ANDREA FRANÇOISE SANCHES DE SOUSA

**DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE REÚSO DE
ÁGUA EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS BASEADAS NO MÉTODO
APPCC – ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE
CONTROLE
ESTUDO DE CASO RESIDENCIAL VALVILLE I**

São Paulo

2008

ANDREA FRANÇOISE SANCHES DE SOUSA

**DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE REÚSO DE
ÁGUA EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS BASEADAS NO MÉTODO
APPCC – ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE
CONTROLE
ESTUDO DE CASO RESIDENCIAL VALVILLE I**

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

Área de concentração:
Engenharia Hidráulica - Saneamento
Ambiental

Orientador: prof. Dr. José Carlos Mierzwa

São Paulo
2008

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

São Paulo, 14 de maio de 2008.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Sousa, Andrea Françoise Sanches de

Diretrizes para implantação de sistemas de reúso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC – análise de perigos e pontos críticos de controle : estudo de caso Residencial Valville I / A.F.S. de Sousa. -- ed.rev. -- São Paulo, 2008.

176 p.

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

1.Reúso da água 2.Condomínios fechados 3.Saneamento ambiental 4. Análise de perigos e pontos críticos de controle I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária II.t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me deram todo o apoio necessário e não mediram esforços para que trilhássemos juntos, os caminhos que optei seguir em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, o professor Dr. José Carlos Mierzwa, por todo o conhecimento e experiência que adquiri com este trabalho, por toda a paciência e compreensão e, sobretudo, pela sua amizade.

Agradeço ao professor Ivanildo Hespanhol, por toda a transmissão de conhecimento sobre o assunto de reúso de água e principalmente por ter acreditado no meu potencial.

A todos os professores, o meu agradecimento por todo o aprendizado adquirido.
Ao professor Roque Passos Piveli pela amizade e incentivo para iniciar o mestrado.

Agradeço a todos os meus colegas de classe pela convivência, pelas horas de estudo e troca de idéias e experiências.

Agradeço ao pessoal do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água (CIRRA) e aos funcionários do Departamento de Hidráulica e Biblioteca da Faculdade de Engenharia Civil da Escola Politécnica por todo o auxílio prestado.

Agradeço aos meus familiares e amigos que sempre me deram apoio e compreenderam a minha ausência em algumas reuniões de lazer.

Agradeço aos meus pais por todo o empenho em me ajudar e também pela eterna preocupação com o meu bem-estar e saúde e a minha irmã por todos os favores prestados.

Agradeço a minha amiga Euza Rossi de Aguiar Frazão Tomaz pela amizade, traduções realizadas e acolhimento carinhoso em sua residência em São Paulo.

Agradeço, sobretudo, a Deus pela oportunidade de aprendizado e amizades feitas durante estes três anos de estudo na Universidade de São Paulo.

“No higher quality water, unless there is a surplus of it, should be used for a purpose that can tolerate a lower grade”.

United Nations Economic and Social Council (1958)

RESUMO

A água é um recurso cada vez mais escasso, seja pelo crescimento populacional, com o aumento da demanda, seja pela redução da oferta, especialmente pela poluição dos mananciais. Uma das alternativas para enfrentar este problema é o reúso de água, importante instrumento de gestão dos recursos hídricos e detentor de tecnologias já consagradas para a sua adequada utilização.

O presente trabalho visa estabelecer um protocolo para se utilizar a prática de reúso de água não potável em condomínios residenciais fechados, estilo de moradia em ascensão, localizado normalmente em áreas periféricas urbanas, de difícil acesso ao abastecimento público de água e esgotamento sanitário e com restrições para o lançamento dos esgotos, mesmo tratados, em corpos d'água.

Devido a legislação para regulamentação do reúso ainda ser limitada e a incerteza quanto aos riscos à saúde pública inerentes à esta prática, faz-se necessária a adoção do Princípio da Precaução. Com base neste princípio, pode-se adotar a prática do reúso de água contanto que procedimentos e tecnologias adequadas sejam aplicadas. Um gerenciamento de riscos baseado em medidas preventivas como o APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) é uma boa opção para avaliar os programas de reúso de água.

Através de uma revisão bibliográfica, da aplicação da metodologia APPCC e do acompanhamento de um estudo de caso no Residencial Valville I, localizado na cidade de Santana do Parnaíba/SP, um conjunto de diretrizes foi elaborado para a adoção da prática de reúso de água não potável em condomínios residenciais. Nesta proposta de diretrizes foram levantados os perigos e os pontos críticos de controle de um sistema de reúso de água em condomínios, as ações emergenciais, sugestões de parâmetros de qualidade da água de reuso e também as formas de conscientização e envolvimento da comunidade.

Isto por sua vez contribui para o melhor entendimento da necessidade de regulamentação mais detalhada dos programas de reúso de água exigidos em normas estabelecidas em alguns municípios.

Palavras-chave: reúso de água, condomínios residenciais fechados, gerenciamento de riscos, APPCC

ABSTRACT

Water is about to become a scarce resource, due to the population growth that increases the demand or even because of the offer reduction, especially due to water springs' pollution. One of the alternatives to face this problem is the Water Reuse technique, an important instrument to water management and owner of high technologies to its properly utilization.

The aim of this paper is to establish a protocol for using the Non-potable Water Reuse practice in residential condominiums, an upcoming stile of living, usually located at big cities surroundings, where the public potable water supply and the sewage transport are inaccessible. Besides that, there are restrictions to discharge these treated effluents into water courses.

Considering the limitation of Brazilian water reuse legislation, and the uncertainties about the public health's risks concerning the reuse practice, it is necessary to adopt the Precautionary Principle, in which the option of reuse can be employed if the adequate practices and technologies are applied to this purpose. A risk management based on preventive measures like the HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) consists in one of the best options for the evaluation of water reuse practice.

By bibliography review, HACCP's method application and data collection of a real case study on Valville I - a residential condominium in Santana do Parnaíba/SP, a proposal of guidelines was elaborated to adopt the non-potable water reuse practice inside the residential condominiums. These guidelines considered the hazards and critical control points in a water reuse system in a condominium, the emergency procedures, suggestions of quality parameters for the reuse water and also some ways of teaching and involving the community.

This is a contribution for a better understanding of a more detailed regulation for water reuse programs that are enforced by law in some cities.

Keywords: water reuse, condominium, gated communities, risk management, HACCP

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Distribuição percentual da população mundial em alguns países	8
Figura 02 – Densidade demográfica no Brasil entre os anos de 1991 e 2000	8
Figura 03 - Relação entre demanda e disponibilidade hídrica nos principais cursos d'água	24
Figura 04 - Relação entre demanda e disponibilidade hídrica na região hidrográfica do Paraná.....	25
Figura 05 - Esquema de reúso em uma residência.....	51
Figura 06 – Balanço hídrico do Parque Temático	57
Figura 07 – Árvore Decisória.....	86
Figura 08 – Possíveis PPCs em sistemas de reúso de água.....	86
Figura 09 - Mapa de localização do Residencial Valville.....	100
Figura 10 – Crescimento demográfico 1991-1996 (%a.a.).....	101
Figura 11 – Foto aérea da região com a locação do córrego e represamentos	102
Figura 12 - Tratamento de esgoto para a prática de reúso no Residencial Valville	107
Figura 13 – Pré-tratamento	108
(gradeamento e caixas de areia).....	108
Figura 14 – Pré-tratamento	108
(Calha Parshal e caixa de gordura).....	108
Figura 15 – RAFA (subterrâneo) e Lavadores de Biogás (à esquerda)	109
Figura 16 – Câmara Anóxica (subterrânea)	109
Figura 17 – Filtros Biológicos	109
Figura 18 – Divisão dos Filtros e enchimentos.....	109
Figura 19 – Caixa de recirculação.....	110
Figura 20 – Câmara de dosagem de PCA	110
Figura 21 – Decantador.....	110
Figura 22 – Tanque pulmão para alimentação das bombas dos Filtros	110
Figura 23 – Casa de Máquinas / Cubículo	111
Figura 24 – Painel de controle da ETE.....	111
Figura 25 – Pontos Críticos de Controle (PCCs) – Residencial Valville I	125
Figura 26 – Sistemas potenciais de Reúso de água	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.3.1.1 – Vazões médias por região hidrográfica	23
Tabela 2.3.2.1 – Nível de atendimento urbano com água e esgotos, segundo região geográfica.....	27
Tabela 2.4.2.1 - Parâmetros básicos para água de reúso – Classes 1, 2 e 3.	36
Tabela 2.4.2.2 - Parâmetros básicos para água de reúso – Classe 4.....	37
Tabela 2.4.3.1.1 – Agentes poluidores da água	38
Tabela 2.4.3.1.2 – Composição típica de esgoto	40
Tabela 2.4.3.1.3 – Características químicas típicas no esgoto bruto	41
Tabela 2.4.3.2.1 - Sistemas de tratamento recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água	42
Tabela 2.4.3.2.2 - Eficiência de remoção de poluentes, conforme nível de tratamento	42
Tabela 2.4.3.2.3 - Principais processos biológicos para tratamento de esgotos sanitários	43
Tabela 2.4.3.2.4 - Vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios	44
Tabela 2.4.3.2.5 - Vantagens e desvantagens do processo aeróbio de tratamento de esgotos.....	44
Tabela 2.4.3.2.6 - Vantagens e desvantagens dos processos combinados de tratamento	45
Tabela 2.4.3.3.1 - Mecanismos, vantagens e desvantagens dos processos de desinfecção mais utilizados	46
Tabela 2.4.5.1 - Usos da água de reúso em sistemas duplos no Japão	53
Tabela 2.4.5.2 – Critérios de qualidade da água de reúso adotados para o Parque Temático-SP.....	58
Tabela 2.4.6.1 - Classificação e aplicação de reúso, parâmetros de qualidade e tratamentos necessários, segundo NBR 13.969/97	65
Tabela 2.4.6.2 – Diretrizes e padrões para reúso de água (USEPA).....	67
Tabela 2.4.8.1 – Ferramentas da participação pública.....	71
Tabela 2.5.1.1 – Componentes preocupantes quanto aos impactos ao meio ambiente na utilização da água de reúso	82

Tabela 2.5.2.1 - IWVA PCCs - Perigos, estratégias de monitoramento e ações corretivas.....	84
Tabela 4.1.1 – Composição de consumos em empreendimento horizontal	89
Tabela 4.1.2 – Composição de Consumos em empreendimento Vertical	89
Tabela 4.1.3 – Código de cores dos efluentes	90
Tabela 4.1.4 - Características físicas, químicas e bacteriológicas das águas cinzas	90
Tabela 4.1.5 – Características da água de reúso necessárias para os respectivos usos.....	91
Tabela 4.1.6 – Resumo dos parâmetros importantes para a qualidade da água de reúso não potável - urbano e irrigação	91
Tabela 4.1.7 – Limites de qualidade para a água de reúso urbano e irrigação	93
Tabela 4.1.8 – Limites de qualidade da água potável e águas superficiais.....	94
Tabela 4.1.9 – Sugestões de variáveis de qualidade a serem adotados para a água de reúso não potável em condomínios residenciais.....	95
Tabela 4.2.3.1 - Parâmetros de qualidade da água de reúso e problemas associados	105
Tabela 4.2.3.2 – Recomendações da USEPA para água de reúso.....	105
Tabela 4.2.3.3 – Parâmetros de qualidade da água de reúso com base na portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde (MS).....	105
Tabela 4.2.4.1 – Eficiência global do sistema de tratamento adotado	111
Tabela 4.2.4.2 – Parâmetros de qualidade para a água de reúso do Valville I	112
Tabela 4.2.5.1 – Levantamento do grau de relevância baseado na probabilidade e impactos dos eventos.....	114
Tabela 4.2.5.2 – Levantamento dos perigos, PCCs e Medidas de controle	116
Tabela 4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC	127
Tabela 5.1 – Possíveis perigos em um sistema de reúso	146
Tabela 5.2 - Possíveis PCCs e respectivas medidas de controle	147
Tabela 5.3 - Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio	149

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
/ **NBR** – Norma Brasileira Regulamentadora

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

ANA – Agência Nacional de Águas

APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
/ **HACCP** – Hazard Analysis and Critical Control Point

APHA – American Public Health Association

AWWA – American Water Works Association

CADRI – Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Industriais

C.E. – Condutividade Elétrica

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água

CIESP – Centro de Indústrias do Estado de São Paulo

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

Embraesp – Empresa Brasileira de Estudos do Patrimônio

EPHC – Environmental Protection And Heritage Council

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

EUA – Estados Unidos da América

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

IAMFES – International Association For Food Protection

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

MBR – Membrane BioReactor – Bioreator de Membranas

MCA – Metro de coluna de água

MCIDADES – Ministério das Cidades
/ **SNSA** - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
/ **SNIS** – Sistema Nacional de Informações de Saneamento

MMA – Ministério do Meio Ambiente
/ **CNRH** – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
/ **CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente

MS – Ministério da Saúde

NMP – Número Mais Provável

OD – Oxigênio Dissolvido

OMS / WHO – Organização Mundial de Saúde / World Health Organization

ONU / UN – Organização das Nações Unidas / United Nations

/ **PNUD** – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

/ **UNESCO** – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

/ **UNFPA** – United Nations Population Fund

PPM – Partes por Milhão

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

RAFA – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

RMs – Regiões Metropolitanas

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SECOVI – Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis de São Paulo

SINDUSCON/SP – Sindicato da Construção do Estado de São Paulo

SS – Sólidos Suspensos

SST – Sólidos Suspensos Totais

T °C – Temperatura em graus Celsius

UFC – Unidade de Formação de Colônia

uH – unidade Hazen

UNT – unidade nefelométrica de turbidez

USEPA – United States Environmental Protection Agency

USP – Universidade de São Paulo

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development

WEF – Water Environment Federation

SUMÁRIO

Dedicatória

Agradecimentos

Epígrafe

Resumo

Abstract

Lista de ilustrações

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	5
1.2	OBJETIVO	6
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	7

2.1	O FENÔMENO DA URBANIZAÇÃO	7
2.1.1	O crescimento das grandes cidades	7
2.1.2	As cidades e os impactos nos recursos hídricos	10
2.1.3	Gestão urbana e Instrumentos legais disponíveis	11
2.2	INDÚSTRIA IMOBILIÁRIA: CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS FECHADOS	13
2.2.1	Panorama mundial desta tendência.....	13
2.2.2	O desenvolvimento deste estilo de moradia e o surgimento dos primeiros condomínios na região metropolitana de São Paulo - Brasil	14
2.2.3	Expansão imobiliária versus Meio Ambiente: imposições limitadoras .	17
2.2.4	Licenciamento ambiental de empreendimentos imobiliários no Estado de São Paulo e legislação aplicável.....	19
2.3	RECURSOS HÍDRICOS	21
2.3.1	Escassez de água.....	21
2.3.2	Panorama do saneamento básico no Brasil	26
2.3.3	Aspectos legais e institucionais relacionados aos Recursos Hídricos no Brasil	27
2.3.4	Medidas de conservação e uso racional da água	31
2.4	REÚSO DE ÁGUA.....	33
2.4.1	Introdução e Conceituação da Prática de Reúso.....	33
2.4.2	Classificação e principais aplicações.....	34
2.4.3	Elementos componentes de um sistema de reúso	38
2.4.3.1	Qualidade da Água de Reúso.....	38
2.4.3.2	Tratamento dos efluentes	41
2.4.3.3	Desinfecção	46
2.4.3.4	Armazenamento	48
2.4.3.5	Sistemas de distribuição de água de reúso	49
2.4.4	Potencial de concentração de contaminantes na água de reúso.....	50
2.4.5	Histórico da aplicação da prática de reúso para fins não potáveis	52
2.4.6	Legislação, normas e diretrizes sobre reúso de água.....	60
2.4.7	Gerenciamento da qualidade e da utilização da água de reúso	68
2.4.8	Identificação, informação e Educação Ambiental	70

2.4.9	Perspectivas do reúso de água para o futuro.....	73
2.5	SAÚDE AMBIENTAL E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO	78
2.5.1	Análise de riscos.....	80
2.5.2	Metodologia APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle)	83
2.5.3	APPCC e o reúso de água.....	85
3	METODOLOGIA	87
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
4.1	REÚSO DE ÁGUA EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS.....	88
4.2	ESTUDO DE CASO: RESIDENCIAL VALVILLE I.....	99
4.2.1	Estudos preliminares e motivação da opção pelo reúso.....	99
4.2.2	Escolha do tratamento mais adequado.....	103
4.2.3	Parâmetros de qualidade para a água de reúso	104
4.2.4	Implantação	106
4.2.5	Estudo preliminar para Identificação de Perigos e Pontos Críticos de Controle (PCC) na prática de reúso de água no Residencial Valville	113
4.2.6	Plano de monitoramento dos parâmetros do sistema e aplicação da metodologia APPCC no gerenciamento de riscos	126
4.2.7	Orientação aos usuários	141
5	PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA REÚSO EM CONDOMÍNIOS	142
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	156
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158
	APÊNDICE A.....	170

1 INTRODUÇÃO

A concentração populacional nas áreas urbanas se intensificou a partir da Revolução Industrial e a previsão é que os países em desenvolvimento irão abrigar 80% do total de 5 bilhões de pessoas vivendo em áreas urbanas até o ano de 2030 (UNFPA, 2007).

O crescimento urbano vem aumentando a demanda pelos recursos naturais locais e impactando o meio ambiente de diversas formas, resultando na deterioração da água, do solo e do ar.

Em todo o mundo, as regiões metropolitanas tornaram-se desafios para os planejadores, políticos e gestores que precisam gerenciar os diversos e complexos aspectos urbanos, tais como: transporte, saneamento ambiental, habitação e uso do solo.

Além dos impactos ao meio ambiente, que tem a sua capacidade de suporte superada pela grande demanda por energia e resíduos diversos gerados, existem também os problemas sociais como a violência, o desemprego e a pobreza.

O medo da violência fez com que a busca por espaços cercados por muros se tornasse uma necessidade urbana.

Com o apelo do mercado imobiliário voltado para a oferta de espaços seguros, com maior qualidade de vida e o contato com a natureza fez com que o continente americano liderasse a evolução do crescimento dos condomínios fechados que também está presente nas principais metrópoles dos demais continentes.

Este estilo de moradia localiza-se normalmente em áreas periféricas urbanas, próximo de áreas verdes e de preservação permanente, de difícil acesso ao abastecimento público de água e sistema de esgotamento sanitário. Devido às legislações ambientais e de uso e ocupação do solo, estes empreendimentos necessitam de outorga para captação de água subterrânea ou superficial e também para o lançamento dos esgotos, além dos padrões restritivos para o despejo, mesmo após tratamento, em corpos d'água. Além disto, precisam respeitar a manutenção de áreas verdes mínimas e remanescentes importantes de vegetação nativa.

A crescente preocupação com o crescimento desordenado das cidades e com a qualidade ambiental fez com que normas e procedimentos fossem criados para a proteção, preservação e recuperação de ambientes naturais, visando à sustentabilidade urbana.

No Brasil, através da Política Nacional de Meio Ambiente, foram instituídos alguns instrumentos como a Avaliação de Impacto Ambiental e Licenciamento Ambiental, visando adequar os projetos às características ambientais locais.

O uso da propriedade urbana foi regulado pelo Estatuto da Cidade, que estabeleceu diretrizes de ordem pública e interesse social em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

Com base no quadro atual de disponibilidade e qualidade das nossas águas, várias legislações foram elaboradas para promover um bom planejamento urbano e gerenciamento adequado dos recursos hídricos no Brasil.

Em 1997 foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos através da Lei nº 9.433, que, dentre os princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos, estabeleceu: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e o reconhecimento da água como, um bem finito e vulnerável, dotado de valor econômico.

A partir de 1999, várias leis municipais e estaduais foram elaboradas visando promover a conservação e o uso racional da água. Dentre as medidas a serem adotadas para uma eficiente gestão dos recursos hídricos, estão: o reúso, a reciclagem, o aproveitamento das águas de chuva, a redução de perdas, a utilização de tecnologias economizadoras de água e a minimização na geração de efluentes.

O reúso de água é uma importante ferramenta para uma adequada gestão dos recursos hídricos, juntamente com o uso racional da água.

O reúso urbano não potável apresenta-se como a opção menos restritiva e águas de menor qualidade podem ser utilizadas para descargas em vasos sanitários, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos ou para fins paisagísticos. As águas com potencial para este tipo de reúso podem ser as águas residuárias: cinzas e negras.

A escassez de água e legislação ambiental cada vez mais restritiva, vêm obrigando as empresas imobiliárias a procurarem alternativas no gerenciamento da água em seus projetos.

Os critérios para a prática do reúso devem ser baseados, principalmente, na proteção da saúde pública e do meio ambiente. O estabelecimento de diretrizes para os programas de reúso depende de uma série de fatores, tais como: o conhecimento dos riscos associados às práticas; o tratamento dos efluentes, bem como sua eficiência e segurança; a disponibilidade e características dos efluentes disponíveis; experiência na promoção do reúso, que fornece subsídios para os estudos epidemiológicos; valores culturais; condições ambientais, econômicas e tecnológicas, entre outros.

No Brasil, entretanto, a experiência do reúso é bastante recente e ainda restrita, não possuindo informações suficientes para o estabelecimento de padrões. A legislação não fornece as diretrizes para a adoção da prática de reúso no país. A partir de 28 de novembro de 2005, o Brasil passou a contar com a Resolução nº. 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que visa estabelecer modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reúso direto não potável de água em todo o território nacional. Abordando de uma forma generalizada e superficial, esta resolução estabelece que as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso serão estabelecidos pelos órgãos competentes. No mesmo ano foi criado para a cidade de São Paulo o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional de Água e Reúso em Edificações, através da Lei nº 14.018, com o objetivo de instituir medidas que induzam a conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água e seu reúso nas novas edificações. Entretanto esta lei também não define critérios específicos abrangentes para todas as questões técnicas que implicam a reutilização de águas servidas.

Assim, para o estabelecimento de diretrizes para a implantação da prática de reúso, devem-se levar em consideração as experiências de sucesso, tanto nacionais como internacionais. A implantação de programas de reúso sem a definição clara de padrões de qualidade e também de procedimentos específicos apresenta um grande potencial de risco para os usuários e também para o meio ambiente. Há uma necessidade da regulamentação da prática do reúso de água por representar uma ferramenta potencial de gestão dos recursos hídricos em áreas urbanas devido à escassez, por serem poucos conhecidos os riscos à saúde que esta prática implica e também pelas regulamentações que estão sendo propostas, como exemplo a Lei nº.

14.018, de 28 de julho de 2005 que institui o Programa Municipal de Conservação e uso racional da água em edificações na cidade de São Paulo.

Devido à impossibilidade de determinação do risco absoluto, no atual estágio de conhecimento, riscos relativos à saúde devem ser adotados para a gestão de práticas seguras e validação de aplicações alternativas no reúso de água.

O HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) ou APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) é um sistema preventivo que foi desenvolvido para produção de alimentos seguros à saúde do consumidor, constituindo uma poderosa ferramenta de gestão para o efetivo controle dos perigos.

A análise de perigos permite identificar no fluxograma do processo, áreas suscetíveis que podem contribuir para um risco potencial, possibilitando a determinação de Pontos Críticos de Controle que devem ser monitorados para garantir a segurança do produto. No desenvolvimento de programas de reúso de água os pontos críticos e respectivos perigos seriam, por exemplo, o cruzamento das ligações de água possibilitando a ingestão de água não potável, a ineficiência no tratamento das águas residuárias promovendo potencial contaminação dos usuários e também a poluição dos cursos d'água e outros pontos a serem estudados e monitorados em cada fase da implantação do sistema.

No planejamento e implantação de um programa de reúso de água é necessária uma efetiva comunicação e educação para o público em geral (ONGs, políticos e usuários, entre outros). Campanhas educacionais devem ser realizadas, tendo como alvo os responsáveis pela tomada de decisões, informando-os dos casos de sucesso na implantação do reúso, custos e benefícios desta prática.

É importante fornecer informação suficiente para que a população compreenda em que consiste a prática de reúso, quais os riscos e controles existentes que viabilizam o processo, para se tornarem os maiores incentivadores desta prática.

1.1 Justificativa

O crescimento da urbanização é inevitável e este acontecerá, em sua maioria, nos países em desenvolvimento que possuem graves problemas sociais, pouca infra-estrutura, grandes déficits de saneamento e habitação e elevados índices de poluição, principalmente das suas águas.

Os altos índices de pobreza e violência, fato comum em muitos países, o medo da criminalidade e o anseio por uma melhor qualidade de vida fizeram dos condomínios residenciais fechados, o objeto de desejo de algumas classes sociais. Localizados em sua maioria em áreas periféricas urbanas, os condomínios necessitam geralmente administrar os seus próprios sistemas de saneamento e possuem restrições ambientais para o despejo dos esgotos no ambiente.

A escassez hídrica caracteriza-se pela indisponibilidade de água tanto no aspecto quantitativo como no qualitativo. Sendo assim, os diversos relatórios internacionais que alertam para a problemática da escassez de água têm formulado propostas para o desenvolvimento e implantação de políticas, programas e projetos para o bom gerenciamento e uso sustentável dos recursos hídricos, incluindo o Brasil.

O reúso de água consiste em um importante instrumento para a gestão dos recursos hídricos, porém esta prática ainda é pouco difundida e também pouco conhecida quanto aos riscos de sua adoção.

Para a regulamentação mais detalhada dos programas de reúso de água, faz-se necessário o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento de projetos; maior rigor no atendimento aos padrões de qualidade da água, focando em ações preventivas e na proteção da saúde pública; direcionamento quanto à escolha do melhor método de tratamento conforme origem do efluente e intenções de uso posterior e formas de conscientização e envolvimento da comunidade.

Estes aspectos demonstram a necessidade de um estudo mais detalhado dos principais componentes de um programa de reúso, visando à elaboração de diretrizes que possibilitem tornar esta prática mais difundida e segura, contribuindo para a atenuação dos problemas de escassez de água.

1.2 Objetivo

O principal objetivo do trabalho é consolidar os elementos de programas de reúso não potável para a definição de diretrizes para a implantação em condomínios residenciais.

Como objetivos específicos, estão:

- O estudo das atividades que podem ser desenvolvidas com a água de reúso;
- A identificação de perigos e pontos críticos em programas de reúso não potável através da metodologia de APPCC

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O fenômeno da urbanização

2.1.1 O crescimento das grandes cidades

O crescimento populacional nas grandes cidades é um dos fatores mais preocupantes em todo o mundo. A Revolução Industrial promoveu, com suas oportunidades de emprego, moradia e conforto, a concentração cada vez maior de pessoas nas áreas urbanas. A primeira onda de transição com a industrialização e a urbanização ocorreu na Europa e América do Norte durante o período de 1750 a 1950, enquanto os países menos desenvolvidos terão seus índices de urbanização acrescidos de 18% para 56% no período da metade do século XX até o ano de 2030. (UNFPA, 2007 p.6-9)

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (UNFPA, 2007 p.6-9), metade da população mundial, aproximadamente 3.3 bilhões de pessoas, estará concentrada em áreas urbanas no ano de 2008. A previsão para 2030 é que a população urbana mundial chegue a 5 bilhões de pessoas, sendo que as cidades dos países em desenvolvimento corresponderão a 80% de toda a humanidade vivendo em áreas urbanas. Atualmente, as mega-cidades (com população acima de 10 milhões de pessoas) abrigam 4% de toda a população mundial. Segundo informações da ONU, o continente americano terá o maior percentual de pessoas vivendo em cidades até o ano de 2030.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) [200-], o Brasil encontra-se em quinto lugar entre os países mais populosos no mundo. As tendências de crescimento podem ser observadas no gráfico da Figura 1 a seguir.

Figura 01 – Distribuição percentual da população mundial em alguns países

Fonte: Tendências Demográficas, 2000.IBGE (2001) apud IBGE [200-]

No entanto as densidades demográficas são muito diferentes nas cinco regiões do país, conforme apresentado no gráfico da Figura 02 abaixo.

Figura 02 – Densidade demográfica no Brasil entre os anos de 1991 e 2000

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000 - Resultados do Universo apud IBGE [200-]

Conforme conclusões da Revisão 2004 da Projeção da População realizada pelo IBGE (IBGE, 2004), em janeiro de 2004, a população brasileira ultrapassou os 180 milhões de habitantes. Em 34 anos, a população brasileira praticamente dobrou em relação aos 90 milhões de habitantes da década de 1970 e, somente entre 2000 e 2004, houve um acréscimo em 10 milhões de pessoas. Em 2050, seremos 259,8 milhões de brasileiros com uma expectativa de vida, ao nascer, de 81,3 anos, a mesma dos japoneses, hoje. A população brasileira é na sua maioria urbana, correspondendo a mais de 2/3 da população total.

Boa parte da crise ambiental atual tem a sua origem nas cidades, decorrente de três fatores: o crescimento populacional, o crescimento da demanda de matéria e energia e a quantidade de resíduos gerados, tanto de origem material (resíduos) como energética (calor) (BARROS, 2005). As atividades urbanas interferem de forma direta no meio ambiente, modificando todos os elementos da paisagem: o solo, a geomorfologia, a vegetação, a fauna, a hidrografia, o ar e, até mesmo, o clima.

As atividades desenvolvidas nas cidades superam a capacidade do meio ambiente em se reestabelecer e dissipar poluentes, levando a água, solo e ar à total deterioração.

O crescimento populacional urbano ocorre principalmente nas regiões periféricas, onde a falta de saneamento básico provoca graves problemas de saúde pública. Além disto, o déficit habitacional leva às invasões de áreas ribeirinhas e montanhosas, sujeitas as inundações e processos de erosão.

Esse incremento demográfico vem acompanhado também de inúmeros problemas sociais, e hoje as RMs – Regiões Metropolitanas são consideradas focos de violência, desemprego e pobreza. Contudo, esse incremento também se mostra acentuado nas cidades médias, que constituem pólos regionais de desenvolvimento econômico. Nestas, percebe-se a reprodução do mesmo fenômeno demográfico que ocorreu nas metrópoles em décadas passadas.

Para se ter a dimensão da relevância de uma política urbana sustentável nessas áreas, é preciso saber que apenas 11 das maiores RMs brasileiras concentram quase um terço da população do País. Nas grandes áreas urbanas são necessários padrões articulados de gestão para solucionar problemas como: transporte, coleta e destinação final do lixo, captação e tratamento de água, coleta e destinação final de esgotos domésticos e despejos industriais, habitação e uso do solo. Problemas estes que hoje não são mais de um único município. Em São Paulo, há municípios que estão totalmente dentro de áreas de preservação dos mananciais e questões como estas não se resolvem mais no nível local (BRASIL, 2004).

2.1.2 As cidades e os impactos nos recursos hídricos

A água, recurso natural finito segundo fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), tornou-se um fator limitante à manutenção e ao desenvolvimento sustentável das diversas regiões do mundo, principalmente das mais populosas e urbanizadas.

Para entendimento dos impactos urbanos nos recursos hídricos é necessário conhecer quais são os sistemas hídricos presentes em uma cidade, que de acordo com Tucci (2005), são:

- mananciais de águas;
- abastecimento de água;
- sistemas de águas residuárias;
- controle de drenagem urbana e
- controle de inundações ribeirinhas.

O crescimento desordenado das cidades tem provocado:

- degradação progressiva das áreas de mananciais com loteamentos irregulares;
- contaminação de aquíferos subterrâneos e corpos d'água superficiais pela falta de saneamento, águas pluviais contaminadas e disposição inadequada de resíduos;
- enchentes urbanas devido às alterações no uso do solo, com a sua impermeabilização e a retirada de vegetação, que protege os corpos d'água e promove a evapotranspiração e a infiltração da água;
- erosão e assoreamento dos cursos d'água, gerando áreas degradadas;
- ocupações de áreas ribeirinhas com riscos de inundações e áreas com altas declividades sujeitas a deslizamentos;
- escassez quantitativa e qualitativa da água devido à demanda excessiva e poluição;
- impactos no Homem com as doenças urbanas como a cólera, dengue e leptospirose.

Conforme observou Tucci (2005), a maioria destes problemas ocorre devido à falta de conhecimento da população e dos profissionais sobre estes impactos e suas

causas, a ausência de visão sistêmica dos engenheiros no planejamento urbano e a falta de capacidade gerencial dos diferentes aspectos da água no meio urbano.

2.1.3 Gestão urbana e Instrumentos legais disponíveis

Segundo o Relatório 2007 da United Nations Population Fund (UNFPA) sobre a situação da população mundial, o crescimento da urbanização é inevitável. As cidades têm problemas urgentes a enfrentar, como a pobreza, a habitação, o meio ambiente, a governança e a administração. Reagir aos desafios à medida que surgem não é mais suficiente. As cidades necessitam de políticas pró-ativas.

A caracterização dos problemas urbanos como questão ambiental é muito recente. A Agenda 21 contempla em seu capítulo 7, a necessidade da promoção do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos. BRASIL, [200-?].

É fundamental que as leis de zoneamento urbano passem a incorporar diretrizes de proteção e controle ambiental, ou que o zoneamento ambiental seja incorporado como instrumento urbanístico, como prevê o próprio Estatuto da Cidade.

O Estatuto da Cidade, lei nº 10.257 (BRASIL, 2001), é a lei federal que regulamenta o capítulo da Política Urbana da Constituição Federal, com instrumentos que devem ser aplicados pela União, Estados e principalmente pelos municípios. O Estatuto da Cidade objetiva regular o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental, e coloca como umas de suas diretrizes:

- a garantia do direito as cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

- o planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do município e do território sob sua influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

- a ordenação e controle do uso do solo visando evitar a poluição e a degradação ambiental;

- adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência.

Dentre os instrumentos adotados pelo Estatuto está o planejamento das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e micro regiões e também o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) acompanhado de um Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV).

O caso da região metropolitana de São Paulo é exemplar. São Paulo possuía no início do século XX, 200 mil habitantes e, em menos de cem anos, superou os 17 milhões de habitantes. Este crescimento gerou imensos problemas, principalmente os relacionados à água, pois a cidade se desenvolveu em região de cabeceira de bacia hidrográfica, portanto com pouca capacidade hídrica para atender todas as demandas de seus diversos usos. O quadro é preocupante quando se refere aos recursos hídricos, seja pela ocupação de áreas de produção de água (mananciais), seja pela urbanização que promovem inundações e poluição hídrica na região (BARROS, 2005).

“A bacia do Alto Tietê, [...] constitui um caso paradigmático sobre as dificuldades e a urgência de processos de articulação e integração estáveis entre as práticas de gestão urbana e de gestão das águas.” (SILVA; PORTO, 2003 p.129).

A gestão integrada das bacias nas áreas urbanas incorpora além dos múltiplos usos dos recursos hídricos (indústrias, abastecimento público, esgotamento e drenagem pluvial) a articulação com setores não usuários, como gestão municipal, habitação e transporte urbano. (SILVA; PORTO, 2003).

2.2 Indústria imobiliária: condomínios residenciais fechados

2.2.1 Panorama mundial desta tendência

O problema do medo e da violência trouxe uma preocupação com a segurança, tanto da propriedade privada quanto da própria vida, que fez com que a busca pelos espaços murados se tornasse uma necessidade urbana.

“Assim, as estruturas que caracterizavam as cidades medievais, hoje se encontram em todas as metrópoles e na maioria das cidades médias da América Latina.” (LE MOS; SCARLATO; MACHADO, 2002 p.218).

As nomenclaturas variam de acordo com o país ou região: *gated communities* nos Estados Unidos, *condomínios* no Chile, *security villages* na África do Sul, *barrios privados* na Argentina ou *condomínios fechados* no Brasil (GATED COMMUNITY, 2007).

Nas duas últimas décadas houve um aumento considerável deste estilo de moradia na maioria das metrópoles do mundo. As cidades da América do Norte e América Latina lideram esta evolução, mas também tem se espalhado por algumas cidades européias e metrópoles na Índia, África do Sul, Ásia e Oriente Médio (GENIS, 2007).

Segundo Caldeira (2003 p.11), os condomínios normalmente localizam-se nos subúrbios, “[...] aonde a classe média já vem se isolando há um bom tempo em várias partes do mundo”. São espaços privatizados, fechados e monitorados, destinados a residência, lazer, trabalho e consumo. Podem ser *shopping centers*, conjuntos comerciais e empresariais, ou condomínios residenciais.

Genis (2007) observou que dados comparativos sugerem que estes enclaves atendem diferentes propósitos em comunidades e localidades com características sociais, culturais e econômicas diferentes.

Segundo Blakely e Snyder (1997, cap.1), os condomínios fechados americanos, as “Gated communities”, são áreas residenciais com acesso restrito aonde normalmente os espaços públicos são privatizados. São estruturas seguras, com muros, grades e entrada controlada para evitar a entrada de estranhos, não

moradores. Os autores classificam as comunidades residenciais americanas em três tipos de modelos econômicos mais comuns:

- estilo de vida (aposentados, comunidades étnicas, clubes, etc.);
- prestígio (status social);
- zona segura (proteção contra tráfico, criminalidade e estranhos).

