Magnésio	-	30 mg/L
Oxigênio Dissolvido	Presente	-		
DQO	75 mg/L	75 mg/L		

Fonte: Adaptado de Conservação e Reúso de Água em edificações (2005).

A SABESP, em seu plano de reúso, também propôs algumas variáveis de qualidade para o reúso urbano não potável, apresentadas na Tabela 5.7, atendendo aos usos urbanos mais restritos e abrangendo a irrigação de áreas verdes, lavagens de ruas, pisos, pátios, desobstrução de redes, utilização na construção civil.

Tabela 5.7: Variáveis de qualidade para água de reúso urbano propostas pela SABESP

VARIÁVEIS DE QUALIDADE	LIMITES
Cloro Residual	2 a 6 mg/L
DBO	< 25 mg/L
Sólidos em suspensão total	< 35 mg/L
Coliformes Termotolerantes	≤ 200/100mL
Turbidez	< 20 uT
PH	6,0 a 9,0
Óleos e Graxas	Virtualmente ausentes

Fonte: Adaptado de Semura et al. (2005).

Na avaliação das variáveis existentes, foram levados em consideração os valores máximos toleráveis mais restritivos de cada um dos usos urbanos para que a qualidade da água de reúso sugerida atenda a todos os usos pretendidos.

As variáveis listadas são quase sempre as mesmas, o que já era esperado, pois são determinadas levando em consideração os usos, seus riscos e sua capacidade de causar efeitos adversos. Já os valores máximos variaram significativamente, o que também era esperado uma vez que este valor depende dos estudos toxicológicos e da sua validade, que varia de região para região e dos sistemas de tratamento considerados.

A Tabela 5.8 apresenta os valores mínimos, máximos e as médias das propostas, existentes, de qualidade para água de reúso.

Tabela 5.8: Comparativo das variáveis de qualidade para a água de reúso urbano

VARIÁVEIS DE QUALIDADE	UNIDADE	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	0	280
Sólidos em suspensão total	mg/L	35	5	22
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	200	350
DBO	mg/L	30	3	20
Cor	uH	10	10	10
Óleos e Graxas	mg/L	15	0	5
Turbidez	uT	20	2	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Os valores apresentados demonstram uma ampla faixa de variação, no entanto a referência utilizada não nos permite uma melhor avaliação dos resultados por não apresentarem justificativas para a escolha das variáveis e dos respectivos valores, o que pode trazer questionamentos. Desta forma, torna-se necessário uma avaliação mais rigorosa das variáveis e seus respectivos limites, o que será apresentado a seguir.

Os valores médios são pouco representativos para esta análise, pois cada referência estabeleceu seus critérios (fonte, tratamento, etc.) e seus usos, justificando a variação dos valores de uma para outra.

Os coliformes termotolerantes, indicadores dos organismos patogênicos apresentam o maior risco a saúde pública. A diferença entre os valores apresentados está na consideração do contato direto ou indireto com a água de reúso, portanto, quando não existem estes contatos, o limite não precisa ser tão restritivo.

Algumas referências apresentam como variável de qualidade os sólidos em suspensão total em outras a turbidez, ambas indicam a presença de substâncias em suspensão que interferem nos processos de desinfecção e podem conduzir a objeção da utilização da água de reúso.

Embora a concentração de sólidos dissolvidos totais seja uma variável de qualidade muito importante para o controle de incrustações e corrosão em materiais, além da salinização do solo, as referências internacionais não apresentam valores para esta variável. No Manual de Conservação e reúso de água, o valor mínimo considerou a aplicação mais restritiva o uso em torres de resfriamento e levou em consideração que o número mínimo de ciclos de concentração deve ser igual a dois.

A DBO representa a carga orgânica e devem ser controladas para evitar o desenvolvimento de microorganismos e maus odores. Exceto no limite considerado pelo Japão, que é muito restritivo, todas as outras referências apresentaram mais ou menos os mesmos valores.

Para a maioria das referências apresentadas, a cor não é considerada uma variável de qualidade uma vez que pode ser uma medida de controle para garantir que a água de reúso não será confundida com a água potável.

Os óleos e graxas, embora considerado por algumas referências, são facilmente removidos nos sistema de tratamento, atendendo ao critério de não causar objeção por parte dos usuários.

Quanto ao cloro residual, nas referências apresentadas, os intervalos foram praticamente os mesmos, exceto na NBR 13969/97 onde o limite é de $>0,5$ mg/L, o mesmo recomendado pela USEPA, 2004. Os valores de cloro residual devem levar em consideração um mínimo para garantir a manutenção da desinfecção e um máximo que minimizasse danos às plantas e equipamentos.

5.2. Proposta das Variáveis de Qualidade para a Água de Reúso Urbano não Potável

Considerando as variáveis utilizadas mundialmente apresentadas no item anterior e o perigo que elas podem representar, foram sugeridos os limites de qualidade da água viabilizando uma prática segura.

Muitos compostos presentes nos esgotos podem representar um perigo, capacidade de causar efeitos adversos nos organismos expostos. Portanto, escolha das variáveis está diretamente ligada aos perigos e as preocupações levantadas em cada um dos usos escolhidos. A Tabela 5.9 apresenta os compostos sugeridos para a qualidade da água para o reúso urbano:

Tabela 5.9: Variáveis sugeridas para qualidade da água para reúso urbano

PREOCUPAÇÃO	PERIGO	VARIÁVEIS
1. Preocupação com a saúde pública: doenças de Veiculação Hídrica causadas por microorganismos patogênicos através do contato da pele, pela ingestão indireta, ou por inalação;	- Contaminação microbiológica: organismos patogênicos	Coliformes Termotolerantes e Algas (produzem toxinas prejudiciais à saúde).
2. Preocupação com o meio ambiente: salinidade excessiva do solo, eutrofização e toxicidade à vida aquática;	- Contaminação Química - Impactos no Meio Ambiente	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Matéria Orgânica (DBO/DQO), Nitrogênio e Fósforo.
3. Preocupação com os materiais: corrosão e/ou manchas e incrustações;	- Contaminação microbiológica: bactérias heterotróficas - Contaminação Química - Danos materiais e equipamentos	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).

