



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**Simone Fiori**

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO  
POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUA CINZA EM EDIFÍCIOS  
RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES**

**Dissertação apresentada à Faculdade  
de Engenharia e Arquitetura da  
Universidade de Passo Fundo, para  
obtenção do título de Mestre em  
Engenharia.**

**Passo Fundo  
2005**

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**Simone Fiori**

**ORIENTADOR: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vera Maria Cartana Fernandes**

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO  
POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUA CINZA EM EDIFÍCIOS  
RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES**

**Dissertação apresentada à Faculdade  
de Engenharia e Arquitetura da  
Universidade de Passo Fundo, para  
obtenção do título de Mestre em  
Engenharia.**

**Passo Fundo  
2005**

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação:**

**“Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reúso de  
água cinza em edifícios residenciais multifamiliares.”**

**Elaborada por:**

**Simone Fiori**

**Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia**

**Aprovado em: 22/04/2005**  
**Pela Comissão Examinadora**

**Dr<sup>a</sup>. Vera Maria Cartana Fernandes**  
**Presidente da Comissão Examinadora**  
**Orientadora**

**Dr<sup>a</sup>. Lúcia Helena de Oliveira**  
**UFG- Universidade Federal de Goiás**

**Dr. Henrique da Silva Pizzo**  
**UPF – FEAR**

**Dr. Antônio Thomé**  
**Coord. Prog. Pós-Graduação em Engenharia**

**Dr<sup>a</sup>. Blanca Rosa Sosa Maquera**  
**UPF – FEAR**

**Passo Fundo**  
**2005**

Aos meus pais Ezir e Therezinha,  
meu amado marido Ramon,  
meus irmãos Sibebe e Marcus Vinícius,  
e, a todos os colegas, professores e amigos,  
que, de alguma maneira ou outra,  
contribuíram para realização desta pesquisa.

Agradeço à minha família, por acreditarem em mim, pelo apoio e incentivo e ao meu marido Ramon, pela presença em todos os momentos, pela dedicação, por compartilhar minhas conquistas;

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Cartana Fernandes, pela orientação, esclarecimento no assunto e ajuda fornecida durante o decorrer desta pesquisa;

Ao Prof. Dr. Henrique da Silva Pizzo pela colaboração e incentivo em vários momentos, e em especial na pesquisa sobre tratamentos de efluentes;

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Blanca S. Maquera pela colaboração na parte estatística da pesquisa em relação à determinação do tamanho da amostra para aplicação dos questionários;

Aos professores, Dr. Edgardo Prado e Msc. Delton Gobbi, do Curso de Química da UPF, pela colaboração e entendimento dos aspectos químicos das análises qualitativas;

Às pessoas que colaboraram através da coleta da água cinza de seus banhos, bem como às que responderam aos questionários, fundamentais para a realização desta pesquisa;

Aos professores do Mestrado, pelos ensinamentos;

Aos amigos e colegas, pela compreensão, ajuda e incentivo durante esses dois anos do curso e, que com certeza, não serão esquecidos;

À banca examinadora, pelos comentários e sugestões apresentados com o objetivo de melhorar o trabalho;

Agradeço a CAPES pela bolsa de estudos a qual possibilitou o desenvolvimento desta dissertação;

Ao PPGEng da UPF pelo financiamento de todas as análises qualitativas das águas realizadas nos laboratórios da UPF;

E agradeço também a Deus.

Muito Obrigado.

## RESUMO

O crescimento rápido da população urbana, da industrialização e, também, a demanda crescente por água, bem como a iminente perspectiva de sua escassez, está submetendo a graves pressões os recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades, fazendo do reúso planejado da água um tema atual e de grande importância. A reutilização ou reúso de água não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Na literatura sobre o assunto encontram-se exemplos das diversas formas de como realizar esse reaproveitamento, onde a qualidade não é o principal parâmetro de exigência. Embora o Brasil possua um dos maiores patrimônios hídricos do planeta, a medida de reaproveitar a água se torna necessária principalmente nos grandes centros urbanos, cuja demanda é reprimida principalmente pela poluição. A possibilidade de substituição de parte da água potável, por uma de qualidade inferior, para fins não nobres, reduz a demanda nos mananciais de água. Cabe, no entanto, institucionalizar, regulamentar e promover o reúso de água no país, fazendo com que a prática se desenvolva de acordo com princípios técnicos adequados, como também seja economicamente viável. Assim, este trabalho visa determinar os parâmetros de qualidade e de quantidade de água cinza nos edifícios residenciais multifamiliares, através de análises em laboratórios e de questionários aplicados à população, com a finalidade de subsidiar a redução do consumo e buscar a sustentabilidade hídrica pelo uso racional e eficiente da água. Com os resultados quantitativos e qualitativos das águas analisadas, foi observado que com um tratamento adequado, como o indicado pela U.S.EPA, por exemplo para reúso urbano, tratamento secundário, filtração e desinfecção, ou ainda os tratamentos indicados pela NBR 13.969/97, estas águas podem ser reutilizadas para fins não nobres em qualquer edificação, gerando economia de água potável com redução da demanda nos sistemas urbanos de captação, distribuição e tratamento de água.

Palavras-chaves: reúso de águas, água cinza, sustentabilidade hídrica.

## ABSTRACT

The fast growth of the urban population, of the industrialization and also the growing demand for water, as well as the imminent perspective of its scarcity, it is submitting to serious pressures the water resources and the capacity of environmental protection of a lot of cities, doing of the intended water reuse a current theme and of great importance. The water reuse, is not a new concept and it has been practiced in the whole world has many years. In literature, about the subject, there are examples of diverse forms of how can realize this reuse, where the quality is not the main parameter of requirement. Although Brasil possesses one of the largest water patrimonies of the Planet, the measure of reuse of the water becomes mainly necessary in the great urban centers, whose demand is repressed by the pollution. The possibility of substitution of part of the drinking water, for one of inferior quality, for ends non noble, reduces the demand in the springs of water. However, it need to institutionalize, to regulate and to promote the water reuse in the country, doing with that the practice grows in agreement with appropriate technical beginnings, as well as be economically viable. Thus, this work aims at to determine the quality parameters and amount of greywaters in multifamiliars residential buildings, through analyses in laboratories and of applied questionnaires the population, with the purpose of to subsidize the reduction of the consumption and to look for the sustainability of the drinking water for the rational and efficient use of the water. With the quantitative and qualitative results of the analyzed waters, it was observed that with an appropriate treatment, as the indicated for U.S.EPA, for exemple urban reuse, secondary treatment, filtration and disinfection, or still the indicated treatments for NBR 13.969/97, these waters can be reused for ends non drinking in any construction, generating economy of drinking water with reduction of the demand in the urban systems of reception, distribution and treatment of water.

Keywords: water reuse, greywater, water sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo Hidrológico. ....	7
Figura 2: Água disponível no mundo. ....	9
Figura 3: Escopo do PNCDA. ....	16
Figura 4: Pontos freqüentes de vazamentos em ramais prediais. ....	17
Figura 5: Pontos freqüentes de vazamentos em redes de distribuição. ....	17
Figura 6: Esquema de uma economia moderna e sustentável. ....	19
Figura 7: Etapas de implantação de um Programa de Conservação e Reúso de Água - PCRA. ....	28
Figura 8: Distinção entre água negra e água cinza. ....	30
Figura 9: Exemplo de aviso de água recuperada nos EUA. ....	34
Figura 10: Exemplo de reúso planejado da água. ....	38
Figura 11: Modelo de tratamento para reúso em irrigação nos EUA. ....	39
Figura 12: Tipologia de reúso de água na Florida (EUA) e no Japão. ....	40
Figura 13: Aspectos críticos e importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos. ....	55
Figura 14: Fluxograma do sistema local de tratamento. ....	60
Figura 15: Esquema de tratamento com disposição final no corpo receptor e/ou reúso. ....	61
Figura 16: Processos de desinfecção de esgotos sanitários. ....	65
Figura 17: Esquema do tratamento da água cinza. ....	67
Figura 18: Tanque séptico com três câmaras. ....	67
Figura 19: Filtro de areia com geo-têxtil. ....	67
Figura 20: Aspecto final da água cinza tratada. ....	68
Figura 21: Localização da cidade de Passo Fundo – RS. ....	72
Figura 22: Foto atual do Rio Passo Fundo visto da ponte da Avenida Brasil. ....	74
Figura 23: Leito do Rio Passo Fundo totalmente coberto pela vegetação. ....	74
Figura 24: Poluição visível do Rio Passo Fundo. ....	74
Figura 25: Outra vista da ponte da Avenida Brasil sobre o Rio Passo Fundo. ....	74
Figura 26: Fluxograma da metodologia da pesquisa. ....	76
Figura 27: Coletor de água cinza em caixa sifonada para a coleta das amostras. ....	80
Figura 28: Coletor instalado na caixa sifonada. ....	80
Figura 29: Coletor e caixa sifonada de um banheiro analisado. ....	80
Figura 30: Tubo flexível para a coleta nos lavatórios. ....	81
Figura 31: Relação das respostas dos usuários entrevistados na amostra-piloto. ....	82
Figura 32: Tempo de utilização de cada aparelho da amostra-piloto em minutos/dia. ....	83
Figura 33: Volume de água cinza gerado em apto com MLL, da amostra-piloto. ....	84
Figura 34: Volume de água cinza gerado em apto sem MLL, da amostra-piloto. ....	84
Figura 35: Relação das respostas dos usuários entrevistados. ....	87
Figura 36: Pontos de água cinza gerados pelos aparelhos, em cada ambiente. ....	86
Figura 37: Porcentagem de usuários que possuem os aparelhos não básicos. ....	88
Figura 38: Tempo médio de utilização dos aparelhos, em minutos/dia. ....	88
Figura 39: Volume de água cinza gerado em apartamento com todos os aparelhos. ....	89
Figura 40: Resultados gráficos dos volumes de água cinza gerados por tipologia dos apartamentos. ....	90
Figura 41: Comparação do volume de água cinza gerado, por tipologia dos apartamentos. ....	91
Figura 42: Diferenças na geração de volume em relação ao apartamento Tipo 8. ....	92
Figura 43: Tipologia das bacias sanitárias. ....	92
Figura 44: Comparação da geração de água cinza e água negra. ....	93
Figura 45: Comparação do volume de água potável consumido nos apartamentos (%). ....	95
Figura 46: Opinião sobre reúso de água cinza. ....	95
Figura 47: Opinião sobre aproveitar a água pluvial. ....	95
Figura 48: Opinião sobre torneiras identificadas. ....	96
Figura 49: Tubulação diferenciada dos dois tipos de sistema de água nos laboratórios do CETEC. ....	96
Figura 50: Tubulação diferenciada para os dois sistemas de água no banheiro do CETEC. ....	96
Figura 51: Aspecto visual da água cinza coletada. ....	103
Figura 52: Comparação dos resultados qualitativos da água cinza com os padrões pesquisados. ....	104

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Necessidade de água para algumas indústrias no mundo.....	10
Quadro 2: Comparação dos aspectos da água no meio urbano. ....	12
Quadro 3: Visão histórica do aproveitamento da água.....	14
Quadro 4: Conceitos de Reúso. ....	23
Quadro 5: Parametrização do consumo da água nas edificações domiciliares.....	31
Quadro 6: Estimativas da demanda residencial de água potável, uso externo. ....	31
Quadro 7: Estimativas da demanda residencial de água potável, uso interno. ....	32
Quadro 8: Distribuição do consumo de água por habitante na Dinamarca. ....	32
Quadro 9: Valores típicos dos dispositivos residenciais na Dinamarca. ....	32
Quadro 10: Índices pluviométricos da cidade de Passo Fundo-RS.....	36
Quadro 11: Padrões de qualidade da água.....	42
Quadro 12: Classificação das águas em função dos usos preponderantes .....	43
Quadro 13: Padrões de balneabilidade – Resolução CONAMA 274/2000.....	43
Quadro 14: Principais características dos efluentes domésticos .....	44
Quadro 14: Principais características dos efluentes domésticos ( <i>Continuação</i> ). ....	45
Quadro 15: Operações, processos e sistemas de tratamento frequentemente utilizados. ....	47
Quadro 16: Eficiência dos métodos de tratamento de esgoto.....	47
Quadro 17: Comparação das diversas tecnologias de tratamento de águas residuárias. ....	48
Quadro 18: Características, eficiência e custos dos principais sistemas de tratamento de esgotos.....	49
Quadro 19: Principais efeitos dos processos de tratamento. ....	50
Quadro 20: Requisitos para a qualidade da água de reúso na Califórnia (EUA). ....	51
Quadro 21: Diretrizes sugeridas para o reúso de água - EPA. ....	52
Quadro 21: Diretrizes sugeridas para o reúso de água – EPA ( <i>continuação</i> ). ....	53
Quadro 22: Classificação e parâmetros do efluente conforme o tipo de reúso. ....	59
Quadro 23: Faixas prováveis de remoção de poluentes, conforme o tipo de tratamento (%). ....	62
Quadro 24: Algumas características dos processos de tratamento.....	63
Quadro 25: Classificação dos filtros em função da carga aplicada. ....	64
Quadro 26: Dosagem de cloro para diferentes tipos de efluentes. ....	65
Quadro 27: Principais fatores a serem considerados na avaliação de alternativas de desinfecção. ....	67
Quadro 28: Características dos riscos para a saúde humana. ....	70
Quadro 29: Dados do saneamento básico do município de Passo Fundo, RS. ....	73
Quadro 30: Tipologia dos apartamentos conforme os aparelhos. ....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Mortalidade devido a doenças de veiculação hídrica no Brasil.....	11
Tabela 2 –	Proporção da cobertura de serviços, por grupos de renda do Brasil em %.....	11
Tabela 3 –	Índices de atendimento dos serviços de água e esgotos por região geográfica. ....	12
Tabela 4 –	Valores médios de parâmetros de qualidade da água pluvial, para algumas cidades. ....	35
Tabela 5 –	Valores de água cinza gerados em apartamentos da amostra-piloto. ....	84
Tabela 6 –	Resultados do questionário nos 512 apartamentos pesquisados.....	85
Tabela 7 –	Volume gerado de água cinza por tipologia dos apartamentos. ....	91
Tabela 8 –	Distribuição do consumo de água por aparelho, conforme a tipologia dos aptos. ....	94
Tabela 9 –	Distribuição do consumo de água potável e economia de água com o reúso.....	95
Tabela 10 –	Resultados qualitativos da primeira coleta de água cinza nos chuveiros - mar/2004.....	98
Tabela 11 –	Resultados qualitativos da segunda coleta de água cinza nos chuveiros - jul/2004. ....	100
Tabela 12 –	Resultados qualitativos da última coleta de água cinza nos chuveiros - dez/2004.....	101
Tabela 13 –	Resultados qualitativos da coleta de água cinza nos lavatórios – dez/2004.....	102
Tabela 14 –	Comparação da caracterização da água cinza conforme outros autores.....	103
Tabela 15 –	Comparação dos resultados qualitativos da água cinza com os padrões pesquisados.....	104
Tabela 16 –	Comparação de água pluvial com a água cinza.....	105
Tabela 17 –	Percentual de redução calculado da média da qualidade da água cinza coletada.....	106
Tabela 18 –	Índice de redução necessário conforme determinados usos para a água de reúso.....	107
Tabela 18 -	Índice de redução necessário conforme usos para a água de reúso ( <i>Continuação</i> ).....	108
Tabela 19 –	Quantificação do volume de água cinza gerado em apartamentos. ....	110

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA .....	2
1.3 JUSTIFICATIVA .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	5
1.4.1 OBJETIVO GERAL .....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
2.1 A ESCASSEZ DA ÁGUA .....	6
2.2 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	18
2.3 REÚSO DE ÁGUA.....	22
2.3.1 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA.....	27
2.3.2 REÚSO DA ÁGUA CINZA.....	29
2.3.3 APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL .....	34
2.3.4 EXEMPLOS DE REÚSO DE ÁGUAS .....	37
2.4 PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	40
2.5 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DOS EFLUENTES DOMÉSTICOS.....	44
2.6 ALGUNS TRATAMENTOS DE ÁGUA E ESGOTO.....	45
2.6.1 REMOÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS .....	55
2.6.2 TANQUE SÉPTICO .....	56
2.6.2.1 DISPOSIÇÃO FINAL DOS EFLUENTES LÍQUIDOS CONFORME NBR 13.969/97 DA ABNT .....	57
2.6.3 FILTRAÇÃO .....	61
2.6.4 DESINFECÇÃO .....	64
2.7 AVALIAÇÃO DE RISCOS EM REÚSO DE ÁGUA.....	68
<b>3 MÉTODOS E MATERIAIS .....</b>	<b>72</b>
3.1 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....	72
3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS .....	74
3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	77
3.3.1 ANÁLISES QUANTITATIVAS .....	77
3.3.1.1 DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA PARA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO .....	77
3.3.2 ANÁLISES QUALITATIVAS .....	79
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>82</b>
4.1 RESULTADOS QUANTITATIVOS DA AMOSTRA-PILOTO.....	82
4.2 RESULTADOS QUANTITATIVOS DA AMOSTRA FINAL .....	85
4.3 RESULTADOS QUALITATIVOS DAS AMOSTRAS .....	98
4.4 EFICIÊNCIA NECESSÁRIA PARA O REÚSO DA ÁGUA CINZA.....	106
4.5 SUGESTÕES PARA UM ANTEPROJETO DE REÚSO DE ÁGUA CINZA.....	110
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>112</b>
5.1 CONCLUSÕES DA PESQUISA .....	112
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	116
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO D.....</b>	<b>135</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

Quando se pensa na distribuição de água no planeta, sabe-se que 97% desta água é encontrada nos oceanos, portanto somente 3% é água doce, e desse total ainda é preciso descontar as geleiras e águas de difícil acesso. Aliado a isso se tem também o conhecimento de que a água potável está se esgotando. De acordo com diversas avaliações, o Brasil detém 12% de toda água doce superficial do planeta, e desse total, 80% estão distribuídos na Região Amazônica e os 20% restantes se distribuem desigualmente pelo país, atendendo 95% da população (REBOUÇAS, 1999 apud WALDMAN).

Um grande problema ambiental e sanitário dos centros urbanos do país, que se agrava com o tempo, é o abastecimento urbano de água potável. Conforme Vesentini (1999), a qualidade da água que abastece as residências é tão importante que, 80% das doenças existentes nos países subdesenvolvidos devem-se à má utilização desse recurso hídrico. Apesar da grande expansão da rede de água para abastecimento urbano que existe no Brasil, ela ainda é insuficiente para a crescente população das grandes e médias cidades. Uma parcela da população, especialmente nas periferias e bairros pobres, sempre fica à margem da rede de água tratada. É sempre bom ter em mente que a escassez de água é responsável pelos problemas mais graves de saúde pública.

Desde 1970, a quantidade de água disponível para cada ser humano sofreu uma queda de 40%, dois em cada cinco habitantes do planeta têm problemas de abastecimento de água (ROCHA, 2001). Os recursos naturais, essenciais para a sobrevivência humana, não estão cumprindo as crescentes demandas. Não bastasse esse déficit, ainda há a degradação não controlada de recursos disponíveis. Vários países, preocupados com essa questão, estão adotando o reúso de águas servidas para manutenção do seu balanço hídrico.

A redução da necessidade de água potável, através do reaproveitamento de águas cinzas, ou seja, aquelas provenientes dos lavatórios, dos chuveiros, da máquina de lavar roupa e

louça, da pia da cozinha e tanques, bem como o aproveitamento de águas pluviais, é extremamente benéfica, pois além de minimizar o uso da água potável para fins não nobres em lavagem de calçadas e carros, irrigação, descarga nas bacias sanitárias, entre outros, reduz também os gastos públicos das prefeituras com a água para lavagem de ruas e veículos públicos, irrigação de fontes e áreas verdes em praças, desobstrução de redes coletoras e de galerias de águas pluviais, água de combate a incêndios, de lagos públicos e dos chafarizes, e também minimiza essa crise já instalada no abastecimento de água.