Norte-americanos de todas as classes têm preferência por morar atrás de muros e portões para assegurar os valores de seus bens, reduzir ou escapar dos impactos dos crimes e encontrar vizinhos que compartilhem do mesmo senso de qualidade de vida.

As “gated communities” começaram a aparecer no início da década de 1980, sendo que até 1985 estes condomínios existiam somente em poucos lugares e hoje já podem ser encontrados em todas as principais áreas metropolitanas dos Estados Unidos América (EUA). Análise do Censo 2001 sobre habitação americana (Census Bureau’s 2001 American Housing Survey), numa amostra de 62.000 moradores dos 119 milhões nos EUA mostrou que mais de 7 milhões de moradores – aproximadamente 6% do total nacional – vivem em comunidades muradas e cerca de 4 milhões deste total são comunidades onde o acesso é controlado por portões, códigos de acesso, cartões ou segurança privada (NASSER, 2002).

Muitos sociólogos criticam este novo estilo de moradia, pois o consideram excludente, anti-social e elitista.

2.2.2 O desenvolvimento deste estilo de moradia e o surgimento dos primeiros condomínios na região metropolitana de São Paulo - Brasil

Atualmente, nos países latino-americanos em desenvolvimento, é possível identificar dois tipos de motivação para a escolha desse tipo de moradia: a primeira e principal é a segurança e, a outra é a volta de uma forma antiga de apropriação do espaço, onde os moradores usam o espaço coletivo dos condomínios como antes usavam as ruas e as áreas públicas da cidade (D’OTTAVIANO, 2006).

Galvão (2007), em sua pesquisa sobre a proliferação de condomínios fechados na cidade paranaense de Maringá, diz que os indivíduos justificam a

preferência por este estilo de moradia devido à deterioração das condições gerais de habitabilidade e a qualidade ambiental da cidade, como congestionamentos, poluição do ar e, principalmente, pelo aumento da criminalidade.

Os condomínios e loteamentos fechados constituem um fenômeno urbano que vem se espalhando por todas as metrópoles brasileiras e caracterizam-se como a privatização do espaço público, pois as ruas, praças e espaços de lazer ficam dentro dos muros e disponíveis somente para os seus moradores.

Com o novo conceito de meio-ambientalismo dos anos 90, onde o discurso e prática aspiram pela correção das relações destrutivas entre o ser humano e seu entorno, o apelo do mercado imobiliário voltou-se para a oferta de espaços com maior qualidade de vida e em harmonia com o meio ambiente.

Os condomínios fechados constituem o tipo mais desejável de moradia para as classes altas em São Paulo atualmente. Em entrevistas realizadas por Lemos, Scarlato e Machado, com moradores de condomínios residenciais, destacou-se o seguinte depoimento: ‘- Aqui, nossas crianças são livres, somos amigos dos vizinhos, não há poluição, não existe o medo do assalto e da violência, estamos em contato direto com a natureza...’. (LEMOS; SCARLATO; MACHADO, 2002 p.225)

A partir do final da década de 1970, os condomínios horizontais vêm sendo planejados e executados em áreas suburbanas, que dispõe de terrenos mais baratos e, portanto permitem a construção de casas térreas em lotes de 1000m² ou mais. Hoje os diversos residenciais Alphaville, um dos maiores empreendimentos do país, construídos pela empresa Albuquerque Takaoka S.A., tem 12 mil lotes, 30 mil habitantes e apenas 16 edifícios de apartamentos (LEMOS; SCARLATO; MACHADO, 2002).

Nas rodovias que cortam a metrópole paulistana, localizam-se os condomínios fechados mais antigos e importantes: Granja Viana, Alphaville, Tamboré e Aldeia da Serra.

Segundo Caldeira (2003), esse “novo conceito de moradia” articula cinco elementos básicos: segurança, isolamento, homogeneidade social, equipamentos e serviços. Fazendo apelos à ecologia, saúde, ordem, lazer e segurança, os anúncios apresentam os condomínios fechados como o oposto ao caos, poluição e perigos da cidade.

Esta ideologia de segurança e privatização dos espaços está sendo difundida entre a classe que ganha entre 10 e 15 salários mínimos, visto que a Prefeitura de

São Paulo com a publicação da lei nº 11.605 - Lei de Vilas, autorizou o loteamento de terrenos de 1000 metros quadrados, cercados por muros, para construção de casas de 70 a 90 metros quadrados nas zonas Leste e Sudeste, consideradas áreas pobres da cidade (LEMOS; SCARLATO; MACHADO, 2002).

De acordo com a Empresa Brasileira de Estudos do Patrimônio (Embraesp), essa tipologia registrou um aumento de 35 empreendimentos (em 1999) para 145 (em 2002). (SANTOS, 2002).

O interior de São Paulo tem recebido progressivamente esse produto. Em Campinas, a região de Souzas, por exemplo, deixou de ser um bairro rural e passou a oferecer condomínios residenciais e loteamentos fechados de médio e alto padrão. Cidades próximas receberam o Alphaville Jaguariúna e o Alphaville Dom Pedro. Entre os condomínios de altíssimo padrão, localizados na faixa de 100 km da capital, destacam-se: Terras de São José e Quintas da Baronesa, em Itu, além do Helvétia, em Indaiatuba, cujos moradores de classe A, foram para o interior em busca de um excelente padrão de vida e segurança. Na região de Sorocaba, diversos condomínios foram criados em torno da cidade, com destaque para o Lago Azul, um clube de golfe localizado na vizinha cidade de Araçoiaba da Serra. Em Ribeirão Preto, São José do Rio Preto e São Carlos, antigas fazendas deram lugar a grandes empreendimentos imobiliários (BRANCO, 2005). O restante do país tem registrado este tipo de ocupação, porém em menor escala.

Segundo observação de Galvão (2007), existem municípios brasileiros, como Presidente Prudente, no estado de São Paulo, onde os condomínios horizontais são chamados de “Loteamentos Fechados”. Segundo a lei federal 6.766/79, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, loteamento é a divisão de um terreno em lotes, com a abertura de novas vias e passagens públicas. Já a definição de condomínio é contemplada em outra lei federal, a 4.591/64: imóveis ou conjunto de imóveis construídos em área comum pertencente a todos, sem áreas públicas no seu perímetro. Os empreendedores do setor imobiliário, responsáveis pela implantação dessa modalidade de ocupação do espaço urbano criaram a denominação “Condomínio Fechado”, em meados da década de 1970 para descrever os aglomerados de apartamentos e casas, que eram implantados tanto em lotes urbanos convencionais com em vilas, e que eram as opções de moradia para os habitantes das médias e grandes cidades.

Enquanto Alphaville juridicamente é considerado um condomínio fechado, regido pelas normas do direito de propriedade privado do solo, outros são vendidos como condomínios, restringem a circulação de estranhos, porém agem assim ilegalmente, pois os mesmos são somente proprietários dos lotes e não dos espaços coletivos comuns (LEMOS; SCARLATO; MACHADO, 2002).

2.2.3 Expansão imobiliária versus Meio Ambiente: imposições limitadoras

Durante muito tempo as questões ambientais não foram levadas em consideração, a cultura da abundância de recursos naturais e espaço fizeram com que as cidades se desenvolvessem de maneira desordenada, sem planejamento.

Atualmente, com a disponibilidade de informação quanto aos impactos e conseqüências do descaso com a natureza, a conscientização ambiental e a legislação mais restritiva fizeram com que empreendedores passassem a considerar os impactos de suas obras e trabalhar conforme determinam as leis. Isto possibilita preservar o meio ambiente e até mesmo utilizar esta preocupação para a promoção de marketing verde, vislumbrando no patrimônio ambiental a possibilidade de valorizar seu produto.

“Felizmente, hoje temos empreendedores sérios, que trabalham dentro das normas ambientais, com a preocupação de construir sem agredir, mas harmonizar homem/natureza” (SECOVI-SP, 2000 p.06).

O crescimento desordenado das cidades pressionou a ocupação de áreas impróprias, que pelas suas características ambientais não apresentam potencial para urbanização. Esta inadequação pode afetar as condições de vida da população pela associação de problemas como os riscos de inundações, deslizamentos ou ainda pela falta de condições sanitárias. Por outro lado, algumas áreas com bom potencial para o uso urbano podem apresentar restrições de ocupação como, por exemplo, a necessidade de preservação de mananciais ou de áreas que abrigam importantes remanescentes vegetais e também podem não ter permissão para lançar os efluentes nas proximidades do local de geração.

O processo acelerado de expansão das cidades no Brasil acabou por se sobrepor aos princípios básicos de planejamento, ordenamento territorial e gestão urbana, cujas conseqüências se evidenciam cada vez mais e comprometem a qualidade de vida e a prosperidade da sociedade. Do ponto de vista ambiental, a ausência de planejamento e ordenamento do uso do solo e de infra-estrutura básica se reflete, principalmente, sobre os recursos hídricos, afetando sua disponibilidade e qualidade, e sobre a qualidade de vida da população (saúde, enchentes, falta de água, poluição, destruição de recursos naturais e desintegração social).

A reversão deste cenário depende da articulação e desenvolvimento de esforços conjuntos entre os diversos atores do setor, incluindo empreendedores, sociedade civil, instituições e órgãos de planejamento, especialmente aqueles que são detentores de instrumentos de controle de uso e ocupação do solo, de fiscalização e monitoramento (WILLER, 2005 p.16).

Devido às pressões da sociedade e determinações resultantes de encontros internacionais referentes à qualidade ambiental, normas e procedimentos vem sendo criados para a proteção e preservação do ambiente natural bem como a recuperação ou produção de ambientes urbanos sustentados.

No Brasil, a legislação relativa ao assunto foi estabelecida em 1981, através da lei nº. 6.938 – Lei da Política Nacional de Meio Ambiente, que instituiu como instrumentos desta Política o Licenciamento Ambiental, a Avaliação de Impacto Ambiental, o Zoneamento Ambiental, a criação de Espaços territorialmente protegidos, e outros (BRASIL, 1981).

Segundo Santos (2002), empresas do mercado imobiliário já admitem queda na produção de condomínios horizontais devido à escassez de terrenos aliada à dificuldade de adaptação ao zoneamento.

2.2.4 Licenciamento ambiental de empreendimentos imobiliários no Estado de São Paulo e legislação aplicável

O licenciamento ambiental é aplicado a empreendimentos ou atividades potencialmente poluidoras ou que possam causar qualquer tipo de degradação. Este consiste em um procedimento administrativo no qual um ou mais órgãos competentes analisam a adequação de um projeto urbano ao meio ambiente, licenciando em etapas a sua localização, instalação, operação ou ampliação.

Para a obtenção de licenciamento ambiental de empreendimento habitacional, existe, por exemplo, na Secretaria de Habitação do estado de São Paulo, uma espécie de balcão único, onde o projeto é apreciado por diversos órgãos estaduais através do GRAPROHAB (Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais), sob a responsabilidade da Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

Segundo O Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis de São Paulo (SECOVI-SP) (2000), os condomínios horizontais e/ou verticais, regidos pela Lei Federal nº. 4.591 de 1964, são analisados pelo GRAPROHAB, desde que a área se enquadre em um dos seguintes itens:

1. Não possua infra-estrutura básica de saneamento (rede de água e esgoto, coleta de lixo, sistema de drenagem) e tenha mais de 200 unidades habitacionais;
2. Localize-se em área especialmente protegida pela Legislação ambiental e tenha mais de 10.000 m²:
 - Área de proteção aos Mananciais;
 - Área de proteção Ambiental (APA), criada por leis ou decretos estaduais e federais;
 - Área de Relevante Interesse Ecológico, criada por leis ou decretos estaduais ou federais;
 - Área de Proteção Especial definida por resolução das autoridades ambientais federais e estaduais;
3. Seja maior que 15.000 m².

A implantação de novos projetos urbanos requer por parte do empreendedor a busca pela melhor solução técnica e ambiental para o abastecimento de água e coleta e tratamento de efluentes. Após consulta com a empresa responsável pelo saneamento da região e constatação da inexistência de serviços prestados no local do empreendimento, a solução fica por conta do interessado que deve implantar um sistema privado de abastecimento de água, rede coletora de esgoto e estações de tratamento coletivas (ETEs) ou tratamento individual (fossas sépticas).

Na fase de licenciamento será exigida a manifestação do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), da Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, órgão responsável pela quantidade (vazões) de recursos hídricos captados e lançados. O direito de captar o recurso hídrico e lançar os efluentes nos corpos d'água é regido pela Portaria nº. 717 de 1996 mediante a figura da outorga.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), no GRAPROHAB, emite parecer favorável aos empreendimentos que garantam a coleta e tratamento de seus efluentes através de serviço público ou não. Para a implantação de estações de tratamento de esgotos, será necessário que o interessado analise as características do futuro corpo receptor, para verificar se este tem vazão suficiente e qualidade própria para receber os efluentes tratados, dentro dos padrões exigidos em lei. (SECOVI-SP, 2000).

Os padrões para lançamento de efluentes e a qualidade dos corpos d'água são determinados, em âmbito federal, pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005 e no Estado de São Paulo pelo decreto nº. 8468 de 8 de setembro de 1976.

2.3 RECURSOS HÍDRICOS

2.3.1 Escassez de água

A Conferência Internacional sobre a População e para o Desenvolvimento, realizada em 1994 no Cairo – Egito, teve como produto final uma lista dos principais desafios que precisam ser enfrentados no decorrer dos próximos anos. Este relatório aponta que cerca de 500 milhões de pessoas vivem em “situação de estresse ou de penúria hídrica”, mas as estimativas apontam que esse número será de 2,4 a 3,4 bilhões em 2025. (BRASIL, 2004).

A palavra crise é, por vezes, usada em excesso quando se fala de desenvolvimento. Mas quando se trata de água, existe o reconhecimento crescente de que o mundo enfrenta uma crise que, se não for controlada, vai pôr em perigo o progresso em direção aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e atrasar o desenvolvimento humano. Dentre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio está a garantia da sustentabilidade ambiental, tendo como uma de suas metas reduzir à metade a porcentagem de pessoas sem acesso sustentável à água potável e saneamento básico. A crise global da água deve-se não só a falta absoluta de fornecimento físico, mas à pobreza, as relações desiguais de poder, bem como políticas de gestão da água deficientes que aumentam a escassez. O acesso à água é uma necessidade humana elementar e um direito humano fundamental. No entanto, num mundo cada vez mais próspero como o nosso, há mais de 1 bilhão de pessoas sem o direito à água potável e 2,6 bilhões de pessoas sem acesso ao saneamento adequado. Estes valores apenas captam uma dimensão do problema. Todos os anos, cerca de 1,8 milhões de crianças morrem por diarreia e outras doenças provocadas por água suja e por más condições de saneamento. No início do século XXI, a água suja é a segunda maior causadora de mortes de crianças em todo o mundo. Todos os dias, milhares de mulheres e meninas recolhem água para as suas famílias — um ritual que reforça as desigualdades em termos de emprego e de educação (PNUD, 2006).

Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano de 2006 (PNUD, 2006), o mundo não está sem água e sim muitos milhões de pessoas mais vulneráveis vivem

em regiões sujeitas a uma crescente pressão sobre os recursos hídricos. Cerca de 1,4 bilhões de pessoas vivem em bacias hidrográficas em que a utilização de água ultrapassa as taxas de recarga, levando a diminuição dos lençóis freáticos, a secagem dos rios e a degradação dos ecossistemas que tem a água como base.

Normas de organismos internacionais como a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), sugerem o requisito mínimo de 20 litros por dia para uma pessoa beber e garantir a higiene pessoal. Se atendidos outros fatores como lavar roupa e tomar banho, o limite mínimo passa para cerca de 50 litros diários. A maioria dos 1,1 bilhões de pessoas sem acesso a água potável utiliza cerca de 5 litros por dia — um décimo da quantidade média diária utilizada nos países ricos. Em média, na Europa as pessoas utilizam mais de 200 litros, e nos Estados Unidos mais de 400 litros. Hoje, cerca de 700 milhões de pessoas em 43 países vivem abaixo do limiar da pressão sobre os recursos hídricos de 1.700 metros cúbicos por pessoa por ano. Em 2025, esse número aumentará para 3 bilhões de pessoas, à medida que a pressão sobre os recursos hídricos se intensificar na China, Índia e na África Subsaariana. (PNUD, 2006)

A escassez hídrica não se configura apenas pelo aspecto quantitativo, mas principalmente pelo qualitativo, com a poluição de possíveis fontes de abastecimento de água. Praticamente todos os rios que cruzam as áreas urbanas apresentam elevados índices de poluição, provocando graves problemas de saúde para as populações carentes, causando danos ambientais e elevando os custos do tratamento das águas para os usuários finais. O desenvolvimento de novos recursos hídricos é cada vez mais oneroso devido à escassez ou contaminação das fontes mais próximas e à distância das fontes alternativas.

Conforme houver o crescimento populacional e a urbanização cada vez maior, a demanda pela água aumentará conseqüentemente. Considerando que hoje, segundo dados fornecidos pela UNESCO (2003), 70% de toda a água captada no mundo é para uso na irrigação, a necessidade de produção de alimento para este acréscimo de população e a mudança nos padrões de consumo acarretarão em uma pressão ainda maior sobre os recursos hídricos.

Atualmente existem no mundo cerca de 777 milhões de pessoas em condições de insegurança alimentar, conforme as previsões de crescimento populacional e as estimativas vinculadas à produção, conservação e distribuição de alimentos. Se a população mundial aumentar para 10 bilhões de habitantes, nos

próximos 50 anos, teremos 70% dos habitantes enfrentando deficiências no suprimento de água, repercutindo em cerca de 1,6 bilhão de pessoas sem água para obtenção da alimentação básica (CHRISTOFIDIS, 2003).

Além das já mencionadas pressões sobre os recursos hídricos, o aquecimento global também transformará os padrões hidrológicos que determinam a disponibilidade de água.

Durante a última década, problemas de escassez e poluição da água têm exigido dos governos e da sociedade em geral uma maior atenção para o assunto.

Em avaliação realizada pela Agência Nacional de Águas (ANA), para verificar a disponibilidade de água no Brasil, a mesma se baseou na razão entre a vazão média e a população ($\text{m}^3/\text{hab.ano}$), que é utilizada pela ONU para expressar a disponibilidade de recursos hídricos em grandes áreas. Esse índice compreende a vazão média por habitante por ano e é expresso em três classes (ANA, 2007c):

$< 500 \text{ m}^3/\text{hab. ano}$ – situação de escassez.

$500 \text{ a } 1.700 \text{ m}^3/\text{hab. ano}$ – situação de estresse; e

$> 1.700 \text{ m}^3/\text{hab. ano}$ – situação confortável.

Os resultados de vazão média por região hidrográfica do Brasil e as respectivas classificações podem ser observadas através da tabela 2.3.1.1 e através do mapa da Figura 03 com os principais cursos d'água do país.

Tabela 2.3.1.1 – Vazões médias por região hidrográfica

Região Hidrográfica	População (10^6 hab)	Vazão média (m^3/s)	Vazão média ($\text{m}^3/\text{hab/ano}$)
Amazônica	8	131.947	533.096
Tocantins/Araguaia	7	13.624	59.858
Atlântico Nordeste Ocidental	5	2.683	15.958
Parnaíba	4	763	6.456
Atlântico Nordeste Oriental	21	779	1.145
São Francisco	13	2.850	7.025
Atlântico Leste	14	1.492	3.362
Atlântico Sudeste	25	3.179	3.972
Atlântico Sul	12	4.174	11.316
Uruguai	4	4.121	33.893
Paraná	55	11.453	6.607
Paraguai	2	2.368	39.559
Brasil	170	179.433	33.376

Fonte: ANA (2007c)

Figura 03 - Relação entre demanda e disponibilidade hídrica nos principais cursos d'água
Fonte: ANA (2007c)

Já na região Sudeste e mais especificamente na região Metropolitana de São Paulo pode-se notar através do mapa da região hidrográfica do Paraná (Figura 04), que alguns cursos d'água encontram-se em situação preocupante em relação à disponibilidade hídrica.

Figura 04 - Relação entre demanda e disponibilidade hídrica na região hidrográfica do Paraná
 Fonte: ANA (2007c)

Segundo pesquisa do Banco Mundial, o Brasil ampliou o seu sistema de abastecimento de água para atender a mais 100 milhões de habitantes e mais de 50 milhões de brasileiros passaram a ter acesso a serviços de esgotamento sanitário da década de 1960 a 2000. Houve também a ampliação de aproximadamente 34% nas áreas irrigadas com conseqüentes benefícios na produção de alimentos, geração de

empregos e renda entre os anos de 1996 a 2003. Entretanto, o país ainda enfrenta muitas desigualdades, como na região Nordeste, onde mais de um terço da população não tem acesso confiável ao abastecimento de água potável. Existem também os problemas urbanos como a poluição de rios e outros mananciais e as perdas com enchentes, sobretudo em áreas urbanas de risco, que são densamente povoadas por famílias de baixa renda e onde, normalmente, os serviços de saneamento básico são precários ou inexistentes (MEJIA et al., 2003).

De acordo com o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2005), existem quatro contribuições para o estresse hídrico: extração excessiva das águas de superfície, extração excessiva das águas dos aquíferos subterrâneos, poluição dos recursos de água doce e o uso ineficiente da água doce.

2.3.2 Panorama do saneamento básico no Brasil

Do total de 45,5 milhões de domicílios urbanos e rurais existentes no ano de 2000, apenas 76,7% dispunham de acesso à rede geral de abastecimento de água, e aproximadamente 42,2% tinham acesso à rede geral de esgotamento sanitário (Censo Demográfico de 2000). Acrescenta-se a esse quadro o fato de que menos de 30% de todo o esgoto gerado recebe algum tipo de tratamento e disposição final adequada. Assim como os dados contemplados no Censo Demográfico, os números da PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – do ano de 2000, mostram que o saneamento ambiental no Brasil apresenta graves deficiências. Nas áreas urbanas há cerca de 18 milhões de pessoas sem acesso ao abastecimento público de água e 93 milhões sem coleta adequada de esgotos (BRASIL, 2004).

De acordo com o Diagnóstico 2005 dos Serviços de Água e Esgoto do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2005, o índice médio de atendimento urbano dos prestadores de serviços participantes do SNIS foi de 96,3% para água, 47,9% para coleta de esgotos e 31,7% para tratamento de esgotos (BRASIL, 2006). A tabela 2.3.2.1 mostra os valores médios dos índices de atendimento.

Tabela 2.3.2.1 – Nível de atendimento urbano com água e esgotos, segundo região geográfica

Região Geográfica	Índice de atendimento urbano (%)		
	Água	Coleta de esgotos	Tratamento esgoto
Norte	68,5	6,7	10,0
Nordeste	98,6	26,7	36,1
Sudeste	96,8	69,4	32,6
Sul	100,0	33,7	25,3
Centro-Oeste	100,0	45,4	39,7
Brasil	96,3	47,9	31,7

Fonte: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2005 – Ministério Cidades – SNSA - SNIS (2006)

As reformas institucionais em andamento e o aperfeiçoamento da legislação urbana e ambiental, envolvendo os recursos hídricos e a disponibilidade de indicadores que associam o grau de cobertura das ações de saneamento à qualidade da saúde e à melhoria das condições de desenvolvimento humano, passam a exigir uma melhor estruturação da Administração Pública. Nesse contexto, a Política Nacional de Saneamento Ambiental (PNSA) traz consigo a expectativa de promover o acesso universal aos serviços, prestados com qualidade, equidade e integralidade, com controle e participação social (BRASIL, 2004).

A lei nº. 11.445 (BRASIL, 2007) estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos de bacias hidrográficas em que estiverem inseridos. Dentre os princípios fundamentais para a prestação dos serviços públicos de saneamento básico está a articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de proteção ambiental e de promoção da saúde, assim como a integração das infra-estruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

2.3.3 Aspectos legais e institucionais relacionados aos Recursos Hídricos no Brasil

No Brasil, existem normas federais e estaduais que delimitam padrões de qualidade para a emissão de efluentes e classificam os recursos hídricos conforme

as suas características físicas, químicas e biológicas e com o uso a que se destinam.

Legislação Federal

Uma das primeiras normas a tratar de recursos hídricos foi o decreto nº. 24.643 de 1934, Código das Águas, que definiu os vários tipos de água do território nacional, os critérios de aproveitamento e os requisitos relacionados com as autorizações para derivação, além de abordar a contaminação dos corpos d'água. Porém este decreto previa em seu art.8 a propriedade privada de corpos d'água situados em terrenos particulares (BRASIL, 1934).

A concretização da criação do Sistema Nacional de Gestão das Águas ocorreu somente com a promulgação da Constituição de 1988, onde ocorreu a divisão dos recursos hídricos e gerenciamento entre a União e os estados.

Outra norma de destaque foi a Resolução CONAMA nº. 20 de 1986, revogada em 2005 pela Resolução CONAMA nº. 357, que classifica as água do país de acordo com suas utilizações e padrões de qualidade em: águas doces, salinas e salobras. Esta resolução também estabelece os procedimentos para o lançamento de efluentes nos corpos d'água e define as concentrações máximas para o lançamento de algumas substâncias para que este efluente não modifique a classe do corpo receptor (CONAMA, 2005a).

Em 1997, foi aprovada a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433) baseada nos fundamentos de que a água é um bem de domínio público e que a bacia hidrográfica é a unidade territorial básica. Esta lei integrou alguns conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável, considerando o uso racional dos recursos hídricos, também tratou dos procedimentos para a implantação de sistemas integrados de gerenciamento de recursos hídricos, proporcionando o uso múltiplo das águas e trouxe o conceito do usuário pagador, que reconhece a água como bem natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

Para facilitar a implantação dos novos mecanismos de gestão dos recursos hídricos, o Ministério do Meio ambiente (MMA) criou em 2000, através da Lei nº. 9984, a ANA - Agência Nacional de Águas, uma entidade federal de coordenação e apoio do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Outro instrumento importante para a proteção dos recursos hídricos é o Código Florestal, lei nº. 4771 de 1965 o qual foi significativamente modificado em

1989 pela lei nº. 7.803, dando proteção mais abrangente para as áreas de proteção permanente, isto é, as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas ao longo dos rios e cursos d'água.

Cobrança pelo uso da água

A ANA vem desenvolvendo ações para implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil desde 2001, em conjunto com gestores estaduais e comitês de bacias (ANA, 2007a). Até o momento, a cobrança foi implementada na Bacia do Rio Paraíba do Sul e nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Em São Paulo, já existem instrumentos legais, através da Lei nº. 12.183 de 29.12.2005 e o decreto nº. 50.667 de 30.03.2006, para viabilizar a cobrança, no entanto, sua implementação depende das respectivas agências de bacias, que ainda estão se organizando.

A cobrança é um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos instituídos pela Lei 9433/97, que tem como objetivo estimular o uso racional da água e gerar recursos financeiros para investimentos na recuperação e preservação dos mananciais das bacias. A cobrança não é um imposto, mas um preço público, fixado a partir de um pacto entre os usuários de água e o Comitê de Bacia, com o apoio técnico da ANA (ANA, 2007a).

O fundamento legal para a cobrança pelo uso da água no Brasil remonta ao Código Civil de 1916 quando estabeleceu que a utilização dos bens públicos de uso comum pode ser gratuita ou retribuída, conforme as leis da União, dos Estados e dos Municípios, a cuja administração pertencer. No mesmo sentido, o Código de Águas estabeleceu o mesmo. Posteriormente, a Lei 6.938/81, que trata da Política Nacional de Meio Ambiente, incluiu a possibilidade de imposição ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos. Na esfera estadual, atualmente 24 Estados e o Distrito Federal já aprovaram suas Leis sobre Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. (ANA, 2007b)

Legislação Estadual Paulista

Devido aos problemas de poluição proporcionados pelas indústrias na década de 70, o estado de São Paulo foi o pioneiro no estabelecimento de normas de

controle de poluição ambiental, criando em 1973 a Lei nº. 997, regulamentada pelo decreto nº. 8.468 em 1976.

O decreto nº. 8.468 trata da classificação das águas do Estado de São Paulo, com seus respectivos padrões de qualidade e de emissão de efluentes em corpos d'água (artigo 18) e em sistemas de coleta e tratamento de esgoto (artigo 19a) (SÃO PAULO, 1976).

São também instrumentos importantes para a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, a Lei nº. 6.134 de 1988 e a portaria nº. 717/96 do DAEE que regulamenta a outorga de direitos de uso de recursos hídricos com o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água. Outro importante fator foi a aprovação da Lei nº. 7663 de 1991 que orienta a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esta Política já atendia os princípios de adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento e também o reconhecimento do recurso hídrico como um bem público e de valor econômico.

A experiência pioneira da legislação de proteção a mananciais da Região Metropolitana de São Paulo (lei nº. 898/75), surgiu em um período em que a região vivia a escassez dos recursos hídricos em função do comprometimento da qualidade das águas (poluídas pela crescente industrialização e urbanização descontrolada) e da necessidade do poder público estadual em proteger as bacias contribuintes de seus reservatórios.

Após muitas pressões e amplos debates junto ao Estado, municípios e sociedade civil, no sentido de revisar a legislação de mananciais da RMSP, foi promulgada em 1997 a nova Lei de Proteção e Recuperação aos Mananciais - Lei Estadual nº. 9.866, com o principal objetivo de proteger e recuperar as bacias hidrográficas de interesse regional, não somente no âmbito da RMSP, mas de todo o Estado. Esta regulamentação prevê um processo participativo de elaboração de leis específicas para cada bacia ou sub-bacia, encaminhadas pelo Comitê de Bacia e ou sub-comitês. (ALVIM, 2003).

2.3.4 Medidas de conservação e uso racional da água

Para promover o equilíbrio entre a demanda e a oferta de água e garantir a sustentabilidade econômica e social, medidas e sistemas alternativos devem ser desenvolvidos e aplicados para a eficiente gestão dos recursos hídricos e diminuição da poluição. Dentre estas medidas podemos apontar o reúso, a reciclagem, o aproveitamento de águas pluviais, a redução de perdas, a utilização de tecnologias economizadoras de água, a minimização na geração de efluentes e também a medição individualizada em condomínios.

A conservação da água pode ser definida como qualquer ação que:

- reduza a quantidade de água extraída de fontes de suprimento;
- reduza o consumo de água;
- reduza o desperdício de água;
- reduza as perdas (físicas e não contabilizadas)
- aumente a eficiência do uso de água; ou, ainda,
- aumente a reciclagem e o reúso de água.

“A evolução do conceito do uso racional para a conservação de água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior.” (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005 p.19).

Uso Racional da Água

Estratégias de conservação e uso racional da água mediante programas articulados e estáveis devem se contrapor às ações emergenciais de redução de consumo. Medidas como a inibição de uso da “vassoura d’água” e da lavagem de veículos, ou a adoção de boas práticas de projeto e execução dos sistemas prediais apenas se concretizam com o concurso dos poderes públicos municipais e mediante a existência de políticas especificamente voltadas a estes objetivos.

O Decreto nº. 45.805 de 15 de maio de 2001 instituiu o Programa Estadual de Uso Racional de Água Potável no estado de São Paulo, para promover e articular ações visando promover a redução do consumo e o uso racional da água potável no

âmbito dos órgãos da administração pública. Este Decreto é complementado com o Decreto nº. 48138 de 2003 que institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo.

Outras leis instituíram medidas para promover a economia no consumo de água em diversos outros estados:

- Lei complementar nº. 110/2003 (Passo Fundo/RS) e Lei nº. 16759/2002 (Recife/PE), que regulamentam a medição individualizada nos hidrômetros.
- Lei nº. 10785/2003 (Curitiba/PR), que criou o Programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE.
- Lei nº. 6345/2003 (Maringá /PR), que instituiu o Programa de reaproveitamento de águas do município.
- Lei nº. 5935/2002 (Blumenau/SC), Lei nº. 6339/2003 (Maringá/PR) e Lei nº. 2616/2000 (Distrito Federal/GO), que dispõem sobre a instalação de dispositivos hidráulicos para o controle e a redução do consumo de água em todos os empreendimentos imobiliários, públicos e privados, não residenciais.
- Lei nº. 6076/2003 (Maringá/PR) e Lei nº. 13309/2002 (São Paulo/SP), que dispõe sobre a utilização de água de reúso proveniente de Estações de tratamento de esgoto, para lavagem de ruas e espaços públicos, bem como irrigação de jardins, praças e campos.

Aproveitamento de água de chuva

Uma das medidas não-convencionais para conservação de água é o aproveitamento de água de chuva para uso não potável.

Para promover a normatização da utilização de águas de chuva, está em vigor desde setembro de 2007, a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 15527 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”.

Com o objetivo principal de prevenção às enchentes, foram criadas algumas leis tais como a Lei municipal (São Paulo) nº. 13.276/2002 - Lei das Piscininhas; o Decreto municipal (Rio de Janeiro) nº. 23.940/2004; a Lei Estadual (SP) nº12.526 de 2007 que permite que a água reservada seja infiltrada no solo; despejada na rede pública depois de uma hora de chuva; e utilizada para finalidades não potáveis e a Lei nº. 12.474/2006 que criou o Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em Edificações em Campinas/SP.

2.4 REÚSO DE ÁGUA

2.4.1 Introdução e Conceituação da Prática de Reúso

Devido ao aumento populacional e do setor industrial, a demanda pela água e os índices de escassez deste recurso hídrico têm se elevado dramaticamente. Para atender a essa crescente demanda faz-se necessária a utilização de recursos alternativos como o tratamento de efluentes e o seu reúso.

O reúso de água é promovido pela natureza há milhões de anos. Por meio do ciclo hidrológico, vem reciclando e reutilizando a água com muita eficiência.

O Homem já se utiliza, há muitos anos, de uma forma indireta, ou pelo menos não planejada de reúso, que resulta da utilização de águas, por usuários de jusante que captam águas que já foram utilizadas e devolvidas aos rios pelos usuários de montante. Milhões de pessoas no mundo todo são abastecidas por esta forma indireta de água de reúso, contudo devido ao agravamento das condições de poluição, evoluiu-se, então, para uma forma denominada direta de reúso.

A forma direta, ou planejada, utiliza tecnologias e práticas de renovação e reúso de água que atravessaram uma série de fases nos últimos duzentos anos. A primeira fase foi motivada por uma vertente baseada no conceito conservacionista em que os dejetos da sociedade deveriam ser conservados e utilizados para preservar a fertilidade dos solos, enquanto a outra, numa abordagem mais pragmática, era direcionada para a eliminação da poluição dos rios. Na segunda fase, que se pode considerar até o final dos anos noventa, o principal enfoque foi basicamente a necessidade de se conservar e reusar água em zonas áridas. A terceira fase, na qual nos encontramos atualmente, acabou se sobrepondo à segunda, e é baseada na urgente necessidade de se reduzir a poluição dos rios e lagos. Como as exigências ambientais foram se tornando cada vez mais restritivas, os planejadores concluíram que dados os altos investimentos requeridos para o tratamento dos efluentes, se torna mais vantajoso reutilizar estes efluentes ao invés de lançá-los de volta aos rios. (FIESP; CIESP, 2004)

Asano et al. (2007) observam que, como várias comunidades no mundo estão atingindo o limite de disponibilidade de água, o reúso e reciclagem de água se

tornaram opções óbvias para a conservação e ampliação das reservas hídricas, sendo que substitui por água de reúso as aplicações que não necessitam de água potável; aumentam as vazões de fontes de água existentes; protegem os ecossistemas aquáticos com a diminuição do desvio de água e a redução no despejo de nutrientes e outros contaminantes; reduzem e adiam a necessidade de obras de controle como represas e barragens; e atendem as normas ambientais que visam um melhor gerenciamento do consumo e descarte de efluentes.

A diminuição da poluição é questionável devido à concentração de contaminantes presentes no efluente após a recirculação desta água. Isto se deve principalmente pela pouca capacidade de remoção de produtos químicos pelos tratamentos convencionais.

A recuperação do esgoto envolve o tratamento ou processamento do efluente para torná-lo utilizável e o reúso da água é o uso benéfico desta água tratada. A reciclagem de água, outra forma de reúso, normalmente envolve um único uso ou usuário, e o efluente é capturado e redirecionado para a mesma utilidade, sem passar por um tratamento.

2.4.2 Classificação e principais aplicações

Autores consagrados, especialistas em reúso, tais como Takashi Asano, classificam o reúso como sendo direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não. Quando há a intenção de adotá-lo surgem, como decorrência, dois grandes grupos:

- Reúso potável direto ou indireto
- Reúso não potável, podendo ter aplicação na agricultura, aquicultura, indústrias, atividades recreacionais, uso doméstico, para manutenção de vazões de cursos d'água, na recarga de aquíferos subterrâneos e para reciclagem de água.