Fonte: elaborado pelo autor

OBS: As Algas serão controladas pelos parâmetros Nitrogênio e Fósforo.

Conforme descrito, para a sugestão das concentrações máximas das variáveis de qualidade da água de reúso foram avaliadas as características do esgoto tratado pelas Companhias de Saneamento, a aceitação do usuário e a minimização dos riscos sanitários, e posterior avaliação dos padrões existentes.

É importante lembrar que cada um dos usos requer uma qualidade de água e o trabalho apresentado é para o reúso urbano não potável, desta forma, a proposta das variáveis seguirá os requisitos do uso urbano mais restritivo. No entanto, não devem possuir limites que inviabilizem o tratamento e conseqüentemente a prática do reúso.

Para cada uma das substâncias ou grupo de substâncias identificadas são apresentadas as fontes de contaminação, os riscos a elas associados, a concentração máxima que não cause riscos sanitários e a justificativa da escolha destas para a proposta de qualidade da água de reúso.

5.2.1. Coliformes Termotolerantes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal por estarem associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. A determinação da concentração de coliformes termotolerantes é importante porque representam o perigo microbiológico devido ao risco de veiculação de doenças infecto-contagiosas. Este perigo deve ser o primeiro a ser considerado uma vez que é causado pelo risco de contato direto do usuário com a água de reúso e estar presente em todos os usos escolhidos.

Os coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e tem como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal, também chamada de coliformes fecais.

Com um alto grau de relevância devido à probabilidade de ocorrência quase certa e de grandes impactos, para a minimização deste perigo, o limite máximo dos **coliformes termotolerantes**, adotado para a qualidade da água de reúso urbano não potável, deverá ser **ausente ou não detectável**. Porém, o tratamento secundário não alcança este limite e mesmo que sejam adotados processos complementares de tratamento, será necessário o processo de desinfecção para assegurar a inativação dos microrganismos e também impedir a re-contaminação da água de reúso.

5.2.2. Bactérias Heterotróficas

A contagem de bactérias heterotróficas não é estabelecida como variável de controle neste trabalho, embora também indiquem a ocorrência de contaminação microbiológica e pode representar um perigo aos programas de reúso, são menos relevantes do ponto de vista de saúde pública comparada aos coliformes termotolerantes. No entanto, vale destacar que, em quantidades elevadas são responsáveis pela formação de biofilmes e problemas operacionais no sistema,

propiciando um maior consumo do agente de desinfecção.

Outro perigo levantado nesta pesquisa foi o perigo químico, causado por substâncias presentes nos esgotos tratados que poderão causar danos ao meio ambiente ou aos materiais dependendo do uso. A seguir, serão avaliados os danos ao meio ambiente e aos materiais para cada um dos compostos levantados e então sugeridos os limites máximos.

5.2.3. Sólidos Dissolvidos Totais

Os sólidos dissolvidos resultam da dissolução das rochas e solos, e da matéria orgânica dissolvida e podem ser medidos também pela Condutividade Elétrica. Neste grupo estão inclusos Cloretos, Sódio, Cálcio, Magnésio, Boro, Bicarbonatos e Sulfatos, que representam a parcela de sólidos capazes de atravessar os filtros de papel de fibra de vidro comum.

São importantes por serem responsáveis por:

- salinidade excessiva do solo, conseqüentes problemas de permeabilidade, além de serem tóxicos para algumas espécies de plantas. Segundo Tsutiya (2005) em sua pesquisa, os danos causados por uma concentração dos Sólidos Dissolvidos Totais de até 1.000mg/L às plantas e/ou ao solo são praticamente desprezíveis, o autor também enfatiza que pela própria característica do esgoto bruto este valor dificilmente chegará a 1.000 mg/L;
- problemas de corrosão, incrustação ou manchas em superfícies. Em sistemas de resfriamento, por exemplo, o limite máximo é de 1.000 mg/L, considerando que normalmente estes sistemas trabalham com ciclos de recirculação, o limite máximo sugerido para este parâmetro deverá permitir pelo menos dois ciclos de recirculação, visando a redução do consumo de água no sistema.

Desta forma, visando minimizar os problemas descritos acima, o limite sugerido para os **sólidos dissolvidos totais será de 500 mg/L.**

5.2.4. Nitrogênio

As fontes de nitrogênio nas águas naturais podem nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito, sendo as duas últimas formas oxidadas. Os esgotos sanitários e algumas indústrias químicas lançam nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal devido à hidrólise sofrida pela uréia na água. Embora sejam considerados nutrientes para as plantas, podem causar danos ao meio ambiente: contribuem para o crescimento de algas; danos à saúde humana: algumas cianobactérias produzem toxinas prejudiciais à saúde quando inaladas ou ingeridas; e quando na forma de “Nitrogênio Amoniacal” pode causar danos aos materiais: corrosão.

É importante lembrar que os processos de tratamento de esgotos utilizados atualmente no Brasil não são eficientes na remoção de nutrientes, e embora nos esgotos tratados, o nitrogênio presente está, em sua maior parte, na forma de nitrogênio nitrato considerado nutriente para as plantas, altas concentrações deste composto podem contaminar a água subterrânea.