## **1.2 Problema de pesquisa**

A água, quando reciclada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro que, através da atividade antrópica, é deteriorada a níveis diferentes de poluição. Entretanto, uma vez poluída, a água deixa de ter o seu fim nobre, gerando a necessidade de se buscar novas alternativas para minimizar a falta de água futura, como a recuperação da água já utilizada e seu reúso para fins benéficos diversos.

Os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

A política de reutilização das águas é aplicada, normalmente, em locais que já se encontram em estágio avançado de falta d'água. E por enquanto, a maior parte são indústrias particulares que estão preocupando-se em realizar algum tipo de providência no sentido de substituição das águas potáveis pelas águas não potáveis para suprir suas necessidades, impulsionadas principalmente pela necessidade de redução de custos e atendimento aos padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos superficiais do CONAMA 357/05 (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e especialmente no Rio Grande do Sul, aos padrões de lançamento de efluentes da Portaria 05/89 do SSMA/RS (Secretaria da Saúde e de Meio Ambiente do RS) ou da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental).

Dentro dessa ótica, pode-se destacar também que o reúso tem um reflexo direto nos esgotos tratados, como reduzir os diâmetros das tubulações e o dimensionamento das estações de tratamento por exemplo, os quais têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos. A possibilidade de substituição de parte da água potável de uma edificação, por uma água não potável, reduz a demanda sobre os mananciais de água.

Sendo assim, é possível reutilizar a água cinza de edifícios para fins não nobres, visando a economia da água tratada e a sustentabilidade dos recursos hídricos?

### 1.3 Justificativa

Uma das evidências de que a escassez de água prevista é real, e não uma extrapolação catastrófica, é o número de países onde já foi superado o nível de vida capaz de ser suportado pela água disponível. Países com suprimentos anuais entre 1 e 2 mil metros cúbicos por pessoa são definidos pelos engenheiros sanitaristas como pobres em água. Atualmente, 26 países, com população em torno de 250 milhões de pessoas, estão incluídos nessa classificação e com crescimento acelerado em todos eles, a situação tende a se agravar.

Países como a China, Índia, México, Tailândia, parte do oeste dos Estados Unidos, norte da África e áreas do Oriente Médio estão retirando do lençol freático mais água que o ciclo hidrológico consegue repor. Em Pequim, os lençóis freáticos, mesmo parcialmente reabastecidos pelas chuvas, estão baixando 1 a 2 metros ao ano e relatos falam da secagem de mais de 30% dos poços. Na Cidade do México a retirada de água do subsolo excede em até 80% a capacidade de reposição natural, isso contribui para efeitos como desmoronamentos de edifícios, e rebaixamento de terrenos, entre os quais o da catedral metropolitana. Se a situação desses países é difícil e com tendência a agravar-se, a posição de muitos países com abundância de reservas hídricas, também é preocupante. É o caso do Brasil, que já enfrenta dificuldades de abastecimento de água em áreas de grande densidade de população, como por exemplo na grande São Paulo, também em regiões do semi-árido nordestino, e em algumas estações do ano, como é o caso do Rio Grande do Sul, que no verão vem enfrentando freqüentes estiagens, e até mesmo secas.

Também existem outros fatores que prejudicam a qualidade da água. A ausência de mecanismos de conservação do solo deteriora os grandes mananciais, além do assoreamento e da erosão, os rios transformam-se em gigantescos esgotos a céu aberto. Servem também de destino final para os resíduos industriais e para lavagem de equipamentos agrícolas.

A desigualdade do consumo de água potável vincula-se também com a opressão das minorias étnicas e na repressão contra povos e grupos não representados. Isto transforma a questão dos recursos hídricos em problema explosivo em regiões como o Oriente Médio, onde Israel detém um consumo per capita cinco vezes superior aos seus vizinhos. Já na África do Sul, fazendeiros brancos continuam em muitas áreas do país a usufruir o essencial da água, comprometendo deste modo o abastecimento domiciliar de imensas massas rurais formadas por negros (ELLIOTT, 1998 apud WALDMAN). Caso a comunidade mundial não adote

medidas sérias e urgentes para proteger um recurso tão importante, poderá vir a confrontar-se com situações conflitantes, tanto nos planos ecológico e econômico como político.

A escassez de recursos de água doce e os custos cada vez mais elevados para desenvolver novos recursos têm um impacto considerável sobre o desenvolvimento da indústria, da agricultura e dos estabelecimentos humanos nacionais, bem como sobre o crescimento econômico dos países. Uma melhor gestão dos recursos hídricos urbanos, incluindo a eliminação de padrões de consumo insustentáveis, pode dar uma contribuição substancial à mitigação da pobreza e à melhora da saúde e da qualidade de vida dos pobres das zonas urbanas e rurais (Agenda 21).

A racionalização do uso da água nas atividades promovidas pelo homem é um passo para reduzir os riscos de contaminação hídrica. Se forem menores os volumes de água utilizados e descartados pelas atividades de mineração, agricultura, indústria e serviços, menores serão naturalmente, as necessidades de tratamento e de seu acondicionamento às condições originais de pureza. Essa racionalização deve incorporar outros conceitos, além da minimização das quantidades utilizadas, deve-se observar também o conceito de reutilização de água, que pode ser utilizada várias vezes antes de ser finalmente descartada, e o conceito de segregação de seus vários fluxos, não permitindo que se misturem as águas pluviais com os esgotos sanitários e com águas de processos industriais (ROTH apud ROCHA, 2001).

Ainda, a viabilidade de uma inserção competente do Brasil no disputado cenário da economia globalizada implica na conscientização da indústria quanto a uma substancial mudança nos processos de transformação, pela incorporação de práticas de produção mais limpa. No que se refere ao uso racional da água nas plantas industriais, será preciso investir em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, na implantação de sistemas de tratamento avançado de efluentes, em sistemas de conservação, em redução de perdas e no reúso da água. Isto levará a significativos ganhos ambientais, sociais e econômicos. As empresas de grande porte já estão implantando tais práticas, pois dispõem de condições técnicas e financeiras para tanto. As micro e pequenas empresas, entretanto, necessitam de apoio e orientação para adotarem tais sistemas em suas unidades produtivas.

A gestão sustentável das águas de reúso gera a economia de água já tratada, baixando custos, diminuindo gastos com energia, e ainda propicia a recarga dos lençóis freáticos. Justifica-se o presente trabalho pela economia de água tratada para fins não nobres, através do reúso de água cinza em edificações para esses fins.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo geral**

Difundir o conhecimento, critérios e conceitos sobre reúso de água, despertando para a preservação e a importância da conscientização ambiental da reutilização da água, bem como a sustentabilidade dos recursos hídricos, por parte dos técnicos diretamente envolvidos com o desenvolvimento e execução dos projetos dos sistemas hidráulicos prediais e urbanos.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Apresentar o Estado da Arte sobre o reúso de águas, e a utilização de fontes alternativas de água - água cinza e água de chuva - e as tecnologias disponíveis para tratamento de água para reúso;
- Apresentar a opinião da sociedade de Passo Fundo sobre reutilização de água;
- Fornecer diretrizes básicas para o reúso e tratamento de água cinza apresentando a qualidade dessa água e os benefícios sociais e econômicos do reúso;
- Realizar o levantamento de quantidades e de pontos geradores de água para reúso e o levantamento das demandas de água de reúso em edificações;
- Gerar diretrizes para o desenvolvimento de modelos de anteprojeto, de Sistemas Urbanos e Prediais de aproveitamento de água cinza em edificações.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A escassez da água

Na era da globalização e dos avanços da revolução técnico-científica, tornou-se mais evidente o que muitos já sabiam: as questões ambientais têm dimensão mundial. Problemas como a redução da camada de ozônio, a desertificação, a emissão de poluentes no solo, no ar e na água afetam, embora de maneira diferenciada, países desenvolvidos e subdesenvolvidos.

De acordo com Tucci et al. (2003), devido à grande concentração urbana do desenvolvimento brasileiro, vários conflitos têm sido gerados nas cidades do País e geralmente, a causa principal desses problemas se encontra nos aspectos institucionais relacionados com o gerenciamento dos recursos hídricos e do meio ambiente urbano. São eles:

- (a) degradação ambiental dos mananciais;
- (b) aumento do risco das áreas de abastecimento com a poluição orgânica e química;
- (c) contaminação dos rios pelos esgotos doméstico, industrial e pluvial;
- (d) enchentes urbanas geradas pela inadequada ocupação do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana;
- (e) falta de coleta e de disposição do lixo urbano.

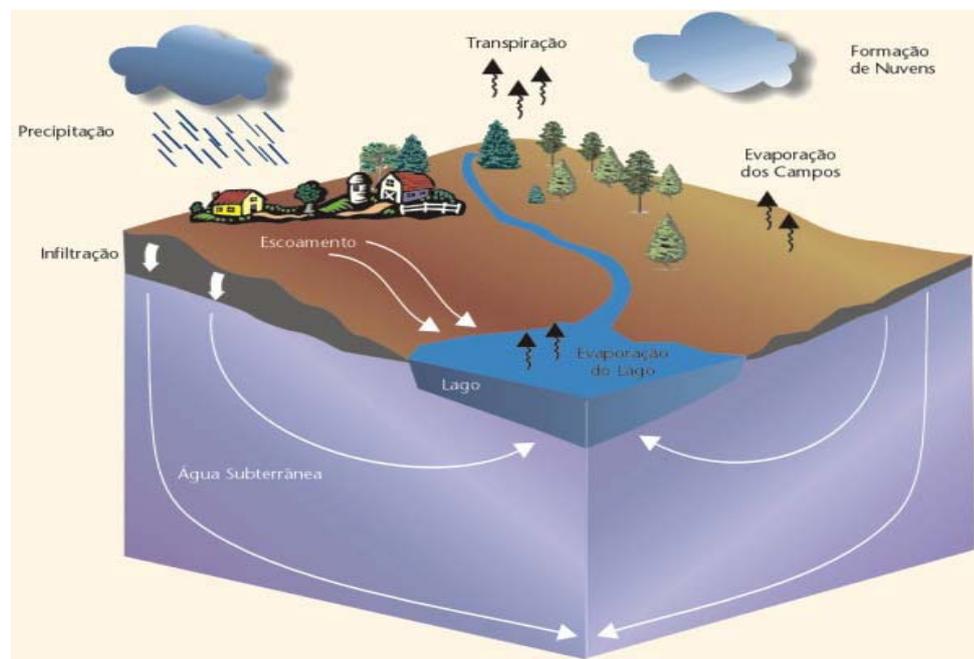
O rápido crescimento da população e os acelerados avanços no processo de industrialização e urbanização das sociedades têm repercussões sem precedentes sobre o ambiente humano. Nas Américas, segundo a Organização Pan-Americana de Saúde, os principais problemas encontrados no setor de abastecimento de água são:

- instalações de abastecimento público ou abastecimento individual em mau estado, com deficiências nos projetos ou sem a adequada manutenção;
- deficiência nos sistemas de desinfecção de água destinada ao consumo humano com especial incidência em pequenos povoados;

- contaminação crescente das águas superficiais e subterrâneas por causa da deficiente infra-estrutura de sistema de esgotamento sanitário, ausência de sistema de depuração de águas residuárias, urbanas e industriais, e inadequado tratamento dos resíduos sólidos com possível repercussão no abastecimento de água, em área para banhos e recreativas, na irrigação e outros usos da água que interfira na saúde da população.

Para a sobrevivência humana é necessária uma certa quantidade de água, e que seja potável. Para a ONU (Organização das Nações Unidas), essa quantidade de água é aproximadamente 21 litros por pessoa por dia. O acesso à água torna-se cada vez mais difícil, especialmente pelo fato de o homem contaminar, em suas diversas formas, essa pequena quantidade de água que se tem disponível. O consumo varia de local para local: um beduíno no deserto sobrevive com 3 litros por dia, ao passo que, para um habitante de Nova Iorque há necessidade de 1000 litros por dia (considerando todos os usos e atividades). Nas capitais brasileiras, o consumo médio é da ordem de 300 a 450 litros por dia, usando-se a água para todos os serviços (ROCHA, 2001).

A água abriga um rico ecossistema, do qual o homem extrai alimentos, movimenta usinas hidrelétricas, abastece as cidades. Em seu ciclo constante, a água das chuvas penetra o solo, forma aquíferos subterrâneos, segue para os rios, evapora e cai novamente em forma de chuva, como mostra a figura 1 do ciclo hidrológico.



Fonte: Instituto Geológico e Mineiro (Portugal), 2001.

Figura 1: Ciclo Hidrológico.

A civilização, no entanto, altera o processo de reabastecimento natural, lança poluentes, contaminando e desequilibrando o ciclo da água. Considerando que, além disso, a distribuição das águas é irregular, entende-se que a falta de água é hoje uma das grandes preocupações mundiais. Uma vez poluída, a água deixa de ter o seu fim nobre. A captação de água pelo homem não pode ignorar os limites impostos pelo ciclo natural da mesma, o que nem sempre acontece.

Os riscos expostos anteriormente se traduzem em um meio degradado com águas poluídas e uma alta incidência de mortalidade por transmissão hídrica. Em vários países da América Latina e Caribe, as gastroenterites e as doenças diarréicas figuram entre as dez principais causas de mortalidade, sendo responsáveis por cerca de 200.000 mortes ao ano, sem incluir as causadas pela febre tifóide e hepatite e outras similares.

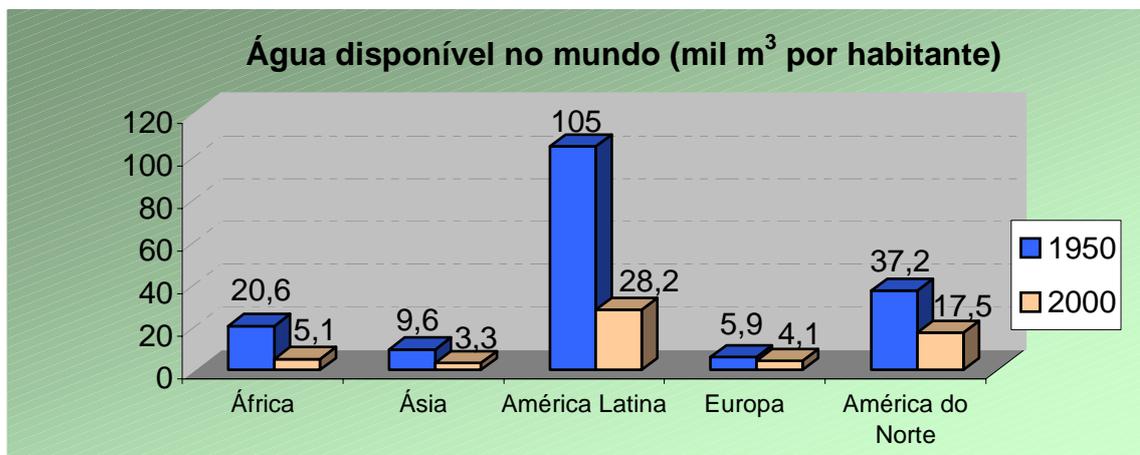
Algumas comunidades captam água subterrânea para abastecimento público, mas a maioria delas se aproveita de águas superficiais que, após o tratamento, é distribuída para as residências e indústrias. Os esgotos gerados, algumas vezes são coletados e transportados para uma estação para tratamento anterior à sua disposição final, outras, seguem sem nenhum tratamento para o subsolo ou rios. Os métodos convencionais promovem, apenas, uma recuperação parcial da qualidade da água original. A diluição em um corpo receptor e a purificação pela natureza promovem melhora adicional na qualidade da água, mas isso precisa ser muito bem controlado, pois esse corpo receptor possui uma capacidade limite para recebimento de carga poluidora.

Entretanto, outra cidade a jusante da primeira, provavelmente, captará água para abastecimento municipal antes que ocorra a recuperação completa. Essa cidade, por sua vez, a trata e dispõe o esgoto gerado novamente por diluição. Esse processo de captação e devolução por sucessivas cidades em uma mesma bacia hidrográfica resulta numa reutilização indireta da água. Mas, durante as estiagens, a manutenção da vazão mínima em muitos rios pequenos depende, fundamentalmente, do retorno destas descargas de esgotos efetuadas a montante, por isso precisam ser anteriormente tratados para evitar problemas futuros com o abastecimento e garantir a sustentabilidade hídrica.

Segundo projeções da ONU (Organização das Nações Unidas), em 2025 dois terços da população mundial - ou 5,5 bilhões de pessoas - viverão em locais que sofrem com algum tipo de problema relacionado à água. Muitas pessoas morrem a cada ano vítimas de doenças associadas à falta de água ou más condições sanitárias. Até 2050, os saldos deficitários de recursos hídricos serão graves em pelo menos 60 países. Ao menos três bilhões de pessoas têm que se servir de águas contaminadas, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde

cerca de 90% do esgoto é jogado “in natura” nos cursos d'água. Ainda, em países em desenvolvimento, 50% da água potável é desperdiçada por causa de vazamentos e sistemas ilegais. Além disso, cerca de 90% do esgoto e 70% do lixo industrial são jogados nas águas sem tratamento adequado (BIO, 2001).

Na atualidade, a metade dos seis bilhões de habitantes do mundo carece de água com tratamento adequado, e mais de um bilhão de pessoas não têm acesso à água potável (BIO, 2001). A figura 2, mostra a disponibilidade de água no mundo, e a diminuição na quantidade de água, em mil metros cúbicos por habitante, em cada continente nos anos de 1950 e 2000:



Fonte: UNESCO, adaptado de Werthein, 2000.

Figura 2: Água disponível no mundo.

A região do MENA (*Middle East and North Afric*) abrange os países da Argélia, Baharein, Chipre, Egito, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbano, Líbia, Marrocos e Saara Ocidental, Omã, Autoridade Palestina, Qatar, Arábia Saudita, Síria, Tunísia, Turquia, Emirados Árabes Unidos e Iêmen, e segundo Mancuso (2003), abriga 300 milhões de pessoas e possui apenas 1 % do estoque anual de água renovável do planeta. A produção de esgotos, cada vez mais crescente com o aumento da população, é a única forma significativa, crescente e confiável de água para o futuro do MENA. A terra agriculturável no MENA é muitas vezes situada no vilarejo que circunda as residências familiares, tornando oportuno o reúso dentro da própria comunidade geradora do esgoto.

O quadro 1 apresenta a necessidade de água por algumas indústrias no mundo em litros por unidade de produção. Observam-se quantidades muito elevadas de consumo de água no processo produtivo de alguns produtos, como é o caso do papel jornal na China, que consome 900 mil a 1 milhão de litros por cada tonelada produzida.