Como o objeto de estudo deste trabalho é o reúso urbano não potável, serão destacadas as possíveis aplicações para este tipo de reúso (HESPANHOL, 1999, 2003):

- Irrigação de parques e jardins públicos ou privados, centros esportivos, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Reserva para combate a incêndios;
- Sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Lavagem de veículos;
- Controle de poeira em obras de execução de aterros, terraplenagem, etc.;
- Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para estabelecer umidade ótima em compactação de solos;
- Uso interno de águas em edificações públicas, comerciais e residenciais.

De acordo com o “Guidelines for Water Reuse - EPA 1981” apud Asano (1998), os mananciais de água para abastecimento das cidades são tratados para atenderem os padrões de potabilidade, entretanto apenas 28% do total consumido diariamente, representam uso potável. Os 72% restantes representam oportunidades de substituição da água potável pela água de reúso, já que as características de potabilidade não são necessárias e muitas vezes podem até ser inapropriadas.

Em edificações residenciais, os usos de água internos distribuem-se principalmente em atividades de limpeza e higiene, enquanto os externos ocorrem devido à irrigação, uso em piscinas e lavagem de veículos, entre outros.

As edificações comerciais incluem os edifícios de escritórios, restaurantes, hotéis, museus, entre outros. Geralmente o uso de água neste tipo de edificação é para fins domésticos (principalmente em ambientes sanitários), sistemas de resfriamento de ar condicionado e irrigação.

Nas edificações públicas, como escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, o uso da água é muito semelhante ao das edificações comerciais, porém o uso dos ambientes sanitários é bem mais significativo, variando de 35% a 50% do consumo total.

O Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005), classifica a água de reúso, conforme os usos pretendidos, e indica os respectivos critérios de qualidade. (Ver tabelas 2.4.2.1 e 2.4.2.2 abaixo).

Tabela 2.4.2.1 - Parâmetros básicos para água de reúso – Classes 1, 2 e 3.

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3
	Descargas em bacias sanitárias; Lavagem de pisos; Fins ornamentais; Lavagem de roupas; Lavagem de veículos	Lavagem de agregados; Preparação de concreto; Compactação de solo; Controle de poeira	Irrigação de áreas verdes e jardins
Coliformes fecais (a)	Não detectáveis	≤ 1000 / mL	≤ 200/ 100mL
pH	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0
Cor (uH)	≤ 10 uH	-	< 30 uH
Turbidez (UNT)	≤ 2	-	< 5
Odor e aparência	Não desagradáveis	Não desagradáveis	-
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L) (b)	≤ 10 mg/L	≤ 30 mg/L	< 20 mg/L
Compostos orgânicos voláteis (c)	ausentes	ausentes	-
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L	-	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L	-	-
Nitrogênio total (mg/L)	-	-	5 – 30 mg/L
Fósforo total (mg/L) (d)	≤ 0,1 mg/L	-	-
Sólido suspenso total SST	≤ 5 mg/L	30 mg/L	< 20 mg/L
Sólido dissolvido total SDT	≤ 500 mg/L	-	450<SDT<1500
Salinidade		-	0,7<EC(dS/m)<3,0
Toxicidade por íons específicos	Irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3 e 9
		Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	Máx. de 1 mg/L
Toxicidade por íons específicos	Irrigação c/ aspersores	Sódio (SAR)	> ou = 3,0
		Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	< 1,0 mg/L
Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias		0,7 mg/L
	Rega de jardins e similares		3,0 mg/L

(a) esse parâmetro é prioritário para os usos considerados

(b) O controle da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.

(c) O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.

(d) O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques etc.

(e) Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos.

Fonte: (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005).

É Importante salientar que na análise do parâmetro Óleos e graxas, segundo o Standard Methods (APHA; AWWA; WEF, 1998), os solventes não extraem somente óleos e graxas, mas também outras substâncias orgânicas. Portanto qualquer substância solúvel em solvente e filtrável, quando são extraídos e

recuperados são definidos como óleos e graxas, sendo então impraticável o valor menor do que 1 mg/L para esta variável.

Tabela 2.4.2.2 - Parâmetros básicos para água de reúso – Classe 4

Parâmetros (mg/L), exceto indicado	Classe 4: Torres de resfriamento (ar condicionado)	
	Sem recirculação	Com recirculação
Sílica	50	50
Alumínio	-	0,1
Ferro	-	0,5
Manganês	-	0,5
Amônia	-	1,0
Sólidos Dissolvidos Totais	1000	500
Cloretos	600	500
Dureza	850	650
Alcalinidade	500	350
Sólidos em suspensão Totais	5000	100
pH	5,0 – 8,3	6,8 – 7,2
Coliformes totais (NMP/100mL)	-	2,2
Bicarbonato	600	24
Sulfato	680	200
Fósforo	-	1,0
Cálcio	200	50
Magnésio	-	30
O ₂ dissolvido	presente	-
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	75	75

Fonte: (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005).

Analizando a tabela 2.4.2.2, verifica-se que no uso industrial da água nas torres de resfriamento, a definição de padrões de qualidade depende do número de ciclos de concentração de contaminantes no sistema. Considerando-se que a concentração máxima em um sistema com recirculação deva ser no máximo àquela sem recirculação, os limites de qualidade da água de reúso devem ser inferiores a estes. Quanto menor a concentração do componente maior o ciclo de concentração que se pode atingir e conseqüentemente menor o consumo de água no sistema de resfriamento. Justificativas para o menor consumo de água não serão apresentadas por não são objeto desta dissertação. Informações adicionais podem ser obtidas através de literatura especializada (DANTAS, 1988) e (DREW, 1979).

2.4.3 Elementos componentes de um sistema de reúso

2.4.3.1 Qualidade da Água de Reúso

Para entender que características a água de reúso deve possuir, faz-se necessário conhecer quais são os principais agentes poluidores da água e quais deles são preocupantes para um sistema de reúso. Os agentes poluidores podem ser conhecidos através da tabela 2.4.3.1.1.

Tabela 2.4.3.1.1 – Agentes poluidores da água

Constituinte	Principais parâmetros representativos	Fonte				Possível efeito poluidor
		Águas residuárias		Águas pluviais		
		Urbanas	Industriais	Urbanas	Agricultura /pastagem	
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	xxx	↔	xx	x	Problemas estéticos; depósitos de lodo; adsorção de poluentes e proteção de patogênicos
Matéria orgânica biodegradável	Demanda bioquímica de oxigênio	xxx	↔	xx	x	Consumo de oxigênio; mortandade de peixes e condições sépticas
Nutrientes	Nitrogênio fósforo	xxx	↔	xx	x	Crescimento excessivo de algas; toxicidade aos peixes (amônia); doença em recém-nascidos (nitrato) e poluição da água subterrânea
Organismos patogênicos	Coliformes	xxx	↔	xx	x	Doenças de veiculação hídrica
Matéria orgânica não biodegradável	Pesticidas; alguns detergentes; produtos farmacêuticos e outros	xx	↔	x	xx	Toxicidade; espumas; redução da transferência de oxigênio;biodegradabilidade reduzida ou inexistente; maus odores
Metais	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, etc.).	xx	↔	x		Toxicidade (vários); inibição do tratamento biológico dos esgotos; problemas na disposição do lodo na agricultura e contaminação da água subterrânea
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica	xx	↔		x	Salinidade excessiva causando prejuízo às plantações; toxicidade às plantas e problemas de permeabilidade do solo

Legenda x: pouco xx: médio xxx: muito ↔: variável em branco: usualmente não importante

Fonte: Sperling (2005)

É Importante ressaltar que qualquer elemento presente em excesso na água pode ser considerado um agente poluidor.

Os avanços da microbiologia no final do século XIX promoveram o “Grande Despertar Sanitário” (FAIR & GEYER, 1954 apud ASANO, 1998), e o surgimento dos processos de desinfecção. As avançadas tecnologias nos processos físico, químico e biológicos de água e efluentes durante a metade do século XX, conduziram o mundo à “Era do Tratamento, Reúso e Reciclagem de Efluentes”.

O efluente disponível e a qualidade da água requerida para os mais diversos usos pretendidos, é que normalmente ditam o tipo de tratamento necessário para a prática do reúso. Dependendo do uso específico que se pretende fazer da água de reúso, os padrões de qualidade requerem um tratamento adicional para a remoção de nutrientes, redução da demanda de oxigênio, remoção de sólidos suspensos, cor, sabor, odor e também retirada ou inativação de organismos patogênicos.

A presença excessiva de nutrientes no efluente tratado pode resultar em condições eutróficas e conseqüente florescimento de algas no lançamento.

Segundo ASANO (1998), os parâmetros mais comumente impostos como limites de qualidade de água são: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), turbidez ou sólidos suspensos totais (SST), coliformes fecais ou totais, nitrogênio e cloro residual.

Considerações feitas por Patterson (2001), mostram que uma variedade muito grande de produtos químicos é despejada de nossas residências todos os dias. A maioria destes compostos está presente nos vários tipos de sabão em pó, detergentes, amaciantes, produtos de limpeza, abrasivos, desinfetantes, ácidos e alcalinos fortes, produtos farmacêuticos, antibióticos e hormônios, comprometendo a eficiência dos tratamentos de esgoto e aumentando demasiadamente a concentração de fósforo, sódio e nitrogênio nos efluentes tratados.

A sugestão feita foi a de inspecionar os produtos ofertados no mercado e pressionar os fabricantes quanto à redução do emprego demasiado destas substâncias em seus produtos. Um exemplo disso foi a promulgação em abril de 2005, da Resolução CONAMA nº. 359 que regulamentou o teor de fósforo em detergentes em pó a ser adotado por todos os fabricantes nacionais (CONAMA, 2005b).

Para fins de comparação com os valores dos parâmetros de qualidade desejados para a prática do reúso de água, foi pesquisada a composição típica de esgoto não tratado, conforme indicado nas Tabelas 2.4.3.1.2 e 2.4.3.1.3 a seguir.

Tabela 2.4.3.1.2 – Composição típica de esgoto

Componentes	Faixa de concentração					
	Forte		Média		Fracca	
Fontes	A	B	A	B	A	B
Sólidos totais (mg/L)	1.200	-	720	-	350	-
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	850	-	500	-	250	-
Sólidos dissolvidos totais fixos (mg/L)	525	-	300	-	145	-
Sólidos dissolvidos totais voláteis (mg/L)	325	-	200	-	105	-
Sólidos suspensos (mg/L)	350	-	220	-	100	-
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	75	-	55	-	20	-
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	275	-	165	-	80	-
Sólidos sedimentáveis mL/L (mg/L)	20	-	10	-	5	-
DBO _{5,20} (mg/L)	400	400	220	200	110	100
Carbono orgânico total (mg/L)	290	-	160	-	80	-
DQO (mg/L)	1100	800	500	400	250	200
Nitrogênio total (mg/L)	85	85	40	40	20	20
Nitrogênio orgânico (mg/L)	35	35	15	20	8	10
Amônia (mg/L)	50	50	25	20	12	10
Nitrito (mg/L)	0	0,10	0	0,05	0	0
Nitrato (mg/L)	0	0,40	0	0,20	0	0,10
Fósforo total (mg/L)	15	20	8	10	4	5
Fósforo orgânico (mg/L)	5	7	3	4	1	2
Fósforo inorgânico (mg/L)	10	13	5	6	3	3
Cloro (mg/L)	100	-	50	-	30	-
Alcalinidade (CaCO ₃)	200	-	100	-	50	-
Óleos e graxas	150	-	100	-	50	-
Bactérias coliformes totais (nº./100 mL)	10 ⁷ - 10 ⁹	-	10 ⁷ - 10 ⁸	-	10 ⁶ - 10 ⁷	-
Bactérias coliformes fecais (nº./100 mL)	-	-	-	-	-	-
Vírus ufp/ 100 mL	-	-	-	-	-	-

Fonte: (A) Crook; Okun; Pincice (1994) - Estados Unidos

(B) Jordão; Pessoa (2005) - Brasil.

Tabela 2.4.3.1.3 – Características químicas típicas no esgoto bruto

Parâmetro	Concentração	
	Faixa	Típico
pH	6,7 – 7,5	7,0
Alcalinidade (mg/L)	110 - 170	140
Cloretos (mg/L)	20 - 50	35
Óleos e graxas (mg/L)	55 - 170	110
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0	0

Fonte: Jordão; Pessoa (2005); Von Sperling (2005) apud ABES (2006).

2.4.3.2 Tratamento dos efluentes

Para o tratamento dos efluentes líquidos existem basicamente dois processos, o físico-químico (origem inorgânica e orgânica) e o biológico (origem orgânica).

São chamados de processos físico-químicos todos aqueles que empregam instalações destinadas a reagir, separar, combinar elementos, seja por operações unitárias (processos físicos, sem produtos químicos), como, por exemplo, decantação e filtração, ou por processo químico, com a adição de produtos químicos na flotação e floculação, ou ainda combinando os dois, como mistura, floculação, decantação e filtração.

São usados frequentemente como pré-tratamento para os processos biológicos, visando reduzir as cargas poluentes ou retirando do meio, compostos que venham a atrapalhar o processo biológico.

Os sistemas utilizados para tratamento de águas cinzas e negras podem seguir a seguinte sequência: tratamento preliminar, primário, secundário, terciário ou tratamento avançado. A desinfecção consiste no último passo para o controle de organismos patogênicos antes do armazenamento e distribuição.

Para o tratamento da água cinza, o Manual de Conservação e Reúso (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005), indica tratamentos mais simples do que os empregados para o esgoto doméstico.

Tabela 2.4.3.2.1 - Sistemas de tratamento recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água *

USOS POTENCIAIS	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA					
	PLUVIAL	DRENAGEM	MÁQUINA DE LAVAR	LAVATÓRIO + CHUVEIRO		
Lavagem de roupas	A + B + F + G	C ou D + F	(D ou E) + B + F + G	(D ou E) + B + F + G		
Descargas sanitárias						
Limpeza de pisos		C + F + G				
Irrigação, rega de jardins						
Lavagem de veículos		C ou D + F + G				
Uso ornamental						

* Os sistemas de tratamento sugeridos devem ser verificados para cada caso específico.

OBS.: Para os fins relacionados à construção civil e refrigeração de máquinas os tratamentos devem ser avaliados a cada caso particular. Tratamentos Convencionais:

A = sistema físico: gradeamento. B= sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia. C= sistema físico: filtração através de um filtro de camada dupla (areia + antracito). D= sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação. E = sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados. F = desinfecção. G = Correção de pH.

Fonte: ANA; FIESP; SINDUSCON (2005).

Os processos biológicos são os mais eficientes para o tratamento de efluentes com material orgânico biodegradável, pois consiste em proporcionar o contato entre o efluente e uma cultura adequada de microrganismos que degradam os compostos orgânicos. A matéria orgânica pode ser degradada por microrganismos aeróbios e anaeróbios.

Eventualmente, os microrganismos aeróbios podem decompor substâncias simples ou compostas em dióxido de carbono e água enquanto os anaeróbios só podem degradar substâncias simples em metano e dióxido de carbono. (TCHOBANOGLOUS, 1996 apud MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

Segundo Sperling (1996), MetCalf & Eddy (1991) e Henze (1995) apud Philippi Jr. e Malheiros (2005), em tratamento de águas residuárias, pode-se observar na tabela 2.4.3.2.2 que a eficiência na remoção de poluentes aumenta conforme o nível de tratamento aplicado. Vale lembrar que a eficiência do tratamento depende também da boa qualidade dos produtos químicos aplicados.

Tabela 2.4.3.2.2 - Eficiência de remoção de poluentes, conforme nível de tratamento

Nível de tratamento	Eficiência média de remoção (%)			
	DBO	N	P	Coliforme
Preliminar	0 – 5	0	0	0
Primário	30 – 40	10 – 25	10 – 20	30 – 40
Secundário	70 – 90	30 – 50	20 – 60	60 – 90
Terciário	97 – 99	95 – 99	95 – 99	> 99

Fonte: Sperling (1996); MetCalf & Eddy (1991); Henze (1995) apud Philippi Jr. (2005)

Na tabela 2.4.3.2.3 abaixo, estão relacionados os principais processos utilizados para tratamento biológico de efluentes.

Tabela 2.4.3.2.3 - Principais processos biológicos para tratamento de esgotos sanitários

TIPO DE TRATAMENTO	PROCESSOS AERÓBIOS	USO
Com crescimento em suspensão	Processos de lodos ativados Convencional (plug-flow) Mistura completa Aeração em etapas Oxigênio puro Reatores em batelada em série Estabilização por contato Aeração prolongada Valos de oxidação Poço profundo	Remoção de DBO carbonácea (nitrificação)
	Crescimento em suspensão e nitrificação	Nitrificação
Com crescimento em suportes	Lagoas aeradas	Remoção de DBO carbonácea (nitrificação)
	Digestão aeróbica (com ar / com oxigênio puro)	Estabilização e remoção de DBO carbonácea
	Filtros biológicos (alta / baixa taxa de aplicação)	Remoção de DBO carbonácea e nitrificação
	Filtros grosseiros (leitos de pedra) Contatores biológicos rotacionais	Remoção de DBO carbonácea Remoção de DBO carbonácea e nitrificação
	Reatores com Enchimento	Remoção de DBO carbonácea e nitrificação
TIPO DE TRATAMENTO	PROCESSOS ANÓXICOS	USO
Com crescimento em suspensão	Crescimento em suspensão e desnitrificação	Desnitrificação
Com crescimento em suportes	Filme fixo e desnitrificação	Desnitrificação
TIPO DE TRATAMENTO	PROCESSOS ANAERÓBIOS	USO
Com crescimento em suspensão	Digestão anaeróbica Taxa padrão de estágio único	Estabilização e remoção de DBO carbonácea
	Alta taxa de estágio único Dois estágios	Estabilização e remoção de DBO carbonácea
	Processos anaeróbios de contato	Estabilização e remoção de DBO carbonácea Remoção de DBO carbonácea
Com crescimento em suportes	Filtro anaeróbio	Remoção de DBO carbonácea, estabilização de esgotos (desnitrificação)
TIPO DE TRATAMENTO	PROCESSOS EM LAGOAS	USO
Lagoas aeróbicas		Remoção de DBO carbonácea
Lagoas de maturação		Remoção de DBO carbonácea e nitrificação
Lagoas facultativas		Remoção de DBO carbonácea
Lagoas anaeróbicas		Remoção de DBO carbonácea e estabilização de esgotos

Fonte: Tchobanoglous (1996) apud Mierzwa & Hespanhol (2005 p.90)

Processos anaeróbios

Os sistemas de tratamentos anaeróbios apresentam diversas vantagens e desvantagens, conforme pode ser observado na tabela 2.4.3.2.4 abaixo.

Tabela 2.4.3.2.4 - Vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Baixa produção de sólidos, cerca de 5 a 10 vezes inferior à que ocorre nos processos aeróbios	Os microrganismos anaeróbios são susceptíveis à inibição por um grande número de compostos
Baixo consumo de energia, usualmente associado a uma elevatória de chegada. Isso faz com que os sistemas tenham custos operacionais muito baixos	A partida do processo pode ser lenta na ausência de lodo de sementeira adaptado
Baixa demanda da área	Alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária
Baixos custos de implantação, da ordem de 30 a 40 reais <i>per capita</i>	A bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e ainda precisam ser mais estudadas
Produção de metano, um gás combustível de elevador teor calorífico	Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis
Possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator, por vários meses	Possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável
Tolerância a elevadas cargas orgânicas	Remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória
Aplicabilidade em pequena e grande escala	
Baixo consumo de nutrientes	

Fonte: Adaptado de von Sperling (1995); Lettinga et al.(1996) apud Chernicharo (2005)

Processos aeróbios

Os sistemas de tratamento baseados em processos aeróbios embora sejam os mais eficientes para a redução da carga orgânica dos esgotos também apresentam algumas limitações. Na tabela 2.4.3.2.5 são apresentadas algumas das vantagens e desvantagens do processo aeróbio de tratamento.

Tabela 2.4.3.2.5 - Vantagens e desvantagens do processo aeróbio de tratamento de esgotos

Vantagens	Desvantagens
Boa eficiência para remoção de matéria orgânica.	Não possibilita a remoção de nutrientes.
Baixo potencial para a emissão de odores objetáveis.	Necessidade de injeção de ar para o bom desempenho do sistema.
Unidades compactas disponíveis no mercado.	Produz lodo em excesso, o qual deverá ser disposto de maneira adequada.
Pode ser projetado para operação contínua ou cíclica.	Pode exigir supervisão constante, dependendo do sistema de aeração selecionado.
Pode ser combinado com outros processos para a obtenção de melhores resultados.	A presença de gordura pode afetar de forma negativa o processo.

Fonte: Jordão; Pessoa (1995)

Processos combinados

Conforme observações realizadas pela consultoria do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água (CIRRA, 2005), para eliminar as limitações do processo aeróbio de tratamento, principalmente com relação à geração excessiva de lodo e baixa eficiência para a remoção de nutrientes, outros sistemas combinados de processos aeróbios, anaeróbios, anóxicos e químicos foram desenvolvidos. A sequência de tratamento normalmente utilizada para esta finalidade é o processo anaeróbio, anóxico, aeróbio. O processo anaeróbio é utilizado como uma unidade de pré-tratamento do esgoto e para a estabilização parcial do lodo gerado no processo aeróbio, já o processo anóxico visa reduzir a concentração de compostos nitrogenados e para a remoção de fósforo, utiliza-se o processo químico, por meio da adição de um produto específico antes do sistema de separação de lodo.

Na tabela 2.4.3.2.6 são apresentadas as principais vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento de esgotos que utilizam processos combinados.

Tabela 2.4.3.2.6 - Vantagens e desvantagens dos processos combinados de tratamento

Vantagens	Desvantagens
Boa eficiência de remoção de cargas orgânicas e nutrientes.	Sistema mais complexo.
Menor produção de lodo quando se utiliza o processo anaeróbio como pré-tratamento.	Pode exigir supervisão constante. Emissão de poluentes atmosféricos quando se utiliza o processo anaeróbio.

Fonte: Jordão; Pessoa (1995).

Tratamentos avançados

Dependendo do uso pretendido para o efluente tratado, há a necessidade de tratamento avançado complementar. Um dos processos mais modernos e eficientes para o tratamento de efluentes domésticos é o MBR (Bioreator de Membranas, do inglês Membrane Bioreactor). O MBR consiste em um tratamento biológico que utiliza membranas de micro ou ultrafiltração, submersas no reator biológico, substituindo a tecnologia convencional de lodos ativados, onde é utilizado um decantador para a separação final da biomassa. (FORNARI, 2007). Esta tecnologia de combinação entre reator de lodo ativado com membrana de microfiltração ou

ultrafiltração tem sido adotada no Japão para reúso de águas cinzas em edifícios residenciais e comerciais (AL-JAYYOUSI, 2003).

2.4.3.3 Desinfecção

Uma desinfecção adequada e confiável é sempre necessária quando houver a possibilidade de contato humano direto ou indireto com o efluente ou conexões cruzadas. Existem várias tecnologias para a realização da desinfecção, conforme pode ser visto na Tabela 2.4.3.3.1 abaixo.

Tabela 2.4.3.3.1 - Mecanismos, vantagens e desvantagens dos processos de desinfecção mais utilizados (continua)

PROCESSOS	MECANISMOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Lagoas de maturação (processo natural)	Processo natural, sem mecanização. Agentes químicos, físicos e biológicos	Não gera efeitos residuais prejudiciais Operação simples Pode ser realizado de forma concomitante à estabilização da matéria orgânica	Necessita de muita área; Tempo de detenção muito longo (vários dias); Desempenho depende das condições climáticas; Produce algas em grande quantidade.
Cloração (processo artificial)	Oxidação; Reações com cloro disponível; Precipitação de proteínas; Modificação da permeabilidade das paredes das células; Ruptura mecânica e por hidrólise (agentes químicos)	Tecnologia amplamente conhecida Menor custo cloro residual prolonga a desinfecção e indica a eficiência do processo Efetiva e confiável para uma grande variedade de patógenos Oxida certos compostos orgânicos e inorgânicos Flexibilidade de dosagens	Cloro residual é tóxico e requer descloração; todas as formas de cloro são altamente corrosivas e tóxicas; As reações com cloro geram compostos potencialmente perigosos (trihalometanos – thm); Aumenta os sólidos totais dissolvidos; Cloro residual é instável na presença de materiais que demandam cloro; Alguns patógenos são resistentes.
Cloração / descloração (processo artificial)	(Agentes químicos)	Tecnologia bem desenvolvida Efetiva e confiável para uma grande variedade de patógenos Oxidação de certos compostos orgânicos e inorgânicos Flexibilidade de dosagens	Requer adição de produtos químicos para eliminar cloro residual Elimina o efeito residual da desinfecção com cloro Gera subprodutos potencialmente perigosos Aumenta os sólidos totais dissolvidos Alguns patógenos são resistentes

Tabela 2.4.3.3.1 - Mecanismos, vantagens e desvantagens dos processos de desinfecção mais utilizados (conclusão)

PROCESSOS	MECANISMOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Ozonização (processo artificial)	Oxidação / destruição direta da parede da célula com vazamento dos constituintes celulares; Reações com subprodutos da decomposição do ozônio; Danos dos constituintes dos ácidos nucléicos; Quebra das ligações de carvão-nitrogênio levando a despolimerização.	Mais efetivo na destruição de vírus e bactérias que o cloro; Utiliza curto tempo de contato (de 10 a 30 minutos); Não resulta em recrescimento de bactérias, exceto as protegidas pelo material particulado; É gerado "in situ", com fácil armazenamento e manuseio; Eleva o OD no efluente tratado	Baixas doses podem não inativar alguns vírus, esporos e cistos; Tecnologia mais complexa que a desinfecção com cloro ou UV; O ₃ é muito reativo e corrosivo; Não é econômico para esgotos com muitos SS, DBO ou DQO; O ₃ é extremamente irritante e possivelmente tóxico; O custo do tratamento pode ser relativamente alto
Ultravioleta (processo artificial)	Danos fotoquímicos ao RNA e DNA, levando a inativação das células; Os ácidos nucléicos nos microrganismos são os mais importantes absorventes da energia da luz numa faixa de comprimento de onda entre 240 e 280nm.	Efetiva na inativação de vírus e esporos; Não necessita de geração, manuseio, transporte ou estocagem de produtos químicos; Não gera efeitos residuais prejudiciais; Operação simples; Tempo de contato muito curto (de 20 a 30 s); Menor demanda de espaço que outros processos	Baixas dosagens não inativam alguns vírus, esporos e cistos; Os microrganismos podem se multiplicar através de foto reativação ou recuperação no escuro; Necessita de controle da formação de biofilme nos reatores de contato; É sensível à turbidez e sólidos suspensos totais no esgoto; É mais caro do que a cloração, e mais barato que a cloração-descloração

Fonte: Adaptado de Crites & Tchobanoglous (1988) apud Asano (1998) e Gonçalves (2003) apud Gonçalves (2005)

Para adoção em condomínios residenciais os processos naturais, como as lagoas, não podem ser aplicados devido à grande quantidade de área necessária para sua construção e também a possibilidade de florescimento de algas poderia prejudicar o sistema de reservação e distribuição da água de reúso.

Uma quantidade mínima de cloro residual deve ser mantida na rede de água de reúso para evitar problemas com odor, formação de lodo e novo crescimento de bactérias.

2.4.3.4 Armazenamento

As diferenças entre os reservatórios para armazenamento de água potável e água de reúso são baseadas no perfil de demanda, qualidade da água, periodicidade de limpeza e necessidades de monitoramento.

Os reservatórios operacionais para armazenamento da água de reúso devem ser dimensionados para atender pelo menos 1,5 a 2 vezes o volume do dia de maior consumo de um dia médio de verão. (ASANO, 1998)

Os reservatórios cobertos, enterrados ou elevados são utilizados quando o uso urbano irrestrito é pretendido. Os lagos possuem menor custo, na maioria das vezes, mas requerem muito espaço para sua construção além de proporcionarem a formação de algas e tornar difícil a manutenção do cloro residual. (ASANO, 1998 p.415)

Os reservatórios fechados devem ser rasos para permitirem o contato da água com o oxigênio da superfície e também devem possuir entradas e saídas posicionadas em lados opostos para proporcionarem adequada circulação da água e evitarem a formação de “regiões mortas” onde as bactérias anaeróbias podem se desenvolver. Um reservatório de água de reúso deve ser limpo a cada três ou cinco anos para evitar a formação de lodo no fundo.

Segundo Asano (1998), os períodos longos de armazenamento podem ocasionar três tipos de problemas:

- Limites regulatórios, onde a quantidade acima do limite para os sólidos suspensos pode provocar o florescimento de algas e as partículas podem causar entupimento dos sistemas sprinkler de irrigação;
- Estética, o excesso de formação de algas pode não ser adequado para o uso pretendido da água de reúso;
- Funcional, onde a degradação da qualidade da água pode resultar em dificuldades operacionais.

O armazenamento operacional e sazonal são fatores importantes em um sistema duplo de abastecimento. A degradação devido ao armazenamento superficial pode requerer o pré-tratamento ou a aplicação de tratamento terciário para efluentes tratados através de tratamento secundário e armazenados em reservatórios abertos. A proliferação de algas pode ser controlada através da adição

de sulfato de cobre ou outros produtos químicos ou ainda pela modificação do método operacional (CROOK; OKUN; PINCINCE, 1994).

Outra opção é a recarga gerenciada, isto é, o armazenamento sazonal a partir de injeção de água tratada em aquíferos subterrâneos. Através deste método, a degradação pode ser evitada e a perda por evaporação é eliminada, porém acrescenta-se o custo de bombeamento desta água para a reservação ou distribuição direta.

2.4.3.5 Sistemas de distribuição de água de reúso

A distribuição em sistemas duplos segrega a água potável da água de reúso.

O ponto crítico do sistema de rede dupla é a prevenção quanto às conexões cruzadas entre as duas linhas.

Normalmente, as normas técnicas especificam métodos para identificação de tubulações de água potável e água não potável. A identificação pode ser feita de forma escrita nas tubulações ou através de cores padronizadas. A adoção das tubulações de PVC é a mais recomendada por serem fabricadas em diferentes cores, portanto facilmente distinguível das tubulações de água potável. Na Califórnia, por exemplo, as tubulações de água de reúso são encapadas com vinil polietileno roxo e estampado ou marcado com as inscrições: “*CUIDADO ÁGUA NÃO POTÁVEL – NÃO BEBA*” ou “*CUIDADO ÁGUA DE REÚSO – NÃO BEBA*” (ASANO, 1998). Assim como as tubulações, as conexões utilizadas na distribuição de água de reúso não devem ser utilizadas em sistema de distribuição de água potável.

As instalações devem ser inspecionadas e testadas com corantes ou outro método que assegure a separação entre as redes de distribuição de água potável e a rede de água de reúso.

Quando existe a possibilidade de contato com humanos e/ou potencial de conexões cruzadas entre a rede de água potável e a rede de água tratada é exigida a água livre de patógenos, tratada através de tratamento complementar.

Um programa de segurança deve ser aplicado em todas as fases do projeto, desde o planejamento, concepção, construção e instalação, operação e manutenção. Um sistema duplo de distribuição deve ser acompanhado por códigos

de saúde, procedimentos para aprovação e desconexão do sistema, normas para projeto e especificações para construção, inspeções e equipes para operação e manutenção (ASANO 1998).

Ainda segundo Asano (1998 p.39), algumas medidas de segurança têm sido aplicadas com sucesso. São elas:

- a) total segregação do sistema de armazenamento e distribuição de água de reúso;
- b) utilização de código de cores para identificar as tubulações de água potável e água de reúso;
- c) dispositivos de retenção de fluxo (válvulas de retenção);
- d) testes periódicos com elementos de cor traçadores que detectam a ocorrência de conexões cruzadas;
- e) irrigação noturna para minimizar o potencial de contato humano.

Outra medida a ser adotada é a sinalização com placas das áreas irrigadas com água de reúso e a utilização de etiquetas nas torneiras e hidrantes ligados a rede de distribuição de água de reúso.

2.4.4 Potencial de concentração de contaminantes na água de reúso

Na prática de reúso existe o potencial de concentração, dependendo dos tipos de contaminantes presentes no efluente e a tecnologia de tratamento empregada.

Dependendo da qualidade da água de reúso desejada, tecnologias específicas de tratamento devem ser utilizadas para a retirada de contaminantes.

Na recirculação da água de reúso, uma das maiores preocupações é a concentração de contaminantes específicos que, por não ser removido através do tratamento empregado, reduzem o potencial de reúso e comprometem as atividades de aplicação da técnica.

Conforme observam Mierzwa e Hespanhol (2005), nem sempre a substituição total da fonte de abastecimento pelo efluente tratado é viável. Cabendo nesta situação, dois procedimentos:

- utilizar apenas uma parcela do efluente gerado para reúso – indicado quando a concentração do contaminante no processo de geração de efluentes varia com o tempo, ou seja, diminui no transcorrer do processo. Situação comum nas operações periódicas de lavagem em que existe alimentação de água e descarte do efluente de forma contínua.
- Promover a mistura do efluente gerado com água proveniente do sistema de abastecimento – indicado quando se deseja adequar as características do efluente aos requisitos de qualidade exigidos pela aplicação de reúso. Promove a mistura de uma parcela do efluente com a água do sistema de abastecimento.

Para o estudo de balanço de massa de um sistema de reúso residencial, tem-se a seguinte situação:

$$Q_a S_{DTa} + \text{Carga} = Q_r \cdot C_r$$

Figura 05 - Esquema de reúso em uma residência

Fonte: elaborada pelo autor

Sendo:

Q_a = vazão de água potável

Q_e = vazão de esgoto

Q_r = vazão de água de reúso

Q_i = vazão de irrigação

Q_l = vazão de lavagem de piso

Q_d = vazão de descarga em sanitário

S_{DTa} = Sólidos Dissolvidos Totais presentes na água

Carga = substâncias agregadas à água durante o seu uso

C_e = Concentrações do Esgoto

C_r = Concentrações da água de reúso

Para determinar o valor de Q_r :

$$Q_a \cdot S_{DTa} + \text{Carga} + Q_r \cdot C_r =$$

$$Q_e \cdot C_e + Q_i \cdot C_r + Q_l \cdot C_r + Q_d \cdot C_r$$

2.4.5 Histórico da aplicação da prática de reúso para fins não potáveis

Embora o reúso seja divulgado como uma das principais soluções para a escassez de água, poucos países existem onde a prática foi implementada em larga escala, a não ser na Califórnia-EUA, Israel, Austrália e talvez Singapura. Japão, África do Sul, Tunísia e México estão emergindo como países onde o reúso é uma realidade, além de apenas uma teoria (SALGOT, 2006).

A seguir serão descritas as experiências do reúso de água em alguns países que adotaram esta prática.

Estados Unidos da América

Segundo Crook, Okun e Pincince (1994 p.2-6), o sistema duplo mais antigo adotado nos Estados Unidos foi o Grand Canyon Village, no Arizona, em 1926. Aproximadamente 3000 m³/dia de efluente proveniente de tratamento por lodo ativado são utilizados para irrigação de jardins, descarga em vasos sanitários, lavagem de veículos e também na construção civil.

Em St. Petersburg, Flórida, o principal motivador para a implantação de um sistema de reúso e distribuição duplo foi o restrito padrão imposto pelos órgãos ambientais para o lançamento de efluentes na Bacia de Tampa e no Golfo do México. O alto custo de um tratamento terciário, especialmente para a retirada de nutrientes, fez da técnica de reúso uma opção atrativa economicamente. Inicialmente utilizada para irrigação de áreas verdes, os usos atuais incluem resfriamento de ar condicionado comercial e usina de energia, irrigação de campos de tênis e golfe, lavagem de carros, construção civil e outros. O sistema de reúso também solucionou o problema de falta de água na região (CROOK; OKUN; PINCINCE, 1994).

Na Califórnia, o Irvine Ranch Water District (IRWD), empresa de água e saneamento da cidade de Irvine, utiliza todo o efluente terciário proveniente da Estação de Tratamento Michelson Water para abastecer a cidade com água de reúso nas atividades que requerem o reúso urbano não potável, exceto o abastecimento de moradias individuais. Uma resolução de 1990 requer, nos edifícios com altura acima de 17m, a instalação de um sistema de distribuição duplo para utilização em descargas em vasos sanitários (CROOK; OKUN; PINCINCE, 1994).

Japão

No Japão, devido às variações sazonais e geográficas das chuvas, a limitação de espaço e a alta densidade populacional, a disponibilidade per capita de água é baixa, aproximadamente $4.428\text{m}^3/\text{ano}$ (ASANO, MAEDA, TAKAKI, 1996). Considerando a possibilidade de severa diminuição de água nos períodos de seca ou em eventos catastróficos como terremotos, diversas medidas de conservação de água foram implementadas em grandes áreas metropolitanas. Foram construídas algumas estações de reúso de água e reúso local em edifícios de escritórios e complexos de apartamentos, e também sistemas de reúso em larga-escala para atender distritos através de estações de tratamento regionais.

Os usos predominantes da água de reúso e as porcentagens correspondentes podem se vistos na tabela 2.4.5.1 abaixo.