Desta forma, considerando que o perigo deste constituinte é o perigo ambiental tanto para o uso ornamental, uma vez que em quantidades excessivas causam a proliferação de algas e, conseqüentemente, a eutrofização de lagos ou espelhos d'água, e este uso não é o mais relevante; quanto para a irrigação, onde a contaminação da água subterrânea tem seu efeito minimizado porque parte do nitrogênio é absorvido pelas plantas e a outra parte tem seu efeito atenuado pelas chuvas, este parâmetro não foi considerado uma variável de qualidade para a água de reúso.

5.2.5. Fósforo

O fósforo, presente nas águas, é resultado de adubos, da decomposição de matéria orgânica, da própria matéria fecal que é rica em proteínas, de detergentes, de material particulado presente na atmosfera ou da solubilização de rochas.

Assim como o nitrogênio, também é nutriente para as plantas, porém é o principal responsável pela eutrofização artificial, pois contribuem para o crescimento excessivo de algas (danos ao meio ambiente) e podem causar problemas de

incrustações (danos materiais).

Os esgotos sanitários no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mg P/L, não exercendo efeito limitante sobre os tratamentos biológicos. Estes valores não causam nenhum impacto nos usos urbanos propostos exceto no uso ornamental, pois podem causar proliferação de algas e, conseqüentemente, a eutrofização dos lagos quando em quantidades excessivas. Vale ressaltar que o padrão de lançamento não apresente limite para este parâmetro.

Embora os riscos associados à este parâmetro, para o uso ornamental, seja de grande impacto, a relevância deste perigo ambiental é baixa, uma vez que será mantido um residual de cloro na água de reúso evitando a proliferação das algas e este uso corresponde a menor parcela dos usos urbanos. De qualquer forma, para este caso, seria ideal a avaliação de um tratamento adicional para a redução destes nutrientes.

5.2.6. Matéria Orgânica

O esgoto sanitário é a principal fonte de matéria orgânica nas águas naturais. As principais substâncias orgânicas encontradas nos esgotos são carboidratos, encontrados na natureza; proteínas, constituintes do organismo animal; e óleos e graxas presentes em alimentos e de difícil degradação biológica. Além dos esgotos sanitários, muitos efluentes industriais também são predominantemente orgânicos, como os casos das indústrias de papel e celulose, químicas, alimentícias e de bebidas, matadouros e frigoríficos etc. (PIVELI, 2006).

A Matéria Orgânica, medida indiretamente através da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) serve de alimento aos microorganismos favorecendo seu crescimento e resultando na diminuição do oxigênio dissolvido ocasionando problemas como a mortandade de peixes, mau cheiro; e em problemas operacionais, aumentando o consumo do agente desinfetante, comprometendo o processo de desinfecção.

Para a avaliação da matéria orgânica recomenda-se o monitoramento da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), uma vez que, valores muito elevados de DBO

devem ser controlados para evitar o desenvolvimento de microorganismos e a mortandade de peixes (perigo ambiental).

Os limites de DBO podem variar de acordo com usos escolhidos, as características da água utilizada como fonte, e das técnicas de tratamento utilizadas para a água de reúso. O ideal é se ter um valor seguro que minimize a interferência no processo de desinfecção da água e que seja facilmente obtido pelas tecnologias complementares de tratamento normalmente empregadas. Segundo a USEPA (2004), DBO deve apresentar um limite máximo de <30 mg/L para os usos em sistemas de resfriamento, paisagístico e construção civil, e 10 mg/L para os demais usos urbanos. Como nos sistemas de tratamento de efluentes atuais é possível a obtenção de valores de **DBO inferior a 10 mg/L**, este valor foi sugerido como limite para o critério da água de reúso.

Além dos compostos levantados acima, também é importante o monitoramento da Turbidez e do Cloro Residual, por estarem indiretamente ligados aos parâmetros acima e a eficiência dos sistemas de tratamento.

5.2.7. Turbidez

Turbidez é o parâmetro que indica a redução da intensidade da luz que penetram o corpo d'água pela presença de partículas em suspensão. Esses materiais se apresentam em tamanhos diferentes, variando desde partículas maiores (> 1 μm), até as que permanecem em suspensão por muito tempo, como é o caso das partículas coloidais (10^{-4} a 10^{-6} cm de diâmetro). A origem desses materiais pode ser o solo, a mineração, as indústrias, ou o esgoto doméstico, lançado sem tratamento. Conforme Von Sperling (1996b), quando de origem antropogênica como despejos domésticos e industriais, pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

A Turbidez está ligada diretamente aos sólidos em suspensão, devendo ser levada em consideração, pois além de esteticamente desagradável, os sólidos se depositam podendo causar manchas ou ficarem nas paredes das tubulações causando problemas de incrustações e corrosão (danos materiais); e apresentam um grande risco sanitário (perigo microbiológico), pois diminui a eficiência da

desinfecção, uma vez que a matéria em suspensão serve de abrigo aos organismos patogênicos.

Conforme Sartori (2000), em um estudo apresentado no XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, a desinfecção com o cloro apresentou uma inativação eficiente dos *Escherichia coli*, principal representante de contaminação fecal do grupo dos coliformes termotolerantes, com uma turbidez de 5,8 uT e um tempo de contato de 5 minutos. Desta forma visando garantir a minimização do perigo microbiológico garantindo a eficiência da desinfecção, o limite para **Turbidez** sugerido é **5,0 uT** e para garantir este valor, deverá ser utilizado um tratamento complementar, como a clarificação, seja por filtração convencional ou por processo de separação por membranas.

5.2.8. Cloro Residual

A função da dosagem do cloro é promover a desinfecção da água, assegurando a destruição da vida bacteriana.