<b>Indústria (produto) e país</b>	<b>Unidade de produção</b> (Tonelada, exceto quando especificado)	<b>Necessidade de água por unidade de produção</b> (litros)
Pães e massas – EUA		2.100 a 4.200
Pães e massas – Bélgica		1.100
Pães – Chipre		600
Vegetais enlatados – Bélgica		8.000 a 80.000
Carne embalada – EUA	ton. de carne preparada	23.000
Carne embalada – Canadá	ton. de carne preparada	8.800 a 34.000
Fábrica de salsicha – Chipre		25.000
Fábrica de salsicha – Finlândia		20.000 a 35.000
Peixe fresco e congelado – Canadá		30.000 a 300.000
Frangos – EUA	por ave	25
Perus – EUA	por ave	75
Açúcar – Dinamarca	ton. de beterrabas	4.800 a 15.800
Açúcar – França	ton. de beterrabas	10.000 a 20.000
Açúcar – Alemanha	ton. de beterrabas	10.400 a 14.000
Açúcar – China	ton. de cana-de-açúcar	15.000
Açúcar – EUA	ton. de beterrabas	3.200 a 8.300
Cerveja – EUA	1000 litros	15.200
Cerveja – Israel	1000 litros	13.500
Whisky – EUA	1000 litros	2.600 a 76.000
Vinho – França	1000 litros	2.900
Papel para impressão – China		340.000
Papel para impressão – Suécia		500.000
Papel jornal - China		190.000
Papel jornal - Canadá		165.000 a 200.000
Papel fino – Suécia		900.000 a 1.000.000
Gasolina – EUA	1000 litros	7.000 a 10.000
Gasolina - China	1000 litros	8.000
Gasolina sintética – EUA	1000 litros	377.000
Tingimento de tecidos – Bélgica		200.000
<i>Tingimento de tecidos – França</i>		52.000 a 560.000
Indústria automobilística – EUA	veículo produzido	38.000
Lavanderias – Chipre	ton. de roupas lavadas	45.000
Lavanderias - Suécia	ton. de roupas lavadas	30.000 a 50.000

Fonte: Adaptado de FIESP/CIESP, 2004.

Quadro 1: Necessidade de água para algumas indústrias no mundo.

A contribuição clássica da poluição das águas é formada pelas águas residuárias da atividade urbana, como esgotos domésticos, industriais, pluviais e lodo das estações de tratamento de água. Os dois primeiros tipos de poluição urbana se caracterizam como fontes pontuais, localizadas e bem identificadas, responsáveis por significativa depleção de oxigênio nos cursos d'água, e contribuição de sólidos, organismos coliformes e patogênicos, nutrientes, entre outros. Os esgotos pluviais da rede de drenagem urbana contribuem de forma não pontual para a poluição das águas, e podem apresentar um impacto significativo sobre o meio ambiente. Aos esgotos pluviais estão comumente ligados os esgotos sanitários de muitos imóveis, nem sempre protegidos por uma unidade adequada de tanque séptico e filtro, constituindo uma carga adicional importante (JORDÃO, 1995). Na Tabela 1 são apresentados valores de mortalidade do Brasil em dois períodos e por faixa etária.

Tabela 1 – Mortalidade devido a doenças de veiculação hídrica no Brasil.

Idade	Infecção intestinal		Outras*	
	1981	1989	1981	1989
< 1 ano	28.606	13.508	87	19
1 a 14 anos	3.908	1.963	44	21
> 14 anos	2.439	3.330	793	608

\* *cólera, febre tifóide, poliomielite, dissenteria, esquistossomose, etc.*

Fonte: Mota e Rezende apud Tucci, 2002.

Tabela 2 – Proporção da cobertura de serviços, por grupos de renda do Brasil em %.

Domicílios SM**	Água tratada		Coleta de esgoto		Tratamento de Esgoto	
	1981	1989	1981	1989	1981	1989
0 – 2	59,3	76,0	15	24,2	0,6	4,7
2 – 5	76,3	87,8	29,7	39,7	1,3	8,2
> 5	90,7	95,2	54,8	61,2	2,5	13,1
Todos	78,4	89,4	36,7	47,8	1,6	10,1

\*\* SM = Salário Mínimo.

Fonte: Mota e Rezende apud Tucci, 2002.

Na Tabela 2 são apresentadas as alterações dos serviços de água e esgoto, mostrando a correspondência de redução dos indicadores com o aumento da cobertura dos serviços, apesar do aumento da população no período. Observa-se na Tabela 2 que a cobertura aumenta com a classe de renda da população, um indicativo que a população mais pobre possui um índice de cobertura ainda menor que a média do país.

De maneira simples a contaminação da água pode ser definida como a adição de substâncias estranhas que deterioram sua qualidade. A qualidade da água se refere a sua aptidão para usos benéficos, como abastecimento, irrigação, recreação e etc. Um contaminante pode ser de origem inorgânica, como o chumbo ou mercúrio, ou orgânico proveniente de esgotos domésticos, como coliformes, bactérias, entre outros.

O abastecimento de água no Brasil tem evoluído satisfatoriamente nos últimos anos. Os problemas residem principalmente na falta de coleta e tratamento dos esgotos fecais, como na maioria dos países em desenvolvimento. Em alguns países, como o Brasil, o abastecimento de água que poderia estar resolvido, devido à grande cobertura de abastecimento, volta a ser um problema devido a forte contaminação dos mananciais. Este problema é decorrência da baixa cobertura de esgoto tratado. Isso é observado no quadro 2.

<b>Infra-estrutura urbana</b>	<b>Países desenvolvidos</b>	<b>Brasil</b>
Abastecimento de água	Resolvido, com cobertura total.	Grande parte atendida, tendência de redução da disponibilidade devido a contaminação, grande quantidade de perdas na rede.
Saneamento	Cobertura quase total.	Falta de rede e estações de tratamento; as que existem não conseguem coletar esgoto como projetado.
Drenagem Urbana	Controlado os aspectos quantitativos; Desenvolvimento de investimentos para controle dos aspectos de qualidade da água.	Grandes inundações devido a ampliação de inundações; Controle que agrava as inundações através de canalização; Aspectos de qualidade da água nem mesmo foram identificados.
Inundações Ribeirinhas	Medidas de controle não-estruturais como seguro e zoneamento de inundação.	Grandes prejuízos por falta de política de controle.

Fonte: Tucci, 2002.

Quadro 2: Comparação dos aspectos da água no meio urbano.

Na Tabela 3, é apresentado o índice de atendimento dos serviços de água e tratamento de esgoto pelos prestadores de abrangência regional, por região geográfica do Brasil. Pode-se observar que a região norte é a menos favorecida com estes serviços e nas regiões sudeste e centro-oeste a cobertura de esgotos é maior em relação às outras regiões. Ainda é elevada a cobertura de abastecimento de água em relação aos serviços de esgotos em todo o País.

Tabela 3 – Índices de atendimento dos serviços de água e esgotos por região geográfica.

<b>Região</b>	<b>Água (%)</b>	<b>Esgoto (%)</b>
Norte	62,7	4,1
Nordeste	90,9	21,4
Sul	93,4	23,7
Sudeste	91,9	58,0
Centro-Oeste	90,7	45,7
<b>Brasil</b>	<b>90,6</b>	<b>38,5</b>

Fonte: SNIS, 2001.

Outro fato importante, é que o cenário apresentado no Brasil é o de crescimento urbano-industrial e agrícola que certamente será acompanhado pelo aumento da demanda de água. Sendo o setor industrial um importante usuário de água, é fundamental que seu desenvolvimento se dê de forma sustentável, adotando práticas como o uso racional e eficiente da água. As garantias de quantidade e qualidade de água nos mananciais, as quais permitirão novos investimentos, expansão da produção industrial e geração de emprego e renda, só poderão ser conseguidas por meio de um amplo esforço do poder público, dos

usuários e da comunidade em torno da gestão participativa, descentralizada, harmônica e racional das águas no âmbito dos Comitês de Bacias.

Os primeiros sinais da crise de água no Brasil, de acordo com Pacheco (2004), vieram do estado de São Paulo. Com o objetivo de reduzir 20% o consumo de água na Região Metropolitana de São Paulo, que é uma área com 39 municípios vizinhos e com uma população de 18,7 milhões de pessoas, o governo estadual lançou em 2003 o Programa de Incentivo a Redução do Consumo de Água. Neste programa, os imóveis tinham que cumprir conforme a média aritmética das contas de água entre os meses de março e setembro daquele ano. Esta medida, politicamente correta, representa o primeiro passo anterior a uma solução mais dura, como o racionamento de água.

Segundo Pacheco (2004), os governos Estaduais e Federais, vêm se omitindo por décadas na tomada de decisões importantes. A primeira causa é a inação. Em seguida, vem a política tarifária adotada por quase todas as concessionárias de água do País que, em geral, favorecem o desperdício graças à pelo menos três distorções.

A primeira distorção está no subsídio à água de consumo doméstico, onde consumidores comerciais e industriais pagam mais pelo mesmo produto. Em alguns casos, o valor pago pelas indústrias chega a ser o triplo. A segunda está na manutenção do chamado consumo mínimo residencial, que faz com que aquele que consome abaixo do limite pague o mesmo valor daquele que consome o valor-limite. Por fim, a terceira distorção está na falta de implantação de sistemas de micro-medição individual, ou seja, por apartamento, em edifícios (PACHECO, 2004).

Em função de condições de escassez em quantidade e/ou qualidade, a água deixou de ser um bem livre e passou a ter valor econômico. Esse fato contribuiu com a adoção de um novo paradigma de gestão desse recurso ambiental, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

A experiência em outros países mostra que a cobrança pelo uso de recursos hídricos, mais do que instrumento para gerar receita, é indutora de mudanças pela economia da água, pela redução de perdas e da poluição e pela gestão com justiça ambiental. Isso porque se cobra de quem usa ou polui.

O instrumento da cobrança pelo uso de recursos hídricos constitui-se num incentivador ao reúso da água. O usuário que reutiliza suas águas reduz as vazões de captação e lançamento e conseqüentemente tem sua cobrança reduzida. Assim, quanto maior for o reúso, menor será a utilização de água e menor a cobrança. Dependendo das vazões utilizadas, o montante de

recursos economizados com a redução da cobrança em função do reúso pode cobrir os custos de instalação de um sistema de reúso da água na unidade industrial (FIESP/CIESP, 2004).

No quadro 3, observa-se as características da visão histórica de aproveitamentos da água, segundo Tucci et al. (2001).

<b>Período</b>	<b>Países desenvolvidos</b>	<b>Brasil</b>
<b>1945-60</b> Engenharia com pouca preocupação ambiental	- Uso dos recursos hídricos: abastecimento, navegação, hidreletricidade, etc. - Qualidade da água nos rios - Medidas estruturais de controle das enchentes	- Inventário dos recursos hídricos - Início dos empreendimentos hidrelétricos e projetos de grandes sistemas
<b>1960-70</b> Início da pressão ambiental	- Controle de efluentes - Medidas não estruturais para enchentes - Legislação para qualidade da água dos rios	- Início da construção de grandes empreendimentos hidrelétricos - Deteriorização da qualidade da água dos rios e lagos próximos a centros urbanos
<b>1970-80</b> Controle ambiental	- Usos múltiplos - Contaminação de aquíferos - Deteriorização ambiental de grandes áreas metropolitanas - Controle na fonte de drenagem urbana - Controle da poluição doméstica e industrial - Legislação ambiental	- Ênfase em hidrelétricas e abastecimento de água - Início da pressão ambiental - Deteriorização da qualidade da água dos rios devido ao aumento da produção industrial e concentração urbana
<b>1980-90</b> Interações do ambiente global	- Impactos climáticos globais - Preocupação com preservação das florestas - Prevenção de desastres - Fontes pontuais e não pontuais - Poluição rural - Controle dos impactos da urbanização sobre o ambiente - Contaminação de aquíferos	- Redução do investimento em hidrelétricas devido à crise fiscal e econômica - Piora das condições urbanas: enchentes, qualidade da água - Fortes impactos das secas do Nordeste - Aumento dos investimentos em irrigação - Legislação ambiental
<b>1990-2000</b> Desenvolvimento sustentável	- Desenvolvimento sustentável - Aumento do conhecimento sobre o comportamento ambiental causado pelas atividades humanas - Controle ambiental das grandes metrópoles - Pressão para controle da emissão de gases, preservação da camada de ozônio - Controle da contaminação de aquíferos e das fontes não-pontuais	- Legislação de recursos hídricos - Investimento no controle sanitário das grandes cidades - Aumento do impacto das enchentes urbanas - Programas de conservação dos biomas nacionais: Amazônia, Pantanal, Cerrado e Costeiro - Início da privatização dos serviços de energia e saneamento
<b>2000-</b> Ênfase na água	- Desenvolvimento da visão mundial da água - Uso integrado dos recursos hídricos - Melhora da qualidade da água das fontes não pontuais: rural e urbana - Busca de solução para os conflitos transfronteiriços - Desenvolvimento do gerenciamento dos recursos hídricos dentro de bases sustentáveis	- Avanço do desenvolvimento dos aspectos institucionais da água - Privatização do setor energético - Aumento de usinas térmicas para produção de energia - Privatização do setor de saneamento - Aumento da disponibilidade de água no Nordeste - Desenvolvimento de planos de drenagem urbana para as cidades

Fonte: Tucci et al., 2001.

Quadro 3: Visão histórica do aproveitamento da água.

Apesar de estar entre os países mais ricos do mundo em termos de disponibilidade bruta de recursos hídricos renováveis, o Brasil também enfrenta problemas de escassez de água para abastecimento público, não apenas nas áreas de baixa disponibilidade hídrica natural (semi-árido nordestino), mas também em micro-regiões, aglomerações urbanas, e regiões metropolitanas nas quais a escassez decorre de processos cumulativos de uso predatório e degradação dos mananciais. A intermitência no abastecimento de água tem se mostrado presente na maioria das cidades brasileiras de médio e grande porte, especialmente nas periferias habitadas por populações de baixa renda (PNCDA, 2004).

O que mais falta no Brasil não é água, mas determinado padrão cultural que agregue a necessidade de redução de desperdícios e proteção da sua qualidade. De acordo com Rebouças (2001), rico tem dinheiro para ganhar dinheiro; pobre é que tem dinheiro para gastar. Para o rico, desperdiçar água já significa desperdiçar dinheiro, enquanto para o pobre desperdiçar dinheiro ou água, ainda significa, regra geral, parecer rico.

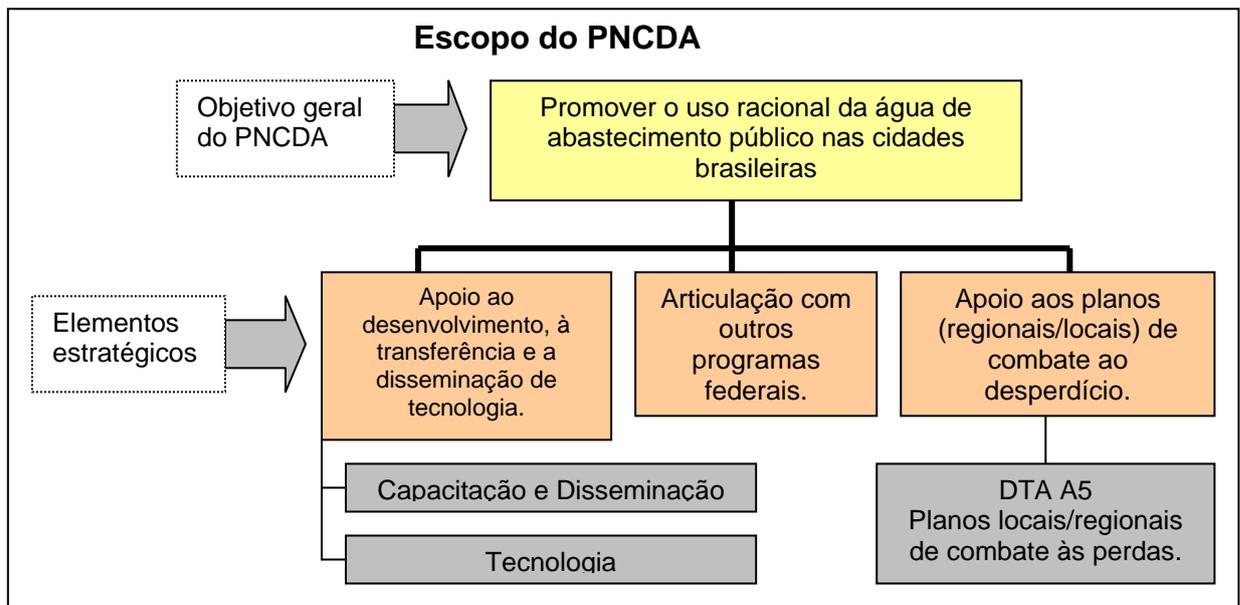
As ações de uso racional são de combate ao desperdício, como a detecção e controle de perdas de água no sistema predial, a conscientização do usuário para não desperdiçar água, o uso de aparelhos sanitários economizadores de água, incentivo à adoção da medição individualizada, o estabelecimento de tarifas inibidoras do desperdício, entre outras. O Anexo A apresenta os equipamentos hidráulicos economizadores de água (FIESP/CIESP, 2004).

Segundo a EPA (1998), o uso eficiente da água pode ter como objetivos principais a preservação ambiental, a saúde pública, e benefícios econômicos para ajudar a melhorar a qualidade da água, manter ecossistemas aquáticos e proteger as fontes de água potável. Como o mundo enfrenta riscos crescentes com ecossistemas e sua integridade biológica, a ligação intrínseca entre qualidade da água e quantidade da água se torna mais importante. Então, eficiência da água é uma maneira de atingir as metas de qualidade e quantidade de água. O uso eficiente da água também pode evitar a poluição através da redução da vazão de efluentes, processos de reúso de efluentes industriais, reúso de efluentes domésticos e usando menos energia.

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), instituído em abril de 1997 pelo Governo Federal, tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos

tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas (PNCDA).

O PNCDA encontra-se em sua Fase III. As fases I e II do PNCDA concentraram esforços ao apoio ao desenvolvimento, à transferência e à disseminação de tecnologia, em articulação com outros programas federais e apoiando os Planos de Combate ao Desperdício de Água, conforme figura 3.

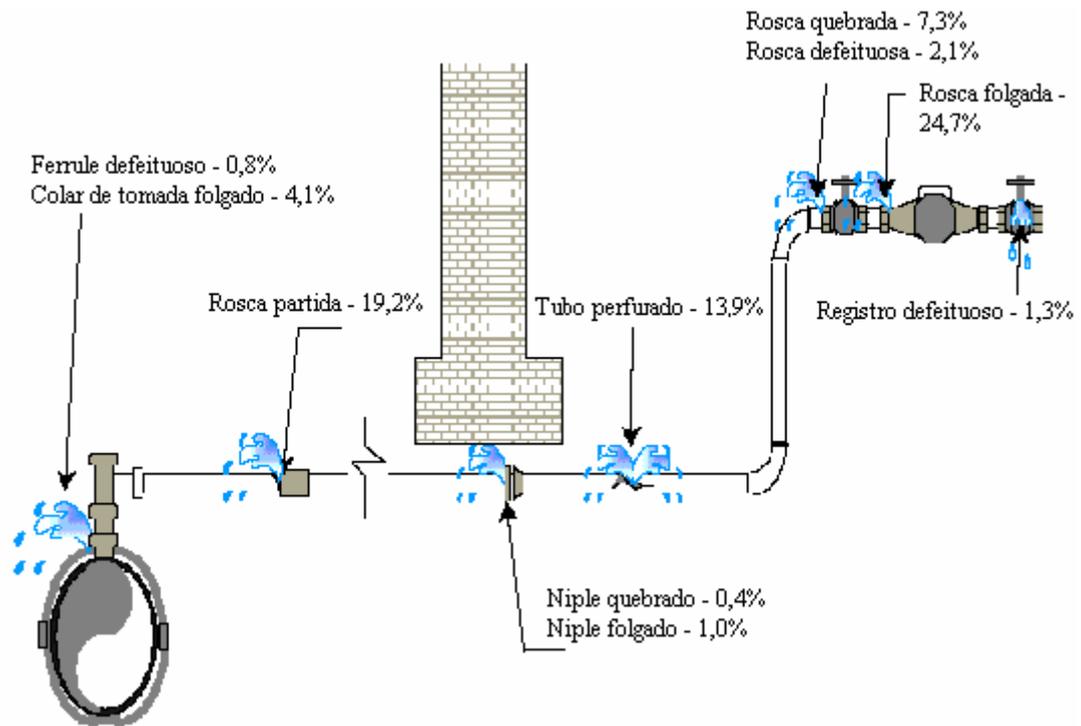


Fonte: PNCDA, 2004.