Tabela 2.4.5.1 - Usos da água de reúso em sistemas duplos no Japão

Uso	%
Descarga em bacias sanitárias	37
Água de resfriamento	9
Irrigação	15
Lavagem de carros	7
Limpeza e lavagens	16
Aumento de vazão	6
Outros	10
Total	100

Fonte: Okun (1990)

Um modelo existente de sistema de reúso é o da cidade de Fukuoka. Localizada na ilha mais ao sul do Japão, Fukuoka não possui fontes de água potável seguras para o abastecimento urbano e industrial devido a sua localização geográfica e a falta de rios e água subterrânea na região. Após sofrer problemas com secas severas, o governo de Fukuoka, introduziu o “Plano de Conservação de Água” em fevereiro de 1979. O reúso teve início em 1980, com o suprimento de água reciclada ($400\text{m}^3/\text{dia}$) para utilização em descargas em sanitários em doze prédios públicos. Para abastecer também os prédios privados, as linhas de abastecimento foram estendidas, atingindo a vazão de $4.500\text{m}^3/\text{dia}$ em 1995. No distrito de Shinjuku foram instalados sistemas duplos de tubulação nos edifícios, separando água potável e água não potável. A água de reúso é fornecida para descargas em vasos sanitários, considerado o maior uso urbano não potável no país. O projeto de Shijuku é uma dos principais sistemas em operação em Tóquio,

atingindo, com a promoção deste projeto, o objetivo da cidade em tornar-se um modelo orientativo de reúso urbano de água não potável (MAEDA et al., 1996).

Singapura

Apesar da grande precipitação (250 cm/ano) que ocorre na ilha, Singapura possui recursos hídricos limitados devido ao seu pequeno tamanho (680Km²). Desde 2003, a ilha está suprindo indústrias, comércios e outros usos não potáveis, com água de reúso que atende aos padrões de qualidade de potabilidade. A água de reúso, chamada de “Newater”, tem a sua origem no esgoto sanitário municipal e então passa por tratamentos avançados, incluindo osmose reversa e desinfecção com UV. A meta é atingir a vazão de suprimento de 245.000m³/d para uso não potável até o ano de 2011. O custo da produção da Newater é estimado em 50% do custo de dessalinização (USEPA, 2004).

Coréia

Segundo Noh et al. (2004 p.309), o país possui reservas de água insuficientes para suprir a demanda futura de aproximadamente 38 bilhões de toneladas para o ano de 2020. Em 2004, havia 99 sistemas de reciclagem de água, o que correspondia a apenas 3,6% de todo o serviço de água do país. Este número pouco expressivo se deve aos seguintes fatores: a lei obriga a instalação de sistema de reúso em toda construção com área acima de 60.000m², entretanto somente 0,5% dos edifícios possuem área maior que 10.000m²; os preços cobrados pelo fornecimento de água são muito baixos o que desencoraja a reciclagem de água; e finalmente a população não acredita na total qualidade da água de reúso e pensa que ela pode transmitir doenças.

Os sistemas de reúso na Coréia foram instalados em sua maioria em indústrias, hotéis, lojas de departamento, aeroportos e escritórios públicos e as aplicações são feitas basicamente em descargas em sanitários, lavagem de piso e água de resfriamento.

China

Devido aos sérios problemas de poluição e a elevada escassez de água (disponibilidade de 36 a 363 m³/hab. ano na região norte e costa do país), o Governo Chinês adotou políticas e iniciativas pró-ativas com ênfase na economia de água

urbana, prevenção à poluição dos recursos hídricos e adoção da prática de reúso de água e o tratamento através de estações de tratamento de esgoto municipais e o posterior reúso, adotado desde 1980. (ZHANG, 2007).

Alemanha

Em Hamburgo, Alemanha, a escassez de água fez com que aumentasse a preocupação com a preservação das fontes de captação e medidas de redução de consumo per capita fossem adotadas. Tornou-se inclusive, uma das metas da Política Ambiental, que está apoiada em três pilares:

- Sensibilização da população para o tema;
- Incentivo de técnicas de redução do consumo de água;
- Substituição de água potável por água cinza e água pluvial tratadas

Com estas medidas, Hamburgo conseguiu diminuir o consumo de água potável per capita de 191 litros/dia (ápice atingido na década de 80) para 142 litros/dia (2004), representando uma redução de 25% (GIORGI, 2007).

As instituições municipais também começaram a utilizar a técnica de reúso de águas cinzas, sendo um bom exemplo o pátio operacional de limpeza pública ao sul de Hamburgo. Segundo Giorgi (2007), a água bruta proveniente de 32 pias e 35 chuveiros é coletada por sistemas independentes e levada para uma unidade de tratamento chamada AquaCycle. A condição fundamental para o tratamento de água cinza é a condução por tubos separados dos tubos destinados aos efluentes de vasos sanitários e das pias de cozinha, definida pela norma europeia 12056-1 como sendo efluente com pouca contaminação e isento de fezes. A água tratada é utilizada nas descargas em vasos sanitários e mictórios, lavagem de veículos, abastecimento de máquinas varredoras e também, quando diluída em sal, para derretimento de neve no inverno. Caso o nível do tanque de água reciclada fique abaixo do determinado, há uma alimentação automática com água potável.

A limpeza pública de Hamburgo economiza atualmente em torno de 8200 litros de água potável e a mesma quantidade de esgoto por dia, ou quase 2,2 milhões de litros por ano. Isso corresponde aproximadamente a 40% da demanda do pátio operacional. Dessa forma, no primeiro ano de operação foram economizados 10 mil euros de taxas de água potável e esgoto. O investimento total atingiu 115 mil euros com tempo de amortização em torno de 13 anos (GIORGI, 2007).

Em Berlim, o primeiro sistema de reúso de águas cinzas foi iniciado no prédio do Ministério da Habitação em 1995, estabelecendo então as primeiras diretrizes para aplicação do reúso na Alemanha (AL-JAYYOUSI, 2003).

Austrália

Em preparação às Olimpíadas de 2002, os administradores do Parque olímpico de Sydney construíram um sistema de coleta de água de chuva e esgoto onde, após tratamento terciário, a água de reúso pode ser utilizada para usos não potáveis (descargas em vasos sanitários, construção, fins ornamentais, combate a incêndios, irrigação de campos e parques, etc.) dentro e no entorno do Parque Olímpico. Os benefícios do sistema foram: a economia de aproximadamente 850 mL de água potável por ano, a ausência de despejo de esgoto nos cursos d'água e no mar e também a eficiência do sistema em controlar os eventos de enchentes no local (RADCLIFFE, 2004).

Em 2004, aproximadamente 13% das estações de tratamento de esgotos de Queensland tinham seus efluentes de tratamento primário utilizados para irrigação de campos de golfe, pastos e plantações de cana de açúcar. Aproximadamente metade dos 125 governos locais operam algum tipo de esquema de reúso (QUEENSLAND EPA, 2005b p.2).

Brasil

No Brasil, a prática do reúso não potável já está sendo utilizada para fins urbanos, conforme mostram os exemplos a seguir.

PARQUE TEMÁTICO – SP

Segundo Grull, Mancuso e Eiger (2003), devido à localização próxima a um córrego classificado como Classe 2, portanto potencial fonte de abastecimento público, a técnica de reúso com descarte zero teve que ser adotada para a implantação do parque.

A água potável consumida no parque é proveniente de poços profundos. O esgoto gerado nos sanitários, bares e restaurantes é captado numa rede que o conduz a um tanque de homogeneização, para posterior tratamento em uma estação de lodos ativados, não convencional, com separação da biomassa feita por membrana de microfiltração hollow fiber, autolimpante. Após a desinfecção com

hipoclorito de sódio e correção de pH, o efluente é recalcado para um reservatório central de água de reúso de onde é distribuído através de uma rede dupla para aplicação nas descargas em bacias sanitárias, e rega de jardins e gramados do parque. O balanço hídrico do parque pode ser visualizado na figura 06 abaixo.

Figura 06 – Balanço hídrico do Parque Temático

Fonte: Grull, Mancuso e Eiger (2003).

Com base em consultas realizadas a Water Environment Research Foundation e ao United States Environmental Protection Agency (USEPA), os seguintes critérios de qualidade foram adotados:

Tabela 2.4.5.2 – Critérios de qualidade da água de reúso adotados para o Parque Temático-SP

Parâmetro	Limites / unidades
Patógenos	Ausentes
Cloretos	≤ 600 mg/L (1)
Cloro Residual	0,5 mg/L (2)
Cor aparente	≤ 15 UC
Odor	Ausente
Turbidez	≤ 5,0 UNT
pH	6,5 – 8,3
Oxigênio dissolvido	Condições aeróbias (3)
Demanda Química de Oxigênio	≤ 60 mg/L (3)
Agentes tenso ativos	0,2 mg/L
Sólidos totais em suspensão	≤ 5,0 mg/L
Sólidos sedimentáveis	Ausentes
Materiais flutuantes e espuma	Ausentes
Óleos e graxas	Ausentes
Coliformes totais	≤ 2,2 / 100 mL
Coliformes fecais	Ausentes
Nematodos intestinais	≤ 1 ovo / L (4)

(1) concentração não prejudicial às plantas sensíveis ao cloreto. (2) concentração média na ponta da rede de distribuição, considerada adequada para inibir o ressurgimento de microrganismos na rede distribuidora. (3) Não restritivo para esta modalidade de reúso. (4) Em toda amostra analisada.

Fonte: Grull, Mancuso e Eiger (2003).

Devido à possibilidade do contato humano com a água de reúso, concluiu-se que era necessário alto grau de tratamento e desinfecção, com patógenos ausentes.

A escolha por uma vegetação salino-resistente foi realizada devido à possibilidade de salinização do solo com a irrigação com água de reúso.

ETE ABC – SÃO PAULO

Segundo Santos (2003 p.501), o projeto de reúso nesta Estação de Tratamento foi o resultado de interesse comum da Prefeitura de São Caetano do Sul e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) para evitar o desperdício de água tratada para fins que não necessitam desta qualidade.

A água de reúso é utilizada para rega de ruas e lavagem de ruas; lavagem de prédios, pátios, jardins e praças; e também para desobstrução de redes coletoras de esgotos e galerias de águas pluviais.

O tratamento realizado na Estação de Condicionamento para Reúso (ECR) consiste em uma filtração grosseira com filtros-cestos; pré-cloração com hipoclorito de sódio; coagulação e floculação com policloreto de alumínio; filtragem fina por filtro de pressão e pós-cloração.

A ausência de legislação nacional para utilização da água de reúso obrigou a SABESP a pesquisar diversos trabalhos técnicos, principalmente da Organização Mundial de Saúde, para adotar os seguintes parâmetros:

- coliformes totais < 2,2/100 mL (*) e não deve exceder 23/100 mL em mais de um resultado nos últimos 30 dias;
- coliformes fecais ausentes;
- cloro total > 7 mg/L, lembrando que a desinfecção nesse caso é atingida por cloraminação fazendo o uso de amônia presente no efluente dos lodos ativados;
- turbidez média < 2 UNT/24 horas e nunca deve exceder a > 10 UNT;
- cor < 10 UC;
- pH 6,5 a 8,5;
- protozoários ausentes;
- compostos orgânicos voláteis: ausentes.

(*) O método para analisar o número mais provável (NMP) é através de tubos múltiplos, um método estatístico que não obtém valores abaixo de 2,2 organismos/100 mL, conforme fórmula e tabelas obtidas pelo Standard Methods, itens 9221 e 9221C (APHA; AWWA; WEF, 1998), podendo-se considerar como ausência de coliformes totais.

A Vigilância Sanitária Estadual juntamente com profissionais da área da saúde da Prefeitura de São Caetano do Sul e técnicos da SABESP elaboraram uma proposta de monitoramento para acompanhar a qualidade da água.

A comunicação visual nos veículos, tubulações e pontos de interligação é realizada através de simbologia e indicação padronizada internacionalmente na cor púrpura “Água não potável – não beba”.

LOTEAMENTO GÊNESIS II

Segundo informações fornecidas pelo Engº Elso Vittorato (VITTORATO, 2007) da empresa Nova Era, a Estação de tratamento em operação desde dezembro de 2006, atende 1066 lotes residenciais e 5 lotes utilizados pelas administrações do empreendimento (portarias, sedes administrativas e almoxarifados).

O sistema de tratamento consiste em um pré-tratamento (gradeamento, retenção de areia e caixa de gordura), tratamento biológico secundário/terciário em três módulos contendo em cada um: um tanque anaeróbio (UASB), um tanque anóxico, um tanque aeróbio de lodos ativados com duas câmaras e enchimento submerso, um decantador secundário, um tanque de contato para desinfecção, um filtro de areia e um sistema de pós-aeração.

Todo o efluente produzido pela estação de tratamento é utilizado para a irrigação dos jardins e parques do loteamento, sendo distribuído através de caminhões-pipa.

INICIATIVA MUNDO APTO

Segundo informações cedidas pela SETIN Empreendimentos Imobiliários Ltda (VANOSSI, 2007), este empreendimento consiste em um prédio de apartamentos constituído por 145 unidades habitacionais, estimado um total de 582 usuários.

Primeiramente foi realizado um estudo para a avaliação do potencial de redução do consumo de água em lavatórios, chuveiros e torneiras de cozinha com a introdução de dispositivos economizadores, e um estudo para a implantação da prática de reúso de águas cinzas.

Todo o esgoto proveniente dos lavatórios e chuveiros é enviado para uma estação de tratamento de águas cinzas, localizada no subsolo, onde através de um processo físico-químico, o efluente passa a estar apto para o reúso para descargas em bacia sanitárias.

2.4.6 Legislação, normas e diretrizes sobre reúso de água

Para formulação da proposta de diretrizes para a implantação da prática de reúso de água para fins não potáveis em condomínios residenciais, fez-se necessária a realização de pesquisa sobre legislações adotadas em diversos países, incluindo o Brasil.

Nos Estados Unidos a primeira norma de reúso foi promulgada em 1918 no estado da Califórnia. Em 1970, o Código de águas estadual declarou que era

intenção do estado promover todo tipo de esforço no desenvolvimento da técnica de tratamento e reúso para auxiliar no atendimento a crescente demanda pela água no estado. No mesmo contexto, a Comissão Diretiva das Comunidades Europeias declarou que todo o efluente tratado deveria ser reutilizado sempre que possível (ASANO, 1998).

Em 1965, o Ministério da Saúde de Israel publicou normas para permitir o reúso de efluentes tratados por processo secundário na irrigação de plantações de vegetais que podem ser ingeridos crus (ASANO, 1998).

Na Coreia, o sistema de reúso de água foi mencionado pela primeira vez na Norma de abastecimento de água de 1991 e a instalação de um sistema de reúso de água era voluntário. Entretanto, a partir de março de 2001, a instalação do sistema de reúso tornou-se obrigatório por lei para as construções com área de superfície acima de 60.000m². (NOH et al., 2004)

Em 1972, nos Estados Unidos, é promulgado o Ato Federal de Controle de Poluição das Águas (Federal Water Pollution Control Act) para recuperar e manter a integridade química, física e biológica das águas nacionais e com o objetivo maior de promover a descarga zero de poluentes nos cursos d'água onde as atividades de navegação, natação e pesca possam ser realizadas (ASANO, 1998).

Em 1989, a Organização Mundial de Saúde (OMS / WHO), lança diretrizes relacionadas à saúde na adoção da prática de água de reúso na agricultura e aquicultura. Estas diretrizes tratam essencialmente dos critérios microbiológicos e recomendam tecnologias a serem aplicadas no tratamento de águas residuárias. Em 2006, a OMS lançou as diretrizes para a utilização segura das águas residuárias, excretas e águas cinzas, novamente baseadas nos riscos de aplicação da técnica na agricultura e aquicultura (WHO, 2006).

Em 1992, a Agência de Proteção Ambiental americana em conjunto com a Agência Americana de Desenvolvimento Internacional, publicou as diretrizes para o reúso de água – “Guidelines for Water Reuse” com o objetivo de promover a prática do reúso nos Estados Unidos e eliminar algumas inconsistências existentes em algumas normas estaduais. Estas diretrizes sofreram revisões em 2004.

O Departamento de Proteção Ambiental da Flórida juntamente com a Associação Ambiental de Água da Flórida, lançaram em 2002 o Código de Boas Práticas para Água de Reúso. Este Código inclui 16 princípios: Importância da saúde pública, Conformidade com regulamentações, Qualidade do produto final, Controle e

processo e monitoramento da qualidade, Filtragem efetiva, Controle de ligações cruzadas, Inspeções, Filosofia de comprometimento com o abastecimento da água de reúso, Conservação do recurso natural, Parcerias, Comunicação, Planos de Contingência, Manutenção preventiva, Melhoria contínua, Notificação pública e Educação. (USEPA, 2004)

Na União Européia a situação normativa não é uniforme. Muitos países, especialmente os nórdicos como Reino Unido, Países Baixos e Bélgica não possuem normas específicas sobre o assunto.

A França possui uma recomendação nacional – “Recomendações Sanitárias para o uso, após tratamento, de águas residuárias municipais para a irrigação de plantações e áreas verdes” do Conselho Superior de Higiene Pública da France (Conseil Supérieur d’Hygiène Publique de France). Já a Itália possui uma lei nacional – Lei nº. 319 de 1976 e um complemento para a aplicação da técnica de reúso na agricultura – “Critérios, Metodologias e Padrões Gerais de Tecnologias” de fevereiro de 1977. A Espanha possui também uma legislação nacional (Ley das Águas, 1985) e várias normas regionais nas Províncias Autônomas, mas sem padronizações. Portugal e Grécia estão considerando o desenvolvimento de diretrizes nacionais (ASANO, 1998).

A Austrália promoveu várias atualizações e mudanças em sua legislação na década dos anos 90 com o objetivo de melhorar a qualidade da água descartada pelas estações de tratamento de efluentes do país, contando hoje com várias diretrizes: Diretrizes Australianas para Sistemas de Esgotamento Sanitário: Gerenciamento do Efluente – “The Australian Guidelines for Sewerage Systems: Effluent Management”, o Esboço de Diretrizes para Sistemas de Esgotamento Sanitário: Uso de efluente tratado – “Draft Guidelines for Sewerage Systems: Use of Reclaimed Water” e Diretrizes para Sistemas de Esgotamento Sanitário. Todo o despejo de esgoto é regulamentado pela Autoridade de Proteção Ambiental – EPA Environment Protection Authority, através do New South Wales NSW Protection of the Environment Operations General Regulation de 1998 (PATTERSON, 2001). Existem também as diretrizes estaduais como o “Guidelines for the use of reclaimed water -2003” do Governo de Victoria e o “Queensland Water Recycling Guidelines-2005” do Governo de Queensland.

A África do Sul conta, desde 1956, com o Ato da Água (Water Act), que consiste em uma poderosa ferramenta para a implementação das políticas de reúso.

Brasil

Segundo Hespanhol (1999), em nível operacional, as ações regulatórias são aplicadas através de diretrizes, normas ou padrões e códigos de prática. As diretrizes são meramente orientativas, direcionadas para o estabelecimento de uma base de riscos aceitáveis, e como tal, proporcionam uma referência comum, para o estabelecimento de normas e padrões, no âmbito nacional. Os padrões são imposições legais promulgados, em nível nacional, através de leis, regulamentos, ou posturas técnicas, adaptando as diretrizes às prioridades e levando em consideração as limitações e características técnicas, econômicas, sociais e culturais locais.

Os critérios estabelecidos para a prática do reúso são baseados, principalmente, na proteção à saúde pública e ao meio ambiente. Normalmente apresentam os tratamentos mínimos necessários, os padrões de qualidade exigidos para determinados usos, a eficiência exigida para o tratamento, a concepção dos sistemas de distribuição e o controle de uso de áreas. (CROOK, 1998)

Os países em que a prática do reúso faz parte de suas realidades há algum tempo, tiveram condições de desenvolver padrões e o reúso já é promovido com certa maturidade.

O estabelecimento de padrões depende de uma série de fatores, tais como: o conhecimento dos riscos associados às práticas; o tratamento dos efluentes, bem como sua eficiência e segurança; a disponibilidade e características dos efluentes; experiência na promoção do reúso, que fornece subsídios para os estudos epidemiológicos; valores culturais; condições ambientais, econômicas e tecnológicas, entre outros.

No Brasil, entretanto, a experiência do reúso é bastante recente e ainda restrita, não possuindo informações suficientes para o estabelecimento de padrões. A implantação de metodologias para as análises físicas, químicas e biológicas não acompanhou a evolução dos tratamentos de esgoto, podendo haver constituintes em baixas concentrações na água de reúso como, por exemplo, pesticidas e metais, que o método analítico não consegue detectar (FORNARI, 2007).

Isto, por si só, já é um fator relevante aos programas de reúso. A alternativa seria analisar as características de esgoto disponível, as aplicações pretendidas e os grupos de risco envolvidos e também observar os padrões adotados com sucesso em outros países e tomá-los como ponto de partida para a definição da forma como

o reúso deva ser realizado, mesmo que, num primeiro momento, de forma conservadora. A implantação de programas de reúso sem a definição clara de padrões de qualidade e também de procedimentos apresenta um grande potencial de risco para os usuários e também para o meio ambiente.

A partir de 28 de novembro de 2005, o Brasil possui uma resolução federal do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a RESOLUÇÃO nº. 54, que visa estabelecer modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reúso direto não potável de água em todo o território nacional.

O reúso direto não potável de água, para efeito da Resolução nº. 54, abrange as seguintes modalidades (CNRH, 2005):

- 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 aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Abordando de uma forma generalizada e superficial, e não prevendo a utilização da água de reúso para recarga de aquíferos, esta resolução estabelece que as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso serão estabelecidos pelos órgãos competentes.

Já a Associação Brasileira de Normas técnicas, na NBR 13.969, item nº. 5.6 - Reúso Local (ABNT, 1997), como alternativa ao lançamento no meio ambiente, determina que o esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, após tratamento, poderá ser reutilizado para fins que exigem qualidade de

água não potável, mas sanitariamente segura, tais como: irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga em vasos sanitários, na manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc..

Esta norma indica: quais os usos possíveis para a água de reúso; como estimar o volume de água a ser reutilizado; quais os graus de tratamento necessários baseados na classificação de usos mais restritivos e respectivos parâmetros de qualidade para esgotos; dimensionamento do sistema de reservação e distribuição; a obrigatoriedade para os gerenciadores dos sistemas de reúso, principalmente aqueles que envolvem condomínios residenciais ou comerciais com grande número de pessoas voltadas para a manutenção e operação do sistema, de fornecerem o manual de operação e treinamento dos responsáveis; e também o tipo de avaliação e amostragem de monitoramento a ser realizado. Segue abaixo na tabela 2.4.6.1 as classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, definidos pela NBR 13.969/97.

Tabela 2.4.6.1 - Classificação e aplicação de reúso, parâmetros de qualidade e tratamentos necessários, segundo NBR 13.969/97

Parâmetros	NBR 13969			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Coliformes fecais (NMP/100mL)	< 200	< 500	< 500	< 500
pH	6 - 8	-	-	-
Turbidez (UNT)	< 5	< 5	< 10	
Cloro residual (mg Cl ₂ /L)	0,5 - 1,5	> 0,5	-	
SDT Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	< 200	-	-	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	> 2,0
Aplicações de reúso	Lavagem de carros, com possível aspersão de aerossóis	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, fins ornamentais	Descargas em vasos sanitários	Irrigação pontual ou escoamento superficial de pomares, cereais, forragens, pastagens
Tratamentos necessários	Aeróbios (filtro aeróbio submerso ou Lodo Ativado por Batelada) + Filtração + Cloração	Aeróbios (filtro aeróbio submerso ou Lodo Ativado por Batelada) + Filtração + Desinfecção	(água de enxágüe de máquina lavar) Aeróbios + Filtração + Desinfecção	Aplicação deve ser interrompida 10 dias antes da colheita

Fonte: ABNT (1997)

No âmbito municipal, Curitiba possui a lei nº. 10.785 de 18 de setembro de 2003, que criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. O objetivo é instituir medidas que induzam a conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas, como a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e a captação, armazenamento e utilização de águas servidas, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

O município de São Paulo, com a lei nº. 14.018, institui o Programa de conservação e uso racional da água em edificações com os mesmos objetivos e ações sugeridas pelo PURAE de Curitiba, acrescentando a opção de reúso nas edificações e a obrigatoriedade de todos os bens imóveis, bem como os locados, serem adaptados num prazo de dez (10) anos (SÃO PAULO, 2005).

Contudo, em nenhuma das normas municipais citadas são abordados os aspectos práticos do reúso, principalmente em relação aos padrões de qualidade da água de reúso, necessidade de tratamento e procedimentos de monitoração e manutenção, de grande relevância para o sucesso de qualquer programa de reúso.

A ausência de critérios para a adoção da prática de reúso pode acarretar uma série de problemas como: estabelecimento de práticas inadequadas; altos riscos à saúde pública e contaminação do meio ambiente; redução da disponibilidade hídrica; conflitos com empresas responsáveis por abastecimento de água; inadequação ou violação às leis ambientais de outorga e de licenciamento e dificuldade de autorização por parte de órgãos ambientais (RODRIGUES, 2005).

Devido à impossibilidade de determinação do risco absoluto, no atual estágio de conhecimento, riscos relativos à saúde devem ser adotados para a gestão de práticas seguras e validação de aplicações alternativas no reúso de água.

Na tabela 2.4.6.2 estão resumidos os parâmetros e padrões obrigatórios nos Estados Unidos e outros países.

Tabela 2.4.6.2 – Diretrizes e padrões para reúso de água (USEPA)

País / Região	Coliformes Fecais (nº/100mL)	Coliformes totais (nº/100mL)	Ovos helminto (nº/L)	DBO (PPM)	Turbidez (UNT)	SST (PPM)	OD (% de saturação)	pH	Cloro Residual (PPM)
Austrália (New South Wales)	< 1	< 2/50	-	> 20	< 2	-	-	-	-
Arizona	< 1	-	-	-	1	-	-	4,5 - 9	-
Califórnia	-	2,2	-	-	2	-	-	-	-
Chipre	50	-	-	10	-	10	-	-	-
EC balneabilidade	100 (g)	500 (g)	-	-	2 (g)	-	80 - 120	6-9	-
	2.000 (m)	10.000 (m)	-	-	1 (m)	-			-
França	< 1000	-	< 1	-	-	-	-	-	-
Flórida (m)	25 p/ qualquer amostra 75%	-	-	20	-	5	-	-	1
Alemanha (g)	100 (g)	500 (g)	-	20 (g)	1 – 2 (m)	30	80 - 120	6 – 9	-
Japão (m)	10	10	-	10	5	-	-	6 – 9	-
Israel	-	2,2 (50%) 12 (80%)	-	15	-	15	0,5	-	0,5
Itália	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kuwait (alimento não ingerido cru)	-	10.000	-	10	-	10	-	-	1
Kuwait (alimento ingerido cru)	-	100	-	10	-	10	-	-	1
Oman 11A	< 200	-	-	15	-	15	-	6 – 9	-
Oman 11B	< 1000	-	-	20	-	30	-	6 – 9	-
África do Sul	0 (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
Espanha (Ilhas Canárias)	-	2,2	-	10	2	3	-	6,5 - 8,4	1
Texas (m)	75 (m)	-	-	5	3	-	-	-	-
Tunísia	-	-	< 1	30	-	30	7	6,5 - 8,5	-
Emirados Árabes	-	< 100	-	< 10	-	< 10	-	-	-
Reino Unido balneabilidade	100 (g)	500 (g)	-	-	2 (g)	-	80-120	6-9	-
	2000 (m)	10.000 (m)	-	-	1 (m)	-			-
US EPA (g)	14 para qualquer amostra, 0 para 90%	-	-	10	2	-	-	6-9	-
WHO (irrigação gramado)	200 (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
	1000 (m)	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda (g):guia / diretriz (m):mandatário / obrigatório

Fonte: adaptação da Cranfield University (2001) in EPA Guidelines for Water Reuse (EPA, 2004)

2.4.7 Gerenciamento da qualidade e da utilização da água de reúso

Segundo o Projeto de Diretrizes Nacionais para adoção da prática de reúso na Austrália (EPHC, 2005), lançado para consulta popular, doze elementos devem ser adotados para o gerenciamento da qualidade e uso da água de reúso, são eles:

Elemento 1 – Comprometimento com o uso responsável e gerenciamento da água de reúso. Devem ser contempladas as responsabilidades com a saúde pública e ambiental, identificados os regulamentos e normas aplicáveis e garantir o pleno entendimento e engajamento dos usuários.

Elemento 2 – Análise do sistema de água de reúso. Nesta etapa devem ser identificadas as fontes de água e intenções de uso, considerando os usos inadvertidos e não autorizados; analisado todo o sistema de tratamento e pontos receptores e também todos os dados de qualidade da água em todas as etapas do sistema de reúso. Nesta etapa também deve ser realizada a identificação de perigos e o gerenciamento dos riscos.

Elemento 3 – Medidas preventivas para o gerenciamento da água de reúso. Devem ser identificadas medidas de prevenção existentes e adicionadas outras medidas alternativas para cada perigo significativo, reduzindo-o obrigatoriamente a um nível aceitável. Esta análise de medidas preventivas deve identificar os pontos críticos de controle, estabelecendo mecanismos de controle operacional.

Elemento 4 – Controle de processo e procedimentos operacionais. Todos os procedimentos necessários para todos os processos devem ser identificados e documentados, assim como estabelecer protocolos de monitoramento e rotinas de análises dos resultados. Deve ser assegurada a capacidade dos equipamentos e implantada a realização de inspeções e manutenções. Os materiais, produtos químicos e fornecedores também devem ser avaliados.

Elemento 5 – Verificação da qualidade da água de reúso e sustentabilidade ambiental. Após o levantamento das características, devem ser estabelecidos os pontos de monitoramento e respectiva frequência, assim como procedimentos para análise a curto prazo dos resultados. Deve ser criado um programa de análise da satisfação do usuário com a água de reúso e procedimentos para aplicação de ações corretivas em caso de não-conformidades e um meio de rápida comunicação para os eventos inesperados.

Elemento 6 – Gerenciamento de incidentes e acidentes. Devem ser identificados os perigos que podem levar às situações de emergência. Desenvolver estratégia de comunicação e procedimentos para atendimento. Criar procedimentos para investigação de incidentes ou emergências e revisão dos procedimentos.

Elemento 7 – Conscientização e treinamento do empreendedor, dos operadores e usuários finais.

Elemento 8 – Conscientização e envolvimento da comunidade. Realizar consulta pública. Implantar uma via dupla de comunicação com os usuários e empreendedores. Promover informações quanto aos impactos dos usos não-autorizados e também quanto aos benefícios da água de reúso.

Elemento 9 – Validação, pesquisa e desenvolvimento. Promover a validação dos processos e novos equipamentos. Investigar novos sistemas e promover melhorias.

Elemento 10 – Documentação e relatórios. Gerenciar toda a documentação e apresentar resultados.

Elemento 11 – Avaliação e auditoria. Coletar e avaliar os resultados a longo prazo para identificar a performance do sistema e detectar problemas

Elemento 12 – Revisão e melhoria contínua. Revisar a eficiência e avaliar a necessidade de mudanças. Elaborar plano de melhorias que seja monitorado visando eficiência.

2.4.8 Identificação, informação e Educação Ambiental

Quando um projeto de reúso de água é proposto, a reação inicial do público geralmente é negativa, dependendo da cultura local.

Crook, Okun e Pincince (1994) dizem que todas as pesquisas realizadas com o público indicaram que a relutância na aceitação dos projetos de reúso aumenta quanto maior for o contato humano com a água tratada. A oposição maior ocorre quanto à possibilidade de reúso potável. Os fatores sócio-econômicos e ambientais influenciam quanto à conscientização, sendo maior a aceitação quanto maior o rendimento e grau de instrução.

O público tende a apoiar os projetos que promovem a conservação e preservação da qualidade dos recursos hídricos, especialmente quando a comunidade sofre com pouca disponibilidade de água para abastecimento e degradação dos corpos d'água.

A população deve ser informada sobre os benefícios e o motivo pelo qual a técnica de reúso deve ser adotada. Exemplos de sucesso devem ser demonstrados com visitas em locais onde a técnica foi adotada, ou através de vídeos, fotos e testemunhas de usuários satisfeitos com o projeto de reúso.

As pesquisas comentadas por Crook, Okun e Pincince (1994) também apontam como fatores que apóiam os programas de reúso:

- a conscientização do público sobre os problemas locais de abastecimento de água e a percepção quanto à possibilidade da água de reúso suprir esta demanda;
- A compreensão por parte do público quanto à qualidade da água de reúso e suas possíveis aplicações;
- a confiança na administração das empresas de saneamento locais na aplicação de modernas tecnologias;
- a garantia de que as aplicações da água de reúso envolvem o mínimo risco de exposição accidental.

Asano (1998 p.1448) lista oito passos críticos para uma abordagem pró-ativa para desenvolver o apoio da sociedade:

- ser pró-ativo;
- desenvolver uma campanha básica de informação;

- trabalhar com a mídia local;
- utilizar testemunhos de pessoas que já tenha experimentado a implantação de projetos similares;
- mostrar projetos de sucesso desenvolvidos em outros locais;
- ser visível e criativo;
- fornecer o máximo de conhecimento para o público;
- utilizar projetos demonstrativos.

Para promover uma boa aceitação do público, devem ser promovidos programas de educação e participação do público. Algumas ferramentas para atingir estes propósitos são relacionadas a seguir.

Tabela 2.4.8.1 – Ferramentas da participação pública

PROPÓSITO	FERRAMENTAS
EDUCAÇÃO / INFORMAÇÃO	Artigos em jornais, programas de rádio e TV, palestras e apresentações, excursões, exposições, panfletos, programas escolares, filmes, cartilhas, relatórios, cartas e conferências
ANÁLISE INICIAL / REAÇÃO	Diretrizes, reuniões públicas, pesquisas e questionários, colunas de perguntas e respostas, telemarketing
DIÁLOGO INTERATIVO	Workshops, forças-tarefa, entrevistas, quadros de avisos, contatos informais, discussões em grupos de estudo, seminários

Fonte: Rastatter (1979) apud Crook; Okun; Pincince (1994).

Pesquisas realizadas por Friedler e Lahav (2006) com a população de Haifa, Israel confirmaram estes fatores cruciais para o sucesso de um projeto de reúso de água.

Israel é um país semi-árido que sofre constantemente com a escassez de água. Para amenizar esta situação, desde a década de 1960, 65% de todo o esgoto municipal tratado é utilizado na agricultura, e a projeção é que este índice ultrapasse 90% até o final da década de 2000. Devido à água de reúso atingir o seu potencial de utilização na agricultura e as vantagens apresentadas na utilização da água tratada perto do local de sua geração, a possibilidade de reúso urbano está sendo considerada.

Uma pesquisa através de questionários foi aplicada à população, pois até o momento, a aplicação da água de reúso tinha sido realizada somente fora do perímetro urbano e, portanto a população não tivera o contato direto com a água de reúso. Os principais objetivos da realização desta pesquisa foram: a estimativa de aceitação ou oposição às várias opções de reúso; o angariar sugestões e críticas

para serem aplicadas em campanhas futuras e o levantamento do perfil dos críticos opositores da prática do reúso para a preparação de campanhas públicas direcionadas.

O questionário consistia em uma breve explicação do objeto da pesquisa e três seções de perguntas de múltipla escolha. A primeira seção deveria ser preenchida com dados pessoais (gênero, idade, grau de instrução), a segunda solicitava uma classificação numérica por grau de oposição ou aceitação dos vários tipos de reúso e por fim alguns questionamentos sobre conscientização ambiental dos entrevistados. Através de classificação similar a utilizada na segunda seção, as seguintes perguntas foram feitas:

- a) o estado atual do setor de água em Israel;
- b) a habilidade das novas tecnologias de tratamento de esgoto para atender os requisitos das opções de reúso de efluente tratado;
- c) se a população de Haifa aceitaria as propostas de reúso apresentadas;
- d) grau de poluição dos recursos hídricos em Israel;
- e) Riscos de saúde associados à água de reúso;
- f) A capacidade das autoridades em manter o grau elevado de qualidade do efluente;
- g) A economia individual obtida com a implementação da técnica de reúso na cidade.

Esta pesquisa demonstrou que, apesar da maioria ser a favor do reúso urbano, vários pontos devem ser considerados antes da implantação da técnica.

Descobriu-se que a percepção da população com relação aos riscos de saúde, associados ao grau de contato humano, difere daquela dos profissionais. Os conceitos da prática de reúso devem ser difundidos massivamente e de maneira bem clara. A falta de conhecimento influencia no grau de aceitação, portanto recomenda-se a demonstração de operação de projetos piloto antes da aplicação em grande escala. Baseado nos resultados da pesquisa, as campanhas públicas deveriam reforçar os potenciais benefícios econômicos do projeto não só para o município como para a cada indivíduo em particular (FRIEDLER; LAHAV, 2006).