O Cloro residual é a quantidade de cloro que deve permanecer na água até a sua utilização final, de modo a prevenir a proliferação de bactérias e conseqüentes problemas patogênicos, porém em quantidade excessiva podem ser prejudiciais a algumas espécies de plantas. Além da ação desinfetante, o cloro residual é também um agente oxidante reagindo com o Ferro, Manganês, Nitritos, Sulfetos e Matéria Orgânica.

Para a segurança de que não haverá ressurgimento de microorganismos na água de reúso a concentração de cloro residual sugerida levou em consideração a pesquisa apresentada por Pompeo (2007), que demonstra que a uma concentração de 5,0 mg/L de cloro residual já existe uma maior probabilidade da inativação de vírus, e que um valor superior poderá causar danos à maioria das plantas.

Visando assegurar a ausência de microorganismos sem ser prejudicial às plantas, o **limite máximo** sugerido **para o cloro residual deve ser de 5,0 mg/L**. Enfatizando-se a necessidade de um **teor residual mínimo**, por questões práticas, o valor sugerido é de 1,0 mg/L.

Além das variáveis associadas aos perigos identificados, existem algumas variáveis capazes de causar a objeção do usuário, outro critério importante para o estabelecimento da qualidade da água de reúso, porém devido à baixa probabilidade de ocorrência, já que ficam retidos nas caixas de areia e caixa de gordura, ou são decompostos ou adsorvidos no sistema de tratamento, e o baixo grau de relevância, não serão considerados variáveis de qualidade para a água de reúso. É o caso dos detergentes, importantes pelos danos estéticos causados ao meio ambiente, provocados pela formação de espumas e pelos efeitos tóxicos causados aos ecossistemas aquáticos; e os óleos e graxas, importantes porque inibem os tratamentos biológicos, causam obstrução das redes e objeção do consumidor por acumular-se nas superfícies.

A cor, devida a substâncias coloridas dissolvidas na água, na maioria dos casos de origem orgânica oriundas de matéria vegetal (folhas) em decomposição, e/ou pela presença de partículas inorgânicas (ferro, manganês), finamente divididas e dispersas na água, também é importante por seu efeito organoléptico, no entanto, para o reúso urbano não potável tem-se estudado a adição de corantes na água de reúso que não danifiquem os materiais e nem prejudique o meio ambiente, para a diferenciação da água potável, garantindo assim uma maior segurança quanto ao fato de ligações clandestinas ou ao consumo direto. Desta forma, cor também não será estabelecida como uma variável de qualidade da água de reúso.

Vale ressaltar que as variáveis de qualidade e os valores propostos são para a qualidade da água do reúso urbano não potável e poderão ser utilizados tanto nos programas de reúso das companhias de saneamento básico, como nos projetos de reúso descentralizados em empreendimentos que possuem sua própria estação de tratamento de esgotos com planejamento na fase de projeto facilitando na escolha do tratamento, uma vez que a qualidade do esgoto é conhecida; na distribuição da água de reúso (sistemas duplos), e no envolvimento dos usuários, minimizando os riscos do reúso.

6. CONCLUSÕES

Com o crescimento populacional desordenado e a concentração nos grandes centros urbanos, as fontes de captação de água estão cada vez mais escassas e comprometidas, portanto, o uso das águas residuárias como fonte alternativa de abastecimento tem sido apontado como inevitável.

No entanto, considerando o fato de o reúso já estar sendo praticado sem uma legislação que estabeleçam além dos critérios da prática, variáveis de qualidade da água de reúso urbano, e o fato de diversos estados brasileiros importarem normas de outros países onde as características sócio-culturais, econômicas e ambientais são totalmente diferentes da realidade brasileira, as conseqüências podem ser desastrosas, expondo a população a riscos ambientais e principalmente à saúde humana.

Os conhecimentos internacional e nacional sobre reúso, para tipos de reúso apresentados neste trabalho, mostram que as águas residuárias municipais, adequadamente tratadas, podem ser consideradas como uma fonte de água alternativa.

O Brasil aos poucos está se despertando para temas como a racionalização do uso da água, estabelecendo princípios e instrumentos para a sua utilização. Em alguns estados foram implantadas legislações que obrigam a prática do reúso, principalmente em edificações, como, por exemplo, em São Paulo, a Lei nº 14.018 de 28 de junho de 2005. No entanto a falta das variáveis de qualidade da água faz com que esta prática seja realizada sem nenhuma forma de proteção à saúde pública dos grupos de risco envolvidos.

Visando a segurança da prática do reúso foram propostos os indicadores mais relevantes da qualidade da água de reúso de acordo com as preocupações de cada um dos usos urbanos escolhidos, porém os limites propostos atendem ao mais restritivo dos usos.

Embora neste trabalho não tenham sido realizado estudos epidemiológicos ou bioensaios, os limites propostos foram baseados em dados secundários obtidos da literatura para as características do efluente secundário utilizado como fonte da água

de reúso, a eficiência das tecnologias de tratamento; na análise dos perigos e seus respectivos graus de relevância devido ao contato com a água.

Para minimizar os perigos do reúso urbano, foram sugeridas como as variáveis de qualidade:

- Coliformes termotolerantes, que indicam a contaminação microbiológica responsável por doenças de veiculação hídrica;
- Sólidos dissolvidos totais, que podem causar danos ao meio ambiente e aos materiais e equipamentos;
- Matéria Orgânica e Turbidez que comprometem a eficiência do sistema prejudicando os processos de desinfecção;
- Cloro residual, responsável por garantir a eficiência da desinfecção até o uso, sem ser prejudicial às plantas, e;
- Substâncias como os óleos e graxas e os materiais flutuantes que causam objeção do usuário.