Figura 3: Escopo do PNCDA.

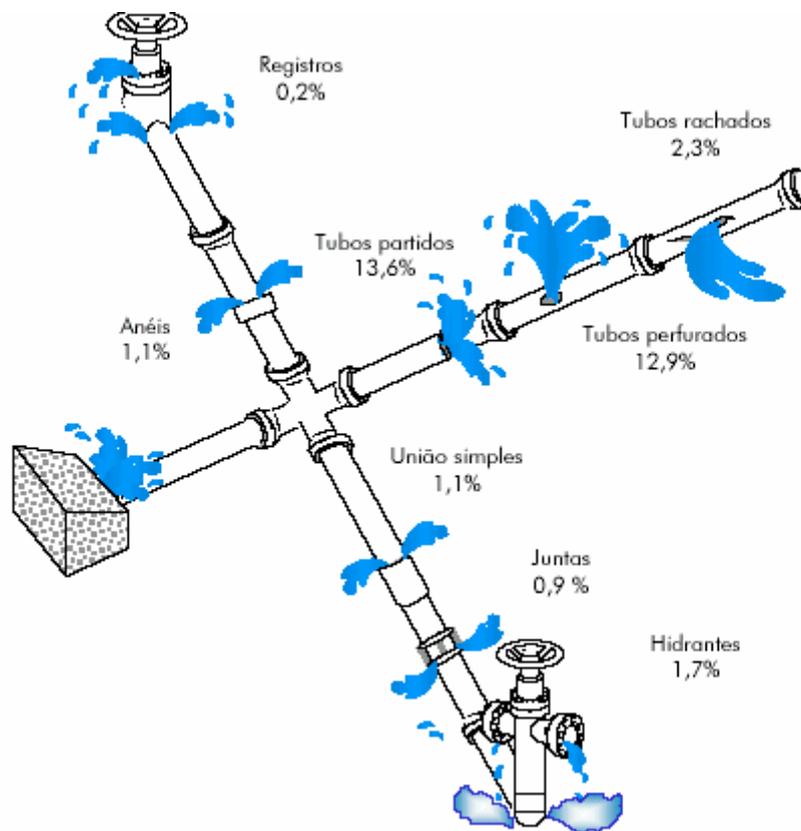
De acordo com o PNCDA, as perdas são consideradas aos volumes de água não contabilizados. Estes englobam tanto as perdas reais (físicas), que representam a parcela não consumida, como as perdas aparentes (não físicas), que correspondem a água consumida e não registrada.

As perdas reais que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, muitas vezes são elevadas, mas estão dispersas. Conforme o PNCDA, a magnitude das perdas será tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas. As experiências de técnicos no ramo indicam que a maior quantidade de ocorrências está nos ramais prediais, em torno de 70% e 90% da quantidade total de ocorrências. Em termos de volume perdido, a maior incidência é nas tubulações da rede de distribuição. As figuras 4 e 5 ilustram os pontos onde geralmente ocorrem vazamentos nos ramais prediais e redes respectivamente.



Fonte: PNCDA, 2004.

Figura 4: Pontos frequentes de vazamentos em ramais prediais.



Fonte: PNCDA, 2004.

Figura 5: Pontos frequentes de vazamentos em redes de distribuição.

Impera no Brasil uma cultura de desperdício em relação à água, que precisa ser modificada. Entende-se por desperdício, deixar a água potável escoar pelo ralo, sem utilizá-la. Até mesmo pequenos vazamentos podem desperdiçar uma grande quantidade de água. Por exemplo, um vazamento que enche uma xícara de 125 ml em 10 minutos desperdiçará 6.750 litros de água por ano. Isso equivale a beber 90 copos de água de 200 ml por dia, durante um ano. Também, se sabe que 20% das bacias sanitárias das casas norte-americanas têm vazamento atualmente, e no Brasil esse número se eleva para 70%. Em geral, os usuários nem sabem disso. Em um ano, um vazamento na bacia sanitária é capaz de desperdiçar mais de 83 mil litros de água, isso é suficiente para se tomar quatro banhos por dia, durante o ano (ROCHA, 2001).

No Brasil, é imperativo criar uma consciência conservacionista na população, a qual não existe por causa da fartura de nossa terra e por uma questão cultural. Entende-se, em geral, que esse país é abençoado pela natureza, com recursos hídricos tão vastos, que não se imagina o dia em que a fonte possa secar ou ser insuficiente para atender a todos. As palavras-chave para se pensar na sustentabilidade dos recursos hídricos são: conservação e mais especificamente o reúso.

## **2.2 Sustentabilidade ambiental**

A raiz da maior parte dos problemas do mundo está relacionada com o meio ambiente. E não somente a questão da preservação das florestas e dos animais, e sim de recursos essenciais à sobrevivência do homem. Grande parte destas disputas se deve ao fato de que as necessidades do homem são ilimitadas, enquanto os recursos naturais são limitados.

O conceito de desenvolvimento sustentável pode ser aquele apresentado no Relatório Bruntland, como: "O Desenvolvimento Sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades" (Gro Brundtland, presidente da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Relatório Nosso Futuro Comum), e deve ser visto como uma alternativa ao conceito de crescimento econômico, o qual está associado a crescimento material, quantitativo, da economia. Isso não quer dizer que como resultado de um desenvolvimento sustentável, o crescimento econômico deva ser totalmente abandonado.

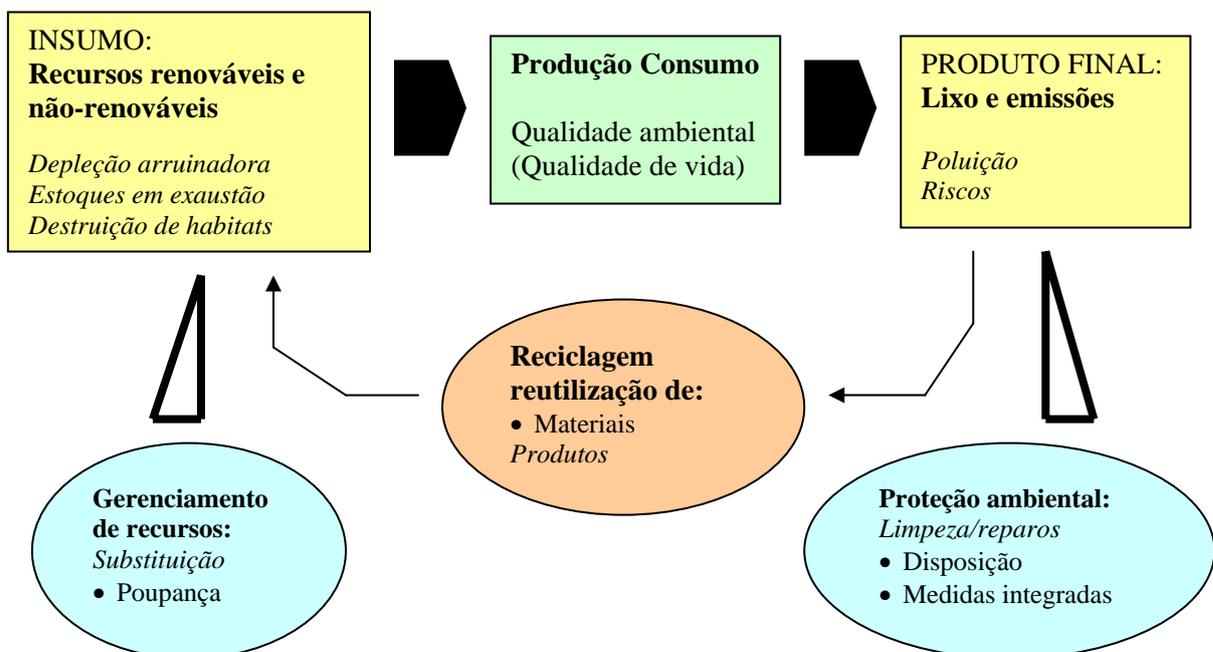
É evidente que a sustentabilidade perfeita não pode ser efetivada, tendo em vista que os estragos feitos ao meio ambiente, bem como a perda de capital natural, são consideráveis. Mas o conceito de sustentabilidade pode servir para frear uma destruição mais acelerada dos recursos naturais.

Cristiane Derani apud Rosseto (2003), entende desenvolvimento sustentável como um desenvolvimento harmônico da economia e ecologia que devem ser ajustados numa correlação de valores onde o máximo econômico reflita igualmente um máximo ecológico. Na tentativa de conciliar a limitação dos recursos naturais com o ilimitado crescimento econômico, são condicionadas à consecução do desenvolvimento sustentável mudanças no estado da técnica e na organização social.

Fiorillo apud Rosseto (2003), afirma que o princípio de desenvolvimento sustentável tem por conteúdo a manutenção das bases vitais da produção e reprodução do homem e de suas atividades, garantindo igualmente uma relação satisfatória entre os homens e destes com o seu ambiente, para que as futuras gerações também tenham oportunidade de desfrutar os mesmos recursos que temos hoje a nossa disposição.

A construção sustentável procura estabelecer a interação entre o ser humano e o meio ambiente, provocando considerável diminuição na degradação, através do uso de resíduos, materiais reciclados, matérias-primas renováveis, ou materiais sem componentes tóxicos, e tecnologias que não causem danos ao Meio Ambiente, tornando-se uma construção ecologicamente correta que busca sua auto-sustentabilidade.

Na figura 6, Binswanger (1999) mostra um esquema de economia moderna e sustentável, onde através da reciclagem e da reutilização de materiais e produtos, juntamente com a proteção ambiental e o gerenciamento de recursos, chega-se ao desenvolvimento sustentável.



Fonte: Adaptado de Binswanger, 1999.

Figura 6: Esquema de uma economia moderna e sustentável.

Também, segundo o manual “Conservação e economia de água” (FIESP/CIESP, 2004), o desenvolvimento sustentável, apresenta os seguintes benefícios:

#### BENEFÍCIOS AMBIENTAIS:

- Redução do lançamento de efluentes domésticos e industriais em cursos d’água, possibilitando melhorar a qualidade das águas interiores das regiões mais urbanizadas e industrializadas;
- Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada.
- Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público, hospitalar, etc.

#### BENEFÍCIOS ECONÔMICOS:

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

#### BENEFÍCIOS SOCIAIS:

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

Os diversos avanços nos processos de gestão de setores ou cadeias produtivas incluindo a questão ambiental, embora auxiliem na redução dos impactos, não eliminam os graves problemas existentes e em crescente expansão. De fato, um dos fatores que geram maior impacto no meio ambiente não tem sido abordado de forma adequada. A acelerada urbanização transforma espaços naturais e interfere no meio ambiente, apresentando resultados desastrosos, não somente nos ecossistemas como também na qualidade de vida das pessoas.

O saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária

de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural. Já salubridade ambiental é o estado de hígidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem estar (MANUAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003).

A lei 6.938, de 31/08/81, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação no Brasil, define: “Meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Segundo Costa (2004), não há atividade humana que não cause impactos à natureza. Então o ideal seria investir em recursos e materiais construtivos que minimizem esses efeitos. No projeto de uma casa, por exemplo, a sustentabilidade começa na escolha da localização do terreno, respeitando a topografia, alterando o mínimo possível no solo, evitando a retirada da mata nativa do lote, e otimizando o uso da água. Pode-se também, aproveitar os recursos naturais como pedras, terra, sol e o vento, na cidade ou no campo.

Outra diretriz, citada por Costa (2004), é optar por um projeto adequado ao clima da região, ou seja, que a construção se mantenha fresca em locais de calor e confortável em áreas de inverno rigoroso, assim dispensará a ajuda de equipamentos elétricos. Recursos como ventilação cruzada e clarabóias, oferecem ar e luz natural. Um exemplo de sustentabilidade pode ser a economia de energia elétrica, substituída por outra fonte de energia, como o sol e o vento. O sistema de aquecimento solar para a água, que permite aquecer a água do banho, das torneiras, e da piscina, segundo Costa (2004), é um sistema que não gera energia elétrica, mas reduz a conta da energia elétrica em 35%. Outro exemplo é o sistema eólico que utiliza a energia do vento. A energia do vento vira elétrica quando alcança uma velocidade de 4 m por segundo. De acordo com Costa (2004), para gerar 150 Kw, um kit eólico com aerogerador, uma pequena torre, bateria e um inversor de energia custa aproximadamente cinco mil reais.

O desenvolvimento sustentável, ou, eco-desenvolvimento é representado pela conciliação entre o desenvolvimento, a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida, e deveria ser aplicada no território nacional em sua totalidade, área urbana e rural.

### 2.3 Reúso de água

Reúso de água é a utilização dessa substância, por duas ou mais vezes, após tratamento. É usada com diferentes propósitos, para minimizar os impactos causados pelo lançamento de esgotos sem tratamento nos rios, a fim de se preservar os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade, a exemplo do que é feito pela natureza através do "ciclo da água". Em vários países do mundo, o reúso planejado da água já é uma solução adotada com sucesso em diversos processos. A racionalização do uso da água e o reúso poderão permitir uma solução mais sustentável. Hoje é possível reduzir os poluentes a níveis aceitáveis, tornando a água apropriada para usos específicos através de operações e processos de tratamento.

Existem vários tipos de reúso de água, segundo o “Manual de reúso de água” da EPA nos Estados Unidos, (U.S.EPA, 2004), como:

- Urbano: Usos não potáveis em áreas urbanas como irrigação de parques públicos e centros de recreação, jardins de escolas, residências e campos de futebol, golfe; uso comercial como lavagem de veículos, lavagem de janelas, águas de mistura para pesticidas, herbicidas e fertilizantes líquidos; uso em jardins ornamentais e decorativos; controle de poeira e produção de concreto em projetos construtivos; Águas de combate a incêndio; Descargas em bacias sanitários em banheiros comerciais e industriais; Irrigação de áreas de acesso restrito.
- Industrial: Água de resfriamento como torres de resfriamento, sistemas de recirculação e resfriamento; Água de alimentação de caldeira; Água de processo industrial como indústria têxtil, química, petrolífera, de papel, mecânica, de cimento;
- Agricultura: Irrigação superficial ou por aspersão de algum grupo de alimento processados comercialmente e não processados comercialmente, inclusive grupo de alimento consumido cru; Irrigação superficial de jardins, pomares e vinhedos; Grupos de alimentos para animais como pasto para animais de ordenha, alimento de animais (como gado, cavalos ou ovelhas), fibras e grãos;
- Recreação: Pesca, navegação, outros usos de recreação;
- Ambiental: Banhados, pântanos, habitat de animais selvagens, aumento no fluxo de rios;
- Recarga de aquíferos subterrâneos; e
- Aumento no suprimento de águas potáveis: reúso potável indireto.

Reúso de água pode ser realizado, por exemplo, quando em uma casa se direcionar a água servida de lavatórios, chuveiros, tanque, máquinas de lavar roupa e louça e da cozinha para um tratamento e uma redistribuição para descargas, irrigação de jardins, lavagem de pisos, ou

seja, atividades que não demandam água potável. Conforme Wenzel (2003), esse esquema poupa até 40% do fornecimento pelas companhias locais de abastecimento.

Nessas condições, o conceito de "substituição de fontes" se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como usos potáveis e de higiene. Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior". O quadro 4 apresenta alguns conceitos de reúso de água, de acordo com Silva (2000):

<b>Reúso indireto não planejado de água</b>	Ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação do novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).
<b>Reúso indireto planejado de água</b>	Ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado de água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho.
<b>Reúso direto planejado de água</b>	Ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente do seu ponto de descarga até o local de reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso de redes paralelas, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.
<b>Reciclagem de água</b>	É o reúso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Essas tendem assim, como fontes suplementares de abastecimento do uso original. É um caso particular de reúso direto.

Fonte: Lavrador apud Silva, 2000.

Quadro 4: Conceitos de Reúso.

De acordo com o PNCDA, a reutilização, ou reciclagem das águas servidas (excluindo as “águas negras” que contêm urina e matéria fecal), para usos que não têm finalidades sanitárias como refrigeração industrial, e irrigação de parques e jardins, ainda é uma linha de ação em estágio exploratório no âmbito dos planos e programas de conservação.

Conforme a EPA (2004), um exemplo de reúso urbano pioneiro ocorreu em São Petersburgo, Flórida, onde o conselho da cidade adotou a política “descarga zero” de efluentes em 1977, e em 1978 a cidade começou a distribuir água reciclada para uso não potável em seu sistema de distribuição urbano. Hoje, São Petersburgo opera um dos maiores sistemas de reúso urbano do mundo, providenciando água reciclada para mais de sete mil residências e

escritórios. Os critérios para a distribuição da água reciclada são apresentados no quadro 21, assim como os seus limites. E o que vai definir se a água será reciclada ou rejeitada são as concentrações de cloro residual, turbidez, SS (Sólidos Suspensos), e concentrações de cloretos. A água reciclada é rejeitada para reúso e desviada se a quantidade de cloro residual for menor que 4 mg/l, a turbidez exceder 2,5 UNT, SS exceder 5 mg/l ou a concentração de cloretos exceder 600 mg/l.

Para o reúso da água, primeiramente define-se qual o reúso almejado. Para cada tipo de reúso é possível selecionar um ou mais processos de tratamento, potencialmente adequados. Um estudo caso a caso resultaria na escolha final adequada para a demanda requerida (SANTOS, 2003).

A qualidade da água utilizada e o objetivo específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção associados. O reúso de água, para qualquer fim, depende de sua qualidade física, química e microbiológica. A maioria dos parâmetros físico-químicos de qualidade é bem compreendida, tornando possível estabelecer critérios de qualidade que sejam orientadores para o reúso.

Para que a água possa ser reutilizada, ela deve satisfazer os critérios recomendados ou os padrões que tenham sido fixados para o determinado uso e, para isso, é necessário se conhecer então as características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias. As possibilidades e formas potenciais de reúso também dependem, evidentemente, além das características, das condições e fatores locais, tais como: decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Os principais usos da água reciclada são: a utilização urbana tais como lavagem de vias públicas, pátios, veículos, irrigação de áreas verdes, desobstrução de rede coletora, desobstrução de galerias de águas pluviais, abastecimento de fontes e jardins, banheiros, incêndios; doméstica como lavagem de calçadas, veículos, irrigação de áreas verdes, descarga em vasos sanitários, entre outros; para usos industriais como torres de resfriamento, caldeiras e água de processamento; em meio rural para irrigação e subterrâneo para recarga do lençol freático.

O reúso da água busca principalmente evitar o consumo de água potável em procedimentos onde seu uso é totalmente dispensável, podendo ser substituída, com vantagens inclusive econômicas, nas indústrias e grandes condomínios residenciais e comerciais. De acordo com Hespanhol (2003), a água proveniente de pias, lavatórios, chuveiros, pode ser utilizada, sem tratamento, para descarga de bacias sanitárias e lavagem de pisos, e também, a

água originária de efluentes com resíduos de bacias sanitárias, só deve ser utilizada novamente para os mesmos fins, após tratamento. Porém, acredita-se que a água cinza só deverá ser reutilizada após tratamento adequado, bem como um monitoramento do sistema.

A grande vantagem da utilização da água de reúso é a de preservar a água potável, reservando-a exclusivamente para o atendimento das necessidades que exijam a sua potabilidade para o abastecimento humano. Também a diminuição da demanda sob os mananciais de água pura devido à substituição da fonte, ou seja, a substituição de uma água de boa qualidade por outra inferior, porém que contenha qualidade requerida para o destino traçado para ela. Outra vantagem relevante do reúso é a eliminação de descarga de esgotos nas águas superficiais, já que há um tratamento na água e os produtos resultantes do processo são destinados para locais adequados. Também em locais onde o estágio avançado de falta d'água é muito grande a solução de reúso pode ser a melhor alternativa.