2.4.9 Perspectivas do reúso de água para o futuro

Comunidades no mundo todo estão com suas reservas de água comprometidas devido à intensa demanda pela população crescente, aos períodos de severas secas e também à degradação e contaminação dos recursos hídricos locais. O reúso e a reciclagem da água se apresentam como uma solução para os problemas dos recursos hídricos e também podem ser fontes de abastecimento de água de excelente qualidade.

Segundo Okun (1996), o reúso de água não potável pode ser uma opção viável em comunidades onde: a disponibilidade de água potável é limitada em quantidade; novas fontes de abastecimento só podem ser desenvolvidas a preços altos; um único grande usuário ou classe de usuários pode utilizar seguramente uma água de qualidade inferior a potável ou quando a disposição de esgoto necessita de tratamento prévio e o tratamento para o reúso não potável é inferior ao necessário para o despejo em cursos d'água.

Apesar da técnica do reúso de água já ser adotado em diversos países, até mesmo por aqueles que não apresentam quadros de escassez, o percentual de utilização ainda é muito pequeno, representando assim um enorme potencial para o futuro (MILLER, 2006).

Existem inúmeras barreiras experimentadas por vários projetos de reúso no mundo. Segundo Miller (2006), uma pesquisa realizada pela Fundação Americana "WateReuse Foundation", com vários países no mundo que adotam a prática de reúso, apontou fatores chaves de sucesso que facilitariam o desenvolvimento futuro desta técnica em cada país respectivo. A similaridade entre as barreiras, desafios e obstáculos foram incríveis, sendo as repostas mais freqüentes:

- Definição precisa dos objetivos do projeto – normalmente os projetos de reúso são concebidos sem a consulta prévia com os interessados e envolvidos e também não apresentam claramente os benefícios e melhora na qualidade de vida da comunidade;
- Percepção do público e aceitação – enquanto a aceitação do reúso não potável (irrigação de áreas verdes, por exemplo) tem aceitação praticamente unânime, a possibilidade de reúso potável indireto ainda sofre reações negativas, o que levou a crer que pesquisas devem ser realizadas a respeito

dos fatores psicológicos que levam a resistência do público quanto à aceitação desta possível fonte de água potável;

- Carência de padrões e normas – as normas a respeito da aplicação da técnica de reúso variam drasticamente entre os vários países que a adotam. Por exemplo, nos Estados Unidos não existe uma padronização nacional e na Europa não existe uma norma que possa ser aplicada para todo o continente.
- Cobrança pela água de reúso – existe aqui um dilema. A água de reúso não pode ser cobrada pelo seu real valor, normalmente mais caro do que a água potável, porque os consumidores não iriam querer pagar por isso, por outro lado, a água que não é cobrada gera usos ineficientes.

Em desacordo com a afirmação do autor, o custo da água de reúso depende da quantidade e qualidade da água disponível e também dos padrões restritivos para lançamento do efluente tratado nos corpos d'água da região. O atendimento aos padrões de lançamentos torna obrigatório o tratamento por vezes avançado do efluente, o que pode viabilizar a implantação da técnica de reúso em substituição ao tratamento e descarte somente.

- Tecnologias – As tecnologias devem ser compatíveis com a aplicação pretendida. A sugestão a partir desta pesquisa foi a de compilar os 100 tratamentos de maior sucesso instalados no mundo e compatibiliza-los com as possíveis aplicações do reúso.
- Economias alcançadas com a prática do reúso – até o momento, nenhuma análise rigorosa foi realizada contemplando os benefícios sociais e financeiros e comparando-os com os custos sociais e financeiros desta prática. Tipicamente, os projetos de reúso são baseados nos custos e benefícios financeiros e os benefícios não-monetários como a proteção ambiental, não é contabilizada.
- Segurança química e micro-biológica – o maior desafio atual é aplicar tecnologias de remoção de produtos químicos exóticos como os disruptores endócrinos e a inativação dos patógenos microbióticos. Pesquisas precisam ser feitas com estes compostos, especialmente com os compostos ativos

farmacêuticos. Pesquisas também precisam ser feitas com membranas e biodigestores.

Já Salgot (2006) atribui o pouco sucesso na difusão desta prática na Europa a alguns aspectos:

- Pouco conhecimento dos riscos associados a esta prática;
- Pouca aplicação do Princípio da Precaução pelas agências de água;
- Dificuldades na avaliação da qualidade da água de reúso em tempo real;
- Dificuldades na implementação de metodologias científicas nos estudos epidemiológicos;
- Mau gerenciamento dos aspectos sociais (aceitabilidade e marketing) relacionados à prática;
- Indefinição dos cientistas quanto aos níveis aceitáveis dos parâmetros de qualidade a serem aplicados;
- A falta de planejamento integrado e gerenciamento através de bacias hidrográficas;
- Elevado custo dos tratamentos de esgoto disponíveis e falta de indicadores de desempenho das estações de tratamento;
- Falta de padronização de procedimentos e indefinição de competências entre os agentes do governo para tratar do assunto reúso.

Asano et al. (2007) apontam alguns fatores favoráveis ao avanço na implementação do reúso:

- A água de reúso já está disponível nas regiões urbanas, aonde os recursos hídricos são mais necessários e possuem o maior custo;
- A água de reúso provém de uma fonte confiável, pois mesmo em tempo de seca, a produção de efluente urbano permanece praticamente constante;
- Processos de tratamento de efluente técnica e economicamente provados estão disponíveis para prover água para aplicações não potáveis e podem até produzir água de qualidade que atinge os padrões de potabilidade.
- Os sistemas de reúso de água não potável estão em operação há mais de quatro décadas sem nenhum impacto registrado na saúde pública nos Estados Unidos e em outros países desenvolvidos;

- A responsabilidade fiscal, através do crescente reconhecimento dos gerenciadores de água e esgoto dos benefícios econômicos e ambientais no uso de efluente tratado;
- Conscientização quanto aos impactos ambientais provocados pelo uso excessivo dos recursos hídricos e interesse público quanto à prática do reúso de água;
- Reconhecimento dos grandes custos econômicos e ambientais das formas tradicionais de armazenamento de água em represas e barragens;
- O número crescente de casos de sucesso nos projetos de aplicação da técnica de reúso por todo o mundo;
- A cobrança pelo uso da água;
- Padrões de lançamentos de efluentes cada vez mais restritivos;
- A existência de períodos de seca, diminuição no fornecimento de água, prevenção de invasão de águas salinas e restrições no lançamento de efluentes, somados às condições técnicas, econômicas e políticas favoráveis ao tratamento e reúso do efluente.

Perspectivas para o Brasil

No Brasil a prática do reúso necessita de mecanismos para institucionalização e regulamentação e também de políticas de incentivo.

Com a implementação das estruturas de outorga e cobrança pelo uso da água captada e despejada novamente no meio ambiente, as indústrias são as grandes interessadas em adotar a prática do reúso, pois não podem repassar estes custos ao consumidor final. Segundo o presidente da FIESP/CIESP (FIESP; CIESP, 2004 p.5), as empresas de grande porte já estão implantando esta prática, pois dispõem de condições técnicas e financeiras para tanto, no entanto as micro e pequenas empresas necessitam de apoio e orientação para adotarem tal prática.

Já na área agrícola, o reúso tem sido implantado, mas com pouca preocupação e conhecimento a respeito dos cuidados com a saúde, meio ambiente e práticas agrícolas adequadas.

As incorporação da filosofia do reúso de água nos planos nacionais de gestão dos recursos hídricos e desenvolvimento agrícola é de fundamental importância para regiões áridas e semi-áridas (HESPANHOL, 2003).

Para Hespanhol (2003), são necessárias algumas ações para a promoção e regulamentação da prática do reúso de água no território nacional:

- Estabelecimento de uma política, definindo objetivos e metas, modalidades, áreas prioritárias e condições locais e regionais;
- Estabelecimento de um arcabouço legal, incluindo diretrizes, padrões e códigos de prática e um arcabouço regulatório, incluindo atribuições, responsabilidades, incentivos e penalidades;
- Definição de critérios de tratamento e tecnologias adequadas às características climáticas, técnicas e culturais do nosso país;
- Estabelecimento de critérios para a avaliação econômico-financeira;
- Estabelecimento de programas para informação, educação ambiental e participação pública nos programas e projetos;
- Estabelecimento de um sistema de monitoramento, avaliação e divulgação dos programas nacionais e locais.

Segundo Costa (2007), é requisito básico a coerência dos paradigmas burocráticos, agilidade da política institucional e integração nas organizações públicas e privadas, em empenho conjunto ao setor educacional, numa ampla ação que vai se refletir na conduta de cada indivíduo e conseqüente adequação mercadológica.

2.5 SAÚDE AMBIENTAL E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO

O uso sustentável da água de reúso requer a adesão a três princípios:

- Não comprometimento da saúde pública e da saúde ambiental;
- Implementação de um gerenciamento de risco com enfoque preventivo;
- A aplicação de medidas de controle e requisitos de qualidade da água deve estar atrelada à origem da água de reúso e ao seu uso pretendido. (EPHC, 2005)

Segundo a análise de Crook, Okun e Pincince (1994), a saúde pública é protegida através:

- da redução da concentração de bactérias patogênicas, parasitas e vírus entéricos presentes no efluente tratado;
- do controle de componentes químicos específicos no efluente tratado;
- da limitação na exposição (contato, inalação, ingestão) do público com a água tratada.

Os componentes mais preocupantes, presentes nos esgotos, podem ser divididos em: biológicos e químicos, sendo os químicos divididos em orgânicos e inorgânicos.

Vários tipos de microrganismos podem estar presentes nos efluentes domésticos, devido principalmente às fezes e urina de pessoas contaminadas.

Os patógenos são classificados em três grandes grupos: vírus, bactérias e parasitas (protozoários e helmintos).

A existência de altas concentrações de patógenos nos efluentes domésticos e nos efluentes parcialmente tratados pode ser verificada no Manual da Organização Mundial de Saúde (WHO, 1989) – Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture.

A ocorrência, concentração e tipo de patógenos podem variar substancialmente de acordo com a origem do esgoto (doméstico, municipal ou industrial), da saúde da população e da habilidade dos agentes infecciosos de sobreviver fora do hospedeiro. Após o tratamento do esgoto, a habilidade do agente infeccioso de causar doenças em humanos ou animais, dependerá da concentração de patógenos restante no efluente tratado e seu potencial de infecção, a

suscetibilidade do potencial hospedeiro e o grau de contato deste com a água de reúso. Os grupos considerados de maior risco são os muito jovens, idosos, grávidas e aqueles que possuem baixa imunidade (QUEENSLAND EPA, 2005 p.36).

Nos Estados Unidos, os componentes da água de reúso que receberam a maior atenção foram os vírus entéricos devido a sua capacidade de infecção em baixa dosagem, longa sobrevivência no ambiente, dificuldades de monitoramento e a baixa eficácia em sua remoção e inativação através de tratamentos convencionais de efluentes (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Asano (1998 p.637), exceto quando utilizado o esgoto bruto ou efluente primário diretamente no solo, nunca houve casos de doenças infecciosas resultantes da prática de reúso de água. Apesar de nem sempre ser necessária a água de reúso sem patógenos, a prática geral é prover água com qualidade apropriada para o melhor uso possível em uma comunidade.

Os principais meios de contato entre os humanos e os patógenos presentes na água de reúso são:

- ingestão direta de água contaminada, gotículas ou aerossóis;
- ingestão direta de alimento contaminado com patógenos presentes na água de reúso;
- ingestão indireta de patógenos através de contato da boca com dedos ou objetos contaminados;
- inalação direta de gotículas ou aerossóis contaminados;
- contato direto com pele, olhos e ouvidos;
- adsorção dermal.

A análise dos riscos pode ser realizada através de estudos epidemiológicos, que estuda os fatores de exposição e a ocorrência de doenças em humanos, ou a partir de modelos analíticos de estimativa da exposição humana e a probabilidade de resposta do ser humano a essa exposição.

2.5.1 Análise de riscos

Segundo Metcalf & Eddy (2003), sempre que uma ação ambiental tiver o potencial de ocasionar algum prejuízo à saúde dos seres vivos, análises de riscos são utilizadas para quantificar os riscos correspondentes. A análise de riscos é composta de uma avaliação dos riscos e posterior gerenciamento destes riscos.

Conforme conceitos apresentados no Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos da CETESB (2003), temos que:

Análise de Riscos: estudo quantitativo de riscos, baseado em técnicas de identificação de perigos, estimativa de frequências e conseqüências, análise de vulnerabilidade e na estimativa de risco;

Avaliação de Riscos: processo onde os resultados da análise de riscos são utilizados para a tomada de decisão, através de critérios comparativos de riscos, para definição da estratégia de gerenciamento dos riscos;

Gerenciamento de Riscos: processo de controle de riscos compreendendo a formulação e implantação de medidas e procedimentos técnicos e administrativos que tem por objetivo prevenir, reduzir e controlar os riscos;

Risco: medida de danos à saúde humana, resultante da combinação entre a frequência de ocorrência e a magnitude das perdas ou danos (conseqüências).

A Avaliação de Risco acontece em quatro etapas (METCALF & EDDY, 2003):

- Identificação dos Perigos
- Avaliação da Exposição
- Avaliação da Dose/Resposta
- Caracterização do Risco

Identificação dos Perigos

Esta etapa envolve analisar a evidência disponível e determinar se a substância ou componente apresenta perigo de efeitos adversos à saúde humana ou impactos inaceitáveis ao meio ambiente.

Avaliação da Exposição

A exposição é o processo pelo qual um organismo entra em contato com um perigo, e consequentemente em risco de contaminação. Para o ser humano, a exposição pode ocorrer de várias maneiras, incluindo inalação pelo ar, ingestão de água ou comida, absorção pelo contato da pele através de radiações.

As etapas principais para uma avaliação de exposição são: identificação de uma população receptora potencial, avaliação dos meios e rotas de exposição e a quantificação da exposição.

Avaliação da Dose Resposta

O principal objetivo desta avaliação é definir a relação (tipicamente matemática) entre a quantidade de componente tóxico e o risco que pode representar esta dose em um humano.

Caracterização do Risco

A caracterização envolve a integração das avaliações de exposição e dose-resposta para obter as quantidades prováveis que podem ocasionar efeitos em humanos para uma série de condições de exposição.

O Gerenciamento de Risco envolve o desenvolvimento de padrões e diretrizes e estratégias de gerenciamento para componentes específicos incluindo agentes tóxicos e infecciosos. Assim, alguns elementos importantes para a gestão de risco à saúde são: avaliação de alternativas, seleção, projeto e implementação, monitoramento e revisão.

Gerenciamento de Risco Ecológico

O Gerenciamento de Risco Ecológico é similar ao gerenciamento de risco para os humanos, onde os efeitos de exposição ecológica a um ou mais estressores são avaliados. Um estressor pode ser uma substância, circunstância ou energia que pode causar um efeito adverso no sistema biológico.

A fauna e flora, localizadas nas áreas que recebem a água de reúso, não devem ser impactadas negativamente.

Na tabela abaixo estão listados os principais componentes preocupantes na utilização da água de reúso que podem impactar o meio ambiente.

Tabela 2.5.1.1 – Componentes preocupantes quanto aos impactos ao meio ambiente na utilização da água de reúso

Componente	Parâmetro mensurável	Razões para preocupação
Sólidos suspensos (SS)	SS, incluindo sólidos voláteis e fixos	Os sólidos suspensos podem servir como escudo para os desinfetantes, formar depósitos de lodo desenvolvendo condições anaeróbias em ambientes aquáticos onde o efluente é despejado.
Orgânicos biodegradáveis	DBO, DQO, COT	Diminuição das fontes de oxigênio, e conseqüente desenvolvimento de condições sépticas
Nutrientes	Nitrogênio, Fósforo, Potássio	Estes nutrientes quando descartados em ambiente aquático, podem promover o crescimento de vidas aquáticas indesejáveis e quando em quantidade excessiva podem poluir as águas subterrâneas. Algumas cianobactérias podem produzir toxinas que provocam doenças quando ingeridas ou inaladas
Orgânicos estáveis	Compostos específicos. Ex. pesticidas, hidrocarbono-clorados	Resistentes aos métodos convencionais de tratamento, estes compostos tóxicos podem limitar a aplicação da água tratada na irrigação e outras aplicações
Concentração Íon Hidrogênio	pH	O pH do efluente influencia a desinfecção, coagulação, solubilidade dos metais e a alcalinidade do solo
Metais pesados	Elementos específicos. Ex. Cd, Zn, Ni e Hg	Alguns metais pesados se acumulam no ambiente e nos animais, portanto podem limitar a aplicação da água tratada na irrigação e outras aplicações
Inorgânicos dissolvidos	Sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, elementos específicos (ex. Na, Ca, Mg, Cl, B)	A salinidade excessiva pode danificar plantações. Íons específicos como o cloro, sódio e boro são tóxicos para algumas plantações. O Sódio pode acarretar problemas de permeabilidade do solo.
Cloro Residual	Cloro livre e combinado	Quantidade excessiva de cloro livre pode provocar a queima de folhas e danificar algumas culturas sensíveis. Existe a preocupação de contaminação de águas subterrâneas pelos orgânoclorados

Fonte: Adaptado de Asano et al. (2007).

Para Metcalf & Eddy (2003 p.1375) as principais limitações para as avaliações de risco no reúso de água são:

- a natureza relativa das avaliações de risco praticadas atualmente;
- inadequada consideração das infecções secundárias em uma avaliação de risco microbiológica e
- a limitada disponibilidade de dados de dose-resposta.

Devido à impossibilidade de determinação do risco absoluto, no atual estágio de conhecimento, riscos relativos à saúde devem ser adotados para a gestão de práticas seguras e validação de aplicações alternativas no reúso de água.

Na avaliação de riscos, o risco é determinado, gerenciado e comunicado com ênfase especial em microbiologia, já o sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) reduz os riscos associados, através de medidas preventivas.

Esta ferramenta, assim como outras relacionadas a estudos ambientais (análise de ciclo de vida, sistema de suporte de decisões, boas práticas de reúso, avaliação de impactos ambientais), foi desenvolvida para outro propósito, mas está sendo reformulada para adaptação nas práticas de reúso (SALGOT, 2006).

2.5.2 Metodologia APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle)

O APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) ou HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) é um sistema preventivo que foi desenvolvido para produção de alimentos seguros à saúde do consumidor, constituindo uma poderosa ferramenta de gestão para o efetivo controle dos perigos.

O Sistema APPCC foi oficializado no Brasil pela ABNT e INMETRO, através da norma NBR 14.900 em 2002. Este Sistema foi elaborado baseado nos requisitos da norma ISO 9.001:2000, assim como a mais recente norma de Segurança Alimentar – ISO 22.000:2005.

O sistema APPCC consiste em uma seqüência sistemática de passos com o objetivo de identificar, avaliar e controlar os perigos de contaminação de um alimento desde a sua fabricação até o consumo final (IAMFES, 1997).

A Análise de Perigos permite identificar no fluxograma do processo, áreas suscetíveis que podem contribuir para um risco potencial, possibilitando a determinação de Pontos Críticos de Controle que devem ser monitorados para garantir a segurança do produto.

Segundo definições da NBR 14.900 (ABNT, 2002):

Perigo é um agente de natureza biológica, física, química ou condição do alimento com o potencial de causar um efeito de saúde adverso;

Ponto Crítico de Controle (PCC) é a etapa no processo onde um controle deve ser aplicado, essencial para prevenir, eliminar ou reduzir a um nível aceitável um perigo à segurança de alimentos;

Risco é a probabilidade de ocorrência de um perigo.

O Sistema APPCC consiste em sete princípios básicos, conforme descrito abaixo (ABNT, 2002):

- Princípio 1 – Análise dos Perigos e Medidas Preventivas
- Princípio 2 – Identificação dos pontos críticos de Controle do processo
- Princípio 3 – Estabelecimento de Limites Críticos
- Princípio 4 – Estabelecimento de procedimentos de Monitoração
- Princípio 5 – Estabelecimento de Ações Corretivas
- Princípio 6 – Estabelecimento de procedimento de Verificação
- Princípio 7 – Estabelecimento de procedimento de Controle de Registros

O APPCC é sistema de gerenciamento de risco preventivo que oferece um excelente panorama para avaliação da segurança, gerenciamento preventivo da qualidade e implementação de sistemas de monitoramento no contexto de reúso de água e produção de água potável (DEWETTINCK et al., 2001).

Havelaar apud Dewettinck (2001 p.32) foi o primeiro a descrever a aplicação do APPCC no abastecimento de água potável. Ele considerou que os principais perigos microbiológicos em um sistema de suprimento de água potável são: a poluição das fontes de água bruta, recontaminação das instalações de armazenamento e distribuição pela água tratada e o crescimento de patógenos nas águas brutas e tratadas.

A correta identificação dos Pontos Críticos de Controle (PCC) é uma fase muito importante no processo de controle e o monitoramento será baseado neles.

Na tabela abaixo podemos observar os Pontos Críticos de Controle identificados no estudo de caso da companhia de água Veurne-Ambacht, na Bélgica.

Tabela 2.5.2.1 - IWVA PCCs - Perigos, estratégias de monitoramento e ações corretivas

PCC	Estágio do processo	Perigo	Monitoramento	Ação corretiva
1	Micro-filtração	Ruptura da membrana	- Contagem de partículas - Condutividade	- Parar módulo - substituir a membrana danificada
2	Osmose Reversa	Desintegração da membrana	- Contagem de partículas - Condutividade	- Parar módulo - substituir o cartucho
3	Ultravioleta	Absorção pela camada de Sólidos Suspensos	- Turbidez - transmitância UV	- alimentação direta - checar micro-filtração
		Diminuição da potência da lâmpada	- corrente da lâmpada - idade da lâmpada	- substituir lâmpada
4	Rede de distribuição	Recontaminação	- Diferenças de pressão	- isolar parte do sistema; purgar

Fonte: Intermunicipal Water Company of Veurne-Ambacht (IWVA)-Belgium – Dewettinck et al. (2001)

2.5.3 APPCC e o reúso de água

Segundo Huerta et al. (2006), um sistema de gerenciamento de risco preventivo como o APPCC é o mais adequado para aplicação nas práticas de reúso de água e oferece diferentes benefícios além da segurança e qualidade do produto final, são eles:

- Redução do número de inspeções e análises no produto final, reduzindo o custo econômico;
- Melhor qualidade da água tratada;
- Instrumento de avaliação da eficiência dos processos de tratamento de esgoto;
- Realização do controle durante o processo, obtendo informações em tempo real, permitindo que as ações corretivas possam ser aplicadas imediatamente quando o perigo aparece.

Todos os perigos que possam ocorrer devem ser considerados. Os PCCs são os pontos caracterizados como realmente críticos à segurança, devendo ser restritos ao mínimo e indispensável.

Na área de reúso de água os perigos e respectivos pontos críticos de controle seriam, por exemplo, ligações cruzadas entre as redes de água potável e de reúso, possibilitando a ingestão de água não potável; a ineficiência do sistema de tratamento das águas residuárias com potencial contaminação dos usuários e também a poluição dos cursos d'água e outros pontos a serem estudados em cada fase da implantação do sistema.

A utilização de uma Árvore Decisória (figura 07) auxilia na determinação se uma etapa qualquer é um PCC para um perigo anteriormente identificado ou se é necessário modificar alguma etapa, processo ou produto. Pode ocorrer de mais de um perigo ser controlado em um mesmo PCC ou mais de um PCC ser necessário para controlar um único perigo.

Figura 07 – Árvore Decisória
Fonte: IAMFES (1997)

Huertas et al. (2006) ressalta a importância de identificar corretamente os PCCs e sugere alguns pontos críticos de controle considerando os aspectos de saúde sanitária, aspectos técnicos do tratamento de esgoto e os impactos no meio ambiente (figura 08).

Figura 08 – Possíveis PPCs em sistemas de reúso de água
Fonte: adaptado de Huertas et al. (2006).

3 METODOLOGIA

Através de pesquisa bibliográfica em artigos científicos, consulta a livros e revistas técnicas especializadas sobre o assunto e estudo das práticas de reuso bem sucedidas existentes no Brasil e no mundo, foi elaborada uma proposta de diretrizes para a aplicação da prática de reuso em condomínios residenciais.

Um estudo de caso foi adotado para a elaboração desta proposta. O estudo de caso foi desenvolvido no Residencial Valville I, localizado na cidade de Santana do Parnaíba/SP, onde foram realizadas visitas no local, e analisados os projetos, memoriais, relatórios de consultoria do CIRRA e relatórios de licenciamento do empreendimento junto ao órgão ambiental.

Para cada tipo de reuso identificado como aplicável em condomínios residenciais, foram avaliados os possíveis perigos através da metodologia de gerenciamento de riscos: APPCC – Avaliação de Perigos e Pontos Críticos de Controle.

Com base nos perigos e pontos críticos de controle identificados e também no Plano de Monitoramento da prática de reuso, elaborado para o Residencial Valville I, foram propostas as diretrizes para a aplicação da prática de reuso em condomínios residenciais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após pesquisas bibliográficas, investigações quanto às práticas de reúso existentes e análises dos perigos potenciais no uso das águas servidas tratadas, constatou-se que o uso adequado no caso de condomínios residenciais é o reúso de água para fins não potáveis.

4.1 Reúso de água em condomínios residenciais

O setor imobiliário está em um período de franca expansão, com investimentos principalmente na construção de condomínios. Estes empreendimentos podem ser verticais: como edifícios, e horizontais: no caso de loteamentos. Para ambos os casos, a infra-estrutura de saneamento existente pode não atender a demanda satisfatoriamente ou apresentar alto custo de tarifas. Como alternativa para essa situação aparecem propostas de reutilização destas águas com tratamentos próprios. (MIERZWA et al., 2006)

Segundo Mancuso (2005 p.177), o reúso de água nesses empreendimentos é facilitado pela presença dos seguintes fatores:

1. Possibilidade do emprego somente de esgoto doméstico, sem a presença de contaminação por efluentes industriais que podem ser de difícil tratamento ou de tratamento não economicamente viável;
2. Facilidade do engajamento dos usuários no programa através de palestras, solicitações de sugestões, distribuição de material de apoio e outros mecanismos de envolvimento;
3. Existência de áreas verdes (jardins de propriedade dos condôminos ou de propriedade do empreendimento) que necessitam de irrigação;
4. Possibilidade de planejamento na fase de projeto: todo sistema de reúso de água implica na construção de estações de tratamento, sistemas elevatórios, linhas de distribuição de água de reúso separada da linha de distribuição de água potável e reservatórios de água de reúso, a execução dessas unidades em empreendimentos

já implantados requer altos investimentos, podendo, em alguns casos, ser impraticável;

5. Existência de corpo de água receptor protegido por classificação restritiva na legislação de proteção dos recursos hídricos que condiciona o efluente a ser despejado à classe do corpo receptor. Assim, pode haver casos em que o nível de qualidade desejável seja tão alto, e como consequência o tratamento tão caro, que o descarte zero seja a única saída.

Segundo estudo realizado por Mierzwa et al. (2006), as Tabelas 2.4.3.1 e 2.4.3.2 apresentam diferentes distribuições de consumo e frequências em residências de empreendimentos horizontal e vertical.

Tabela 4.1.1 – Composição de consumos em empreendimento horizontal

Uso	Frequência	Consumo específico	Distribuição (%)
Bacia sanitária	4 vezes/dia.hab.	6 L/uso	7%
Banho	10 min/dia.hab	18 L/min	55%
Lavatório	5 min/dia.hab	10 L/min	15%
Cozinha (pia)	15 min/dia	8 L/min	9%
Outros usos	15 min/dia	8 L/min	9%
Irrigação	2 L/m ²	150 m ²	3%
Total			100%

Fonte: Mierzwa et al. (2006).

Tabela 4.1.2 – Composição de Consumos em empreendimento Vertical

Uso	Frequência	Consumo específico	Distribuição (%)
Bacia sanitária	4 vezes/dia.hab.	6 L/uso	8%
Banho (ducha)	10 min/dia.hab	18 L/min	61%
Lavatório	5 min/dia.hab	10 L/min	17%
Cozinha (pia)	15 min/dia	8 L/min	10%
outros usos	5 min/dia	8 L/min	3%
Irrigação	2 L/m ²	450 m ²	0%
Total			100%

Fonte: Mierzwa et al. (2006).

Existem duas opções de tratamento para reúso: o tratamento das águas cinzas (greywater) ou de todo o esgoto coletado (blackwater).

Os diversos tipos de efluentes domésticos e respectivas composições são apresentados na tabela 4.1.3 a seguir.

Tabela 4.1.3 – Código de cores dos efluentes

Tipo	Composição
Preto (blackwater)	Todos os efluentes domésticos misturados
Cinza escuro	Banho, cozinha e lavatório
Cinza claro (greywater)	Banho, lavatório e máquina de lavar roupas
Amarelo	Somente urina (mictório)
Marrom	Somente fezes (sem urina)

Fonte: Henze; Ledin (2001)

Mesmo tendo baixa carga orgânica, deve-se considerar que a água cinza contenha diversas contaminações pela grande utilização de uso dos aparelhos hidro-sanitários. Portanto, na alternativa de aproveitamento da água cinza, deverá haver também uma estação de tratamento desse efluente (MIERZWA et al., 2006).

Apesar da afirmação dos autores citados acima, quanto à baixa carga de contaminantes, as características básicas das águas cinzas originadas em edifício residencial, apresentadas na tabela 4.1.4, contradizem tal afirmação.

Tabela 4.1.4 - Características físicas, químicas e bacteriológicas das águas cinzas

Parâmetros	Edifício residencial	WC Masculino Complexo esportivo	WC Feminino Complexo esportivo
Vazão média dos chuveiros (L/s)	0,058	0,074	0,049
Vazão média dos lavatórios (L/s)	0,078	0,067	0,093
Coliformes fecais (NMP/100mL)	$1,1 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$	$3,6 \times 10^5$
Coliformes totais (NMP/100mL)	$>1,6 \times 10^5$	$>1,6 \times 10^5$	$>1,6 \times 10^5$
Óleos e graxas (mg/L)	18,2	14,8	26,7
pH	7,11	6,91	7,10
DBO (mg/L)	258	174	384
DQO (mg/L)	470	374	723
Sólidos suspensos (mg/L)	180	100	188
Alcalinidade (mg/L)	6,7	5,0	8,2
Surfactantes (mg/L)	2,18	1,46	3,42
Contagem bacteriológica (UFC/mL)	$8,5 \times 10^5$	3×10^5	$8,5 \times 10^6$
Cloretos (Cl^- mg/L)	26,9	14,7	29,4
Nitrato (NO_3^- mgN/L)	27,5	1,52	4,09
Nitrito (NO_2^- mgN/L)	<0,003	0,027	0,489
Fósforo total (mg/L)	0,43	0,31	1,79
Turbidez (UNT)	340,7	373,2	297,2
Dureza Total (CaCO_3 mg/L)	5,7	13,6	10,7
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	125,9	105,8	222

Fonte: Santos e Zabracki (2003); Fonini, Fernandes e Pizzo (2004) apud (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005).

Entre as principais possibilidades de aplicação da água de reúso em um condomínio, ou em um edifício, destacam-se: descargas em bacias sanitárias, regas de parques e jardins e campos esportivos, lavagens de pisos, pátios e ruas e

lavagens de veículos. As principais características da água para esses usos estão relacionadas na tabela abaixo.

Tabela 4.1.5 – Características da água de reúso necessárias para os respectivos usos

USOS	CARACTERÍSTICAS
Para descarga sanitária	<ul style="list-style-type: none"> - ausência de odores; - ausência de óleos e graxas; - não formação de espumas; - ausência de cor e turbidez; - não manchar as louças sanitárias; - impossibilidade de contaminação dos usuários pela formação de aerossóis na operação da descarga, ou durante a higienização dos vasos.
Para rega de parques e jardins e de campos esportivos	<ul style="list-style-type: none"> - ausência de odores; - ausência de óleos e graxas; - não formação de espumas; - ausência de cor e turbidez; - impossibilidade de contaminação dos usuários pela formação de aerossóis na operação aspersão, ou pelo contato com as plantas irrigadas; - impossibilidade de causar prejuízo ao solo; - impossibilidade de causar prejuízo às plantas; - impossibilidade de causar prejuízo ao lençol freático.
Para lavagem de pisos, pátios e de ruas	<ul style="list-style-type: none"> - ausência de odores; - ausência de óleos e graxas; - não formação de espumas; - ausência de cor e turbidez; - impossibilidade de causar prejuízo ao lençol freático.

Fonte: Mancuso (2005)

Nas diretrizes americanas para utilização da água de reúso (USEPA, 2004), são apresentados os parâmetros mais importantes para a qualidade da água e os respectivos valores desejáveis para a água de reúso (Tabela 4.1.6).

Tabela 4.1.6 – Resumo dos parâmetros importantes para a qualidade da água de reúso não potável - urbano e irrigação (continua)

Parâmetro	Importância para a água de reúso	Media em efluentes de tratamentos secundários	Nível de tratamento desejável em água de reúso
SST (mg/L)	Medição de partículas. Pode estar relacionado com contaminação	5 – 50	< 5 – 30
Turbidez (UNT)	microbiológica. Pode interferir com a desinfecção. Entupimento de sistemas de irrigação. Deposição.	1 – 30	< 0.1 – 30
DBO ₅ (mg/L)	Substrato orgânico para o crescimento	10 – 30	< 10 – 45
DQO (mg/L)	microbiológico. Pode favorecer o ressurgimento de bactérias no sistema	50 - 150	< 20 – 90
COT (mg/L)	de distribuição e entupimento por microrganismos.	5 - 20	< 1 – 10

Tabela 4.1.6 – Resumo dos parâmetros importantes para a qualidade da água de reúso não potável - urbano e irrigação (conclusão)

Parâmetro	Importância para a água de reúso	Media em efluentes de tratamentos secundários	Nível de tratamento desejável em água de reúso
Coliformes totais (UFC/100mL)	Medição do risco de infecção devido a potencial presença de patógenos. Pode favorecer o crescimento biológico e entupimentos nos sistemas de resfriamento.	< 10 - 10 ⁷	< 1 -200
Coliformes fecais (UFC/100mL)		< 1 – 10 ⁶	< 1 – 10 ³
Ovos de helmintos (nº/l)		< 1 - 10	< 0.1 – 5
Vírus (nº/L)		< 1 - 100	< 1/50
Metais pesados (mg/L)	Elementos específicos (Cd, Ni, Hg, Zn, etc.) são tóxicos para as plantas e existem concentrações máximas para a irrigação.	-	< 0.001 (Hg) < 0.01 (Cd) < 0.1 – 0.02 (Ni)
Inorgânicos (mg/L)	Alta salinidade e boro (>1 mg/L) são prejudiciais para a irrigação.	-	< 450 SDT
Cloro residual (mg/L)	Previne o ressurgimento de bactérias. Quantidades excessivas de cloro livre (>0.05) podem danificar algumas culturas sensíveis	-	0.5 - > 1
Nitrogênio (mg/L)	Fertilizante para a irrigação. Pode contribuir para o crescimento de algas,	10 - 30	< 1 – 30
Fósforo (mg/L)	corrosão (NH ₄) e incrustações (P).	0.1 - 30	< 1 - 20

Fonte: Adaptado de Lazarova (2001); Metcalf & Eddy (1991); Pettygrove e Asano (1985) apud USEPA (2004).

Na Tabela 4.1.7 são apresentados os valores dos parâmetros de qualidade de água para reúso urbano e irrigação, adotados em diversos países.

Para efeito de comparação com os limites de qualidade de água, estabelecidos nas normas, são apresentados na Tabela 4.1.8, os valores dos parâmetros de qualidade da água potável e das águas superficiais. Deve-se realizar a comparação dos limites de qualidade da água de reúso com os limites de qualidade de água inicialmente disponível.