De acordo com as justificativas apresentadas no Capítulo anterior, a Tabela abaixo apresenta a proposta de variáveis de qualidade da água para o reúso urbano não potável e seus respectivos limites:

Variáveis de qualidade e limites propostos para a água de reúso para fins urbanos

VARIÁVEL	LIMITES
Coliformes Termotolerantes	não detectáveis
Sólidos Dissolvidos Totais	<500 mg/L
DBO	<10 mg/L
Óleos e Graxas	Virtualmente ausentes
Turbidez	< 5 uT
Cloro Residual	1 a 5 mg/L
Odor	Não objetável

Fonte: elaborado pelo autor.

As variáveis propostas, bem como os limites estabelecidos para a qualidade da água de reúso não apresentaram muitas diferenças quando comparados com as variáveis de qualidade existentes, isto porque se a qualidade da fonte, a tecnologia de tratamento e os usos escolhidos forem os mesmos, os perigos associados também serão.

Dos usos urbanos escolhidos, não foram estabelecidos limites para Nitrogênio e Fósforo, embora, para o uso ornamental devem ser adequadas para que não causem danos como eutrofização. Essa adequação poderá ser feita com a concepção de um tratamento adicional, como os sistemas físico-químicos ou sistemas de membranas, por exemplo. Entretanto, devem ser avaliados os custos adicionais necessários, uma vez que este uso representa uma pequena parcela dos usos urbanos.

7. RECOMENDAÇÕES

O trabalho apresentado levou em consideração os aspectos mais relevantes da qualidade da água de reúso, porém considerando o reúso de água no Brasil uma necessidade de curto prazo e a grande necessidade de se ter variáveis de qualidade bem definidas viabilizando uma prática segura, para isso recomenda-se:

- Um estudo mais detalhado das variáveis de qualidade e seus respectivos limites levando em consideração o descarte de efluentes pelas indústrias químicas, que a cada dia sintetizam novos compostos, na rede de esgoto sanitário e as novas tecnologias de tratamento disponíveis.
- Um estudo sobre o produto utilizado para diferenciar a água de reúso da água potável, o tipo de corante, a dosagem necessária e os impactos referentes ao seu uso, como manchas em materiais, pisos, etc.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, RJ, 1993;

_____. **NBR 13969**: Tanque sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, RJ, 1997;

_____. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria, RJ 1998.

AEMA: **Sustainable water use in Europe**. Part 2: Demand management. n. 19. Environmental issue report. European Environment Agency, 2001. Disponível em:<http://www.eea.eu.int>

ANGELAKIS A. N, BONTOUX L. **Wastewater reclamation and reuse in Eureau countries**. Water Policy, 2001, 3: 47-59.

ANGELAKIS, A. N.; SPIRIDAKIS, S. **The Status of Water Resources in Minoam Times: a preliminary study**. Angelakis, A. N. e A. Issar, Editors, Diachronic Climatic Impacts on Water Resources in Mediterranean Region. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, p. 15- 19, 1996.

ASANO, T. **Wastewater reclamation and reuse, Water quality management library**. Technomic Publishing Co. Inc.: Lancaster, PA v. 10, 1998.

ASANO, T. **Wastewater reuse for non-potable applications**. UNEP (United Nations Environment Programme) Disponível em: <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/reportseries>, 1998.

BAHRI, A. **Wastewater reclamation and reuse in Tunisia**. In: ASANO, Takashi. Water quality management library – v. 10 / Wastewater reclamation and reuse. Pennsylvania, USA: Technomic Publication, 1998.

BASTIAN, Robert. Cientista Ambiental Sênior, da Environmental Protection Agency. Contato feito em 21 de março de 2005.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art.1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, janeiro de 1997.

_____. **Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismo de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 de setembro de 1981.

_____. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934 – Institui o Código das Águas**. Rio de Janeiro, 16 de julho de 1934.

_____. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

_____. **Resolução CONAMA nº 20**, 18 de junho de 1986. Brasília, DF, 30 de julho de 1996.

BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso de água**. In: Reúso de água; Capítulo 2. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. São Paulo, 2002.

BASTOS, K. X. B.; BEVILACQUA P. D. **Utilização de esgotos sanitários: riscos à saúde humana e animal**. In: Workshop Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas. Anais... Campina Grande, 28 a 30 de novembro de 2005.

BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. 2003.

BIO: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. **Economia de água**. Rio de Janeiro, RJ, Ano XI, n.18, p. 19-34, abr/jun.2001.

_____. **Água – o ouro azul do século XXI**. Rio de Janeiro, RJ, Ano XI, n.21, p. 17-35, jan/mar.2002.

BLUM, José R.C. **Critérios e Padrões de qualidade de água**. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H.F.dos.(Editores). Reúso de água. 1.ed. Barueri, SP: Manole, 2003.

BRITO, L. P. **Reutilización de agua residual depurada**. Natal-RN: PPGES/UFRN (Edição em Meio Digital CD-ROM), 2006. v. 001.

CÂMARA TÉCNICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2002. **Memórias das três reuniões iniciais do grupo técnico de reúso do CNRH**. Relatório.

CAVALCANTI, P.F.F.; ADRIANUS VAN HAANDEL, A.; VON SPERLING, M.; KATO, M.T.; LUDUVICE, M.L.; MONTEGGIA, L.O.. **Pós-tratamento de efluentes anaeróbios em lagoas de polimento**. In: C.A.L. Chernicharo (coord.), Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, Coletânea de trabalhos técnicos, v. 2. Projeto PROSAB, FINEP. Belo Horizonte, 2001.

COMISSÃO BRUNDTLAND, **Our Common Future**. Relatório Brundtland - ONU, 1987. Disponível em: <URL: <http://www.ethos.org.br/>>

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução CNRH nº 054, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não-potável de água. Disponível em: <URL: <http://www.cnrhsrh.gov.br/>>

_____. **Resolução CNRH nº 16, de 08 de maio de 2001**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 de maio de 2001.