Uma política de reúso adequadamente elaborada e implementada contribuiria substancialmente ao desenvolvimento da disposição de volumes adicionais para o atendimento da demanda em períodos de oferta reduzida, e a poluição, atenuada face à diversidade de descargas poluidoras para usos benéficos específicos de cada região. Torna-se necessário estabelecer mecanismos para institucionalizar, regulamentar e incentivar a prática do reúso, estimulando as empresas ou indústrias que estão iniciando a reutilização, e promovendo o desenvolvimento daquelas que ainda não iniciaram a prática do reúso no Brasil.

Conforme Hespanhol (2003), nenhuma forma de ordenação política, institucional, legal ou regulatória orienta as atividades de reúso praticadas no território nacional. Os projetos existentes são desvinculados de programas de controle de poluição e de usos integrados de recursos hídricos nas bacias hidrográficas onde estão sendo implementados, não empregam tecnologia adequada para os tipos específicos de reúso implementados e não incluem as salvaguardas necessárias para preservação ambiental e proteção da saúde pública dos grupos de risco envolvidos. Embora possa não ser atribuição específica da ANA (Agência Nacional de Águas) promover e regulamentar as atividades de reúso de água no Brasil, a sua ação coordenadora no setor permitiria a elaboração e implementação de projetos sustentáveis de reúso, ajustados aos programas e objetivos de gerenciamento integrado nas bacias hidrográficas nas quais esteja atuando. Além disso, as atividades de reúso adequadamente coordenadas se constituiriam em elemento valioso para melhor utilização dos recursos hídricos disponíveis, controle da poluição e atenuação do problema de seca em regiões semi-áridas.

Os elementos básicos para a promoção e regulamentação da prática sustentável de reúso de água no território nacional, segundo Hespanhol (2003), poderiam ser efetuados através das seguintes atividades:

- Definir os critérios de tratamento de efluentes para reúso e proposição de tecnologias adequadas para a prática em função de características climáticas, técnicas e culturais regionais ou locais;
- Estabelecer critérios para a avaliação econômico-financeira de programas e projetos de reúso;
- Estabelecer normas e programas para informação, para educação ambiental e para participação pública nos programas e projetos de reúso;
- Estabelecer um sistema de monitoramento, avaliação e divulgação dos programas a níveis nacional, regionais e locais.
- Estabelecer uma política de reúso, definindo objetivos e metas, tipos de reúso, áreas prioritárias e condições locais e/ou regionais para a implementação da prática;
- Propor estruturas institucionais para a promoção e gestão de programas e projetos de reúso a níveis nacionais, regionais e locais;
- Estabelecer uma legalização incluindo diretrizes, padrões e códigos de prática;
- Estabelecer uma regulamentação, incluindo atribuições, responsabilidades, incentivos e penalidades.

Como não existe no Brasil experiência em reúso planejado e institucionalizado, é necessário implementar projetos pilotos. Essas unidades experimentais devem cobrir todos os aspectos das diversas modalidades de reúso, principalmente os relativos ao setor agrícola, e deverão fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática, adaptados às condições e características nacionais. Uma vez concluída a fase experimental, as unidades piloto serão transformadas em sistemas de demonstração, objetivando treinamento, pesquisa e o desenvolvimento do setor (HESPANHOL, 2003).

Na reutilização da água surgem problemas gerados pelos sólidos dissolvidos que poderiam ser solucionados com métodos avançados, porém de custo muito elevado, de tratamento de despejos e de água de abastecimento. Tais águas conterão traços de compostos orgânicos, que poderão acarretar problemas de gosto e odor ou outros ainda piores à saúde, tornando-a imprópria para os usuários de jusante. Os compostos químicos mais sofisticados (como, por exemplo, os organofosforados, policlorados e bifenóis, usados na indústria e agricultura) causam preocupações, uma vez que não podem ser detectados rapidamente nas baixíssimas concentrações em que geralmente ocorrem.

A aceitação pública é o mais crucial dos elementos na determinação do sucesso ou do insucesso de um programa de reúso. A EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), dedica seu capítulo 7 aos Programas de Informação Pública. Em termos de divulgação, o que precisa ser comunicado a esse público é o fato de que a água de diluição está se tornando cada vez menos disponível, e a autodepuração dos rios, além de ter um limite em relação à quantidade de poluentes que pode dar conta, em certos casos é ineficiente, como para um grande número de poluentes inorgânicos ou mesmo determinados poluentes orgânicos resistentes ao tratamento convencional de esgotos (MANCUSO, 2003).

### **Etapas de desenvolvimento de um Programa de Conservação e Reúso de Água – PCRA:**

A criação de normas relacionadas à utilização dos recursos hídricos para qualquer finalidade tem como principal objetivo garantir uma relação harmônica entre as atividades humanas e o meio ambiente, além de permitir um melhor equilíbrio de forças entre os vários segmentos da sociedade ou setores econômicos.

A implantação de um PCRA requer o conhecimento pleno do uso da água (quantitativo e qualitativo) em todas as edificações, áreas externas e processos, de maneira a identificar os maiores consumidores e as melhores ações de caráter tecnológico a serem realizadas, bem como os mecanismos de controle que serão incorporados ao Sistema de Gestão da Água estabelecido (FIESP/CIESP, 2004).

Um PCRA se inicia com a implantação de ações para a otimização do consumo de água, em busca do menor consumo possível para a realização das mesmas atividades, garantindo-se a qualidade da água fornecida e o bom desempenho destas atividades. Uma vez minimizado o consumo devem ser avaliadas as possibilidades de utilização de fontes alternativas de abastecimento de água.

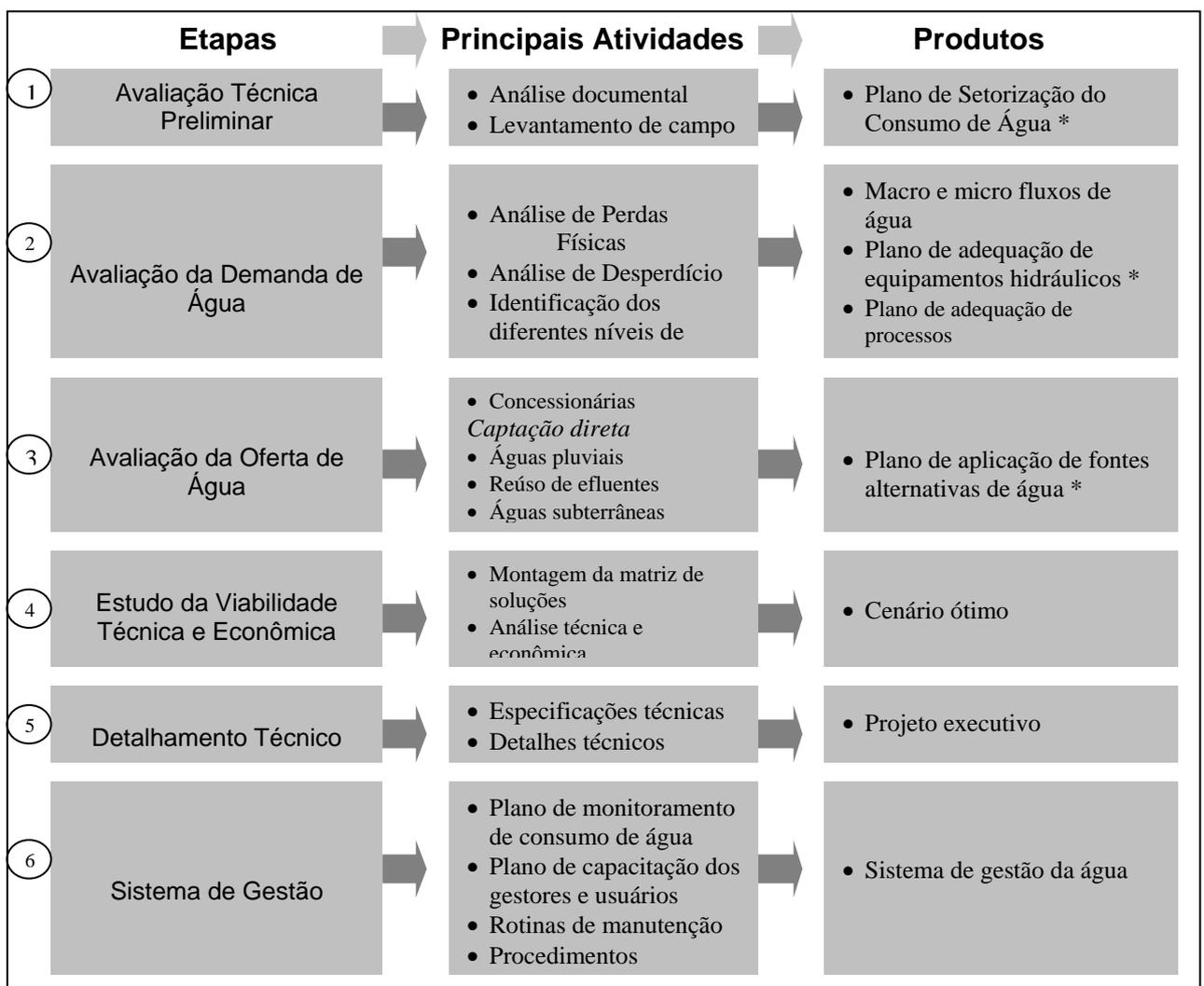
Em geral, conforme FIESP/CIESP (2004), as perdas físicas ocorrem devido à: vazamentos: quando há fuga de água no sistema, por exemplo, em tubulações, conexões, reservatórios, equipamentos, entre outros; mau desempenho do sistema: por exemplo, um sistema de recirculação de água quente operando inadequadamente, ou seja, com tempo de espera longo; negligência do usuário: como por exemplo, uma torneira deixada mal fechada após o uso.

Devem ser realizados testes no sistema hidráulico para a detecção das perdas físicas dificilmente detectáveis, inclusive com a utilização de equipamentos específicos para evitar

intervenções destrutivas. Os principais testes compreendem pesquisa em alimentador predial, reservatórios, bacias sanitárias, entre outros.

Um sistema hidráulico sem manutenção adequada pode perder de 15 a 20% da água que adentra na unidade. Em geral, com pequenos investimentos para a correção das perdas existentes são obtidas significativas reduções de consumo.

Após a avaliação e implantação das ações que compõem o PCRA, deverá ser implementado um Sistema de Gestão permanente, para garantia de manutenção dos índices de consumo obtidos e da qualidade da água fornecida. Esta tarefa deverá ser absorvida por um Gestor da Água, responsável pelo monitoramento contínuo do consumo e pelo gerenciamento das ações de manutenção preventiva e corretiva ao longo do tempo (FIESP/CIESP, 2004). De uma maneira simplificada um PCRA abrange as etapas relacionadas na Figura 7:



\* Especificação e detalhamento de sistemas e componentes, custos e expectativas de economia.

Fonte: FIESP/CIESP, 2004.

Figura 7: Etapas de implantação de um Programa de Conservação e Reúso de Água - PCRA.

Também, é importante, segundo Mancuso (2003), a implementação de um programa de educação ambiental com finalidade específica de implantação do projeto, que deve contemplar, os aspectos:

- a necessidade de suprimentos adicionais de água;
- a disponibilidade de suprimentos adicionais de água;
- o impacto sobre o meio ambiente decorrente do desenvolvimento de suprimentos adicionais de água;
- o estágio atual da tecnologia de reúso de água;
- as garantias incorporadas aos processos de recuperação e reúso de águas, tais como a técnica das múltiplas barreiras, além do monitoramento intensivo e a possibilidade da mistura de água recuperada com água de outra origem.

### **Reúso da água cinza**

As águas cinzas, como já definido antes, são aquelas provenientes dos lavatórios, dos chuveiros, da máquina de lavar roupa e louça, da pia da cozinha e tanques. O reúso da água em edificações é perfeitamente possível, desde que seja projetado para este fim, respeitando todas diretrizes a serem analisadas, ou seja, evitar que a água reutilizada seja misturada com a água tratada e não permitir o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal. Quantitativamente reconhece-se que seu uso, em nível doméstico, se justifica, e a nível industrial também. Qualitativamente, dependerá do uso para o qual ela se destina.

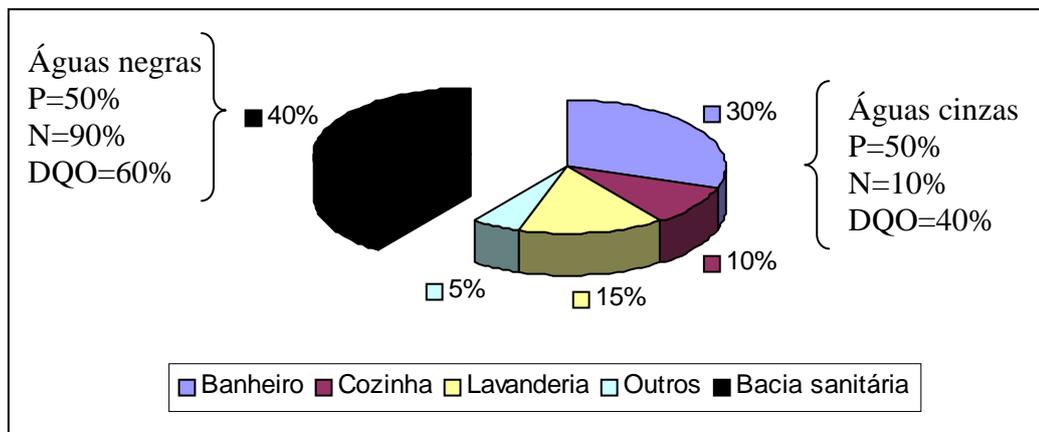
Conforme Wenzel (2003), o esquema de reúso de águas cinzas poupa até 40% do fornecimento pelas companhias locais de abastecimento e também, a utilização de cisternas para captação de águas pluviais economiza até 50% da água proveniente de empresas de abastecimento.

A configuração básica de um sistema de utilização de água cinza seria o sistema de coleta de água servida, do subsistema de condução da água (ramais, tubos de queda e condutores), da unidade de tratamento da água (por exemplo, gradeamento, decantação, filtro e desinfecção) e do reservatório de acumulação. Pode ainda ser necessário um sistema de recalque, o reservatório superior e a rede de distribuição (SANTOS, 2002).

É possível fazer uma simulação, no caso da água cinza, para cada usuário. Considerando que o chuveiro tenha uma vazão de 0,10 l/s e que o mesmo seja acionado apenas uma vez por dia, e durante 10 minutos, o volume consumido de água seria de 60 litros. Considerando também que o usuário utilize cinco vezes por dia o lavatório, durante 30 segundos, cada

utilização com vazão específica de 0,10 l/s, o volume consumido de água é de 15 litros. Logo, o volume diário per capita no lavatório e no chuveiro é de 75 litros. Considerando esse volume, como volume potencial de água cinza, e admitindo perdas de aproximadamente 5% no sistema predial de água cinza, o volume disponibilizado seria em torno de 71 litros. Em contrapartida, a descarga da bacia sanitária consome em média de 10 a 12 litros de água potável a cada vez que é acionada e supondo que o usuário a utilize quatro vezes ao dia, o consumo é de 48 litros de água. Conclui-se então, que se a água cinza puder ser reutilizada em lugar da água potável na descarga da bacia sanitária, já existiria a possibilidade de uma economia de 48 litros de água potável restando, ainda 23 litros para outros fins não nobres (SANTOS, 2002).

Porém a qualidade necessária para atender os usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, para a garantia da segurança sanitária. Há distinções significativas entre águas cinzas e águas negras, ou seja, o esgoto da bacia sanitária, que nos mostram que eles não devem ser misturados. A figura 8 mostra um exemplo de distinção entre águas cinzas e águas negras. Segundo Lindstrom (2004), no esgoto sanitário, 40% é constituído por águas negras, e 60% por águas cinzas e as duas águas devem ser tratadas e estudadas sempre separadamente.



Fonte: Adaptado de Lindstrom, 2004.

Figura 8: Distinção entre água negra e água cinza.

Para Bakir apud Mancuso (2003), o reúso da água cinza (*greywater*) para finalidades não potáveis, como jardinagem e descarga em bacias sanitárias, deve ser estimulado como meio de diminuir o porte da instalação da estação de tratamento. O Chipre é um dos países do MENA onde vigora um programa subsidiado para os domicílios que desejam instalar sistemas de reúso de água cinza para as descargas das bacias sanitárias. Deve-se atentar ao fato de que as canalizações internas de coleta já são separadas nas residências.

Sabe-se que no que se refere ao uso racional da água nas plantas industriais e domésticas, é preciso investir em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, na implantação de sistemas de tratamento avançado de efluentes, em sistemas de conservação, em redução de perdas e bem como, no reúso da água. Isto levará a significativos ganhos ambientais, sociais e econômicos. As empresas de grande porte já estão implantando tais práticas, pois dispõem de condições técnicas e financeiras para tanto. As micro e pequenas empresas, entretanto, necessitam de apoio e orientação para adotarem tais sistemas em suas unidades produtivas.

Dados já publicados sobre a parametrização do consumo de água na edificação, mostram uma hierarquia baseada na magnitude do consumo no intuito de identificar prioridades das ações de economia de água, conforme quadro 5, onde: **AWWA**: *American Water Works Association* e **PNCDA**: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.

Aparelho Sanitário	Consumo de Água (%)	
	AWWA	PNCDA
Bacia sanitária	26.1	5.0
Chuveiro	17.8	55.0
Banheira	1.8	-
Lavatório e pia de cozinha	15.4	26.0
Lavadora de pratos	1.4	-
Lavadora de roupas	22.7	11.0
Perdas físicas	12.7	-
Outros	2.1	3.0

Fonte: Santos, 2002.

Quadro 5: Parametrização do consumo da água nas edificações domiciliares.

Nos quadros 6, 7, 8 e 9, são apresentados os dados publicados por Tomaz (2000) da demanda residencial de água potável em alguns países. Pode-se observar no quadro 7, que a bacia sanitária consome de 6,048 a 30,24 litros por descarga e que a duração do banho estimado varia de 5 a 15 minutos por usuário.

Uso externo	Unidades	Faixa	
Casas com piscina (Brasil)	%	-	0,1
Gramado ou jardim	litros/dia/m <sup>2</sup>	-	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	-	150
Lavagem de carros: Frequência	lavagem/mês	1	2
Mangueira de jardim 1/2" x 20m	litros/dia	-	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m <sup>2</sup>	-	3
Perdas por evaporação em piscina	litros/dia/m <sup>2</sup>	2,5	5,75
Reenchimento em piscinas	5 anos	1	2
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30	450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125	750

Fonte: Tomaz, 2000.

Quadro 6: Estimativas da demanda residencial de água potável, uso externo.

Uso interno	Unidades	Faixa	
<b>Dados nos Estados Unidos:</b>			
Número de pessoas na casa	m <sup>3</sup> /pessoa/dia [sic] <sup>1</sup>	2	3
Descarga na bacia	descarga/pessoa/dia	4	6
<i>Volume de descarga</i>	litros/descarga	6,048	30,24
Vazamento nos banheiros	%	0	30
Frequência de banho	banho/pessoa/dia	0	1
Duração do banho	min	5	15
Vazão dos chuveiros	litros/segundo	0,0945	0,315
Uso da banheira	banho/pessoa/dia	0	0,2
Volume de água	litros/banho	113,4	189
Máquina de lavar roupa	carga/pessoa/dia	0,2	0,3
Volume de água	litros/ciclo	170,1	189
Torneira da cozinha	min/pessoa/dia	0,5	3
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189
<b>Dados no Brasil:</b>			
Vazão do chuveiro elétrico	litros/segundo	-	0,08
Descarga da bacia	litros/segundo [sic] <sup>1</sup>	6	12
Lavadora de pratos	litros/segundo [sic] <sup>1</sup>	18	70

Fonte: Tomaz, 2000.