Tabela 4.1.7 – Limites de qualidade para a água de reúso urbano e irrigação

Parâmetros	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
Coliformes fecais	< 1 – 10 ³ (UFC/100mL)	-	< 200 NMP/100mL	Não detectáveis	-	-
Coliformes totais nº/100mL	< 1 - 200 (UFC/100mL)	-	-	-	-	-
DBO (mg/L)	< 10 – 45	20	-	≤ 10	-	10
DQO (mg/L)	< 20 – 90	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes (NMP/mL)	-	-	-	-	-	2.2 (nº/100mL)
pH	8 - 9	6 – 8,5	6 - 8	6 - 9	6	6 – 8,4
Turbidez (UNT)	< 0.1 –	< 2 - 5	< 5	≤ 2	-	1
Cloro residual (mg Cl ₂ /L)	0.5 - > 1	0.2 – 0.5	0,5 - 1,5		< 1	-
SDT Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	-	< 1000	< 200	≤ 500	500-2000	-
Sólidos Suspensos Totais - SST (mg/L)	< 5 - 30	5	-	≤ 5	-	10
Cloretos (mg/L)	-	-	-	-	-	280
Oxigênio dissolvido (mg/L)	80 - 120	-	-	-	-	-
Ovos helmintos (nº/l)	< 0.1 - 5	-	-	-	-	-
Dureza (CaCO ₃)	-	-	-	-	-	-
Amônia (NH ₃)	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	-	-	-	< 10	-	10
Nitrogênio amoniaco (mg/L)	-	-	-	≤ 20	-	-
Nitrito (mg/L)	-	-	-	≤ 1	-	-
Nitrogênio (mg/L)	< 1 - 30	-	-	—	-	-
Fósforo (mg/L)	< 1 - 20	-	-	≤ 0,1 tot.	-	-
Odor	-	-	-	Não desagrad.	-	-
Cor		-	-	≤ 10 uH	-	-

Fontes:

(A): Estados Unidos - USEPA (2004) - Guidelines for Water Reuse

(B): Queensland / Austrália - Queensland EPA (2005) - Queensland Water Recycling Guidelines – Classe A

(C): Brasil - ABNT (1997) - NBR 13969 Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição dos efluentes líquidos – Reúso Local - Classe 1

(D): Brasil – ANA;FIESP;SINDUSCON (2005) – Conservação e Reúso da Água em Edificações - Reúso Classe 1

(E): Estados Unidos - USEPA (2004) – Limites recomendados para água de reúso para irrigação. Adaptado de Rowe e Abel-Magid (1995)(F): Arábia Saudita – USEPA (2004) – Padrões de qualidade da água para irrigação irrestrita na Arábia Saudita

Tabela 4.1.8 – Limites de qualidade da água potável e águas superficiais

Parâmetros	CONAMA 357		Portaria M.S. nº 518
	Classe 1	Classe 2	potabilidade
Coliformes totais n°/100mL	-	-	ausente
DBO (mg/L)	3	5	-
Coliformes termotolerantes (NMP/mL)	200	1000	Ausente / 100mL
pH	6 - 9	6 - 9	6 – 9,5
Turbidez (UNT)	40	100	< 5 e 0,5 (90%)
Cloro residual (mg Cl ₂ /L)	-	-	0.5
SDT Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500	500	1000
Cloretos (mg/L)	250	250	250
Oxigênio dissolvido (mg/L)	≥ 6	≥ 5	-
Dureza (CaCO ₃)	-	-	500
Amônia (NH ₃) (mg/L)	-	-	1,5 max.
Nitrato (mg/L)	10	10	10
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	3,7	3,7	-
Nitrito (mg/L)	1	1	1
Fósforo (mg/L)	0,025 tot.	0,05 tot.	
Odor	-	-	Não objetável
Cor	-	75 uH	15 uH

Fontes: CONAMA (2005) e MS (2004).

Os limites máximos e mínimos das variáveis de qualidade da água para adoção da prática de reúso no Brasil não serão apresentados neste trabalho, apenas algumas sugestões (Tabela 4.1.9), baseadas nos parâmetros adotados em alguns países, conforme Tabelas 2.4.6.1, 2.4.6.2, 4.1.6, 4.1.7 e 4.1.8.

A utilização dos valores apresentados como parâmetros de qualidade tanto das águas superficiais (CONAMA 357) como padrões de potabilidade (Portaria nº 518) são justificados devido à necessidade de se considerar as características das águas captadas e dos efluentes a partir dos quais se pretende fazer reúso e também se as variáveis estiverem com valores abaixo do estabelecido para usos mais restritivos, como o uso potável, por exemplo, os mesmos valores podem ser recomendados, sem a necessidade de estudos mais aprofundados, como valores de referência para qualidade da água de reúso não potável. Já para os casos onde a qualidade do esgoto disponível está acima do limite estabelecido, por exemplo, organismos patogênicos, as tecnologias disponíveis de tratamento são suficientes para garantir os valores definidos.

A definição destes parâmetros demanda pesquisas mais aprofundadas, levando em consideração as características da fonte de água disponível, características, hábitos e costumes da nossa sociedade, dados de pesquisas epidemiológicas e outros requisitos de saúde pública. Devem-se levar em consideração também os usos pretendidos e aplicáveis da prática de reúso em nosso país. Portanto este deve ser objetivo de outra pesquisa e dissertação futura.

Tabela 4.1.9 – Sugestões de variáveis de qualidade a serem adotados para a água de reúso não potável em condomínios residenciais

Variáveis biológicas	
Coliformes termotolerantes (NMP/mL)	2.2 (nº./100mL)
Coliformes totais	Não detectável / 100mL
DBO (mg/L)	10
Ovos helmintos (nº/l)	≤ 1
Variáveis químicas	
Amônia (NH ₃) (mg/L)	≤ 1,5
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20
Nitrato (mg/L)	< 20
Fósforo (mg/L)	< 1 - 10
Cloro residual (mg/L)	0,5 - 1
pH	7 - 8
Cloretos (mg/L)	250
Dureza (CaCO ₃) (mg/L)	≤ 500
Variáveis físicas	
Turbidez (UNT)	≤ 2
SST (mg/L)	5
SDT (mg/L)	≤ 1000
Cor (uH)	≤ 15 (*)
Odor e aparência	Não desagradáveis

Fonte: elaborada pelo autor

Justificativas para adoção dos valores propostos para as variáveis de qualidade da água de reúso para fins não potáveis

Os organismos patogênicos representam o maior risco de veiculação de doenças infecto contagiosas podendo ser representados pela contagem de coliformes termotolerantes, que para alguns pesquisadores são referenciados como coliformes fecais.

Quando não existe o risco de contato direto ou indireto com a água de reúso, o valor adotado pode ser de 200 NMP/100mL, pois todas as bactérias patogênicas serão destruídas ou reduzidas a níveis insignificantes após a desinfecção. Já quando há a probabilidade de contato direto ou indireto ou conexões cruzadas das tubulações de água potável e água de reúso, o recomendado é adotar o valor de coliformes não detectáveis em frações de 100mL (ASANO, 1998).

No caso específico do reúso de água em condomínios, onde pode haver a contaminação dos usuários e dos funcionários, o valor recomendado deve ser de 2,2 NMP de coliformes tolerantes/100mL, o que também caracteriza a ausência de coliformes.

DBO – O valor de 10 mg/L foi adotado em função da tecnologia disponível, isto é, técnicas de tratamento em geral utilizadas em programas de reúso possibilitarem uma remoção eficiente das substâncias responsáveis pela DBO.

Ovos de helmintos – valor recomendável inferior a 1 ovo/L, segundo as diretrizes da Organização Mundial de Saúde para utilização de água de reúso para irrigação (WHO, 2006).

Nitrogênio amoniacal – O valor máximo aceitável de 20mg/L se deve ao fato de, mesmo sendo um nutriente, não é o nutriente limitante como o fósforo e, portanto pode estar presente nesta proporção. Quando o valor do pH está alto, forma-se então a amônia livre que pode provocar problemas de corrosão nos sistema de resfriamento, em tubulações de cobre, válvulas de latão e também à vida aquática. Para o caso de programa de reúso esta variável não é tão relevante considerando-se que no sistema de tratamento ocorre a sua conversão para nitrato.

Nitrato – Por ser um nutriente, pode provocar o crescimento biológico nos sistemas de resfriamento, por exemplo. Embora o limite apresentado na maioria das consultas seja de 10mg/L, foi considerado que todo o nitrogênio amoniacal será transformado em nitrato e, portanto o valor limite é de 20mg/L. No caso de utilização de sistemas de tratamento específicos este valor pode ser reduzido.

Fósforo – Por ser um nutriente limitante, podendo contribuir para o processo de eutrofização, a adoção de valores entre 1mg/L e 10mg/L se deu pela necessidade de limitar a presença deste nutriente no sistema, evitando assim o florescimento de algas e a formação de biofilmes. Esta variável é considerada mais relevante com relação aos impactos ambientais.

Cloro residual – Segundo recomendações do USEPA (2004), a concentração mínima deve ser 0,5 mg/L para a manutenção da desinfecção e ainda segundo o EPA, adaptado de Rowe e Abdel-Magid (1995), concentrações acima de 5mg/L podem causar danos severos à maioria das plantas.

pH – A faixa de 7 a 8 minimiza a ocorrência de precipitação de carbonatos em valores de pH mais elevados e também reduz o potencial de corrosão por valores baixos de pH. Valores abaixo desta faixa podem prejudicar a desinfecção com cloro.

Cloreto – Segundo MetCalf & Eddy (2004), a faixa entre 75 a 200 mg/L já interfere na agricultura, sendo prejudicial às plantas mais sensíveis. O cloreto também provoca a corrosão em tubulações de aço e possui o limite de 250 para adoção em sistemas de água de resfriamento.

Dureza (CaCO_3) – O valor de 500mg/L é o mesmo adotado para os sistemas de distribuição de água potável (MS, 2004), limite este determinado para não provocar incrustações nas tubulações de água.

Sólidos Suspensos Totais SST / Turbidez – O valor máximo de 5mg/L de SST e turbidez até 2 UNT são considerados critérios de qualidade para a água de reúso antes da desinfecção (ASANO, 1998). Essas variáveis devem ser devidamente controladas por interferirem no processo de desinfecção.

Sólidos Dissolvidos Totais SDT – Os sólidos dissolvidos totais podem provocar corrosão e incrustações nas tubulações e dispositivos hidráulicos. Pode também ser prejudicial às plantas. O valor de 1000 mg/L foi adotado a partir dos parâmetros

adotados para torres de resfriamento e também pela faixa de aceitação entre 500 a 2000 mg/L para água de reúso para aplicação na irrigação (USEPA, 2004).

(*)Cor – Embora o Ministério da Saúde estabeleça como padrão de qualidade o valor de 15 uH, esta variável não é relevante para programas de reúso, uma vez que podem ser utilizados corantes para diferenciar a água de reúso da água potável.

Vírus – Os valores para vírus não foram considerados, pois os mesmos são eliminados ou inativados através de tratamentos de esgoto apropriados que incluem filtração e desinfecção. A presença de SST acima de 5mg/L ou turbidez acima de 2 UNT podem proteger bactérias e vírus ação do agente de desinfecção. Os procedimentos laboratoriais para contagem de vírus são complexos, demorados e onerosos e também existem poucos laboratórios capacitados para a realização destas análises (ASANO, 1998 p.652).

Os valores sugeridos na Tabela 4.1.9, para a maioria das variáveis químicas, podem ser considerados conservativos comparados com as concentrações típicas encontradas nos esgotos domésticos no Brasil.

4.2 Estudo de caso: Residencial Valville I

O loteamento Residencial Valville I está localizado no município de Santana do Parnaíba, Zona Oeste da Região Metropolitana de São Paulo, próximo aos Residenciais Alphaville 11 e Alphaville 12, como mostra a figura 09.

4.2.1 Estudos preliminares e motivação da opção pelo reúso

Os distritos periféricos da Região Metropolitana de São Paulo foram os que tiveram o maior crescimento populacional (vide mapa FIBGE – figura 10), e a Zona Oeste tornou-se, nas últimas décadas, uma das regiões que mais receberam investimentos públicos e privados voltados aos assentamentos habitacionais formais, geralmente de alta renda.

Devido às leis restritivas de uso e ocupação do solo na Região Metropolitana de São Paulo e às frágeis condições dos cursos d'água da região onde seria implantado o empreendimento, optou-se pela aplicação da prática de reúso dos efluentes gerados no local, para a viabilização e aprovação do loteamento junto ao GRAPROHAB em 2001. A adoção da prática de reúso dos esgotos tratados para fins não potáveis foi proposta devido às restrições de qualidade e volume dos efluentes a serem lançados no córrego afluente do córrego Jaguar, único corpo d'água presente na região. O Córrego Jaguar, classificado pela legislação como Classe 2, é um corpo d'água de pequena vazão e baixo poder de diluição e que apresenta, a jusante do ponto de lançamento dos efluentes do residencial Valville, represamentos artificiais com presença de peixes. Os represamentos podem ser observados através da foto aérea do local, Figura 11.

Figura 09 - Mapa de localização do Residencial Valville

Fonte: obtido através do site do empreendimento em www.valville.com.br

Figura 10 – Crescimento demográfico 1991-1996 (%a.a.)
Fonte: FIBGE / Infurb-USP, 1998 (USP, 2005).

Figura 11 – Foto aérea da região com a localização do córrego e represamentos

Fonte: Internet GoogleEarth, acesso em 04/08/07.

O sistema de tratamento de esgotos apresentado e aprovado em 2001, pelo órgão ambiental, foi o de Lodos Ativados, sistema adotado na maioria dos projetos de estações de tratamento de esgoto da época.

Devido aos vários fatores como: a modernização das opções de tratamento de esgoto, à necessidade de operação e manutenção da estação pela própria Associação de moradores, ao grande volume de lodo gerado pelo sistema de lodos ativados, à possibilidade de problemas com odor, à eficiência duvidosa do sistema de lodos ativado para tratamento para reúso de água e à falta de regulamentações e padrões de qualidade para água de reúso; fez-se necessário consultar especialistas no assunto para a definição da melhor técnica a ser adotada. A nova técnica seria apresentada ao órgão ambiental responsável, no caso a CETESB, para nova análise e aprovação.

4.2.2 Escolha do tratamento mais adequado

Para as condições apresentadas para a consultoria, verificou-se que o sistema de tratamento de esgotos a ser implantado deveria atender a dois objetivos específicos:

- Obter esgoto tratado dentro dos padrões estabelecidos nas normas de controle ambiental;
- Garantir que o efluente lançado no corpo receptor não causasse nenhum problema aos lagos localizados à jusante do ponto de lançamento. Remover Nitrogênio e Fósforo.

No caso específico da adoção da prática de reúso, fez-se necessária uma avaliação do tratamento complementar a ser implantado, visando atender aos requisitos de qualidade para os usos pretendidos.

Desta forma foi elaborado um relatório, por meio de consultoria do CIRRA, apresentando as tecnologias de tratamento de esgotos com maior potencial para serem utilizadas no condomínio e contendo a indicação dos parâmetros de qualidade a serem atendidos para a água de reúso.

A consultoria também avaliou as tecnologias de tratamento de esgotos apresentadas por seis empresas do setor de engenharia de saneamento, auxiliando na escolha do processo mais adequado.

Baseado nas condições existentes, os processos mais indicados para o tratamento dos esgotos no condomínio Valville eram os processos aeróbio e combinado. A utilização de um processo exclusivamente anaeróbio, fossas sépticas, por exemplo, não era recomendado em razão da baixa eficiência do sistema de tratamento e limitações de ordem técnica, principalmente pelo volume de esgoto a ser gerado quando da ocupação plena do empreendimento.

Após avaliação preliminar das propostas, foram realizadas várias reuniões no período de 05 a 07 de abril de 2005, com representantes das empresas proponentes, com o objetivo de esclarecer as dúvidas e equalizar as propostas. Nestas reuniões foram especificadas as condições que deveriam ser atendidas, conforme apresentado a seguir:

- Capacidade da estação para acumular a vazão de esgoto gerada na hora de maior consumo de água, para tratamento distribuído ao longo do dia;

- Necessidade de remoção de nutrientes, prevendo remoção biológica de nitrogênio por meio de sistema anóxico e do fósforo por processo físico químico;
- Efluente a ser lançado não deveria apresentar concentração de cloro residual, portanto o processo de desinfecção seria por radiação ultravioleta e apenas a parcela de água de reúso seria clorada;
- Necessidade de acompanhamento da operação e dos problemas decorrentes de falhas de equipamentos;
- Considerar os aspectos relacionados à prática de reúso, descarte de parcela do efluente para o meio ambiente e o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados.

Em relação ao reúso do esgoto tratado para fins não potáveis adotou-se como diretriz a utilização de um corante orgânico na cor azul, para ser adicionado logo após o processo de desinfecção, ressaltando-se que este não deveria apresentar problemas de coloração em louças sanitárias e nem problemas de contaminação do solo ou da água.

4.2.3 Parâmetros de qualidade para a água de reúso

Para a indicação dos padrões de qualidade da água de reúso, primeiramente foi restringida a prática do reúso para fins não potáveis, destacando-se as seguintes aplicações:

- Descarga em bacias sanitárias;
- Irrigação de áreas verdes;
- Lavagem de piso;
- Construção civil;
- Harmonia paisagística.

Para o estabelecimento de padrões de qualidade para prática de reúso foi utilizada a tabela 4.2.3.1 a seguir, para ilustrar os parâmetros a serem considerados e seus respectivos problemas associados.

Tabela 4.2.3.1 - Parâmetros de qualidade da água de reúso e problemas associados

Parâmetro	Problema potencial
Microrganismos patogênicos	Potencial de transmissão de doenças infecciosas
Cor	Problema estético.
Turbidez	Problema estético. Interfere na etapa de desinfecção e pode causar entupimento de dispositivos hidráulicos.
pH	Problemas de corrosão ou incrustação de tubulações e acessórios e pode afetar o desenvolvimento de plantas.
Amônia (NH ₃)	Corrosão de dispositivos em cobre ou latão, outros.
Dureza	Pode resultar em problemas de incrustação, associados ao valor do pH.
Sais Dissolvidos Totais (SDT)	Problemas de corrosão em metais, manchas em veículos e afeta o desenvolvimento de plantas.
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Pode resultar em problemas de mau odor no reservatório de armazenagem ou quando a água é utilizada para irrigação.

Fonte: CIRRA (2005)

As recomendações de parâmetros mínimos de qualidade para a água de reúso foram feitas a partir da associação dos parâmetros recomendados pela USEPA – Agência Americana de Proteção Ambiental (Tabela 4.2.3.2) e pela Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde (Tabela 4.2.3.3) para os parâmetros de dureza, SDT, amônia e odor.

Tabela 4.2.3.2 – Recomendações da USEPA para água de reúso

Parâmetro	Valor recomendado
pH	8 - 9
DBO (filtrada)	≤ 10 mg O ₂ /L
Turbidez	≤ 2,0 UNT
Coliformes termotolerantes	Ausentes em 100 mL
Cloro residual	≥ 1,0 mg Cl ₂ /L

Fonte: USEPA (2004) apud CIRRA (2005)

Tabela 4.2.3.3 – Parâmetros de qualidade da água de reúso com base na portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde (MS)

Parâmetro	Valor recomendado
SDT	≤ 1000 mg/L
Dureza (CaCO ₃)	≤ 500 mg/L
Amônia (NH ₃)	≤ 1,5 mg/L
Odor	Não objetável
Cor ¹	Não objetável

1 – Na portaria nº 518/2004 é especificado o valor de 15 unidades de cor, mas para água de reúso este valor não precisa ser atendido

Fonte: MS (2004) apud CIRRA (2005)

4.2.4 Implantação

A água de reúso a ser utilizada no Residencial Valville tem grande potencial de contato com os usuários. A parcela a ser despejada no curso d'água possui a limitação de presença de nutrientes para evitar o florescimento de algas e eutrofização dos lagos à jusante da Estação de Tratamento. Portanto, a seqüência adotada para o tratamento foi: tratamento primário, secundário com remoção de nitrogênio e o terciário ou complementar que promove a remoção de fósforo e desinfecção com radiação UV e cloro. A adição de cloro será feita somente na parcela de água a ser reutilizada, pois o cloro residual pode provocar danos a algumas espécies de plantas sensíveis e também aos seres vivos através do contato com os subprodutos que se formam a partir da reação do cloro com a matéria orgânica.

Na figura 12 observa-se a seqüência de tratamento empregada no loteamento Residencial Valville I

Figura 12 - Tratamento de esgoto para a prática de reúso no Residencial Valville I
Fonte: Vittorato (2005)

O Sistema de tratamento adotado foi um processo biológico e físico-químico, constituído das seguintes unidades:

Pré-tratamento

- Sistema de pré-tratamento de esgoto bruto contendo: duas grades metálicas, sendo uma média e uma fina, duas caixas de retenção de areia, em paralelo, um medidor de vazão tipo calha Parshall de 3" e caixa de retenção de gordura (fotos Figuras 13 e 14).

Fonte: fotos tiradas pelo autor em 21.02.2008

Tratamento secundário

- Um tanque tipo reator anaeróbio de fluxo ascendente – RAFA, em concreto (Figura 15), com sistema de tratamento de gases, constituído por leito de limalha de ferro e carvão ativado;
- Um tanque anóxico, em concreto (Figura 16);

- Um módulo com dois Filtros Biológicos aeróbios de alta taxa com enchimento plástico, em série, com as respectivas bombas elevatórias e sistema de descarte de lodo (em plástico/fibra de vidro e aço carbono) (Figuras 17 e 18);
- Caixa de recirculação e Câmara de dosagem de PCA (Figuras 19 e 20);
- Decantador (em concreto) com sistema de tratamento químico para remoção de Fósforo, contendo caixa para floculação e dosagem por bomba dosadora de coagulante primário – PCA (Figuras 21 e 22).

Figura 15 – RAFA (subterrâneo) e Lavadores de Biogás (à esquerda)

Figura 16 – Câmara Anóxica (subterrânea)

Figura 17 – Filtros Biológicos

Figura 18 – Divisão dos Filtros e enchimentos

Figura 19 – Caixa de recirculação

Figura 20 – Câmara de dosagem de PCA

Figura 21 – Decantador

Figura 22 – Tanque pulmão para alimentação das bombas dos Filtros

Fonte: fotos tiradas pelo autor em 21.02.2008

Tratamento Terciário

- Um sistema de tanque pressurizado - filtro de areia;
- Um sistema de Desinfecção com lâmpadas luz ultravioleta - UV;
- Um tanque de acúmulo de água tratada;
- Um sistema de desinfecção com cloro e adição de corante na fração de água de reúso encaminhada para o reservatório;
- Um sistema contendo um turbidímetro “on-line” para monitoramento e garantia de um nível de qualidade na corrente de água de reúso, assim como sistema de alarme sonoro em caso de falha de operação.

Casa de máquinas (Figura 23)

- Painéis de comando elétrico (Figura 24);
- Infra-estrutura e instalações para sistema gerador elétrico de emergência;
- Área para armazenamento de produtos químicos, peças sobressalentes e ferramental para manutenção básica da ETE;
- Bomba dosadora de coagulante PCA, para remoção de Fósforo;
- Bomba dosadora de corante para água de reúso;
- Lavatório e sanitário.

Figura 23 – Casa de Máquinas / Cubículo

Figura 24 – Painel de controle da ETE

Fonte: fotos tiradas pelo autor em 21.02.2008

Após passar por todas estas seqüências de tratamento, a eficiência total do sistema e remoção de DBO desejada é de 96,3%, conforme detalhado na Tabela 4.2.4.1 abaixo.

Tabela 4.2.4.1 – Eficiência global do sistema de tratamento adotado

Etapas do processo	Eficiência (%)	DBO entrada (mgO₂/L)	DBO saída (mgO₂/L)
RAFA	60 - média	300	120
1º Filtro Biológico	65 - mínima	120	42
2º Filtro Biológico	75 - média	42	10
		1,0 x 10 ⁶	10
Desinfecção	99,999 - média	Concentração de Coliformes Termotolerantes (unidade/100 mL)	Concentração de Coliformes Termotolerantes (unidade/100 mL)
Eficiência total do Sistema e remoção de DBO = 96,3 %			

Fonte: Vittorato (2005)

Prevê-se que a água de reúso corresponderá a 50% do consumo nas residências, que já contam com rede independente para essa finalidade.

O efluente tratado deve atender aos seguintes parâmetros de qualidade (Tabela 4.2.4.2):

Tabela 4.2.4.2 – Parâmetros de qualidade para a água de reúso do Valville I

Parâmetro	Valor recomendado
pH	8 – 9
DBO (filtrada)	$\leq 9 \text{ mg O}_2/\text{L}$
Turbidez	$\leq 2,0 \text{ UNT}$
Coliformes termotolerantes	$<10 \text{ NMP/mL}$
Cloro residual	$\geq 1,0 \text{ mg Cl}_2/\text{L}$
SDT (Sais Dissolvidos Totais)	$\leq 1000 \text{ mg/L}$
Dureza (CaCO_3)	$\leq 500 \text{ mg/L}$
Amônia (NH_3)	$\leq 1,5 \text{ mg/L}$
Odor	Não objetável
Cor	Não objetável (*)

(*) variável não relevante devido à adição de corante

Fonte: Vittorato (2005)

Observa-se que os valores adotados como limites de qualidade para a água de reúso do Residencial Valville I estão de acordo com as sugestões apresentadas na tabela 4.1.9. No entanto, o valor do pH encontra-se acima da faixa sugerida.

Outra observação diz respeito aos coliformes termotolerantes já que a utilização de radiação ultravioleta e a presença de cloro residual garantiriam a ausência destes organismos.

Uma variável importante são os ovos de helminto, que não foram considerados neste programa por tratar-se de um sistema bem controlado, ou seja, um condomínio onde a prevalência de doenças associadas à parasitas intestinais é baixa e o processo existente para desinfecção através de ultra-violeta reduz a possibilidade da presença destes microorganismos na água. Entretanto, em outros sistemas de reúso, trata-se de um parâmetro importante, a ser controlado.

4.2.5 Estudo preliminar para Identificação de Perigos e Pontos Críticos de Controle (PCC) na prática de reúso de água no Residencial Valville

Após análises realizadas no fluxograma da ETE e em todas as etapas da implantação da prática de reúso no Residencial Valville I, foram levantados os perigos e pontos críticos de controle para o estudo de caso do Residencial.

Foram estudados os perigos existentes no sistema e seus respectivos eventos, assim como as medidas de controle possíveis para prevenirem, amenizarem ou cessarem o perigo.

Considerando às possibilidades de contaminação do usuário e danos causados pela prática de reúso não potável, foram detectados os seguintes perigos:

- qualidade da água, considerando:
 - contaminação usuário, operário e operadores (microbiológica)
 - impactos ao meio ambiente
 - danos materiais ou equipamentos
- desabastecimento da água de reúso

Com base nos possíveis perigos, na probabilidade de ocorrência e impactos destes eventos, os perigos foram classificados com o auxílio de uma matriz de riscos, conforme seu grau de relevância.

Probabilidade de ocorrência:

A – Pouco provável

B – Possível de ocorrer

C – Certa

Impactos, danos ou contaminação:

1 – Pequeno

2 – Médio

3 – Grande

Tabela 4.2.5.1 – Levantamento do grau de relevância baseado na probabilidade e impactos dos eventos

RISCOS	<i>Impactos</i>		
<i>Probabilidade</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>A</i>	Baixo	Baixo	Moderado
<i>B</i>	Moderado	Grande	Muito Grande
<i>C</i>	Moderado	Grande	Muito Grande

Fonte: Adaptado de EPHC (2005)

Para identificação do Grau de Relevância de cada evento perigoso na prática de reúso de água não potável em condomínios residenciais, adotou-se a seguinte classificação:

Grau de Relevância (G.R.):

- 1 – Baixo
- 2 – Moderado
- 3 – Grande
- 4 – Muito grande

Baseado na técnica APPCC e com o auxílio da ferramenta da árvore decisória, foram levantados os pontos críticos de controle e as medidas de controle que poderiam ser implantadas no sistema de reúso. Os resultados do levantamento dos perigos e pontos críticos de controle podem ser observados na Tabela 4.2.5.2

Além dos perigos inerentes ao programa de reúso, outros aspectos também devem ser considerados:

- Acesso restrito através de cercas, sinalizações e alarmes nas instalações da ETE e Reservatório da água de reúso para evitar a possibilidade de usos indevidos e sabotagem no sistema;

- Utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e procedimentos seguros na operação, limpeza e desinfecção dos equipamentos e instalações do sistema de reúso para não ocorrer a contaminação dos operadores;
- Implantação de procedimentos de emergência e bacias de contenção para armazenamento e manipulação de produtos químicos na ETE;
- Análise da vazão de entrada da ETE (histograma) para detecção da existência de ligações de águas pluviais e descarga de piscinas na rede coletora de esgotos. Orientar os usuários quanto à proibição da realização destas ligações;
- Prevenir a contaminação química dos usuários orientando os condôminos para utilizarem produtos de limpeza com menos contaminantes e não despejarem em ralos, pias e vasos sanitários: produtos químicos, remédios, tintas, óleos vegetais e óleos lubrificantes, restos de comida, etc.;
- Para evitar a geração de maus odores e conseqüentes reclamações dos moradores, devem ser realizadas limpezas periódicas das instalações do pré-tratamento: gradeamento, caixas de areia e caixa de gordura. Estas limpezas devem ser realizadas conforme orientações do projetista da ETE e controladas através de relatórios.
Devem também ser inspecionadas as instalações para verificação de vazamentos ou tampas mal lacradas.
Outra medida a ser aplicada é o controle da eficiência do Lavador de Biogás, promovendo a manutenção preventiva dos seus componentes;
- Limpezas freqüentes das caixas de areia e caixa de gordura devem ser realizadas para que os sólidos grosseiros não prejudiquem o bom funcionamento das bombas e equipamentos hidráulicos.

Tabela 4.2.5.2 – Levantamento dos perigos, PCCs e Medidas de controle (continua)

QUALIDADE DA ÁGUA - CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO USUÁRIO					
Perigos	Etapa	Evento	G.R.	PCC	Medidas Controle
1. Baixa eficiência do tratamento e conseqüente presença de organismos patogênicos				1a.	
	Coleta de esgoto	Elevada carga orgânica despejada no esgoto	1	Entrada do sistema. Ponto Crítico, porém não há como controlar.	Orientações aos condôminos para utilizarem produtos de limpeza com menos contaminantes e não despejarem em ralos, pias e vasos sanitários: produtos químicos, remédios, tintas, óleos vegetais e óleos lubrificantes, restos de comida, etc.
	Tratamento Anaeróbio	Excesso de lodo	2	1b. RAFA	Retirada do lodo a cada 4 meses. Envio para ETE SABESP Piqueri
	Decantador	Elevada turbidez devido à falha no sistema de dosagem de coagulante	4	1c. Dosagem PCA	Ensaio para verificação da dosagem química Manutenção do nível da solução coagulante no reservatório Verificação do reservatório de armazenagem do coagulante e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador
	Filtração	Elevada turbidez devido à perda de carga no filtro	3	1d. Filtro Pressurizado	Controle da operação do filtro Análise dos valores de perda de carga Análise da turbidez do efluente do filtro (turbidímetro) Retrolavagem
	Monitoramento da turbidez	Falha no equipamento e erro de calibração	4	1e. Turbidímetro	Calibração e manutenção periódica do turbidímetro
	Desinfecção UV	Desinfecção não efetiva	4	1f. Sistema desinfecção UV (*)	Observar vazão máxima do sistema e intensidade mínima de aplicação da radiação Limpeza periódica das lâmpadas Manutenção dos componentes

Tabela 4.2.5.2 – Levantamento dos perigos, PCCs e Medidas de controle (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA - CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO USUÁRIO					
Perigos	Etapas	Evento	G.R.	PCC	Medidas Controle
1. Baixa eficiência do tratamento e consequente presença de organismos patogênicos	Cloração	Falha na operação do sistema	4	1g. Dosagem de cloro	Realização de ensaios para determinação da demanda de cloro Manutenção do nível da solução de cloro no reservatório Verificação do reservatório de armazenagem de cloro e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador
2. Ressurgimento de microrganismos	Reservação	Formação de biofilme pelo tempo insuficiente de contato com cloro	2	2a. Reservatório da água de reúso	Limpezas periódicas Monitoramento da concentração de cloro Análise microbiológica
		Desenvolvimento de algas pela presença de nutriente e luz	1	2b. Reservatório da água de reúso	Cobertura p/ evitar que a radiação solar promova a formação de algas
3. Proliferação de microrganismos	Distribuição	Formação de biofilme devido à baixa pressão na rede	1	3a. Rede de distribuição	Controle da pressão na rede Controle de vazamentos
4. Contaminação do usuário pela água de reúso	Distribuição	Distribuição de água de reúso como água potável	4	4a. Ligações cruzadas	Orientação aos proprietários quanto à forma correta de instalar as tubulações Contratação de encanadores profissionais
					Uso de tubulações com características e cores diferenciadas e inscrições “cuidado - água não potável” Utilização de válvulas de retenção

Tabela 4.2.5.2 – Levantamento dos perigos, PCCs e Medidas de controle (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA - CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO USUÁRIO					
Perigos	Etapa	Evento	G.R.	PCC	Medidas Controle
4. Contaminação do usuário pela água de reúso	Distribuição	Falta de corante na água de reúso	4	4b. Dosagem de corante	Manutenção da adição de corantes para promover a diferenciação da água de reúso
					Realização de ensaios para obtenção da dosagem ideal de corante
					Manutenção do nível da solução de corante no reservatório
					Verificação do reservatório de armazenagem de corante e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador
4. Contaminação do usuário pela água de reúso	Utilização da água de reúso Usos autorizados	Ingestão como água potável, dessedentação de animais, lavagem de mãos	4	4c. Torneiras que fornecem água de reúso	Orientação aos condôminos quanto aos perigos da má utilização da água de reúso.
					Sinalização das torneiras com avisos “Perigo - Água não potável”
	Utilização da água de reúso	Usos não autorizados	4	4d. Ponto crítico, porém não há como controlar	Não permitir a utilização da água de reúso nas piscinas
					Não permitir a irrigação de hortas ou pomares, onde haja o consumo direto
					Não permitir irrigação ou lavagem com sprays durante o dia
QUALIDADE DA ÁGUA – IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE					
Perigos	Etapa	Evento	G.R.	PCC	Medidas Controle
5. Alteração da qualidade do corpo d’água receptor	Tratamento Anaeróbio	Impossibilidade de continuação do tratamento da ETE, devido à falta de energia	3	5a. Tubo ladrão do RAFA p/ despejo no corpo d’água	Ativação do gerador Coleta de amostra do efluente no tubo ladrão

Tabela 4.2.5.2 – Levantamento dos perigos, PCCs e Medidas de controle (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE					
Perigos	Etapa	Evento	G.R.	PCC	Medidas Controle
6. Não atendimento à legislação ambiental	Descarte no Córrego Classe 2	Limites dos parâmetros de qualidade fora do estabelecido	4	6a. Ponto de descarte no corpo d'água após desinfecção UV	Coletas periódicas de amostras
7. Florescimento de espécies aquáticas pela alta concentração de nutrientes	Despejo no corpo receptor	Baixa remoção de fósforo. Falha na dosagem de produto químico	2	7a. Dosagem PCA	Ensaio para verificação da dosagem química
8. Contaminação de água subterrânea	Reservação	Vazamentos no reservatório	1	8a. Reservatório da água de reúso	Manutenção das instalações do reservatório
	Distribuição	Vazamentos na rede de distribuição	1	8b. Rede de distribuição	Análise comparativa da vazão de saída do reservatório com a somatória das vazões nos Hidrômetros das residências
9. Alteração da cor do corpo receptor	Lavagem de ruas	Escoamento da água de reuso com corante para corpos d'água	3	9a. Tanque pulmão	Carregamento dos caminhões que fazem a limpeza das ruas do condomínio com água de reúso anterior à aplicação do corante Inspeções visuais
10. Danos às plantas (amarelamento e queda de folhas)	Irrigação	Alta concentração de sais dissolvidos na água de reúso	2	10a. Tanque pulmão	Orientação aos condôminos e administradores quanto à necessidade de monitoramento da saúde das plantas Análise da qualidade da água (SDT ou C.E., cloro residual e nutrientes) Análise visual das áreas irrigadas

Tabela 4.2.5.2 – Levantamento dos perigos, PCCs e Medidas de controle (conclusão)

QUALIDADE DA ÁGUA – DANOS MATERIAIS E EQUIPAMENTOS					
Perigos	Etapa	Evento	G.R.	PCC	Medidas Controle
11. Obstrução das redes distribuição	Distribuição	Formação de incrustações ou corrosão	2	11a. Rede de distribuição	Análise da qualidade da água de reúso Manutenção das redes de distribuição
12. Ocorrência de manchas nas louças sanitárias e pisos	Utilização	Alta dosagem de corante	4	12a. Dosagem de corante	Realização de ensaios para obtenção da dosagem ideal de corante Manutenção do nível da solução de corante no reservatório Verificação do reservatório de armazenagem de corante e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador
13. Apresentação de manchas em pisos e latarias	Utilização	Alta concentração de sais dissolvidos	2	13a. Torneiras que fornecem água de reúso	Análise da qualidade da água de reúso Orientação quanto à possibilidade de ocorrência de manchas em pisos ou na utilização da água de reúso para a lavagem de carros
DESABASTECIMENTO					
Perigos	Etapa	Evento	G.R.	PCC	Medidas Controle
14. Pouca água de reúso para abastecimento	Pré tratamento	Obstrução do sistema	2	14a. Gradeamento	Limpeza periódica das grades e disposição em lixo comum
	Tratamento	Falha nos equipamentos	4	14b. Bombas (transferência, dosadoras)	Manutenção preventiva dos equipamentos
		Falta de energia		Filtros Sistema UV (*)	Ligação do gerador Controle do nível do reservatório Abastecimento temporário com água potável
	Recalque da água tratada para o reservatório da água de reúso	Despejo da água tratada fora das especificações para reúso.	4	14c. Tanque pulmão	Controle da eficiência da ETE Análise da qualidade da água tratada Abastecimento temporário com água potável
		Falta de energia	4	14d. Bomba de recalque	Manutenção preventiva da bomba Ligação do gerador Abastecimento temporário com água potável

Fontes: Tabela elaborada pelo autor

(*)

Para assegurar o funcionamento eficiente de um sistema de desinfecção com raios ultravioleta, Asano (1998 p.378) recomenda contínuo monitoramento dos seguintes parâmetros:

No Efluente:

vazão;
transmissão dos raios ultravioleta;
turbidez;
nível do líquido nos canais de UV.