_____. **Resolução CNRH nº 12, de 19 de julho de 2000**. Brasília, DF, 20 de julho de 2000.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL (CF). **Coleção de Leis de Direito Ambiental**. São Paulo: Manole, 2004. p.392. **Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inc. XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CROOK, J. **Crítérios de qualidade da água para reúso**. Tradução de: Hilton Felício dos Santos. Revista DAE, São Paulo, n. 174, v. 53 nov. – dez., p.10-18,1993. Original em inglês. DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION OF FLORIDA (2003). <http://www.dep.state.fl.us/water>

CROOK, J. **Water reclamation and reuse criteria**. In: ASANO, T. Water quality management library – Volume 10/ Wastewater reclamation and reuse. Pennsylvania, USA: Technomic Publication, 1998.

CURITIBA. Lei Nº 10785. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, 18 de Setembro de 2003.

DAVIS, M. **Planeta favela**. Tradução Beatriz Medina. São Paulo: Boitempo, 2006.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION OF FLORIDA (2003). <http://www.dep.state.fl.us/water/> Acesso em: 10 jul. 2006

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Manual guidelines for water reuse**. U.S. Washington, DC: EPA, 1992. Disponível em www.epa.gov acesso em 16/08/2006.

_____. **Water Conservation Plan Guidelines**. U.S. Washington, DC: EPA, Ago. 1998. Disponível em www.epa.gov acesso em 16/08/2006.

_____. **Guidelines for water reuse.U.S.** Washington, DC, september, 2004. EPA/625/R-04/108.

FELIZATTO M. R. ETE **Cagif: projeto integrado de tratamento avançado e reúso direto de águas residuárias**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES, n.21, 2001, João Pessoa-PB.

FIESP/CIESP: **Conservação e economia de água**: Manual de orientações para o setor industrial. FIESP/CIESP/ANA: vol. 1., 2004 Disponível em: www.ana.gov.br acesso em 15/08/2006.

_____. **Manual de Conservação e reúso de água em edificações**, FIESP/CIESP/SINDUSCON. São Paulo, SP, 2005.

FINK, D. R. & SANTOS, H. F. **A legislação de reúso da água**. In: Reúso de água; Capítulo 8. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

FINK, Daniel R.; SANTOS, H.F.dos. **A legislação do reúso de água**. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H.F.dos.(Editores). Reúso de água. 1.ed. Barueri, SP: Manole, 2003.

FIORI, S.; FERNANDES, V.; PIZZO, H. **Avaliação do potencial de reúso de águas cinzas em edificações**. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável (CLAS) – X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). São Paulo. ISBN, 2004.

FRANCO, M.R. **Planejamento Ambiental para Cidade Sustentável**. São Paulo: Annablume, 2001.

GALAN, J. **México, el segundo país que más aguas negras reutiliza para riego**. LA JORNADA. Disponível em: < [http://www. http://www.jornada.unam.mx](http://www.jornada.unam.mx)>. 26 de febrero de 2006.

GIORGI, C. F. **Hamburgo investe no reaproveitamento de água cinza**. Revista Hydro. São Paulo, p. 42-47, maio, 2007.

GIORDANI, S. **Averiguações das possibilidades de reúso de efluentes domésticos tratados nas bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeira – Região de Curitiba**. Curitiba, 2002. 201 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Hidráulica) Universidade Federal do Paraná.

GONÇALVES, Ricardo F (Coord.) **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003. PROSAB. 438p.

GRULL, D., MANCUSO, P. C. S., EIGER, S., 2003, "**Sistema de reúso de água: projetos e estudos de casos**". In: Mancuso, P.C.S., Santos, H.F, Reúso de Água, 1.ed. cap. 14, pp. 491-500, Barueri, SP, Editora Manole.

GUIDOLIN, J. C. **Reúso de efluentes**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2000.

GRUPO MAHLE, **Relatório Ambiental**. São Paulo: 2003/2004.

HESPANHOL, I. E PROST, A. M. E. "**WHO Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality**". Water Research, Vol. 28, No 1, 1994.

HESPANHOL, Ivanildo. **Wastewater as a resource**. In: WORLD HEALTH ORGANIZATION Water pollution control: a guide to the use of water quality management principles. Geneva: UNEP, 1997.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico - uma visão realista**. In: Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Coordenação de Aldo Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi. Editora Escrituras, 1999.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de Reúso de Água no Brasil – Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aqüíferos**. São Paulo, 2001.

HESPANHOL, I.; TUCCI, C.E.M.; CORDEIRO NETTO, O. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria e recarga de aqüíferos**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. das. Reúso de água. Barueri: Manole, 2003. p. 37 - 96.

IMHOFF, Karl e Klaus. **Manual de tratamento de águas residuárias**. 26.ed. São Paulo, SP: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em www.ibge.gov.br acesso em 15/08/2006.

INSTITUTO GEOLÓGICO E MINEIRO. Água Subterrânea: **Conhecer para preservar o futuro**. Disponível em www.igm.pt acesso em 15/08/2006.

ISA – INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. **Consumo e perda de água na cidade de São Paulo**. São Paulo, novembro, 2007.

JIMENEZ, B. E. **Riego agrícola con agua residual y sus implicaciones en la salud. Caso práctico**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIARIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 28. Anais... Cancun, México, 27 a 31 de octubre, 2002

JORDÃO, Eduardo P.; PESSOA, Constantino. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed., Rio de Janeiro: ABES, 1995, 720p.

JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO. **Água de reúso**. São Paulo, 2002. Disponível na Internet: <www.moraisengenharia.kit.net/agua_de_reuso.htm>. Citado: 29 Out. 2002.

_____. **Construções Sustentáveis**. São Paulo, 2005.

JUDD, S. **The MBR Book – Principles and Applications of Membrane Bioreactors in water and wastewater treatment**. 1 ed. Ed. Elsevier. Oxford, 2006.