Quadro 7: Estimativas da demanda residencial de água potável, uso interno.

Desagregação do consumo	Consumo (litros/dia/hab)	%
Alimentação	10	5
Banhos	40	20
<i>Higiene pessoal</i>	20	10
Descarga na bacia sanitária	40	20
Lavagem de roupas	30	15
Lavagem de pratos	40	20
Lavagem de carros, jardins, lixo, etc.	20	10

Fonte: Tomaz, 2000.

Quadro 8: Distribuição do consumo de água por habitante na Dinamarca.

Equipamentos sanitários/atividade	Faixa de vazão
Torneira residencial	10 a 20 litros/min
Lavagem de mãos	4 a 8 litros/uso
<i>Chuveiro – uso</i>	90 a 110 litros/uso
Chuveiro – vazão	19 a 40 litros/min
Banheira	60 a 190 litros/uso
Bebedouro de vazão constante	4 a 5 litros/min
Irrigação com sprinkler	6 a 8 litros/min
Disposição de lixo	4 a 8 litros/pessoa.dia
Máquina de lavar roupas	100 a 200 litros/carga
Vazamento em torneiras	10 a 1000 litros/dia
Descarga em bacia sanitária	19 a 27 litros/uso
Descarga em bacia sanitária com caixa	19 a 27 litros/uso

Fonte: Qasim apud Tomaz, 2000.

Quadro 9: Valores típicos dos dispositivos residenciais na Dinamarca.

<sup>1</sup> De acordo com Rauber e Soares et al. (2003), em citações diretas que apresentam erros, deve-se transcrever o texto tal como figura no original acrescentando-se o termo [sic], ao lado da palavra ou expressão errada.

De acordo com Santos (2003), a demanda de água de reúso pode variar diária ou sazonalmente em função do tipo de consumo. Geralmente, como forma de limitar o acesso irrestrito à água de reúso, opera-se o sistema para que ele se torne disponível entre as 22 e às 6 horas da manhã do dia seguinte, aspecto que deve ser considerado no dimensionamento e estimativa de custos de tubulações, reservatórios e bombas. A combinação das demandas diárias máximas com as restrições de entrega da água pode gerar picos de consumo de 4 a 6 vezes superiores a média diária.

O sistema distribuidor da água para reúso deve ser bem caracterizado, no projeto e no campo, para que se evitem ligações cruzadas e uso incorreto do abastecimento pretendido. Ligação cruzada significa qualquer ligação física através de peça ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra água de qualidade não conhecida ou não potável. A implantação dessas redes em áreas servidas por sistemas duplos de distribuição (potável e não-potável) deve obedecer a um conjunto de critérios e normas (ABES apud SANTOS, 2003), tais como:

- obediência a distâncias tabeladas entre as tubulações de água de reúso, água potável, água pluvial e esgotos sanitários, assim citadas na ordem usual de profundidades crescentes de assentamento;
- nos Estados Unidos (na localidade *Irvine Ranch*), como medida cautelar adicional, adota-se material especial para as tubulações nos pontos de cruzamento vertical com o sistema distribuidor de água potável;
- todas as válvulas de saída da rede de reúso são marcadas por cor diferente (como na Califórnia) ou por caixas de forma diferente (como na Flórida);
- todas as tubulações da rede de reúso são diferenciadas por cor diferente ou por rótulos indicando *Esgoto tratado*, fixados por fitas adesivas de vinil a cada dois metros ao longo da tubulação;
- os hidrômetros do sistema são de marca diferente dos utilizados na rede de água potável e são guardados em almoxarifados distintos, juntamente com suas peças de reposição. Em São Petersburgo, os hidrômetros são marrons e trazem uma faixa amarela, bem diferentes dos de água potável, que são prateados;
- os aspersores de irrigação com água não potável e os registros de parada ou de saída têm terminais de hastes com formato tal, que tornam propositalmente difícil sua manobra por pessoal não autorizado;
- o uso de mangueiras não é permitido, sendo especialmente dificultado pela ausência de engates adequados na rede para conexão de mangueiras;

- os operadores do sistema de água de reúso são treinados e contam com manuais específicos para o desempenho de suas funções.

Conforme a U.S.EPA (2004), os sistemas de reúso de água devem conter avisos para a população não beber a água recuperada, informando dentro de padrões internacionais que a água não é potável. A figura 9 apresenta o exemplo de símbolo usado para a proibição de beber a água recuperada nos Estados Unidos.



Fonte: U.S.EPA, 2004.

Figura 9: Exemplo de aviso de água recuperada nos EUA.

### **Aproveitamento da água pluvial**

O aproveitamento da água pluvial consiste em utilizar essa água como fonte alternativa para fins não potáveis. A água da chuva também é uma fonte alternativa importante, principalmente nas regiões onde o regime pluviométrico é abundante e distribuído ao longo do ano. Afinal, porque deixar ir embora uma água da chuva e que, sem ter aproveitamento ainda vai encher as ruas e provocar enchentes. A água da chuva tem várias diferenças qualitativas quando comparada à água cinza.

Em São Paulo, as construtoras apresentam soluções nos novos edifícios residenciais, e desde 2002 vigora uma lei que obriga a presença de um reservatório para as águas pluviais em edifícios com mais de 500m<sup>2</sup> de área impermeabilizada, com objetivo de amenizar as enchentes.

O aproveitamento das águas pluviais e seu uso estão sendo cada vez mais diversificados devido às tecnologias que estão sendo desenvolvidas para garantir a economia de água. A captação da água de chuva ocorre antes que chegue no solo, evitando a contaminação. A água da chuva a ser coletada em uma edificação, tem o contato com o sistema pluvial da mesma, ou seja, telhado, calhas e condutores verticais, portanto é importante coletar essa água de forma indireta através do sistema pluvial, para fazer corretamente as análises, pois ao se coletar a

água da chuva de maneira direta, ou seja, sem o contato com o sistema pluvial, a qualidade desta água será alterada.

A qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana. Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais. A tabela 4 mostra os valores médios de parâmetros de qualidade da água pluvial em algumas cidades.

Tabela 4 – Valores médios de parâmetros de qualidade da água pluvial, em mg/l, para algumas cidades.

Parâmetro	Durham	Cincinatti	Tulsa	P. Alegre	APWA (1)	
					Mínimo	Máximo
DBO		19	11,8	31,8	1	700
Sólidos totais	1440		545	1523	450	14.600
pH		7,5	7,4	7,2		
Coliformes (NMP/100ml)	23.000		18.000	1,5x10 <sup>7</sup>	55	11,2x10 <sup>7</sup>
Ferro	12			30,3		
Chumbo	0,46			0,19		
Amônia		0,4		1,0		

Onde: (1) – APWA: *American Public Works Association*

Fonte: Tucci, 2002.

A configuração básica de um sistema de aproveitamento de água da chuva consta com a área de captação, como telhado, laje ou piso, da condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), a unidade de tratamento e do reservatório de acumulação (SANTOS, 2002). Dependendo do fim a que essa água se destina, do nível de poluição atmosférica local e dos resultados das análises, para a utilização dessa água não precisa de tratamento prévio. Pode ser adicionado a esse sistema o reservatório de autolimpeza, que possibilita o descarte do volume inicial da água que literalmente lava a área de captação. Porém, é muito importante a verificação da qualidade dessa água, através de análises e também o monitoramento do sistema de acordo com normas e padrões vigentes.

De acordo com o manual FIESP/CIESP (2004), uma das possíveis alternativas para compor o abastecimento de água de uma indústria é a água da chuva, onde o sistema de aproveitamento dessa água é, em geral, composto por:

- reservatórios (o reservatório de água potável não pode receber águas de características diferentes: NBR 5626 – Instalação predial de água fria);
- sistema de pressurização (para abastecimento direto dos pontos de consumo) ou sistema de recalque;

- filtros separadores de sólidos e líquidos;
- tubos e conexões (rede exclusiva);
- *By pass* para entrada de água de outra fonte para eventual suprimento do sistema.

Para o aproveitamento de águas pluviais é necessário um projeto específico para dimensionamento dos reservatórios, bem como dos demais componentes do sistema, considerando a demanda a ser atendida por esta fonte de água e as características pluviométricas locais.

No quadro 10 são apresentadas as informações dos índices pluviométricos referentes à cidade de Passo Fundo-RS, para exemplificar a pluviometria onde será desenvolvido o projeto.

<b>Índices Pluviométricos da cidade de Passo Fundo-RS (mm/mês)</b>											
	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
<b>JANEIRO</b>	256	55,2	301	355	156	231	125	144	213	330	176
<b>FEVEREIRO</b>	153	334	84	135	130	358	114	106	197	205	266
<b>MARÇO</b>	197	69,8	73,5	105	33,2	230	65,5	267	111	372	128
<b>ABRIL</b>	75	194	68,1	75,9	69,5	342	188	76,1	118	254	114
<b>MAIO</b>	176	152	21,4	73,9	104	201	109	76,8	165	234	107
<b>JUNHO</b>	137	199	175	141	114	82,7	94,3	206	107	146	153
<b>JULHO</b>	284	243	136	126	116	191	177	148	99,6	242	101
<b>AGOSTO</b>	15,2	46	76,1	214	258	257	19,4	83,8	28,1	192	57,5
<b>SETEMBRO</b>	137	162	135	120	152	204	150	169	240	136	64
<b>OUTUBRO</b>	154	309	199	158	550	119	177	339	276	357	237
<b>NOVEMBRO</b>	274	138	78,2	107	340	68,5	119	164	117	76,7	168
<b>DEZEMBRO</b>	259	235	31,6	123	236	123	131	160	194	96	392
<b>MÉDIAS</b>	<b>176</b>	<b>178</b>	<b>115</b>	<b>144</b>	<b>188</b>	<b>201</b>	<b>122</b>	<b>162</b>	<b>155</b>	<b>220</b>	<b>164</b>
<b>A média pluviométrica mensal nos onze anos é 166 mm/mês.</b>											

Fonte: Embrapa –Trigo, 2003.

Quadro 10: Índices pluviométricos da cidade de Passo Fundo-RS.

Em relação à quantidade captada de água pluvial, é possível que seja captada uma quantidade muito maior de água das chuvas do que é consumido na residência. Ou seja, a grande área de captação de água pluvial de uma residência unifamiliar em relação ao consumo per capita dessa residência. É muito importante citar o consumo de uma residência quanto ao uso não potável das águas. É claro que essa afirmação depende do local em que está situada a habitação, assim como sua intensidade pluviométrica e seu projeto de captação.

De acordo com o manual FIESP/CIESP (2004), a água da chuva quando utilizada para fins menos nobres, como rega de jardins ou lavagem de áreas externas, não necessita de tratamento avançado. Mas é muito importante o monitoramento da qualidade dessa água para evitar possíveis problemas sanitários para os usuários. Desta forma, ao reservar e utilizar

águas pluviais há uma redução do consumo de água de qualidade mais nobre. Analisando os dados existentes na literatura técnica, percebe-se que a qualidade da água de chuva é influenciada por:

- localização, regime de chuvas, condições climáticas da região, zona urbana ou rural;
- características da bacia, densidade demográfica, área impermeabilizada, declividade, tipo de solo, área recoberta por vegetação e seu tipo;
- tipo e intensidade de tráfego;
- superfície drenada e tipo de material constituinte: concreto, asfalto, grama, etc;
- lavagem da superfície drenada, frequência e qualidade da água de lavagem.

Utilizando-se menos água tratada para fins não nobres gera-se uma economia para os cofres públicos ou particulares, e as companhias de água terão menos problemas para garantir o suprimento para todos o tempo todo. Através do aproveitamento planejado de água da chuva, diminui-se o problema de inundações dos sistemas de drenagem urbana, das galerias e estações de tratamento de esgoto, sempre muito prejudicadas pelas fortes chuvas.

### **Exemplos de reúso de águas**

A fábrica da Volkswagen em Taubaté, São Paulo, por exemplo, colocará em operação o maior complexo de reaproveitamento de água industrial da América Latina, com capacidade de 70 mil m<sup>3</sup> por mês. O volume de água que será reutilizada corresponde a 70% do consumo da fábrica, de 100 mil m<sup>3</sup> por mês. A Volkswagen deixará de comprar da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) uma quantidade de água equivalente ao gasto de sete *shopping centers* ou 1400 residências. A água de reúso será utilizada em atividades como pintura, refrigeração e jardinagem (MENDES et al., 2003).

O Hopi Hari, parque de diversões localizado em Vinhedo (SP), funciona em uma área de preservação ambiental. Neste parque há abastecimento de água com qualidade para o consumo humano, através de dois poços artesianos tubulares profundos, e também há o descarte de efluente zero por uma ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) com tecnologia de ultrafiltração por membranas garantindo o reúso da água para a limpeza, irrigação e sanitários (MENDES et al., 2003).

A Prefeitura de São Paulo, recentemente aprovou um projeto de Lei que prevê a utilização de água de reúso para a lavagem de ruas, praças, passeios públicos e irrigação de jardins e campos esportivos. A reutilização desta água não potável, subproduto do tratamento de esgoto, que será fornecido pela SABESP, trará grande economia para o município, onde o metro cúbico de água tratada custa aproximadamente R\$ 0,86 e a água de reúso custa apenas R\$ 0,32, uma economia significativa (MENDES et al., 2003).

A Índia é um dos países mais populosos do mundo e também é um dos que mais sofrem com a escassez de água. Uma aplicação bem incomum é a técnica que se usa em edifícios comerciais altos, variando de 20 a 25 andares, em Bombay na Índia. A necessidade para tal reúso é complementar o sistema de ar condicionado desses edifícios. A água refrigerada é recirculada por uma torre localizada no topo do edifício e abastece entre 150 a 250 m<sup>3</sup>/dia, dependendo do tamanho do prédio. O esgoto bruto que vem das salas comerciais é conduzido ao processo de tratamento que é constituído dos seguintes passos: gradeamento, aeração prolongada, decantação, filtro de areia e cloração. O efluente tratado, livre de cheiro, é bombeado para o reservatório no topo do prédio, de onde é distribuído para o sistema de ar condicionado (*WATER RENOVATION AND REUSE* apud *TECHNOWATER*, 2003).

Wenzel (2003) apresenta um exemplo de reúso de água em uma residência unifamiliar, como mostra a figura 10.



Fonte: Wenzel, 2003.

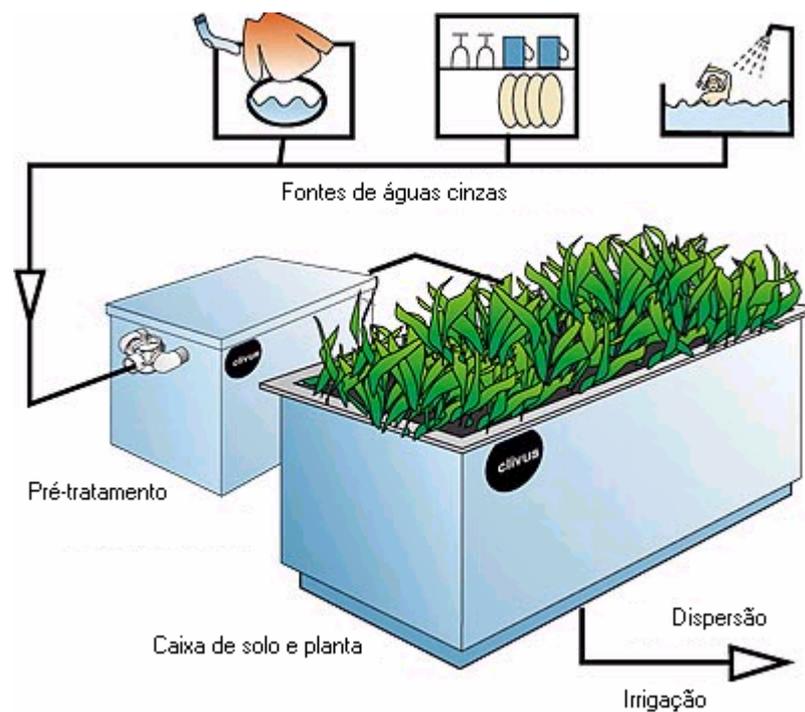
Figura 10: Exemplo de reúso planejado da água.

Onde: 1. Água da chuva: Captada nas calhas, passa por um filtro e segue para o reservatório subterrâneo. Impulsionada pela bomba, vai para um reservatório paralelo ao de água potável. De lá, segue para as descargas e para uso em áreas externas. Também abastece a máquina de lavar roupa (se a cidade for muito poluída, a máquina deve ter um filtro especial); 2. Água potável: Fornecida pela companhia local, abastece a pia da cozinha, o lavatório do banheiro e os chuveiros; 3. Entrada de água potável; 4. Água de reúso: O fluxo que sai da cozinha passa pela caixa de gordura (A), que retém esse material, e segue para a primeira

caixa de inspeção (B), para onde também se direciona a água dos banheiros e da lavanderia. No tanque séptico (C), bactérias decompõem a matéria orgânica presente no esgoto. A água sai 50% mais limpa. Numa espécie de filtro biológico aeróbio e anaeróbio (D), ocorre a etapa final do tratamento: a maior parte da matéria orgânica é eliminada da água, que sai filtrada e com até 98% de pureza para reúso em descargas, irrigação e áreas externas (WENZEL, 2003; COSTA, 2004).

De acordo com Costa (2004) os equipamentos necessários para utilizar a água da chuva chegam a custar cerca de cinco mil reais (conforme o tamanho do reservatório), e os utilizados para tratamento das águas de toda a casa, incluindo bacia sanitária e pia da cozinha custa em média R\$ 7 mil. O preço reduz para R\$ 2,5 mil para tratar apenas as águas cinzas sem a pia da cozinha.

Nos Estados Unidos, segundo Lindstrom (2004), um exemplo de reúso da água cinza é verificado conforme a figura 11, que apresenta o esquema deste modo de reutilização da água.



Fonte: Adaptado de Lindstrom, 2004.

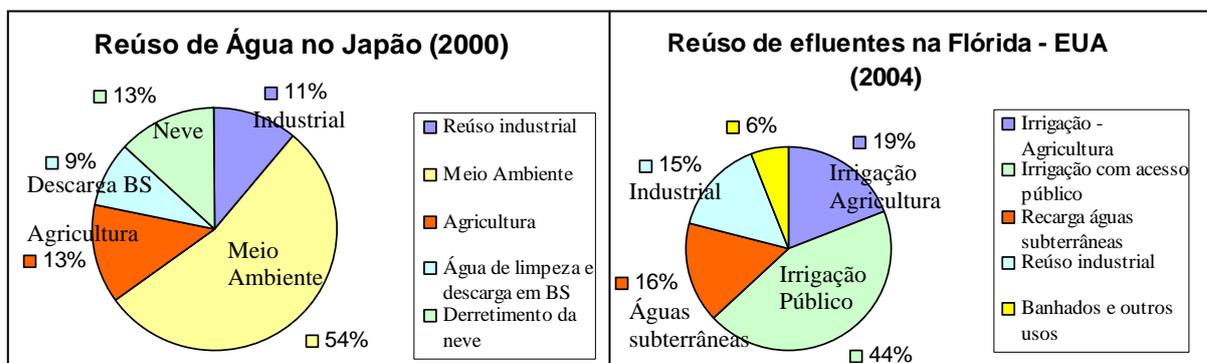
Figura 11: Modelo de tratamento para reúso em irrigação nos EUA.

De acordo com Lindstrom (2004), a água cinza é captada e armazenada, e em seguida passa por um pré-tratamento. O alvo desta técnica de pré-tratamento é simplesmente a remoção de partículas grandes e das fibras, para proteger as tubulações subsequentes da obstrução e de transferir o mais cedo possível para o tratamento em um ambiente biológico

ativo, aeróbico da zona de solo onde os macro e os microorganismos possam trabalhar. Em seguida a água é reutilizada para irrigação, por exemplo.