No Sistema de Desinfecção UV:

situação de cada unidade UV de desinfecção (ligada/desligada);
situação de cada lâmpada UV (ligada/desligada);
medida de intensidade de UV;
idade das lâmpadas em horas;
dose ampliada de UV;
situação do link de comunicação do sistema de controle de UV;
situação do sistema de limpeza;
prazo do próximo ciclo de limpeza;
nível de energia das baterias.

Justificativas para a classificação dos perigos pelo seu grau de relevância

PCC 1a. G.R.=1. Pouca probabilidade de despejo de restos de comida e óleos automotivos e estas substâncias sedimentam, na sua maioria nas caixas de areia e caixa de gordura;

PCC 1b. G.R.=2. Possível de ocorrer devido à falta de operador para inspeções contínuas, porém a produção de lodo não é elevada e também existem múltiplas barreiras para a sedimentação do lodo (Câmara Anóxica, Filtros Biológicos e Decantador);

PCC 1c. G.R.=4. Possível devido às falhas que podem ocorrer na bomba dosadora e à falta de operador para inspeção do nível do reservatório do dosador, preparo e abastecimento da solução coagulante e para a realização das manutenções contínuas. O impacto é considerado grande já que o coagulante é responsável pela redução da turbidez;

PCC 1d. G.R.=3. A existência de possíveis falhas na operação do filtro e a falta de operador para inspeções contínuas podem ocasionar elevada turbidez na saída do filtro;

PCC 1e. G.R.=4. A turbidez é o parâmetro mais crítico em um sistema de reúso pois ela pode prejudicar a desinfecção. As falhas no turbidímetro e a existência de erros de calibração podem provocar grandes impactos;

PCC 1f. G.R.=4. O sistema de desinfecção é a última barreira para a extinção dos organismos patogênicos, portanto deve ser realizada uma boa manutenção dos equipamentos e componentes;

PCC 1g. G.R.=4. A falta de operador para inspeção do nível do reservatório do cloro, preparo e abastecimento da solução e para realização das manutenções contínuas e as possíveis falhas na bomba dosadora de cloro podem não atender ao parâmetro de cloro residual, o qual é a garantia de qualidade microbiológica da água de reúso;

PCC 2a. G.R.=3. Pouco provável de ocorrer mesmo pela falta de operador para inspeções e monitoramento contínuo. A dosagem do cloro será feita diretamente na rede de recalque, portanto o tempo de contato será suficiente até atingir o reservatório da água de reúso. O impacto do ressurgimento de microrganismos é considerado alto;

PCC 2b. G.R.=1. Muito pouco provável o desenvolvimento de algas devido à cobertura do reservatório e à presença de cloro residual;

PCC 3a. G.R.=1. Pouca probabilidade de vazão baixa e ocorrência de vazamentos;

PCC 4a / 4b / 4c / 4d. G.R.=4. Grande risco de contaminação por contato ou ingestão na utilização de água de reúso como água potável na instalação errônea das redes;

PCC 5a. G.R.=3. A falta de energia é possível de ocorrer, porém o impacto é médio visto que o tratamento promovido pelo RAFA apresenta eficiência de 70% e a qualidade do efluente pode atender a alguns parâmetros exigidos pela legislação para o despejo no corpo d'água receptor;

PCC 6a. G.R.=4. Não obedecer a parâmetros da legislação pode acarretar em multas e grandes impactos ao meio ambiente;

PCC 7a. G.R.=3. Falhas na dosagem do produto para remoção do fósforo podem ocorrer e impactar a vida aquática dos represamentos à jusante do lançamento do efluente;

PCC 8a. G.R.=1. A probabilidade de trincas no reservatório é pequena visto que a construção de uma obra hidráulica deste tipo sempre contempla uma estrutura civil adequada e também a impermeabilização;

PCC 8b. G.R.=1. A probabilidade de vazamentos na rede é pequena devido à idade da rede e também à qualidade dos materiais normatizados que são normalmente empregados na implantação de uma infra-estrutura de saneamento. O impacto de alguns vazamentos não é considerado grande, pois a concentração de contaminantes é pequena e sofre diluição no solo ou na água subterrânea;

PCC 9a. G.R.=3. A possibilidade de escoamento das águas utilizadas na lavagem de ruas, quintais e irrigação para o corpo d'água receptor mais próximo é quase certa mas o impacto não é muito grande devido à diluição do corante no volume de água do córrego;

PCC 10a. G.R.=2. A possibilidade da presença de SDT ser maior do que 1000mg/L é muito pequena pela própria característica do esgoto bruto, mas o impacto pode ser grande nas plantas mais sensíveis aos sais;

PCC 11a. G.R.=2. A probabilidade da presença de parâmetros químicos acima do especificado é pequena, mas o impacto das incrustações e corrosões das tubulações e dispositivos hidráulicos é considerado grande;

PCC 12a. G.R.=4. Existe a possibilidade de erro na dosagem e concentração de corante na água de reúso e portanto é provável que ocasione manchas em louças sanitárias, pisos e rejuntas, causando grandes danos;

PCC 13a. G.R.=2. A probabilidade da presença de sais dissolvidos acima do especificado é pequena, assim como a possibilidade de apresentar manchas em pisos. Já para o caso de lavagem de carros com a água de reúso, a orientação dada é a de não utilizar a água para este fim;

PCC 14a. G.R.=2. A possibilidade de acúmulo de material é pequena e o impacto da obstrução do sistema é considerado médio;

PCC 14b. G.R.=4. Falhas no funcionamento dos equipamentos e falta de energia são passíveis de ocorrerem, provocando assim um tratamento ineficiente e conseqüente descarte;

PCC 14c. G.R.=4. O tratamento ineficiente pode ocorrer e conseqüentemente toda a água tratada prevista para a utilização como água de reúso será descartada;

PCC 14d. G.R.=4. Falha na bomba de recalque não permite o abastecimento do Reservatório com a água de reúso, provocando assim o desabastecimento.

Os Pontos Críticos de Controle (PCCs) e respectivos graus de relevância, identificados no sistema de reúso de água do Residencial Valville I, podem ser melhor visualizados através da figura 26 a seguir.

Figura 25 – Pontos Críticos de Controle (PCCs) – Residencial Valville I

4.2.6 Plano de monitoramento dos parâmetros do sistema e aplicação da metodologia APPCC no gerenciamento de riscos

Após a identificação dos PCCs (figura 26), um plano de Monitoramento, baseado na metodologia APPCC, pôde ser elaborado.

O plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (Tabela 4.2.6.1) contempla os limites críticos e de segurança, formas de monitoramento, documentação e registros e finalmente as verificações do atendimento ao estabelecido pelo plano.

Outro instrumento para elaboração do Plano de Monitoramento é o Manual de Operações da Estação, fornecido pela empresa contratada para a implantação da estação de tratamento, pois o mesmo fornece os parâmetros de eficiência do tratamento a serem monitorados e também as manutenções preventivas e de limpezas a serem realizadas.

Tabela 4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continua)

QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
1a. Entrada do sistema. Ponto Crítico, porém não há como controlar	-	Orientações aos condôminos para utilizarem produtos de limpeza com menos contaminantes e não despejem em ralos, pias e vasos sanitários: produtos químicos, remédios, tintas, óleos vegetais e óleos lubrificantes, restos de comida, etc.	Análise do afluente da ETE Acordo de cooperação entre os usuários e a administração Cartilha de orientação aos usuários Reuniões Informativos periódicos	Avisos alertas	Resultados das análises do afluente da ETE Informativos	Comparação da análise do afluente com os parâmetros definidos no projeto ETE com as características típicas do esgoto Inspeções visuais
1b. RAFA	Quantidade de Lodo < 57m ³ Altura camada lodo < 1,5m Retirada a cada 4 meses [a]	Retirada do excesso de lodo a cada 4 meses. Envio para ETE SABESP Piqueri	Promover a retirada periódica do lodo Verificação da eficiência através da análise de SS após o RAFA	Retirada emergencial do lodo	CADRI p/ envio à SABESP-Piqueri	Manifesto de transporte para de retirada do lodo pela empresa limpa-fossa

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
1c. Dosagem PCA	-	Ensaio para verificação da dosagem química				
		Manutenção do nível da solução coagulante no reservatório	A dosagem deve ser determinada por ensaios jar-teste, assim como a faixa de pH adequada	Ajuste na dosagem de coagulante	Resultados dos ensaios de jar-teste	Comparação dos resultados das análises anteriores
		Verificação do reservatório de armazenagem do coagulante e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador		Ajuste pH Recirculação do efluente para novo tratamento		
1d. Filtro Pressurizado	Perda de carga: 2-20 mca [b]; Taxa filtração máx.: 12 m/h [c]	Controle da operação do filtro	Informações do equipamento sobre a operação do filtro	Realizar ajuste nas condições operacionais	Registros de operação do filtro	Análise das informações operacionais do filtro
		Análise dos valores de perda de carga	Análise de turbidez	Retrolavagem		Comparação com análises anteriores
		Análise da turbidez do efluente do filtro (turbidímetro)		Recirculação do efluente		
		Retrolavagem				

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
1e. Turbidímetro	Turbidez: <2 UNT ou SST< 5mg/L [a]	Calibração e manutenção periódica do turbidímetro	Inspeções periódicas	Calibração Substituição de componentes	Resultado das análises de turbidez Registros de calibração e manutenção	Comparação com análises anteriores
1f. Sistema desinfecção UV	Vazão máxima = 25,9 m ³ /h [a] Intensidade de energia aplicada: 97 mW-s/c m ² [d] Idade lâmpadas de média pressão com: ciclo liga/desliga máx.: 3/dia: Intensidade 100%: 3000 horas Intensidade 60%: 5000 horas Intensidade 30%: 8000 horas [d] Redução de coliformes: 99,9% [a]	Observar vazão máxima do sistema e intensidade mínima de aplicação da radiação Limpeza periódica das lâmpadas Manutenção dos componentes	Monitoramento da vida útil das lâmpadas pelo tempo de operação Registro de limpeza do sistema e das manutenções realizadas Análise microbiológica do efluente após a desinfecção UV	Ajustar a vazão de entrada para garantir a intensidade de radiação aplicada Retornar para nova desinfecção Limpeza emergencial Substituição de componentes	Avaliação das vazões afluentes (histograma) Fichas de manutenção e limpeza Registro de tempo de operação do sistema UV	Comparação das análises Análise das fichas de manutenções realizadas Observação do Painel do Equipamento Verificação da indicação de funcionamento do Painel de Controle

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
1g. Dosagem de cloro	Dosagem inicial: 5-8 PPM Cloro residual : 1PPM livre [a]	Realização de ensaios para determinação da demanda de cloro Manutenção do nível da solução de cloro no reservatório Verificação do reservatório de armazenagem de cloro e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador	Verificação do nível do reservatório			
			Ensaios para verificação da dosagem química para manter o cloro residual acima de 1 PPM	Reposição da solução de desinfecção no reservatório	Resultados das análises de demanda de cloro e cloro residual	Atendimento à dosagem de cloro residual estipulada
			Realizar análises dos parâmetros de qualidade do efluente após cloração	Correção da dosagem de cloro		Inspeções visuais
			Análise do cloro residual nas torneiras dos usuários	Retornar para nova desinfecção	Fichas de manutenção e limpezas	Comparação com os resultados das análises anteriores
			Seleção adequada do produto			
			Manutenção preventiva das instalações			

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
2a. Reservatório da água de reúso	Parâmetros estabelecidos para a água de reúso: pH: 8-9 DBO filtrada: ≤9mg/L Turbidez ≤2UNT Coliformes Termotolerantes: <10NMP/mL Cloro residual: >1 mg/L SDT: ≤1000mg/L Dureza: ≤500mg/L Amônia: ≤1,5mg/L Odor e cor não objetável [a]	Limpezas periódicas Monitoramento da concentração de cloro	Análise da qualidade da água de reúso no reservatório	Interromper saída do reservatório de reúso e abastecer com água potável temporariamente	Resultados das análises	Atendimento aos padrões de qualidade da água de reúso estabelecidos no projeto
	SDT: ≤1000mg/L Dureza: ≤500mg/L Amônia: ≤1,5mg/L Odor e cor não objetável [a]	Análise microbiológica	Verificação do tempo mínimo de contato para eficiente desinfecção	Ajustar dosagem de cloro Nova desinfecção		Comparação com os resultados das análises anteriores Verificação se o tempo de contato atende as exigências de desinfecção
2b. Reservatório da água de reúso	-	Cobertura p/ evitar que a radiação solar promova a formação de algas	Inspeção para verificar se o reservatório está bem fechado Análises de qualidade da água do reservatório	Esgotar e limpar a rede Interromper saída do reservatório de reúso e abastecer com água potável temporariamente	Resultados das análises Relatório de inspeções e manutenções	Inspeções visuais Comparação com os resultados das análises anteriores

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
3a. Rede de distribuição	Pressão estática máxima = 500Kpa Pressão dinâmica mínima = 100Kpa Velocidade mínima na tubulação [máxima demanda diária] = 0,6 m/s [k]	Controle de pressão na rede Controle de vazamentos	Seleção adequada das tubulações Verificação da pressão na rede	Deteção e conserto de vazamentos	Relatórios de inspeção da rede	Comparação com os resultados anteriores
				Substituição de trechos de rede		
				Instalação de descargas em pontos baixos Fechamento de malhas de tubulações		
4a. Rede de distribuição - Ligações cruzadas	Parâmetros estabelecidos para a água de reúso: pH: 8-9 DBO filtrada: ≤9mg/L Turbidez ≤2UNT Coliformes Termotolerantes: <10NMP/mL Cloro residual: >1 mg/L SDT: ≤1000mg/L Dureza: ≤500mg/L Amônia: ≤1,5mg/L Odor e cor não objetável [a]	Orientação aos proprietários quanto à correta forma de instalar as tubulações Contratação de encanadores profissionais Uso de tubulações com características e cores diferenciadas e inscrições "cuidado - água não potável" Utilização de válvulas de retenção	Auditorias semestrais nas instalações Verificação das instalações durante a execução das obras	Substituições das ligações	Contrato do condomínio Relatório de ocorrência	Novas auditorias
				Instalação dos dispositivos de retenção		

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
4b. Dosagem de corante	-	Manutenção da adição de corantes para promover a diferenciação da água de reúso				
		Realização de ensaios para obtenção da dosagem ideal de corante	A dosagem ideal deve ser determinada através de dosagem experimental	Reposição da solução Ajuste na dosagem	Relatórios de manutenções realizadas	Amostragem da água distribuída
		Manutenção do nível da solução de corante no reservatório	Seleção adequada do produto	Manutenção ou reposição de componentes Avisos alertas	Informativos	Inspeções visuais
		Verificação do reservatório de armazenagem de corante e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador				

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
4c. Torneiras que fornecem água de reúso	Parâmetros estabelecidos para a água de reúso: pH: 8-9 DBO filtrada: ≤9mg/L Turbidez ≤2UNT Coliformes Termotolerantes: <10NMP/mL Cloro residual: >1 mg/L SDT: ≤1000mg/L Dureza: ≤500mg/L Amônia: ≤1,5mg/L Odor e cor não objetável [a]	Orientação aos condôminos quanto aos perigos da má utilização da água de reúso. Sinalização das torneiras com avisos “Perigo - Água não potável”	Inspeções visuais			
			Análise de amostras colhidas nas torneiras dos usuários		Placas, etiquetas	
Usos autorizados			Cartilha de orientação aos usuários	Fixação de placas e etiquetas sinalizadoras	Informativos	Inspeções visuais
			Reuniões		Atas de reuniões	
4d. Torneiras que fornecem água de reúso		Não permitir a utilização da água de reúso nas piscinas	Acordo de cooperação entre os usuários e a administração	Esvaziamento da piscina e desinfecção	Relatório de ocorrência	Inspeções visuais
		Não permitir a irrigação de hortas ou pomares, onde haja o consumo direto	Inspeções visuais Cartilha de orientação aos usuários	Lavagem das frutas e legumes em água potável corrente	Relatório de ocorrência	Inspeções visuais
Usos não autorizados		Não permitir irrigação ou lavagem com spray durante o dia.	Reuniões Informativos periódicos	Interromper a irrigação	Relatório de ocorrência	Inspeções visuais

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
5a. Tubo ladrão do RAFA p/ despejo no corpo d'água	Decreto 8468/76, corpo d'água Classe 2 [g] : <u>Qualidade montante:</u> Nitrato -10,0 mg/l DBO até 5mg/L OD: ≥ 5mg/L Coliformes totais: até 5.000 NMP, sendo 1.000 Coliformes fecais/100 ml, para 80% de, pelo menos, 5 amostras colhidas, num período de até 5 semanas consecutivas; proibição de presença de corantes artificiais <u>Lançamento (art.18):</u> pH: 5-9 T°C: < 40	Ativação do gerador Coleta de amostra do efluente no tubo ladrão	Coleta de amostra para análise do efluente a ser despejado Coletas periódicas de amostras (montante e jusante do lançamento) pH-semanal; DBO-Semanal; Turbidez-contínuo; Coliformes-diário Cloro residual-contínuo. [h] Verificação do funcionamento do gerador (manutenção preventiva) Verificação da auto- sustentabilidade do sistema em horas	Ativar gerador Armazenar o efluente para novo tratamento	Fichas de manutenção do gerador Capacidade de auto-sustentação da ETE, conforme especificações de projeto	Comparação dos valores exigidos pela legislação com os dados da ETE
6a. Ponto de descarte no corpo d'água após desinfecção UV	Material sedimentável: até 1ml/L Material solúvel: até 100mg/L DBO: máx.60mg/L Regime de lançamento: vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média diária Vazão média: 7m3/h [a]	Coletas periódicas de amostras	Coletas periódicas de amostras (montante e jusante do lançamento) pH-semanal; DBO-Semanal; Turbidez-contínuo; Coliformes-diário Cloro residual-contínuo. [h]	Retorno para novo tratamento	Resultado das análises das amostras	

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
7a. Dosagem PCA	Concentração PCA: dosagem: 10-30PPM experimental Remoção P: 85-95% P < 1,0 mg/L [a]	Ensaio para verificação da dosagem química	Ensaio jar-teste	Nova dosagem de coagulante Recirculação do efluente para novo tratamento	Resultados dos ensaio de jar- teste	Comparação dos resultados das análises anteriores
8a. Reservatório da água de reúso	-	Manutenção das instalações do reservatório	Inspeções visuais	Vedação e substituição das instalações hidráulicas necessárias	Relatórios de inspeções e manutenções realizadas	Inspeções visuais
8b. Rede de distribuição	-	Análise comparativa da vazão de saída do reservatório com a soma das vazões nos Hidrômetros das residências	Deteção de vazamentos através de inspeções visuais Instalação de Hidrômetro na saída do reservatório	Substituição de trechos de rede	Relatório de ocorrência	Análises comparativas das vazões
9a. Tanque pulmão	-	Carregamento dos caminhões que fazem a limpeza das ruas do condomínio com água de reúso anterior à aplicação do corante Inspeções visuais	Controle de retirada da água de reúso. Caminhões somente se abastecem do tanque pulmão antes da dosagem de corante	Desvio das águas de lavagem de rua para wetlands	Concentração do corante na água de reúso	Comparar os resultados da ETE com a qualidade exigida para lançamento em corpo d'água Inspeções visuais

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
10a. Tanque pulmão	SDT < 1000mg/L	Orientação aos condôminos e administradores quanto à necessidade de monitoramento da saúde das plantas	Análise da água de reúso (SDT ou C.E., cloro residual e nutrientes)	Avisos alertas	Informativos	Acompanhamento das análises Reuniões com usuários
	Cloro residual < 5mg/L	Análise da qualidade da água	Reuniões			
	N < 10 mg/L P < 1,0 mg/L	Análise visual das áreas irrigadas	Informativos periódicos			

QUALIDADE DA ÁGUA – DANOS MATERIAIS E EQUIPAMENTOS						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
11a. Rede de distribuição	SDT: ≤1000mg/L CaCO ₃ : ≤ 500mg/L pH: 8-9	Análise da qualidade da água de reúso	Análise dos limites de qualidade da água de reúso	Ajuste de parâmetros	Resultados das análises	Comparação com resultados anteriores
	N _{amoniacal} < 20 mg/L ou Amônia ≤1,5 mg/L [a]	Manutenção das redes de distribuição	(SDT, CaCO ₃ , pH, amônia ou N _{amoniacal})	Substituição de trechos de rede e dispositivos		

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

QUALIDADE DA ÁGUA – DANOS MATERIAIS E EQUIPAMENTOS						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
12a. Dosagem de corante	SDT < 1000mg/L [a]	Realização de ensaios para obtenção da dosagem ideal de corante	A dosagem ideal deve ser determinada através de dosagem experimental		Relatórios de manutenções realizadas	
		Manutenção do nível da solução de corante no reservatório	Seleção adequada do produto. Não pode provocar manchas e nem ser reagente ao cloro	Ajuste na dosagem Avisos alertas	Reposição de louças e pisos danificados	Amostragem da água distribuída Inspeções visuais
		Verificação do reservatório de armazenagem de corante e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador	Análise da qualidade da água de reúso		Informativos	
13a. Torneiras que fornecem água de reúso		Análise da qualidade da água de reúso	Acordo de cooperação entre os usuários e a administração		Relatório de ocorrência	Inspeções visuais
		Orientação quanto à possibilidade de ocorrência de manchas com a utilização da água de reúso para a lavagem de carros	Cartilha de orientação aos usuários Reuniões Informativos periódicos	Nova lavagem com água potável Avisos alertas	Informativos	Reuniões com usuários

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (continuação)

DESABASTECIMENTO						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
14a Gradeamento	Limpeza 15 dias	Limpeza periódica das grades e disposição em lixo comum Abastecimento com água potável	Limpeza manual periódica	Limpeza emergencial Abastecimento temporário com água potável	Relatório de limpezas	Relatórios de limpezas
14b. Bombas (Transferência, dosadoras) Filtros Sistema UV	-	Manutenção preventiva dos equipamentos Ligação do gerador Controle do nível do reservatório Abastecimento com água potável	Manutenção e limpeza dos componentes hidráulicos	Limpeza e manutenção dos equipamentos Ligação do gerador Substituição de componentes Abastecimento temporário com água potável	Relatório de limpezas e manutenções	Relatórios de limpezas Acompanhamento dos relatórios de manutenções Inspeções visuais
14c. Tanque pulmão	Parâmetros estabelecidos para a água de reúso: pH: 8-9 DBO filtrada: ≤9mg/L Turbidez ≤2UNT Coliformes Termot.: <10NMP/mL Cloro residual: ≥1 mg/L SDT: ≤1000mg/L Dureza: ≤500mg/L Amônia: ≤1,5mg/L Odor e cor não objetável [a]	Controle da eficiência da ETE Análise da qualidade da água tratada Abastecimento com água potável	Controle do equipamentos e parâmetros de qualidade do efluente da ETE	Abastecimento temporário com água potável	Relatório de eficiência	Resultados das análises da qualidade da água de reúso

4.2.6.1 – Plano de monitoramento baseado no método APPCC (conclusão)

DESABASTECIMENTO						
PCC	Limite Crítico	Medidas Controle	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
14d. Bomba de recalque	-	Manutenção preventiva da bomba	Manutenção preventiva e preditiva da bomba	Substituição da bomba	Relatórios de manutenção	Relatórios de manutenção
		Ligação do gerador		Abastecimento temporário com água potável		Inspeções visuais
		Abastecimento com água potável				

Fontes: Tabela elaborada pelo autor

Dados técnicos:

- [a] Vitoratto, 2005;
- [b] Degrémont, 1979 apud Droste (2004);
- [c] Snider et al. (1991) apud Crook, Okun & Pincince (1994);
- [d] Asano, 1998;
- [e] Portaria 518;
- [f] Richard, 1998 apud Mancuso; Santos (2003)
- [g] São Paulo, 1976;
- [h] USEPA, 2004;
- [i] MetCalf & Eddy, 2003;
- [j] Pacheco; Jordão (1995);
- [k] ABNT, 1994

4.2.7 Orientação aos usuários

Segundo Asano (1998), programas de treinamentos voltados a educação sanitária devem ser realizados com os consumidores locais para que possam obter maior compreensão quanto ao tipo de água que estão utilizando e para auxiliá-los no uso apropriado do sistema de água de reúso, evitando problemas operacionais.

Uma prática já adotada pelo condomínio foi a de estabelecer no contrato de compra do terreno, a obrigatoriedade da construção de ligações hidráulicas separadas, já que toda a infra-estrutura foi feita com tubulações diferenciadas, e a instalação de um reservatório para água de reúso com capacidade mínima de 250 litros. Dois hidrômetros têm sido instalados em todas as casas, onde os moradores têm o direito à isenção de taxa se utilizarem no mês o volume máximo de 25 m³ de água potável e 20m³ de água de reúso, sendo que a taxa de excedente para a água de reúso tem um custo bem inferior ao da água potável.

Para a orientação dos condôminos a respeito da prática do reúso de água e da boa utilização das instalações hidráulicas, foi elaborado um informativo explicativo, uma cartilha (apêndice 1), sobre a importância do reúso, onde esta técnica pode ser aplicada para evitar os riscos de contaminação e os seus deveres para com a boa eficiência do sistema.

Este informativo deverá ser entregue em uma reunião de condomínio quando a estação de tratamento iniciar sua operação. Nesta reunião devem estar presentes os empreendedores do loteamento, os engenheiros e consultores do projeto da estação de reúso de água e os usuários do sistema.

Quanto às responsabilidades civil e criminal no fornecimento de água de reúso pelos administradores do empreendimento, ainda não são conhecidas as implicações legais quanto a eventuais danos resultantes do programa de reúso estabelecido. Assim sendo, é de fundamental importância a observância das diretrizes definidas, bem como a aplicação das medidas de segurança do programa.

5 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA REÚSO EM CONDOMÍNIOS

Com base na ferramenta de análise de perigos e pontos críticos de controle e a literatura pesquisada sobre reúso, uma proposta de diretrizes para a implantação de programas de reúso de água em condomínios foi elaborada em forma de itens a serem estudados para o projeto e implantação das instalações necessárias.

Determinar a aplicação da água de reúso somente para fins não potáveis	<ul style="list-style-type: none"> - descargas em vasos sanitários; - regas de jardins; - lavagem de pisos e ruas; - usos ornamentais; - reserva de incêndios. <p><i>Ver figura 26 – Sistemas potenciais de reúso de água</i></p>
Levantamento sócio-econômico do público-alvo do empreendimento	<p>Verificar o grau de instrução e conhecimento sobre a prática de conservação e reúso de água;</p> <p>Verificar aceitação e interesse do público e do empreendedor.</p>
Estudo dos tipos de tratamentos mais adequados conforme aplicação desejada	<p>Tratamento compatível com a qualidade dos efluentes brutos e com os requisitos de qualidade para os usos previstos.</p> <p>Verificar os requisitos de qualidade da água de reúso, considerando padrões de lançamento no meio ambiente, requisitos de saúde pública e requisitos de usos específicos.</p> <p>Seqüência de tratamento mínimo necessário para a implementação da prática de reúso:</p> <div data-bbox="632 1330 1407 1433"> <pre> graph LR A[Tratamento primário] --> B[Tratamento secundário] B --> C[Tratamento complementar (terciário / avançado)] C --> D[Desinfecção] </pre> </div>
Realização de balanço de massa (concentração de sais no efluente tratado) em caso de vários ciclos de utilização da água de reúso $Q_a S D T_a + C a r g a = Q' r \cdot C' r$	

Verificação das características necessárias para os sistemas de reservação e redes de distribuição de água potável e água de reúso	<ul style="list-style-type: none"> - reservatórios para água de reúso (central e individual para cada residência); - redes duplas de distribuição de água (potável e de reúso). Implantar a rede de água potável acima da rede de água de reúso; - redes duplas de coleta de esgoto, em caso de reúso de águas cinzas somente; - sinalização adequada dos reservatórios, redes de distribuição e torneiras com saída para a água de reúso; - adoção de tubulações de cores diferentes para a rede de água potável e a rede de água de reúso.
Restrições de acesso ao sistema de reúso	Controle de acesso aos locais da estação de tratamento e reservatórios de água de reúso para evitar sabotagem no sistema.
Adição de corante na água de reúso	A presença de corante minimiza o risco de utilização da água de reúso como água potável, em caso de ligações indevidas.
Levantamento dos perigos e pontos críticos de controle (PCC)	<p>Os perigos existentes em um sistema de reúso foram classificados em quatro categorias, seguindo a ordem de maior relevância:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qualidade da água -contaminação microbiológica • Qualidade da água -impactos ao meio ambiente • Qualidade da água -danos a materiais e equipamentos • Desabastecimento <p><i>Ver Tabela 5.1 – Possíveis perigos em um sistema de reúso</i></p>
Identificar os pontos críticos de controle (PCC)	<i>Ferramenta: Árvore Decisória</i>
Sugestão de pontos críticos de controle (PCC) e respectivas medidas de controle.	<i>Ver Tabela 5.2 – Possíveis PCCs e respectivas medidas de controle</i>

Elaboração de Plano de monitoramento e implementação das medidas de controle dos PCCs	<p>Para cada Ponto Crítico de Controle, devem ser levantados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - as medidas preventivas; - os limites críticos e limites de segurança; - o monitoramento (O que? Como? Quando? Quem?); - as ações corretivas; - os registros; - as formas de verificação da implementação. <p><i>Ver Tabela 5.3 – Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio</i></p> <p>Recomenda-se a adoção de monitoramento on-line para assegurar que o sistema está trabalhando de acordo com o previsto.</p> <p>Para garantir a qualidade no monitoramento, a seleção dos parâmetros a serem monitorados deve ser apropriada.</p> <p>As amostras e análises devem ser apropriadas e realizadas de forma correta para maior confiabilidade nos resultados.</p> <p>Algumas condições de alarme de monitoramento que podem ser empregadas: alta turbidez no efluente do filtro, baixo residual de cloro, falha de bombas e equipamentos e falta de energia.</p>
Operação do Sistema	<p>Os administradores devem escolher os futuros operadores e responsáveis pelo monitoramento do sistema;</p> <p>Os responsáveis pelo projeto do sistema de tratamento para posterior reúso de água devem fornecer um manual contendo as especificações técnicas de operação e monitoramento do sistema, assim como fornecer treinamentos para os operadores e administradores.</p>
Orientações e informações aos usuários	<ul style="list-style-type: none"> - elaborar cartilha para orientação dos usuários; - realizar palestras informativas e eventos de esclarecimento com a presença de testemunhos e apresentação de casos de sucesso; - implantar placas informativas e alertas sobre a prática do reúso de água local; - firmar um acordo de cooperação e convivência entre os administradores do condomínio e os usuários onde são estabelecidas as obrigações de ambas as partes na boa utilização do sistema de reúso; - implantar canal efetivo de comunicação entre os usuários e o administrador; - realizar pesquisas de satisfação dos usuários.

Figura 26 – Sistemas potenciais de Reúso de água
 Fonte: Adaptado de EPHC (2005)

Tabela 5.1 – Possíveis perigos em um sistema de reúso (continua)

Contaminação microbiológica	
Perigos	Evento
Baixa eficiência do tratamento e conseqüente presença de organismos patogênicos	Elevada carga orgânica na entrada do sistema; Excesso de lodo no sistema de tratamento; Turbidez devido à falha na dosagem de coagulante; Elevada turbidez devido à falha dos equipamentos e erro de calibração; Desinfecção não efetiva; Falha na operação do sistema.
Ressurgimento de organismos	Formação de biofilme pelo tempo insuficiente de contato com o desinfectante e também devido à baixa pressão da rede; Desenvolvimento de algas pela presença de nutriente e luz.
Contaminação do usuário pela água de reúso	Distribuição de água de reúso como água potável, devido às ligações cruzadas; Falta de corante na água de reúso; Usos não autorizados.
Impactos ao meio ambiente	
Perigos	Evento
Não atendimento à legislação ambiental	Despejo de efluente com tratamento insuficiente no corpo d'água devido à falta de energia ou ineficiência no tratamento Impossibilidade de continuar o tratamento da ETE, devido à falta de energia;
Alteração da qualidade da água do corpo d'água receptor	Despejo de efluente com tratamento insuficiente no corpo d'água devido à falta de energia ou ineficiência no tratamento; Escoamento de água de reuso com corante nas lavagens de ruas; Florescimento de espécies aquáticas devido à presença excessiva de nutrientes na água de reuso.
Florescimento de espécies aquáticas pela alta concentração de nutrientes na água	Baixa remoção de fósforo. Falha na bomba dosadora
Contaminação de água subterrânea	Vazamento de reservatórios, instalações da ETE e rede de distribuição.
Alteração da cor do corpo receptor	Escoamento de águas de lavagem para o corpo d'água.
Danos à flora	Amarelamento e queda de folhas devido à presença excessiva de nutrientes, sais e cloro na água de reuso.
Danos materiais e equipamentos	
Perigos	Evento
Obstrução das redes de distribuição	Formação de incrustações e corrosão
Manchas nos aparelhos sanitários e pisos e rejuntas	Elevada concentração de corante na água de reúso
Manchas em pisos e latarias	Alta concentração de sais dissolvidos na água de reúso
Desabastecimento	
Perigos	Evento
Pouca água de reúso p/ abastecimento	Obstrução do sistema com grande quantidade de sólidos grosseiros no sistema de tratamento; Despejo em corpo d'água devido à qualidade da água de reuso estar fora das especificações exigidas; Falha nos equipamentos; Não bombeamento da água de reuso para o reservatório devido à falta de energia.

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 5.2 - Possíveis PCCs e respectivas medidas de controle (continua)

PCCs	Medidas de controle
Entrada do sistema	Orientações aos condôminos para utilizarem produtos de limpeza com menos contaminantes e não despejarem em ralos, pias e vasos sanitários: produtos químicos, remédios, tintas, óleos vegetais e óleos lubrificantes, restos de comida, etc.; Orientação aos condôminos quanto às ligações hidráulicas adequadas. Não permitir ligações de águas pluviais e descargas de piscinas na rede coletora de esgotos.
Pré-tratamento	Limpeza periódica da caixa de areia e da caixa de gordura; Retirada periódica do excesso de lodo;
Tratamento Secundário	Ligação de gerador em caso de falta de energia; Manutenção preventiva e preditiva dos equipamentos e bombas do sistema de tratamento; Controle do nível do reservatório; Abastecimento temporário com água potável.
Despejo por tubulação ladrão	Análise da qualidade do efluente tratado parcialmente.
Turbidímetro	Calibração e manutenção periódica do turbidímetro.
Tratamento terciário	Manutenção do nível da solução coagulante no reservatório; Verificação do reservatório de armazenagem do coagulante e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador; Ensaio para verificação de dosagem química de coagulante; Manutenção dos componentes do sistema de dosagem de coagulante; Análise de turbidez antes da desinfecção; Limpeza e manutenção dos componentes do sistema de desinfecção; Abastecimento temporário com água potável.
Despejo do efluente excedente em corpo d'água	Coleta periódica de amostras para análise da qualidade da água do efluente e também do corpo d'água receptor (à montante e à jusante do lançamento)
Desinfecção	Manutenção do nível da solução no reservatório Verificação do reservatório de armazenagem e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador Ensaio para determinação da demanda de desinfetante; Controle da vazão do sistema; Limpeza e manutenção dos componentes do dosador.
Tanque pulmão	Análise da qualidade da água de reuso; Saída distinta para água de reuso sem corante p/ carregamento dos caminhões que fazem lavagem de ruas; Inspeções visuais.
Dosador de corante	Realização de ensaios para obtenção da dosagem ideal de corante Manutenção do nível da solução de corante no reservatório Verificação do reservatório de armazenagem de corante e qualidade do produto químico e dos componentes do dosador Controle da concentração de corante na água de reuso; Manutenção dos componentes do sistema dosador.
Bomba de recalque	Manutenção da bomba; Ligação do gerador; Abastecimento temporário com água potável.
Reservatório da água de reuso	Cobertura do reservatório; Controle do tempo de reservação; Limpezas periódicas; Análise da qualidade da água; Controle do cloro residual; Manutenção da estrutura e instalações do reservatório; Inspeções visuais.