KELMAN, J., 2000, “**Outorga e Cobrança de Recursos Hídricos**”. In: A. C. Mendes Thame (Org.) A Cobrança pelo Uso da Água. IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração LTDA, São Paulo, pp. 93 – 114.

KIPERSTOK, A. et al. **Qualidade mínima para reúso de efluentes domésticos em vasos sanitários: uma proposta para discussão**. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia – UFBA, 2003.

LAPOLLI, F. R.; SANTOS, L.F. dos; HASSEMER, M.E.N.; AISSE, M.M.; PIVELI, R. P. **Desinfecção de efluentes sanitários por meio da ozonização**. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). Desinfecção de Efluentes Sanitários. Rio de Janeiro: ABES, RiMA, 2003, v. 1, p. 169-208.

LAVRADOR, J. F. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil.** São Paulo, 1987. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

LAZAROVA, V. HILLS, S. BIRKS, R. **Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing.** Water Science and Technology. v. 3, n. 4, p. 69-77, 2003.

LEITE, A. M. F. **Reúso de águas na gestão integrada de recursos hídricos.** Brasília, 2003, A. M. F. Reúso de águas na gestão integrada de recursos hídricos. Brasília, 2003.

LÉON, S.G., CAVALLINI, J.M. **Tratamento e uso de águas residuárias.** Campina Grande: UFPB, 1999. 151p.

LEWIN, M. **Enhancing and maintaining water quality for metropolises.** COMMISSION'S REPORT . World Association of the Major Metropolises, 2002. Disponível em: < www.metropolis.org >

MAEDA, M et al. **Area-wide use of reclaimed water in Tokyo,** Japan. Water Science and Technology, Great Britain, v.33, n.10,11, p. 51-57, 1996.

_____. **MANUAL de Saneamento Ambiental.** Disponível em www.funasa.gov.br acesso em 15/08/2006.

MANCUSO, P.C.S. **Capítulo 9 – Tecnologia de reúso de água.** In: REÚSO DE ÁGUA. Barueri, SP: Manole, 2003.

MENDES, C.E.A> et. Al. **Reúso de água em ambientes urbanos.** Disponível em www.phd.poli.up.br acesso em 15/08/2006.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse.** 3 ed. Revised by TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. New York: McGraw-Hill, 1991.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater engineering: treatment and reuse.** 4.ed. Nova York, USA: McGraw-Hill Higher Education, 2003.

MIERZWA, J.C. **O Uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – Estudo de caso Kodak Brasileira.** 2002. 2v. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

MIERZWA, J C.; HESPANHOL, I.. **Água na indústria: uso racional e reúso.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MMA (Ministério de Meio Ambiente). **Plano Nacional de Recursos Hídricos.** [http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos20 Plano%20 Nacional14-04-03.pdf/](http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos20%20Plano%20Nacional14-04-03.pdf/). Acesso em 21 de julho de 2006.

MS (Ministério da Saúde). **PORTARIA MS 518/2004. Procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Brasília, 25 de março de 2004. DOU 26/03/2004, seção I, p 266.

MOREIRA, Micheline Damião. **Reciclagem de águas servidas em edifícios residenciais e similares.** Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2001.

MUFFAREG, M.R. **Conceitos sobre legislação sobre reúso das águas residuárias.** Dissertação de mestrado em Saneamento Ambiental da Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro: ENSP, FIO CRUZ, 2003.

NARDOCCI, A.C. **Avaliação de riscos em reúso de água.** In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos.(Editores). Reúso de água. Barueri, SP: Manole, 2003.p.403-430.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para Implantação de Programa de Uso Racional da Água em Edifícios.** Tese (Doutorado). Curso de Pós- Graduação Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales em agricultura y acuicultura.** Ginebra, 1989. (Serie de Informes Técnicos 778).

ONU. Organização das Nações Unidas. **Meio Ambiente. Conferência de Estocolmo. Paulo Nogueira Neto**. Disponível em: <http://www.mre.gov.br>. Acessado em novembro de 2006.

PACHECO, Eduardo. **Racionlização da água: o futuro chegou**. Revista Gerenciamento Ambiental, São Paulo, ano 6, n.29, p. 38-39, jan/fev. 2004.

PACHECO, Eduardo. GE WATER. **Reúso de efluentes com membranas ZEEWEED 500 – Processo de MBR**. São Paulo, 2006.

PADULA FILHO, H., 2003, “**Sistema de reúso de água: projetos e estudos de casos**”. In: Mancuso, P.C.S., Santos, H.F, Reúso de Água, 1.ed. cap. 14, Barueri, SP, Editora Manole, pp. 479-490.

PIVELLI, R.P.; KATO, M.T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária Ambiental. São Paulo, 2006.

PNCDA, 2006, desenvolvido pelo Ministério das Cidades disponível em www.cidades.gov.br/pncda.

PNUD, 2006, **Relatório do Desenvolvimento Humano 2006**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, NewYork, USA.

POMPEO, Raquel P. **Avaliação técnica e econômica da utilização do efluente da ETE Martinópolis – São José dos Pinhais - PR**. Curitiba, 2007. 195 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Hidráulica) Universidade Federal do Paraná.

PORTO, Monica. Jornal Folha de São Paulo, 2003, 14 de julho de 2003. Disponível em:< <http://www.agr.feis.unesp.br/fsp14072003>>

RAJALA, R. L., et al. **Removal of microbes from municipal wastewater effluent by rapid sand filtration and subsequent UV irradiation**. Water Science and Technology, v. 47, n.3, p. 157-162, 2003.