Um outro exemplo de reúso de água é industrial e vem da Petrobrás, que está apostando numa solução alternativa para a água utilizada no processamento do petróleo, que pode ser tratada para uso na própria refinaria e evitar o descarte de efluentes nos rios, ou seja, sistemas para reaproveitar nas próprias refinarias a água que seria devolvida aos rios. A Petrobrás transforma o petróleo em seus derivados, consumindo muita água, 850 ml para cada litro de óleo processado, ou uma proporção de quase um para um. Por exemplo, na Refinaria Gabriel Passos, na região de Belo Horizonte, tem-se uma capacidade para 24 milhões de litros por dia (SUPER INTERESSANTE, 2004). Além do benefício ambiental, a reutilização da água poderá garantir autonomia às refinarias, num momento de escassez, e ainda, a legislação restringe o volume coletado nos rios, e algumas refinarias trabalham perto do limite. Para o ano de 2006, a Petrobrás pretende implantar em duas de suas refinarias, estações-piloto de tratamento de efluentes, pretendendo avaliar o desempenho de novas tecnologias para a reutilização da água.

O manual da U.S.EPA (2004) apresenta no seu capítulo 8 diversas formas de reúso de água em várias partes do mundo. A figura 12 apresenta a divisão por tipologia de reúso de água na Flórida (EUA) e no Japão, de acordo com a U.S.EPA (2004).



Fonte: U.S.EPA, 2004.

Figura 12: Tipologia de reúso de água na Florida (EUA) e no Japão.

## 2.4 Padrões de qualidade da água

No Brasil, a legislação federal estabelece padrões microbiológicos para as águas tratadas destinadas a consumo público (padrões de potabilidade), padrões microbiológicos para as águas brutas destinadas a diversos usos como captação e tratamento para consumo, preservação da flora e da fauna, irrigação (padrões de qualidade em geral ou padrões ambientais) e padrões microbiológicos para banho (padrões de balneabilidade).

Os padrões de potabilidade ou os padrões microbiológicos de potabilidade da água para consumo público estão definidos na Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (que estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de qualidade). Referem-se a *Escherichia coli* e a coliformes fecais que devem estar ausentes em 100ml de água para consumo humano, e aos coliformes totais: ausência em 100ml em 95% das amostras para os sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês; e para os sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês, apenas uma amostra poderá apresentar resultados positivos mensalmente em 100ml.

Os padrões ambientais ou os padrões microbiológicos para o lançamento de efluentes nos corpos d'água do Brasil, ou às águas brutas destinadas a diversos usos. São definidos pela Resolução CONAMA 357/05 e no Rio Grande do Sul, a FEPAM autoriza o lançamento de efluentes de acordo com a Portaria 05/89-SSMA (Secretaria da Saúde e Meio Ambiente), que estabelece os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluidoras, existentes ou a serem implantadas, que lancem seus efluentes nos corpos d'água interiores do RS.

Os mais recentes padrões microbiológicos para águas destinadas à recreação de contato primário (padrões de balneabilidade) estão definidos na Resolução CONAMA 274/2000 (GONÇALVES, 2003). Os indicadores, no Brasil, eram mantidos na Resolução CONAMA 20/86, que estabelecia os padrões de balneabilidade, criando as categorias de águas para banho “excelente, muito boa, satisfatória e imprópria”, com base em coliformes totais e fecais. Em dezembro de 2000, o Conselho Nacional do Meio Ambiente promulgou a Resolução 274/2000, que no caso das águas salobras e salinas, substituiu os indicadores anteriores por enterococos, *E.coli* (EC) e coliformes fecais (CF).

O quadro 11 apresenta os padrões relacionados à água no Brasil de acordo com a Portaria 05/89 do RS, da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde e da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/05 (que estabelece a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, em termos de usos possíveis com segurança adequada, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências), e que atualmente substituiu a Resolução CONAMA 20/86.

Parâmetros gerais	Condições					
	Portaria 05/89 do RS - Lançamento de efluentes	Portaria M.S 518/2004 - Potabilidade	Resolução CONAMA 357/05 - Classificação - Águas Doces:			
			1	2	3	4
Temperatura (°C)	< 40					
Cor (mg Pt/l)		15 (uH)	-	75	75	
Odor	Livre de odor desagradável	Não objetável	A	A	A	NO
Espuma	Ausente		A	A	A	A
Materiais flutuantes	Ausentes		A	A	A	A
Sólidos sedimentáveis (mg/l)	≤ 1,0					
Sólidos suspensos (mg/l)	≤ 200 (para Q ≤ 20 m <sup>3</sup> /dia)					
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)			500	500	500	
Contagem bacteriológica (UFC/ml)		≤ 500				
pH	Entre 6,0 e 8,6	Entre 6,0 e 9,5	6-9	6-9	6-9	6-9
Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	≤ 200	500				
Óleos e graxas (mg/l)	Vegetal ou animal: ≤ 30; Mineral: ≤ 10		A	A	A	I
Coliformes fecais (NMP/100ml)	≤ 300	0	200	1000	4000	
Coliformes totais (NMP/100ml)			1000	5000	20000	
Fósforo total (mg/l)	1,0					
Surfactantes	2,0	0,5				
Alcalinidade						
OD (mg/l O <sub>2</sub> )			> 6	> 5	> 4	> 2
Cloretos (mg/l)		250	250	250	250	
Nitrato (mg/l)		10	10	10	10	
Nitrito (mg/l)		1	1	1	1	
Nitrogênio total (mg/l)	10,0					
Turbidez (UNT)		5	40	100	100	
DBO (mg/l)	≤ 200 (para Q ≤ 20 m <sup>3</sup> /dia)		3	5	10	
DQO (mg/l)	≤ 450 (para Q ≤ 20 m <sup>3</sup> /dia)	..				

Onde: A: Virtualmente Ausente, NO: Não Objetáveis e I: toleram-se Iridescências, ou um residual.

Fonte: Portaria 05/89 do RS, Portaria 518/2004 do MS e Resolução CONAMA 357/05.

Quadro 11: Padrões de qualidade da água.

A Resolução CONAMA 357/05 classifica as águas segundo seus usos preponderantes, em nove classes: As águas doces são enquadradas nas quatro primeiras e destinadas: Classe Especial – abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção; Classe 1 – ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, à proteção de comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem no solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; Classe 2 - ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana; Classe 3 - ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e à dessecação de animais; e Classe 4 – navegação, harmonia paisagística e aos usos menos exigentes. O quadro 12 apresenta a classificação das águas em função dos usos.

Uso	Classe								
	Especial	Doces				Salinas		Salobras	
		1	2	3	4	5	6	7	8
Abastecimento público	x	x (a)	x (b)	x (b)					
Preservação e equilíbrio natural das comunidades aquáticas	x								
Recreação de contato primário		x	x			x		x	
Proteção das comunid. aquáticas		x	x			x		x	
Irrigação		x (c)	x (d)	x (e)					
Criação de espécies (aqüicultura)		x	x			x		x	
Dessedentação de animais				x					
Navegação					x		x		x
Harmonia paisagística					x		x		x
Recreação de contato secundário							x		x
Usos menos exigentes					x				

Fonte: von Sperling apud Gonçalves, 2003.

Quadro 12: Classificação das águas em função dos usos preponderantes (CONAMA 20/86).

No quadro 12, (a) significa após tratamento simplificado; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e sejam ingeridas cruas sem remoção de película; (d) hortaliças e plantas frutíferas; e (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

O quadro 13 apresenta os padrões nacionais vigentes para balneabilidade, a CONAMA 274/2000, segundo Gonçalves (2003), e estabelecem para águas de banho de mar a qualidade.

Balneabilidade		Padrões para o corpo d'água
Própria	Excelente	Máximo de 250 CF/100ml ou 200 EC/100ml ou 25 enterococos/100ml em 80% ou mais das amostras das 5 semanas anteriores.
	Muito boa	Máximo de 500 CF/100ml ou 400 EC/100ml ou 50 enterococos/100ml em 80% ou mais das amostras das 5 semanas anteriores.
	Satisfatória	Máximo de 1000 CF/100ml ou 800 EC/100ml ou 100 enterococos/100ml em 80% ou mais das amostras das 5 semanas anteriores.
Imprópria	a)	Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias.
	b)	Incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicadas pelas autoridades sanitárias.
	c)	Valor obtido na última amostragem for superior a 2500 CF/100ml ou 2000 EC/100ml ou 400 enterococos/100ml.
	d)	Presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer risco à saúde ou tornar desagradável a recreação.
	e)	pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais.
	f)	Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana.
	g)	Outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Fonte: Gonçalves, 2003.

Quadro 13: Padrões de balneabilidade – Resolução CONAMA 274/2000.

## 2.5 Caracterização da qualidade dos efluentes domésticos

A característica do esgoto é função dos usos à qual a água foi submetida. Esses usos variam com o clima, situação social e econômica e hábitos da população. O esgoto doméstico contém aproximadamente 99,9% de água (VON SPERLING, 1996a). A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microorganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há a necessidade de se tratar o esgoto.

A definição de qualidade baseada na adequação ao uso permite uma classificação das águas: águas adequadas ou não a determinados usos. Por esse motivo, a classificação de boa ou má qualidade para uma água só tem sentido quando se leva em consideração o uso previsto para ela (BLUM, 2003).

A utilização de parâmetros indiretos que traduzam o caráter ou o potencial poluidor do efluente em questão é o mais comum. Tais parâmetros definem a qualidade do esgoto, e são divididos em três categorias: parâmetros físicos, químicos e biológicos. O quadro 14 apresenta as principais características dos efluentes domésticos.

	Parâmetro	Descrição
Físicas	TEMPERATURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ligeiramente superior à da água de abastecimento</li> <li>•Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar)</li> <li>•Influência na atividade microbiana</li> <li>•Influência na solubilidade de gases</li> <li>•Influência na viscosidade do líquido</li> </ul>
	COR	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Esgoto fresco: ligeiramente cinza</li> <li>•Esgoto séptico: cinza escuro ou preto</li> </ul>
	ODOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável</li> <li>•Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição</li> <li>•Despejos industriais: odores característicos</li> </ul>
	TURBIDEZ	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão</li> <li>•Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez</li> </ul>
Químicas	SÓLIDOS TOTAIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Orgânicos e Inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis.</li> <li>•Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são filtráveis (não dissolvidos).</li> <li>•Componentes minerais, não incineráveis, inertes, dos sólidos em suspensão.</li> <li>•Componentes orgânicos dos sólidos em suspensão.</li> <li>• Fração dos sólidos orgânicos que não são filtráveis (normalmente com dimensão <math>&lt; 10^{-3}</math>)</li> <li>•Componentes minerais dos sólidos dissolvidos.</li> <li>•Componentes orgânicos dos sólidos dissolvidos.</li> <li>•Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. Indicação aproximada da sedimentação em um tanque de decantação.</li> </ul>
	MATÉRIA ORGÂNICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas, carboidratos e lipídios.</li> <li>•DBO<sub>5</sub></li> <li>• Demanda Bioquímica de Oxigênio. Medida a 5 dias, 20°C. Fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microorganismos na estabilização bioquímica da Matéria Orgânica (MO).</li> <li>•DQO</li> <li>• Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a MO.</li> <li>•COT</li> <li>•Carbono Orgânico Total. É uma medida direta da MO. É determinado através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.</li> </ul>

Fonte: von Sperling, 1996a.

Quadro 14: Principais características dos efluentes domésticos.

Químicas	NITROGÊNIO TOTAL	O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microorganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitrogênio orgânico</li> <li>Amônia</li> <li>Nitrito</li> <li>Nitrato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitrogênio na forma de proteínas.</li> <li>Produzida como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico.</li> <li>Estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.</li> <li>Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.</li> </ul>
	FÓSFORO	O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fósforo orgânico</li> <li>Fósforo inorgânico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combinado à MO.</li> <li>Ortofosfato e polifosfatos.</li> </ul>
	pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7. Os processos de oxidação bacteriológica tendem a reduzir o pH.
	ALCALINIDADE	Indicador da capacidade tampão do meio (resistência às variações do pH). Devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila (OH <sup>-</sup> ).
CLORETOS	Provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos.	
ÓLEOS E GRAXAS	Fração da MO solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados em comidas.	
Biológicas	BACTÉRIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organismos protistas unicelulares.</li> <li>Apresentam-se em várias formas e tamanhos.</li> <li>São os principais responsáveis pela estabilização da MO.</li> <li>Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais.</li> </ul>
	FUNGOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos.</li> <li>Também de grande importância na decomposição da MO.</li> <li>Podem crescer em condições de baixo pH.</li> </ul>
	PROTOZOÁRIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organismos unicelulares sem parede celular.</li> <li>A maioria é aeróbia ou facultativa.</li> <li>Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos.</li> <li>São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos.</li> <li>Alguns são patogênicos.</li> </ul>
	VÍRUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça protéica.</li> <li>Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto.</li> </ul>
	HELMINTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Animais superiores.</li> <li>Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.</li> </ul>

Fonte: von Sperling, 1996a.

Quadro 14: Principais características dos efluentes domésticos (*Continuação*).

## 2.6 Alguns tratamentos de água e esgoto

A capacidade de renovação dos corpos de água é finita, não obstante, muitos assumem que a natureza possa assimilar, em forma ilimitada, todo o tipo de elemento contaminante e talvez seja por isso que o nível de decisão política no Brasil não tenha outorgado como prioridade necessária à despoluição das águas superficiais, nem tampouco existe uma percepção clara dos efeitos sobre a saúde do lançamento das águas descartadas sem tratamento prévio, sobre a saúde humana.

Para implantação de uma efetiva barreira de controle de agentes transmissores de doenças infecciosas, em que o contato humano com esgotos é provável, os processos de desinfecção

de esgotos, em geral, são a prática mais segura e de menor custo (GONÇALVES, 2003). A desinfecção de efluentes tem por objetivo a inativação seletiva de organismos que ameaçam a saúde humana, de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos para as diferentes situações.

Diversos autores sugerem que sistemas centralizados de esgotos são ambientalmente insustentáveis e que os impactos ambientais resultantes de falhas dos sistemas são maiores nestes sistemas (BAKIR apud MANCUSO, 2003). Algumas proposições sob o enfoque do reúso lançam novos argumentos a favor de conhecidas tecnologias, como as dos tanques sépticos precedendo o sistema de coletores públicos. As soluções não convencionais devem considerar a alta demanda pelo serviço associada ao desejo de pagar por ele, entre outros fatores, como a escassez local de água, a baixa taxa de consumo por habitante e as disponibilidades financeiras da localidade.

A poluição deve ser confinada em menor área possível (casa, quarteirão, bairro), evitando-se tanto quanto possível sua exportação em razão dos custos associados, que correspondem a 80% do investimento e a mais 65% dos custos operacionais anuais nos sistemas centralizados de coleta e tratamento de esgotos (BAKIR apud MANCUSO, 2003).

Nos Estados Unidos, segundo a EPA (1992), os estados que possuem regulamentações ou diretrizes para o reúso de água têm ajustado padrões para a qualidade da água reciclada e/ou especificado condições de tratamento mínimo. Os parâmetros mais comuns a serem analisados para os limites da qualidade da água são a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos Totais (SST), e a contagem de Coliformes Totais e Fecais. Os coliformes são geralmente usados como indicadores para determinar o grau de desinfecção.

Segundo von Sperling (1996a), em estudos ou projetos, antes de se iniciar a concepção e o dimensionamento do tratamento, deve-se definir com clareza qual o objetivo do tratamento dos esgotos, e a que nível deve ser o mesmo processado, bem como também estudos de impacto ambiental no corpo receptor. O tratamento dos esgotos é usualmente classificado através dos seguintes níveis: Preliminar; Primário; Secundário; e Terciário (este apenas eventualmente).

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maior dimensões e areia), enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e parte da matéria orgânica (DBO em suspensão, ou seja, matéria orgânica (MO) componente dos SS). Em ambos predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo principal é a remoção de matéria orgânica (DBO remanescente, ou seja,

fina, não removida no tratamento primário, e a DBO solúvel, que é a MO na forma de sólidos dissolvidos) e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo). O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. No Brasil, o tratamento terciário é bastante raro, conforme von Sperling (1996a).

O quadro 15, lista os principais processos, operações e sistemas de tratamento freqüentemente utilizados para a remoção de poluentes dos esgotos domésticos, em função do poluente a ser removido.

<b>Poluente</b>	<b>Operação, processo ou sistema de tratamento</b>
Sólidos em suspensão	Gradeamento - Remoção de areia - Sedimentação - Disposição no solo
Matéria orgânica biodegradável	Lagoas de estabilização e variações - Lodos ativados e variações - Filtro biológico e variações - Tratamento anaeróbio - Disposição no solo
Patogênicos	Lagoas de maturação - Disposição no solo - Desinfecção com produtos químicos - Desinfecção com radiação ultravioleta
Nitrogênio	Nitrificação e desnitrificação biológica - Disposição no solo - Processos físico-químicos
Fósforo	Remoção biológica - Processos físico-químicos

Fonte: von Sperling, 1996a.

Quadro 15: Operações, processos e sistemas de tratamento freqüentemente utilizados.

O quadro 16 mostra a porcentagem da eficiência dos diversos dispositivos de tratamento, segundo Imhoff (2002). Esta eficiência é medida em função da redução da matéria orgânica (DBO), ou de sólidos em suspensão (SS), ou ainda em menor proporção, de bactérias e coliformes.

Nº	PROCESSOS DE TRATAMENTO	REDUÇÃO (%)		
		DBO	SS	Bactérias
1	Crivos finos	5 – 10	2 – 20	10 – 20
2	Cloração de esgoto bruto ou decantado	15 – 30	-	90 – 95
3	Decantadores	25 – 40	40 – 70	25 – 75
4	Floculadores	40 – 50	50 – 70	-
5	Tanques de precipitação química	50 – 85	70 – 90	40 – 80
6	Filtros biológicos de alta capacidade	65 – 90	65 – 92	70 – 90
7	Filtros biológicos de baixa capacidade	80 – 95	70 - 92	90 – 95
8	Lodos ativados de alta capacidade	50 – 75	80	70 – 90
9	Lodos ativados convencionais	75 – 95	85 – 95	90 – 98
10	Filtros intermitentes de areia	90 – 95	85 – 95	95 – 98
11	Cloração de efluentes depurados biologicamente	-	-	98 - 99

Fonte: Imhoff, 2002.

Quadro 16: Eficiência dos métodos de tratamento de esgoto.

No quadro 17, organizado por von Sperling e Chernicharo (2002), é apresentada a comparação dos diferentes processos de tratamento de águas residuárias para atingir consistentemente os níveis indicados de qualidade do efluente em termos de coliformes fecais (termotolerantes) e ovos de helmintos.

Sistema	Nível atingido de redução nos Coliformes fecais (NMP/100ml)				Ovos de helmintos
	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	≤ 1 ovo/L
Lagoa facultativa	X				X
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	X	X			X
Lagoa aerada facultativa	X				
Lagoa aerada mistura completa–lagoa sedimentação	X				
<b>Lagoa + lagoa de maturação</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Lagoa + lagoa de alta taxa	X	X			
Lagoa + remoção de algas	X	X			
<b>Infiltração lenta</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Infiltração rápida	X	X	X		X
Escoamento superficial	X				X
Terras úmidas construídas ( <i>wetlands</i> )	X	X			X
Tanque séptico + filtro anaeróbio	X				
<b>Tanque séptico + infiltração</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
UASB					
UASB + lodos ativados	X				
UASB + biofiltro aerado submerso	X				
UASB + filtro anaeróbio	X				
UASB + filtro biológico de alta carga	X				
<b>UASB + lagoas de maturação</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
UASB + escoamento superficial	X	X			X
Lodos ativados convencionais					
Aeração prolongada	X				
Reator por batelada					
Lodos ativados com remoção biológica de N					
Lodos ativados com remoção biológica de N/P					
<b>Lodos ativados + filtração terciária</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Filtro biológico percolador de baixa carga					
Filtro biológico percolador de alta carga					
Biofiltro aerado submerso					
Biofiltro aerado subme com remoção biol de N					
Biodisco					
<b>Qualquer das tecnologias anteriores + Desinfecção</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>variável</b>

Fonte: von Sperling e Chernicharo apud Gonçalves, 2003.