Tabela 5.2 - Possíveis PCCs e respectivas medidas de controle (conclusão)

PCCs	Medidas de controle
Rede de distribuição	Análise da qualidade da água; Manutenção da adição de corantes para promover a diferenciação da água de reúso; Orientação quanto à correta instalação das tubulações, serviço deve ser feito por profissionais; Instalação de válvulas de retenção; Utilização de tubulações com características e cores diferenciadas e também com inscrições "Cuidado – Água não potável"; Controle de pressão na rede; Análise comparativa de vazões p/ detecção de vazamentos; Manutenção das redes de distribuição.
Torneiras que fornecem água de reúso	Orientação aos usuários quanto aos perigos da má utilização da água de reuso e também dos usos não autorizados; Sinalização das torneiras quanto à água de reuso; Coleta de amostras para análise da qualidade da água de reúso nas torneiras dos usuários.

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 5.3 - Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio (continua)

PCC	Limite Crítico	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
Entrada do sistema	-	<p>Análise do afluente da ETE;</p> <p>Acordo de cooperação entre os usuários e a administração;</p> <p>Cartilha de orientação aos usuários;</p> <p>Reuniões;</p> <p>Informativos periódicos.</p>	Avisos alertas	<p>Resultados das análises do afluente da ETE;</p> <p>Informativos.</p>	<p>Comparação da análise do afluente com os parâmetros definidos no projeto ETE com as características típicas do esgoto;</p> <p>Análises comparativas dos resultados de eficiência da ETE;</p> <p>Inspeções visuais.</p>
Pré-tratamento	-	Limpeza manual periódica	Limpeza emergencial	Relatório de limpezas	Inspeções visuais e qualidade final
Tratamento secundário	<p>Volume e altura máxima do lodo;</p> <p>Faixa de pH ideal;</p> <p>Alcalinidade apropriada.</p>	<p>Promover a retirada periódica do lodo;</p> <p>Verificação da eficiência através da análise de SS no efluente;</p> <p>Análise de pH;</p> <p>Manutenção das bombas ou equipamentos;</p> <p>Manutenção e limpeza dos componentes hidráulicos.</p>	<p>Retirada emergencial do lodo;</p> <p>Ajuste de parâmetros para promover tratamento adequado;</p> <p>Substituição das bombas (reserva);</p> <p>Limpeza emergencial.</p>	<p>CADRI;</p> <p>Resultados das análises;</p> <p>Fichas de manutenção das bombas;</p> <p>Relatório de limpezas e manutenções realizadas.</p>	<p>Manifesto de transporte de retirada do lodo pela empresa limpa-fossa;</p> <p>Nº. de ocorrências;</p> <p>Comparação dos resultados das análises anteriores;</p> <p>Relatórios de limpezas;</p> <p>Nível do Reservatório da água de reúso.</p>

Tabela 5.3 - Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio (continuação)

PCC	Limite Crítico	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
Despejo por tubulação ladrão	Padrões de qualidade da água do corpo receptor e limites de qualidade para o lançamento em corpo d'água conforme classificação dada pela legislação ambiental	Coleta de amostra para análise do efluente a ser despejado;		Fichas de manutenção do gerador	Comparação dos valores exigidos pela legislação com os dados da ETE
		Coletas periódicas de amostras do corpo d'água receptor (montante e jusante do lançamento) pH-semanal; DBO-Semanal; Turbidez-contínuo; Coliformes-diário Cloro residual-contínuo.	Ativar gerador Recircular o efluente para novo tratamento	Capacidade de auto-sustentação da ETE, conforme especificações de projeto;	
		Manutenção preventiva do gerador		Resultado das análises das amostras	
		Verificação da auto-sustentabilidade do sistema de tratamento, em horas.			
Tratamento terciário	Dosagem experimental do coagulante;	Ensaio jar-teste para coagulante;	Nova dosagem de coagulante;	Resultados dos ensaios de jar-teste;	Análise das informações operacionais;
	Turbidez máx.;	Análise de turbidez e pH antes da desinfecção;	Recirculação do efluente;	Resultados das análises de turbidez e pH;	Comparação dos resultados das análises anteriores;
	Faixa de pH ideal;	Monitoramento da performance do sistema;	Realizar ajuste em operação identificada como falha;	Avaliação das vazões afluentes (histograma);	Análise das fichas de manutenções realizadas;
	vazão máxima;				Observação do Painel de Controle.
	N; P.	Registro de limpeza e das manutenções realizadas;	Ajustar a vazão de entrada;		

Tabela 5.3 - Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio (continuação)

PCC	Limite Crítico	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
Tratamento terciário		Análise microbiológica do efluente após a desinfecção; Seleção adequada dos produtos.	Limpeza; Substituição de produto e/ou componentes.	Registros operacionais dos equipamentos; Fichas de manutenção e limpeza.	
Turbidímetro	Turbidez: <2 UNT ou SST < 5mg/L [a]	Inspeções periódicas	Calibração; Substituição de componentes.	Resultado das análises de turbidez; Registros de calibração e manutenção.	Comparação com análises anteriores
Ponto de descarte no corpo d'água após desinfecção	Padrões de qualidade da água do corpo receptor e limites de qualidade para o lançamento em corpo d'água conforme classificação dada pela legislação ambiental	Coleta de amostra para análise do efluente a ser despejado; Coletas periódicas de amostras do corpo d'água receptor (montante e jusante do lançamento) pH-semanal; DBO-Semanal; Turbidez-contínuo; Coliformes-diário. Cloro residual-contínuo.	Recircular efluente para novo tratamento	Resultado das análises das amostras	Comparação dos valores exigidos pela legislação com os dados da ETE

Tabela 5.3 - Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio (continuação)

PCC	Limite Crítico	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
Dosagem de desinfetante	Dosagem inicial; Dosagem residual;	Ensaio para verificação da dosagem química necessária;			
		Análise do desinfetante residual nas torneiras dos usuários;			
		Verificação do tempo mínimo de contato para a eficiente desinfecção;	Correção da dosagem;	Resultados das análises;	Atendimento ao fator de desinfecção estipulado;
		Verificação da qualidade do produto;	Recircular a água para nova desinfecção.	Fichas de manutenção e limpeza.	Inspeções visuais;
		Realizar análises dos parâmetros de qualidade do efluente após desinfecção;			Comparação com os resultados das análises anteriores
		Manutenção preventiva das instalações.			
Tanque pulmão	Parâmetros sugeridos para a água de reúso: pH: 7-8 DBO: 10mg/L Turbidez: ≤ 2UNT Coliformes fecais: não detectável/100mL Coliformes Termotolerantes: 2,2NMP/100mL [a]	Controle do equipamentos e parâmetros de qualidade do efluente da ETE;	Desvio das águas de lavagem de rua para wetlands;	Resultado das análises;	Comparar os resultados da ETE com a qualidade exigida para lançamento em corpo d'água;
		Controle de retirada da água de reúso;	Não permitir a irrigação de áreas verdes temporariamente;	Relatório de eficiência;	Comparação dos resultados das análises anteriores;
		Caminhões somente se abastecem do tanque de armazenamento, antes da dosagem de corante;	Avisos alertas.	Informativos	Inspeções visuais;
					Reuniões com usuários;

Tabela 5.3 - Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio (continuação)

PCC	Limite Crítico	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
Tanque pulmão	Parâmetros sugeridos para a água de reúso: Coliformes totais: não detectável/100mL Cloro residual: 0,5-1 mg/L SDT: ≤1000mg/L Cloretos: ≤ 250mg/L SST: 5 mg/L Dureza: ≤ 500mg/L Amônia: ≤1,5 mg/L Ovos helmintos ≤1/L N amoniacal: ≤ 20 mg/L Nitrato: < 20 mg/L Fósforo: <1 – 10 mg/L Odor e cor não objetável [a]	Reuniões; Informativos periódicos.	Desvio das águas de lavagem de rua para wetlands; Não permitir a irrigação de áreas verdes temporariamente; Avisos alertas.	Resultado das análises; Relatório de eficiência; Informativos	Nível do Reservatório da água de reúso
Dosador corante	Dosagem experimental; corante alimentício e não reagente ao cloro	Escolha do corante apropriado; Acompanhamento dos relatórios de inspeções e manutenções realizadas; A dosagem ideal deve ser determinada através de dosagem experimental Seleção adequada do produto	Substituição do corante; Substituição da louça danificada; Ajuste na dosagem; Manutenção ou reposição de componentes; Avisos alertas.	Resultado das análises de dosagem do corante; Relatório de ocorrência; Relatórios de inspeções e manutenções; Informativos.	Nº. de ocorrências; Manutenções realizadas; Inspeções visuais; Amostragem da água distribuída.

Tabela 5.3 - Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio (continuação)

PCC	Limite Crítico	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
Bomba de recalque	-	Manutenção preventiva e preditiva da bomba	Substituição da bomba; Abastecimento temporário com água potável.	Relatórios de manutenção	Relatórios de manutenção Inspeções visuais
Reservatório da água de reúso	<p>Parâmetros sugeridos para a água de reúso:</p> <p>pH: 7-8 DBO: 10mg/L Turbidez: ≤ 2UNT Coliformes fecais: não detectável/100mL Coliformes Termotolerantes: 2,2NMP/100mL Coliformes totais: não detectável/100mL Cloro residual: 0,5 - 1 mg/L SDT: ≤1000mg/L Cloretos: ≤ 250mg/L SST: 5 mg/L Dureza: ≤ 500mg/L Amônia: ≤1,5 mg/L Ovos helmintos ≤1/L N amoniacal: ≤ 20 mg/L Nitrato: < 20 mg/L Fósforo: <1 – 10 mg/L Odor e cor não objetável [a]</p>	<p>Análise da qualidade da água de reúso no reservatório;</p> <p>Inspeção para verificar se o reservatório está bem fechado; Inspeções visuais;</p> <p>Verificação do tempo mínimo de contato para eficiente desinfecção</p>	<p>Esgotar e limpar a rede;</p> <p>Interromper saída do reservatório de reúso e abastecer com água potável temporariamente; Ajustar dosagem de cloro; Vedação e substituição das instalações hidráulicas necessárias.</p>	<p>Resultados das análises de qualidade da água; Resultados das verificações das vazões; Relatório de inspeções e manutenções realizadas.</p>	<p>Atendimento aos padrões de qualidade da água de reúso estabelecidos no projeto; Comparação com os resultados das análises anteriores; Inspeções visuais; Análise da água na saída do reservatório;</p> <p>Verificação se o tempo de contato atende às exigências de desinfecção;</p> <p>Verificar nível do reservatório.</p>

Tabela 5.3 - Planilha para Monitoramento dos Pontos Críticos de Controle em Sistema de Reúso de água não potável em condomínio (conclusão)

PCC	Limite Crítico	Monitoramento	Ações corretivas	Registros	Verificações
Redes de distribuição	Pressão estática máxima = 500 KPa;	<u>Ligações cruzadas</u> Verificação das instalações durante a execução das obras;	<u>Ligações cruzadas</u> Substituições das ligações;	<u>Ligações cruzadas</u> Relatório de ocorrência;	<u>Ligações cruzadas</u> Auditorias
	Pressão dinâmica mínima: 100 KPa; Velocidade mínima na tubulação (máxima demanda diária) = 0,6 m/s [b]	Verificações periódicas das ligações – auditorias <u>Perdas/Vazamentos</u> Inspeções visuais; Instalação de Hidrômetro na saída do reservatório; Seleção adequada das tubulações; Verificação da pressão na rede.	Instalação dos dispositivos <u>Perdas/Vazamentos</u> Detecção e conserto de vazamentos; Substituição de trechos de rede	Contrato do condomínio. <u>Perdas/Vazamentos</u> Relatórios de inspeção da rede	<u>Perdas/Vazamentos</u> Análises comparativas das vazões
Torneiras que fornecem água de reúso	Cloro residual: < 1 e < 5m/L SDT < 1000 mg/L [a]	Inspeções visuais; Análise periódica da qualidade da água de reúso nas torneiras dos usuários; Cartilha de orientação aos usuários; Reuniões; Informativos periódicos; Acordo de cooperação entre os usuários e a administração.	Fixação de placas e etiquetas sinalizadoras; Esvaziamento da piscina e desinfecção; Lavagem das frutas e legumes em água potável corrente; Interromper a irrigação; Avisos alertas.	Placas, etiquetas Informativos Atas de reuniões; Relatório de ocorrência; Resultado das análises	Comparação dos resultados das análises anteriores; Inspeções visuais; Reuniões com usuários.

[a] = sugestões de parâmetros elaborado pelo autor

[b] = ABNT, 1994

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nas pesquisas realizadas sobre o reúso de água não potável e alguns casos de sucesso na sua aplicação, conclui-se que esta prática é viável em condomínios residenciais, contanto que sejam considerados os perigos e monitorados os pontos críticos na sua implantação.

Por não existirem normas ou legislação brasileira com detalhamento suficiente de diretrizes para programa de reúso, destacando-se a ausência de limites de qualidade para a água de reúso, principalmente com relação aos aspectos de saúde pública, recomenda-se a adoção de um método preventivo de gerenciamento dos perigos inerentes a esta prática.

Verificou-se que em um sistema de reúso de água, os pontos críticos estão basicamente associados aos riscos de contaminação microbiológica dos usuários, operários e operadores; aos impactos ambientais considerando os riscos físicos, químicos e biológicos; aos danos materiais como a ocorrência de manchas em louças e pisos e também ao desabastecimento.

A aplicação prática da ferramenta da APPCC, no estudo de caso do Residencial Valville I, permitiu identificar os elementos críticos de um programa de reúso em condomínios de maneira a subsidiar a definição de medidas de controle para a minimização dos riscos associados.

Os critérios para a identificação dos graus de relevância dos pontos críticos de controle devem ser definidos com base na avaliação da relação de causa e efeito nos componentes do sistema de reúso, levando-se em conta a probabilidade de ocorrência e possíveis conseqüências para cada um dos perigos considerados.

Conforme análise dos perigos e os graus de relevância atribuídos a cada um deles, conclui-se que o risco de contaminação microbiológica em um sistema de reúso é o mais crítico devido ao possível contato do usuário com a água de reúso.

Sendo assim, as devidas medidas de controle e monitoramento devem ser aplicadas para reduzir este risco.

Algumas medidas de controle essenciais para minimização destes riscos seriam: a implantação de redes duplas de distribuição de água potável e de água de reúso, onde a adição de corante auxilia na detecção de ligações indevidas, a sinalização e utilização de tubulações e dispositivos hidráulicos com características diferenciadas e também sistemas de monitoramento para a detecção de problemas com a qualidade da água.

Outro ponto crítico identificado é o próprio usuário, que deve ser conscientizado e orientado para a boa utilização desta prática, observando sempre os tipos de uso da água permitidos no sistema de reúso implantado.

Com base em pesquisa realizada, foram sugeridos neste trabalho alguns limites de qualidade para a água de reúso não potável, definidos de maneira a minimizar os riscos de contaminação dos usuários, podendo ser considerados restritivos. No entanto, um estudo mais aprofundado deve ser realizado para a determinação dos parâmetros de qualidade focados no aspecto de saúde pública, baseada nas aplicações pretendidas, nos grupos de risco envolvidos, onde o grupo de maior risco é o próprio usuário e operadores do sistema, e nas características do nosso país.

Para a validação dos pontos críticos e respectivas medidas de controle sugeridas neste trabalho, faz-se necessária a aplicação e acompanhamento do Plano de Monitoramento proposto, em um estudo prático de reúso de água não potável em condomínio.

É importante o aprofundamento dos estudos para a definição de normas e padrões nacionais para regulamentar a prática de reúso. A proposta de diretrizes para implantação de um sistema de reúso de água em condomínios, baseada na metodologia de análise de perigos e pontos críticos de controle, pretende auxiliar na regulamentação desta prática no Brasil.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cobrança pelo uso da água e Agência de Bacia**. 2007a. Disponível em: <www.ana.gov.br/gestaorechidricos/cobrancauso/default2.asp>. Acesso em: 30 abr. 2007.

_____. **Cobrança pelo uso da água e Agência de Bacia**. 2007b. Disponível em: <www.ana.gov.br/gestaorechidricos/cobranca/default2.asp>. Acesso em: 30 abr. 2007.

_____. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2007c. 125 p. (Cadernos de Recursos Hídricos, 2).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo, 2005. 151 p.

AL-JAYYOUSI, O. R. Greywater reuse: towards sustainable water management. **Desalination**, Netherlands, n.156, p.181-192, 2003.

ALVIM, A. T. B. **Conflitos ambientais na Bacia Metropolitana de São Paulo**: as perspectivas da Nova Lei de Proteção dos Mananciais. São Paulo: Mackenzie, 2005. (Cadernos de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, v.1). Disponível em: <http://www.mackenzie.com.br/pos_graduacao/arquitetura/atividades_discentes/bacia_metropolitana.pdf>. Acesso em: 16 maio 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th Ed. Washington D.C., 1998. 1 CD ROM.

ASANO, T. **Wastewater reclamation and reuse**. Pennsylvania: Technomic Publishing CO.Inc., 1998. 1528 p. (Water Quality Management Library, v.10).

ASANO, T.; MAEDA, M.; TAKAKI, M. Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. **Water Science and Technology**, Great Britain, v.34, n.11, pg. 219-226, 1996.

ASANO, T. et al.; Metcalf & Eddy AECOM **Water reuse**: issues, technologies and applications. New York: McGraw Hill, 2007. 1570 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA. **Uso racional da água em edificações**. Ricardo Franci Gonçalves (Coord.) Rio de Janeiro, 2006. 325 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994. 4p.

_____. **NBR 13969**: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60p.

_____. **NBR 14900**: Sistema de gestão da análise de perigos e pontos críticos de controle: segurança de alimentos. Rio de Janeiro, 2002. 9p.

BARROS, M. T. L. Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento. In: PHILIPPI JR, A. (Ed.) **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole; Faculdade de Saúde Pública/USP, 2005. (p.221-265). (Coleção Ambiental, 2).

BLAKELY, E. J.; SNYDER, M. G. **Fortress America**: gated communities in the United States. Washington D.C.: Brookings Institution Press, 1997. 208 p.

BRANCO, A. et al. Rumo ao Interior. **Revista Notícias da Construção**, São Paulo, ed.38, p.06-12, set. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Promoção do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos. In: CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 200-?. **Agenda 21 Global**. Brasília, DF, [200-]. cap. 7. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 07 ago. 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Cadernos MCidades**: saneamento ambiental 5 Brasília, 2004. 101 p.

_____. _____ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2005**: parte 1: texto visão geral da prestação de serviços. Brasília, 2006. 1 CD-ROM.

CALDEIRA, T. P. R. **Cidade de muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo** 2.ed. São Paulo: EDUSP, 2003. 400 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA EM REÚSO DE ÁGUA. **Indicação de tecnologia de tratamento de esgotos e padrões de qualidade de água de reúso – Condomínio Valville**. São Paulo:[s.n], 2005. 14 p. Relatório.

CHERNICHARO, C. A. Tecnologias nacionais para tratamento anaeróbio de esgotos. In: ANDREAOLI, C. V., WILLER, M. (Ed.). **Gerenciamento do saneamento em comunidades planejadas**. São Paulo: Alphaville Urbanismo S.A, 2005. (p.145-159). (Série Cadernos Técnicos Alphaville, 1).

CHRISTOFIDIS, D. Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental **Revista Bahia: Análise & Dados**, Salvador, v.13, n.especial, p.371-382, 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **P4.261**: Manual de Orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos. São Paulo, 2003. 120 p.

COSTA, R. H. P. G. **Reúso de água: conceitos, teorias e práticas**. Dirceu D'Alkin Telles e Regina Helena Pacca Guimarães Costa (Coord.). São Paulo: Editora Blucher, 2007. 311p.

CROOK, J.; OKUN, D. A.; PINCINCE, A. B. **Water reuse**. Alexandria: Water Environment Research Foundation, 1994. 1 v.

CROOK, J. Water reclamation and reuse criteria. In: ASANO, T. **Water reclamation and reuse**. Pennsylvania: Technomic Publishing CO.Inc., 1998. p.627-696. (Water Quality Management Library, v.10).

DANTAS, E. **Geração de vapor e água de refrigeração**. Rio de Janeiro: IBP, 1988. 305p.

DEWETTINCK, T. et al. HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) to guarantee safe water reuse and drinking water production: a case study. **Water Science and Technology**, London, v.43, n.12, p.31-38, 2001.

D'OTTAVIANO, M. C. L. Condomínios fechados na região metropolitana de São Paulo: fim do modelo centro rico versus periferia pobre? In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 15., 2006, Caxambu, MG. [**Trabalhos apresentados**]. Caxambu, MG: ABEP, 2006. 1 CD ROM.

DREW. **Princípios de tratamento de água industrial**. São Paulo: Drew Produtos Químicos, 1979. 331p.

DROSTE, R. L. **Theory and practice of water and wastewater treatment**. Singapura: John Wiley & Sons (Ásia) Pte.Ltd., 2004. 800 p.
ENVIRONMENTAL PROTECTION AND HERITAGE COUNCIL **National guidelines for water recycling**: Managing Health and Environmental Risks: Draft for Public Consulting. Austrália: Australian Government, 2005.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reúso de água**: Manual de Orientações para o Setor Industrial. CIRRA / FCTH / DTC Engenharia (aut.). São Paulo, 2004.

FORNARI, M. Novas tecnologias ampliam as possibilidades de reúso da água. **Revista Saneamento Ambiental**, São Paulo, n.125, p.14-19, jan./fev. 2007.

FRIEDLER, E.; LAHAV, O. Centralised urban wastewater reuse: what is the public attitude? **Water Science & Technology**, London, v.54, n. 6-7, p.423-430, 2006.

GALVÃO, A. A. **Condomínios horizontais fechados**: segregadores ou segregados?: um estudo de caso no município de Maringá-PR. 2007. 140 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2007.

GATED COMMUNITY - Wikipedia The Free Encyclopedia. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/gated_community>. Acesso em: 26 jun. 2007.

GENIS, S. Producing elite localities: the rise of gated communities in Istanbul. **Urban Studies**, Scotland, v.44, n.4, p.771-794, 2007.

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

GONÇALVES, R. F. Tecnologias nacionais para pós-tratamento de esgotos. In: ANDREAOLI, C. V., WILLER, M. (Ed.). **Gerenciamento do saneamento em comunidades planejadas**. São Paulo: Alphaville Urbanismo S.A, 2005. (p.161-173). (Série Cadernos Técnicos Alphaville, 1).

GRULL, D.; MANCUSO, P. C. S.; EIGER, S. Descarga zero e reúso para irrigação em parque temático. In: MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F. (Ed.) **Reúso de água**. São Paulo: Manole; Faculdade de Saúde Pública/USP, 2003. (p.491-499).

HENZE, M.; LEDIN, A. Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. In: LENS, P.; LETTINGA, G.; ZEEMAN, G. (Ed.) **Descentralised Sanitation and Reuse: Concepts, systems and implementation**. New York: IWA Publishing, 2001. (p.57-72). (integrated Environmental Technology Series).

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico: uma visão realista. In: **Águas Doces no Brasil**. São Paulo: Ed. Reboúças, 1999. (p.249-303).

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F. (Ed.) **Reúso de água**. São Paulo: Manole; Faculdade de Saúde Pública/USP, 2003. (p.37-95)

HUERTAS, E. et al. Key objectives for water reuse concepts. **Desalination**, Amsterdam, n.218, p.120-131, 2006.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR FOOD PROTECTION **Guia de procedimentos para implantação do método de análises de perigos em pontos críticos de controle**. São Paulo: Ed.Cítara, 1997. 110 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **O Brasil é um país populoso e com densidades muito heterogêneas**. [200-]. Disponível em: <www.ibge.gov.br/ibgeteen/pesquisas/demograficas.html> Acesso em: 01 jul. 2007.

_____. **Brasil já tem mais de 180 milhões de habitantes**. 2004. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=207&id_pagina=1>. Acesso em: 01 jul. 2007.

_____. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Diretoria de Pesquisas Departamento de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro, 2002.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 683p.

_____. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005. 932 p.

LEMONS, A. I. G.; SCARLATO, F. C.; MACHADO, R. P. P. O retorno a cidade medieval: os condomínios fechados da metrópole paulistana. In: BARAJAS, L. F. C. (Coord.) - **Latinoamérica países abiertos, ciudades cerradas**. Guadalajara: UNESCO, 2002. p.217-235.

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.

MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. (Ed.) **Reúso de Água**. São Paulo: Manole; Faculdade de Saúde Pública/USP, 2003. 579 p.

MANCUSO, P.C.S. Reúso de Água Servida. In: ANDREAOLI, C. V., WILLER, M. (Ed.). **Gerenciamento do saneamento em comunidades planejadas**. São Paulo: Alphaville Urbanismo S.A, 2005. (p.174-179). (Série Cadernos Técnicos Alphaville, 1).

MEJIA, A. et al. **Série Água Brasil 4: água, redução de pobreza e desenvolvimento sustentável**. Brasília: Banco Mundial, 2003. 42 p. Disponível em: <www.fineprint.com>. Acesso em: 30 ago. 2006.

METCALF & EDDY **Wastewater treatment and reuse**. 4.ed. New York: McGraw Hill, 2003. 1819 p.

MIERZWA, J.C. et al. Avaliação econômica dos sistemas de reúso de água em empreendimentos imobiliários. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Este, Uruguai. **Anales...** Punta Del Este, Uruguai, 2006. 1 CD ROM.

MILLER, G. W. Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. **Desalination**, Ámsterdam, v. 187, n.1, p. 65-75, 2006.

MONTMORE, S.; WALLACE, C. **HACCP**: enfoque práctico. Zaragoza: Acribia, 1994. 291 p.

NASSER, H. E. Gated communities more popular, and not just for the rich. **USA Today**, Arlington, Va, 15 dez. 2002. Disponível em: <http://www.usatoday.com/news/nation/2002-12-15_gated-usat_x.htm>. Acesso em: 26 jun. 2007.

NOH, S. et al. Current status of water reuse systems in Korea. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 50, n. 2, p. 309-314, 2004.

OKUN, D. A. Realizing the benefits of water reuse in developing countries. **Water & Wastewater International**, Houston, v. 5, p. 78-82, 1990.

_____. Water reclamation and nonpotable reuse: an option for meeting urban water supply needs. **Desalination**, Amsterdam, v.106, p. 205-212, 1996.

PATTERSON, R. A. Wastewater quality relationships with reuse options. **Water Science & Technology**, Oxford, v. 43, n. 10, p.147-154, 2001.

PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T. F. Águas residuárias: visão de saúde pública e ambiental. In: PHILIPPI JR, A. (Ed.) **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole; Faculdade de Saúde Pública/USP, 2005. (p.181-219). (Coleção Ambiental, 2).

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO **Relatório do desenvolvimento humano 2006**: a água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. New York, NY: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2006. 422 p.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. FLORÊNCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.). **Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologias de tratamento para esse fim**. Rio de Janeiro, 2006a. 427p.

_____. GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro, 2006b. 325 p.

QUEENSLAND EPA. **Queensland water recycling guidelines**. Queensland, Australia: Queensland Government, 2005a. 81 p.

_____. **Manual for recycled water agreements in Queensland**. Queensland, Australia: Queensland Government, 2005b. 65 p.

RADCLIFFE, J. C. **Water recycling in Austrália**. Victoria, Australia: Austrália Academy of Techonological Sciences and Engineering, 2003. 233 p.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**: proposta de regulamentação do reúso no Brasil. 2005. 177 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SALGOT, M. Water reclamation, recycling and reuse: implementation issues. **Desalination**, Amsterdam, n. 218, p. 190-197, 2006.

SANTOS, D. M dos. **Atrás dos muros**: unidades habitacionais em condomínios horizontais fechados. 2002. 247 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SANTOS, G.J. **Água de reúso para lavagem de ruas e rega de parques**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.) Reúso de água. São Paulo: Manole; Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2003. p. 501-511.

SILVA, R. T; PORTO, M. F.A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, Brasília, v. 17, n. 47, p.129-145, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142003000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 abr. 2007.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS DE SÃO PAULO. **A indústria imobiliária e a qualidade ambiental**: subsídios para o desenvolvimento urbano sustentável. São Paulo: PINI, 2000. 104 p.

SPERLING, M. V. Visão integrada do saneamento por bacia hidrográfica e o monitoramento de sua qualidade. In: ANDREAOLI, C. V.; WILLER, M.(Ed.). **Gerenciamento do saneamento em comunidades planejadas**. São Paulo: Alphaville Urbanismo S.A, 2005. p. 43-57. (Série Cadernos Técnicos Alphaville, 1).

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas: interfaces no gerenciamento. In: PHILIPPI JR, A. (Ed.) **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole; Faculdade de Saúde Pública/USP, 2005. (p.375-411). (Coleção Ambiental, 2).

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION **Water for People, Water for Life – UN World Water Development Report (WWDR)**. França: UNESCO Publishing, 2003. 36 p.

UNITED NATIONS POPULATION FUNDATION. **State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth**. New York, 2007. Disponível em: <www.unfpa.org>. Acesso em: 01 jul. 2007.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. **Guidelines for water reuse**. Washington, D.C.: Camp Dresser & McKee, 2004.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses**. 3 ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca da EPUSP, 2006. 103 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. **Estudo preliminar de impactos urbanísticos do trecho oeste do Rodoanel Mário Covas. São Paulo**: FAUUSP, Laboratório de Habitação e Assentamentos Humanos, 2005. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/docentes/depprojeto/c_deak/CD/5bd/1rmsp/m10-tcr/index.html>. Acesso em: 07 ago. 2007.

VANOSSI, G. L. M. **Mundo apto – SETIN Empreendimentos Imobiliários** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <afss04@yahoo.com.br> em 16 ago. 2007

VITTORATO, E. Nova Era Ambiental. **Projeto de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário com Reúso de Água: Relatório de Licenciamento Ambiental: Documento para aprovação CETESB**. São Paulo, 2005. 25 p.

_____. **Fichas técnicas dos empreendimentos da Nova Era Engenharia** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <afss04@yahoo.com.br> em 13 ago. 2007.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT **Água, fatos e tendências** ANA, CEBDS, MMA. Rio de Janeiro, 2005. 31 p. Disponível em: <www.wbcsd.org>. Acesso em: 15 jul. 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION **Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Geneva: WHO, 1989. 74 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. v.1 France: UNEP, 2006. 114 p.

WILLER, M. Introdução: Gerenciamento do saneamento em comunidades planejadas. In: ANDREAOLI, C. V., WILLER, M. (Ed.). **Gerenciamento do saneamento em comunidades planejadas**. São Paulo: Alphaville Urbanismo S.A, 2005. (p.15-19). (Série Cadernos Técnicos Alphaville, 1).

ZHANG, Y. et al. Review of water reuse practices and development in China **Water Science & Technology**. London, v.55, n.1–2, p.495–502, 2007.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BRASIL Decreto Federal nº. 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20, jul., 1934.

_____. Lei nº. 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, 02, set., 1981.

_____. Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 09, jan., 1997.

_____. Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001. Estabelece diretrizes gerais da política urbana. “Estatuto da Cidade”. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11, jul., 2001.

_____. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11, jan., 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre a classificação dos corpos d’água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Resolução CONAMA nº. 357, 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, mar. 2005 (a).

_____. Dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó para uso em todo o território nacional. Resolução CONAMA nº. 359, de 29 de abril de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, maio 2005 (b).

CURITIBA. Lei nº. 10.785, de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. **Câmara Municipal de Curitiba**, Curitiba, set., 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, mar. 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, mar. 2004.

SÃO PAULO (ESTADO). Decreto nº. 8468 de 08 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº. 997 de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Disponível em <www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/Dec8468.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2008.

_____. Lei nº. 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de recursos hídricos. **Governo do Estado de São Paulo**, São Paulo, dez., 1991.

_____. Lei nº. 9866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo. **Assessoria Técnico-Legislativa**, São Paulo, nov., 1997.

_____. Decreto nº 45805, de 15 de maio de 2001. Institui o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável. **Governo do Estado de São Paulo**, São Paulo, maio, 2001.

_____. Decreto nº 48138, de 07 de outubro de 2003. Institui medidas de redução de consumo e racionalização no uso de água no âmbito do Estado de São Paulo. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, out., 2003.

_____. Decreto nº. 50667, de 30 de março de 2006. Regulamenta dispositivos da Lei nº. 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo. **Governo do Estado de São Paulo**, São Paulo, mar., 2006.

SÃO PAULO Lei nº. 11.605 de 12 de julho de 1994. Dispõe sobre a criação da subcategoria de uso residencial R3-03, conjunto residencial – vila. **Secretaria de Governo Municipal**, São Paulo, jul., 1994.

_____. Lei nº. 14.018 de 28 de junho de 2005 – Institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações. **Secretaria de Governo Municipal**, São Paulo, jun., 2005.

APÊNDICE A - Cartilha elaborada para os usuários do Sistema de Reúso de Água do Residencial Valville I.

O Residencial Valville
*está fazendo sua parte
no uso racional de
água*

Todos nós já ouvimos falar no problema de escassez de água no planeta.

Mas afinal o que é escassez de água?

- Escassez é quando a necessidade de água, pelo crescimento populacional, é maior do que a oferta deste recurso, tanto em quantidade como em qualidade.

Por que corremos o risco de sofrer com a escassez se no Brasil possuímos tanta água?

- Apesar de contar com aproximadamente 12% de toda a água doce do planeta, a distribuição deste recurso no país é muito desigual. A região Sudeste, por exemplo, concentra a maior população do país e uma das menores ofertas de água tanto em quantidade quanto em qualidade devido aos problemas de poluição.

O que podemos fazer para diminuir ou acabar com este problema?

- Através da legislação, que impede a ocupação desordenada de áreas ambientalmente protegidas como as margens de rios, encostas e áreas de interesse ambiental. Nós cidadãos, podemos evitar o desperdício e utilizarmos a prática de reúso de água, por exemplo.

Como funciona o reúso de água?

- As águas que utilizamos em nossas atividades diárias passam por tratamentos físico-químico-biológico e após desinfecção podem ser utilizadas para fins não potáveis como: irrigação de jardins, lavagem de pisos e descargas em vasos sanitários. Com a utilização da água de reúso, diminuimos a necessidade de captação de água dos mananciais com a substituição da água potável por água de menor qualidade.

Reúso de água no Residencial Valville

O Residencial Valville está localizado em área urbana com características privilegiadas em termos ambientais, envolto em matas e com ares de campo. A preservação é parte essencial da concepção do empreendimento, e consequentemente em seu desenvolvimento o uso racional da água potável e o tratamento do esgoto doméstico mereceram especial atenção, resultando na adoção do conceito do reúso de água desde o início do projeto. Além disso, abaixo do pronto previsto para o lançamento do esgoto tratado do Residencial Valville, existem represamentos artificiais com presença de peixes e vida aquática diversificada, onde o excesso de nutrientes pode degradar a qualidade destas águas.

Para atender às condições apresentadas, o tratamento deve atender aos padrões de lançamento, baixa quantidade de nutrientes e aos padrões de reúso para fins não potáveis.

O tratamento do esgoto é feito com o auxílio de bactérias que obtêm a energia necessária para a sua sobrevivência, da decomposição da matéria orgânica (restos de alimentos, fezes, urina). Entretanto, essas bactérias são sensíveis à quantidade de matéria orgânica presente no esgoto, à quantidade de oxigênio e também à presença de produtos químicos estranhos. Todos estes fatores em desequilíbrio podem levar a morte destes microrganismos. Portanto, para o bom funcionamento da Estação de Tratamento de Esgoto do Residencial Valville, todos devem colaborar

**não despejando produtos químicos
(produtos de limpeza,
medicamentos, tintas...), óleo de
cozinha, restos de comida ou**

**qualquer outro produto não característico de esgoto doméstico, nas pias,
ralos e vasos sanitários.**

Através de um Manual de Operações da Estação, fornecido pela empresa contratada para a construção da mesma, todos os parâmetros de eficiência do tratamento serão monitorados e planos de manutenção preventiva e de limpeza serão elaborados.

Para melhor identificação da água de reúso esta terá coloração azul, devido a utilização de um corante orgânico a ser adicionado logo após o processo de desinfecção. Este corante não deve causar problemas de coloração em louças sanitárias e nem problemas de contaminação do solo ou da água.

Toda a infra-estrutura do Residencial Valville foi construída com tubulações diferenciadas, ligações prediais separadas e reservatório para água de reúso com capacidade mínima de 250 litros em cada residência.

Ligações de águas de chuva ou piscinas não devem ser interligadas às ligações de esgoto.

A prática de reúso adotada no Residencial Valville se restringe ao uso NÃO POTÁVEL, portanto:

ELA NÃO DEVE SER UTILIZADA PARA:

Beber

Dar de
beber
aos
animais

Lavagem
de
carros

Lavagem
de
roupas

Lavagem
de mãos

Higiene
pessoal

Encher
piscinas

Regar
alimentos
que serão
ingeridos
crús

VOCÊ DEVE UTILIZÁ-LA PARA:

**Descarga
em
sanitários**

**Irrigação
de jardins**

**Lavagem
de pisos**

" Vamos colaborar para que todos possam usufruir da prática de reúso de água e contribuir para um ambiente saudável e preservado."

Texto:

Eng^a Andrea Françoise Sanches de Sousa

Escola Politécnica - USP

Colaboração:

Prof. Dr. José Carlos Mierzwa

CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água

Ilustrações:

Luis Alberto Vieira