ROCHA, José Sales Mariano da. **Educação ambiental técnica para os ensinos fundamental, médio e superior**. 2. ed. Ver. e ampl. Brasília: ABEAS, 2001.

SABESP. **Reúso planejado: SABESP meio ambiente, reciclagem de lodo.** Disponível em <www.sabesp.com.br/sabespensina/intermediario>. 2006.

SANTOS, Daniel. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental.** Ambiente Construído: Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ANTAC, Porto Alegre, v.2, n.4, p.7-18, out/dez. 2002.

SANTOS, D.; ZABROCKI, L. **Graywater characterization in residential building to assess its potencial use.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, CIBW62, Slovenia, 2001.

SANTOS, H.F. dos.; MANCUSO, P.C.S. (Editores). **Capítulo 1 – A escassez e o reúso de água em âmbito mundial.** In: REÚSO DE ÁGUA. Barueri, SP: Manole, 2003.

SÃO PAULO. **Lei Municipal nº 13.309, 31 de janeiro de 2002** – Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências. Prefeitura do Município de São Paulo, 31 de Janeiro de 2002.

_____. **Lei Municipal nº 14.018, 28 de junho de 2005** – Institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e dá outras providências. Diário Oficial do Município de São Paulo, 29 de junho de 2005.

_____. **Decreto nº 45.805, 15 de maio de 2001** – Institui o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável e dá outras providências correlatas. Palácio dos Bandeirantes, São Paulo, SP, 15 de maio de 2001.

_____. **Decreto nº 44.128, de 19 de novembro de 2003** – Regulamenta a utilização pela Prefeitura do Município de São Paulo, de água de reúso, não potável, a que se refere à lei nº 13.309, de 31 de janeiro de 2002.

SARTORI, L.; SOUZA, J.B.; DANIEL, L.A. **Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta.** São Paulo: Escola de Engenharia São Carlos – USP: XVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

SEMURA, K; RICCITELLI, M; GONÇALVES, M. C. **Estudo para implantação de reúso e proposição de parâmetros de qualidade para usos urbanos não potáveis a partir das ETEs da RMSP.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., Campo Grande, 2005. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2005.

SILVA, M.C.C. da; MARTINS, J.R.S. **Reúso de águas servidas: Sistemas de abastecimento de água em condomínios residenciais verticais e horizontais.** Disponível em www.usp.br/cirra acesso em 15/08/2006.

SOUSA, A F.S.de. **Diretrizes para implantação de sistemas de reúso de água em condomínios residenciais baseados no método APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle – Estudo de caso residencial Valville I.** São Paulo, 2008. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SYMONS, J.M. et al. **Ozone, chlorine dioxide and chloramines as alternatives to chlorine for disinfection of drinking water.** Water chlorination 2:555-560. Disponível em www.epa.gov/ncea acesso em 15/08/2006.

SYDNEY WATER. **Rouse Hill – Recycled water plant, 2004.** Disponível em: <<http://www.sydneywater.com.au>> Acesso em 09 jun.2006.

TOMAZ, Plínio. **Economia de água para empresas e residências. Um estudo atualizado sobre o uso racional da água.** São Paulo, SP: Editora Navegar, 2001.

_____. **Previsão de consumo de água. Interfaces das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos.** São Paulo, SP: Editora Navegar, 2000.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 2ª edição, São Paulo, 2005.

UNFPA. **State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth.** New York: UNFPA, 2007.

VAN HAANDEL, A. C. **Tratamento de águas residuárias para diversos fins.** In: Workshop Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades E Perspectivas. Anais... Campina Grande, 28 a 30 de novembro de 2005.

VANOSI, G.L.M. **Mundo Apto – SETIN Empreendimentos Imobiliários**. São paulo: II Workshop: Conservação e Reúso de Água em Edificações, 2006.

VESENTINI, J. W. **Brasil, sociedade e espaço**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1999.

VOMERO, M.F.; ANGELO, C.; MELLO, M. **A Era da falta d'água**. Super Interessante. São Paulo, ano 14. n. 7. p. 48-54. jul / 2000.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996a.

_____. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**, In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol.2. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996b.

WENZEL, Marianne. **A gota d'água**. Revista Arquitetura e Construção, São Paulo, Editora Abril, ano 19, n.6, p.96-99, jun.2003.

WHO - World Health Organization, **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards, Of a WHO meeting of experts**. Technical report series, Genebra: n. 517, 1973.

_____. **Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater**. Vol. 2. **Wastewater use in agriculture**. Vol. 3. **Wastewater and excreta use in aquaculture**, Genebra, Suíça: 2006. Disponível em: http://www.int/water_sanitation_health/wastewater/wastreusexecsum.pdf.

Sites consultados:

ACQUABRASILIS – <http://www.acquabrasilis.com.br>

ALPINA AMBIENTAL – <http://www.alpina.com.br>

ANA - Agência Nacional de Águas - <http://www.ana.gov.br>

AWWA - American Water Works Association - <http://www.awwa.org>

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental -

<http://www.cetesb.sp.gov.br>

CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água -
<http://www.usp.br/cirra>

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente - <http://www.mma.gov.br/conama>

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos – <http://www.cnrh-srh.gov.br>

CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente - <http://www.ambiente.sp.gov.br>

DECA – <http://www.deca.com.br>

FIESP – Federação das indústrias do Estado de São Paulo – <http://www.fiesp.org.br>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – <http://www.ibge.gov.br>

MMA - Ministério do Meio Ambiente - <http://www.mma.gov.br>

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água -
<http://www.pncda.gov.br>

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo -
<http://www.sabesp.com.br>

SETIN – <http://www.setin.com.br>

SINDUSCON-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo - <http://www.sindusconsp.com.br>

UNIVERSIDADE DA ÁGUA - <http://www.uniaqua.org.br>