Quadro 17: Comparação das diversas tecnologias de tratamento de águas residuárias.

Observa-se no quadro 17 que os únicos processos capazes de produzir efluentes tratados com densidades de coliformes fecais iguais ou inferiores a 10<sup>3</sup> NMP/100ml, ou seja, um efluente com menores índices de coliformes fecais, seriam os processos que passam por todas as colunas de redução de coliformes fecais e alcança o nível 10<sup>3</sup> NMP/100ml, como visto nos

processos em negrito. Este valor também é indicado na classe 2 do CONAMA 20/86, 1000 coliformes fecais por 100 ml. O processo de lagoa facultativa por exemplo, produz efluente com até  $10^6$  colif.fecal/100ml, não sendo indicado pois não reduz mais que este valor.

Gonçalves (2003) observa que os únicos processos de tratamento capazes de produzir efluentes tratados com densidades de coliformes fecais iguais ou inferiores a  $10^3$  NMP/100ml são as lagoas de maturação, a infiltração lenta no solo, filtração terciária após lodo ativado e aqueles que possuem uma etapa específica para desinfecção (ou seja, os processos em negrito). Além desses, processos envolvendo lagoas de estabilização não mecanizadas (facultativa e anaeróbia) também podem alcançar baixas densidades de ovos de helmintos no efluente.

Sistemas de Tratamento	Requisitos		Tempo de detenção hidráulico (dias)	Quant. de lodo a ser tratado ( $m^3$ /hab. ano)	Eficiência (%)				Investimento (US\$/hab)
	Área ( $m^2$ /hab)	Potência (W/hab)			DBO	N	P	Coli-formes	
Tratamento preliminar	< 0,001	~0	-	-	0-5	~0	~0	~0	2 - 8
Tratamento primário	0,003 - 0,05	~0	0,1 - 0,5	0,6 - 13	35-40	10-25	10-20	30-40	20-30
Lagoa facultativa	2-5	~0	15-30	-	70-85	30-50	20-60	60-99	10-30
Lagoa anaeróbia facultativa	1,5-3,5	~0	12-24	-	70-90	30-50	20-60	60-99	10-25
Lagoa aerada-facultativa	0,25-0,5	1-1,7	5-10	-	70-90	30-50	20-60	60-96	10-25
Lagoa mistura completa + Lagoa de maturação	0,2-0,5	1-1,7	4-7	-	70-90	30-50	20-60	60-99	10-25
Lodos ativados (convencional)	0,2-0,3	1,5-2,8	0,4-0,6	1,1-1,5	85-93	30-40	30-45 (a)	60-90	60-120
Lodos ativados (aeração prolongada)	0,25-0,35	2,5-4	0,8-1,2	0,7-1,2	93-98	15-30	10-20 (a)	65-90	40-80
Lodos ativados (fluxo intermitente)	0,2-0,3	1,5-4	0,4-1,2	0,7-1,5	85-95	30-40	30-45 (a)	60-90	50-80
Filtro biológico (baixa carga)	0,5-0,7	0,2-0,6	-	0,4-0,6	85-93	30-40	30-45 (a)	60-90	50-90
Filtro biológico (alta carga)	0,3-0,45	0,5-1	-	1,1-1,5	80-90	30-40	30-45 (a)	60-90	40-70
Biodiscos	0,15-0,25	0,7-1,6	0,2-0,3	0,7-1	85-93	30-40	30-45 (a)	60-90	70-120
Reator anaeróbio de manta de lodo	0,05-0,1	~0	0,3-0,5	0,07-0,1	60-80	10-25	10-20	60-90	20-40
Fossa-séptica + Filtro anaeróbio	0,2-0,4	~0	1-2	0,07-0,1	70-90	10-25	10-20	60-90	30-80
Infiltração lenta	10-50	~0	-	-	94-99	65-95	75-99	> 99	10-20
Infiltração rápida	1-6	~0	-	-	86-98	10-80	30-99	> 99	5-15
Infiltração subsuperficial	1-5	~0	-	-	90-98	10-40	85-95	> 99	5-15
Escoamento superficial	1-6	~0	-	-	85-95	10-40	20-50	90-99	5-15

Fonte: von Sperling apud Botelho, 2002.

Quadro 18: Características, eficiência e custos dos principais sistemas de tratamento de esgotos.

O quadro 18 apresenta as características, eficiência e custos dos principais sistemas de tratamento de esgotos, segundo von Sperling apud Botelho (2002), onde N é Nitrogênio e P é Fósforo. Pode-se observar no quadro 18, que a Fossa séptica, ou Tanque séptico, mais o Filtro anaeróbio necessitam de uma área de 0,2 a 0,4  $m^2$ /hab, de um tempo de detenção hidráulico de 1 a 2 dias, e de uma quantidade de lodo a ser tratado de 0,07 a 0,1  $m^3$ /hab.ano.

Observa-se também que este tipo de tratamento, o Tanque séptico + Filtro anaeróbio, tem uma eficiência de redução de DBO entre 70 e 90%, de redução de Nitrogênio (N) de 10 a 25%, de Fósforo (P) de 10 a 20% e de redução de coliformes entre 60 e 90%. O quadro 19 apresenta os principais efeitos dos processos de tratamento.

Atributos	Aeração	Sedimentação simples	Filtração lenta	Coagulação filtração rápida	Correção dureza (14) e filtração rápida	Desinfecção (cloração)
Bactérias	0	++	++++	++++ (1)	(+++)(2)	++++
Cor	0	0	++	++++	(++++)	0 (13)
Turbidez	0	+++	++++ (3)	++++	(+++++)	0
Odor e sabor	++++ (4)	(+)	+++	(++)	(++)	++++ (5-6)
Dureza	+	0	0	-- (7)	++++	0
Corrosividade	+++ (8) --- (9)	0	0	-- (10)	variável	0
Ferro e manganês	+++ (12)	+(11)	++++ (11)	++++ (11)	(++)	0 (13)

**Símbolos empregados: + Efeitos favoráveis - Efeitos adversos**

*Os símbolos entre parênteses indicam:*

- |   |   |
|---|---|
| (1) Um pouco irregularmente.  | (9) Com adição de oxigênio.   |
| (2) Tratamento com cal em excesso.  | (10) A coagulação com sulfato de alumínio libera gás carbônico.       |
| (3) Sujam-se ou entopem muito depressa.   | (11) Após aeração.  |
| (4) Exceção para os sabores devido a cloro-fenois.  | (12) Aeração seguida de uma unidade separadora para deposição (N.A.). |
| (5) Supercloração seguida de descloração.   | (13) Pode remover ferro e ter efeito sobre a cor (N.A.).              |
| (6) Cloração normal.  | (14) Redução da dureza pelo processo da precipitação química (N.A.).  |
| (7) A coagulação com sulfato de alumínio converte a dureza de carbonato em dureza de sulfato. |   |
| (8) Pela remoção de gás carbônico.  |   |

Fonte: Richter e Azevedo Netto, 1991.

Quadro 19: Principais efeitos dos processos de tratamento.

O quadro 20 apresenta os requisitos para a qualidade da água de reúso na Califórnia, EUA. Os reúsos não potáveis de água praticados na Califórnia (EUA) são regidos pelo “California Regional Water Quality Control Board”, sob as diretrizes do departamento de serviços de saúde, sob o “Título 22 do Código da Califórnia”, que se constitui num conjunto de leis do estado da Califórnia, aplicáveis à qualidade de água e gerenciamento de resíduos perigosos (SANTOS, 2003), cujo objetivo principal é a proteção da saúde pública. Quanto maior for a possibilidade de contato público com a água, melhor deve ser sua qualidade, como se observa no progressivo aumento das exigências apontadas no quadro 20.

No quadro 20 se observa que para a irrigação em culturas alimentícias, parques, *playgrounds*, irrigação de pátios escolares, gramados e para lagos recreativos de acesso irrestrito, exige-se tratamento secundário mais filtração, desinfecção com efluente contendo no máximo 15 mg/l (SST), 15 mg/l (DBO) e coliformes totais < 2,2/100ml.

Tipo de reúso	Requisito de qualidade para o efluente	Diretrizes das instalações
Água de reúso para agricultura e paisagismo	Exige-se tratamento primário com as concentrações máximas de 100 mg/L de SST (Sólidos suspensos totais) e de 120 mg/L de DBO <sub>5,20</sub> para água de reúso destinada a cultura de grãos, plantas forrageiras, ração para animais, jardins e vinhedos;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cada processo de tratamento deve consistir de múltiplas unidades capazes de produzir a qualidade requerida para o efluente com uma unidade fora de uso;</li> <li>• a instalação deve incluir alarmes para indicar a falha de processos individuais e o corte de energia elétrica</li> <li>• a confiabilidade da instalação deve incluir capacidade de reserva de energia</li> </ul>
	Exige-se tratamento secundário mais desinfecção por cloro, com efluente contendo no máximo 30 mg/L (SST), 30 mg/L (DBO) e coliformes totais < 23/100mL para a água destinada a pastagens para gado leiteiro, campos de golfe, cemitérios, canteiros centrais de auto-estradas, cinturões verdes e lagos recreacionais paisagísticos;	
	Exige-se tratamento secundário mais desinfecção com efluente contendo no máximo 30 mg/L (SST), 30 mg/L (DBO) e coliformes totais < 2,2/100mL para lagos recreativos de acesso restrito;	
	Exige-se tratamento secundário mais filtração, desinfecção com efluente contendo no máximo 15 mg/L (SST), 15 mg/L (DBO) e coliformes totais < 2,2/100mL para culturas alimentícias, parques, <i>playgrounds</i> , irrigação de pátios escolares gramados e para lagos recreativos de acesso irrestrito;	
Água de reúso para recarga de aquíferos através do seu escoamento superficial	A qualidade da água captada deve ser determinada caso a caso. A água para reúso não potável deverá possuir as seguintes características, tanto para o processo de poços de injeção como para os processos de sulcos ou inundação superficial: Tratamento secundário seguido de filtração, desinfecção para uma contagem de coliformes < 2,2/100mL e remoção de orgânicos;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os projetos devem observar: a profundidade do aquífero; o tempo de detenção da água no subsolo; a distancia horizontal da área de escoamento superficial ao poço de captação; e a porcentagem de água recuperada captada no poço</li> </ul>
Água de reúso industrial	Para a desinfecção eficaz da água recuperada, a contagem de coliformes totais deve ser < 2,2/100mL, os sólidos em suspensão totais (SST) e a DBO <sub>5</sub> ≤ 10mg/L;	Nos Estados Unidos, as instalações de tratamento de água para a criação de peixes exigem graus mais avançados de “purificação” da água, incluindo uma rigorosa remoção de nutrientes. Para a dessedentação de animais de criação, ou selvagens, apenas o tratamento secundário é requerido.
	Para a recarga de aquíferos, reúso industrial e criação de peixes, é requerida a remoção de nutrientes;	
	Para a água de resfriamento, água de processo industrial e alimentação de caldeiras, é necessária a redução das concentrações de SST, Carbono Orgânico Total (COT) e Dureza.	

Fonte: Adaptado de Santos, 2003.

Quadro 20: Requisitos para a qualidade da água de reúso na Califórnia (EUA).

O quadro 21 é adaptado do manual de reúso de água da EPA (2004), segundo diretrizes sugeridas para o reúso da água, e apresenta sugestões de processos de tratamentos de efluentes, qualidade da água reciclada, monitoramento e distâncias recomendadas para os vários tipos de reúso. Estas diretrizes são aplicadas para o efluente doméstico municipal ou outro meio de tratamento de esgoto, tendo limitado a entrada de efluente industrial. As diretrizes sugeridas são baseadas principalmente na recuperação de água e informação de reúso dos Estados Unidos e cuja intenção é aplicar a recuperação e facilitar o reúso neste país. Condições locais podem limitar a aplicabilidade destas diretrizes em alguns países.

<b>Tipos de Reúso</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Qualidade de água recuperada</b>	<b>Monitoramento de água recuperada</b>	<b>Distâncias recomendadas</b>	<b>Comentários</b>
<b>Reúso Urbano</b> – Todos os tipos de irrigação de jardins ou paisagens (campos de golfe, parques, cemitérios), também lavagem de veículos, descarga sanitária, uso em sistemas de combate de incêndio e ar condicionados comerciais e outros tipos de usos com acesso e exposição similar a água.	Secundário Filtração Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH = 6 – 9</li> <li>• ≤ 10mg/l DBO</li> <li>• ≤ 2 UNT</li> <li>• coliformes fecais/ 100ml: Não-detectável</li> <li>• 1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH – semanalmente</li> <li>• DBO – semanal</li> <li>• Turbidez – continuamente</li> <li>• Coliformes – diário</li> <li>• Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> </ul>	<i>15m dos poços de captação de águas potável</i>	Adição química anterior a filtração pode ser necessária; A água recuperada deve ser transparente, sem cheiro, e não conter substâncias tóxicas;
<b>Irrigação de área de acesso restringida</b> – Fazendas de pastagem, locais de silvicultura, e outros locais onde o acesso público é proibido, restringido ou raro.	Secundário Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH = 6 – 9</li> <li>• ≤ 30mg/l DBO</li> <li>• ≤ 30mg/l SS</li> <li>• ≤ 200 colif fecais/ 100ml</li> <li>• 1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH – semanalmente</li> <li>• DBO – semanal</li> <li>• SS (Sólidos Suspensos) – diariamente</li> <li>• Coliformes – diário</li> <li>• Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90m dos poços de captação de água potável</li> <li>• 30m de áreas acessíveis ao público (se é por aspersão)</li> </ul>	<i>Se irrigação por aspersão, SS ≤ 30 mg/l para evitar entupimento no sistema;</i>
<b>Reúso na agricultura - Grupos de alimentos não processados comercialmente;</b> Irrigação superficial ou por aspersão de algum grupo de alimento, inclusive grupo de alimento consumido cru.	Secundário Filtração Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH = 6 – 9</li> <li>• ≤ 10mg/l DBO</li> <li>• ≤ 2 UNT</li> <li>• coliformes fecais/ 100ml: Não-detectável</li> <li>• 1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH – semanalmente</li> <li>• DBO – semanal</li> <li>• Turbidez – continuamente</li> <li>• Coliformes – diário</li> <li>• Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15m dos poços de captação de água potável</li> </ul>	<i>Adição química anterior a filtração pode ser necessária; Nível elevado de nutrientes pode afetar contrariamente alguma safra durante o estágio de crescimento;</i>
<b>Reúso agrícola - Grupos de alimentos comercialmente processados;</b> Irrigação superficial de jardins, pomares e vinhedos e Grupos de alimentos para animais: pasto para animais de ordenha, alimento de animais fibras e grãos.	Secundário Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH = 6 – 9</li> <li>• ≤ 30mg/l DBO</li> <li>• ≤ 30mg/l SS</li> <li>• ≤ 200 coliformes fecais/ 100ml</li> <li>• 1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH – semanalmente</li> <li>• DBO – semanal</li> <li>• SS – diariamente</li> <li>• Coliformes – diário</li> <li>• Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90m dos poços de captação de água potável</li> <li>• 30m de áreas acessíveis ao público</li> </ul>	<i>Se irrigação por aspersão, SS ≤ 30 mg/l para evitar entupimento no sistema; Nível elevado de nutrientes pode afetar contrariamente alguma safra durante o estágio de crescimento;</i>

Fonte: Adaptado de U.S.EPA, 2004.

Quadro 21: Diretrizes sugeridas para o reúso de água - EPA.

Tipos de Reúso	Tratamento	Qualidade de água recuperada	Monitoramento de água recuperada	Distâncias Recomendadas	Comentários
<b>Recreação</b> – Contato acidental (pesca, navegação) e contato total do corpo com a água recuperada.	Secundário Filtração Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH = 6 – 9</li> <li>≤ 10mg/l DBO</li> <li>≤ 2 UNT</li> <li>coliformes fecais/ 100ml: Não-detectável</li> <li>1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH – semanalmente</li> <li>DBO – semanal</li> <li>Turbidez – continuamente</li> <li>Coliformes – diário</li> <li>Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> </ul>	150m de poços de captação de águas potáveis (mínimo) se o fundo não for impermeável.	Descloração pode ser necessária para proteger espécies aquáticas da flora e fauna; A água recuperada deve ser não-irritante para a pele e olhos; A água recuperada deve ser transparente, sem cheiro, e não conter substâncias tóxicas; Remoção de nutrientes pode ser necessário para evitar o crescimento de algas; Adição química anterior a filtração pode ser necessária;
<b>Paisagístico</b> - Uso estético onde o contato humano com a água recuperada não é permitido	Secundário Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>≤ 30mg/l DBO</li> <li>≤ 30mg/l SS</li> <li>≤ 200 colif fecais/ 100ml</li> <li>1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DBO – semanal</li> <li>SS - diariamente</li> <li>Coliformes – diário</li> <li>Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> </ul>	150m de poços de captação de águas potáveis (mínimo) se o fundo não for impermeabilizado	Remoção de nutrientes pode ser necessário para evitar o crescimento de algas; Descloração pode ser necessária para proteger espécies aquáticas da flora e fauna;
<b>Usos na Construção</b> - Compactação do solo, controle da poeira, lavagem de agregados, fabricação do concreto.	Secundário Desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>≤ 30mg/l DBO</li> <li>≤ 30 mg/l SS</li> <li>≤ 200 colif fecais/100ml</li> <li>1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DBO – semanal</li> <li>SS - diariamente</li> <li>Coliformes – diário</li> <li>Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> </ul>		O contato do trabalhador com a água recuperada deve ser minimizado; Um alto nível de desinfecção para alcançar coli fecal ≤ 14 mg/l, deve ser providenciado quando o contato humano é provável.
<b>Reúso ambiental</b> - Banhados, pântanos, habitat de animais selvagens, acréscimo de correntezas	Variável Secundário e Desinfecção	Variável, mas não exceder: <ul style="list-style-type: none"> <li>≤ 30mg/l DBO</li> <li>≤ 30mg/l SS</li> <li>≤ 200 colif fecais/100ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DBO – semanal</li> <li>SS – diariamente</li> <li>Coliformes – diário</li> <li>Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> </ul>		Descloração pode ser necessária para proteger espécies aquáticas da flora e fauna;
<b>Reúso potável indireto</b> – recarga do lençol freático por injeção para o interior dos aquíferos potáveis.	Secundário Filtração Desinfecção Tratamento avançado de efluentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH = 6,5-8,5</li> <li>≤ 2 UNT</li> <li>coli fecais/ 100ml: Não-detectável</li> <li>1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual</li> <li>padrões de água potável adequados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH – diário</li> <li>Turbidez – continuamente</li> <li>Coliformes – diário</li> <li>Cl<sub>2</sub> residual – continuamente</li> <li>Padrões de qualidade da água – trimestral</li> <li>Outros – depende do componente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>600 m de poços de extração. Pode variar dependendo das condições específicas do local.</li> </ul>	A água recuperada deve estar retida abaixo da superfície por pelo menos 1 ano antes do retrocesso; Os limites de qualidade recomendados devem ser encontrados no ponto de injeção; Um elevado cloro residual e/ou um longo tempo de contato pode ser necessário para assegurar a inativação de vírus.

Fonte: Adaptado de U.S.EPA, 2004.

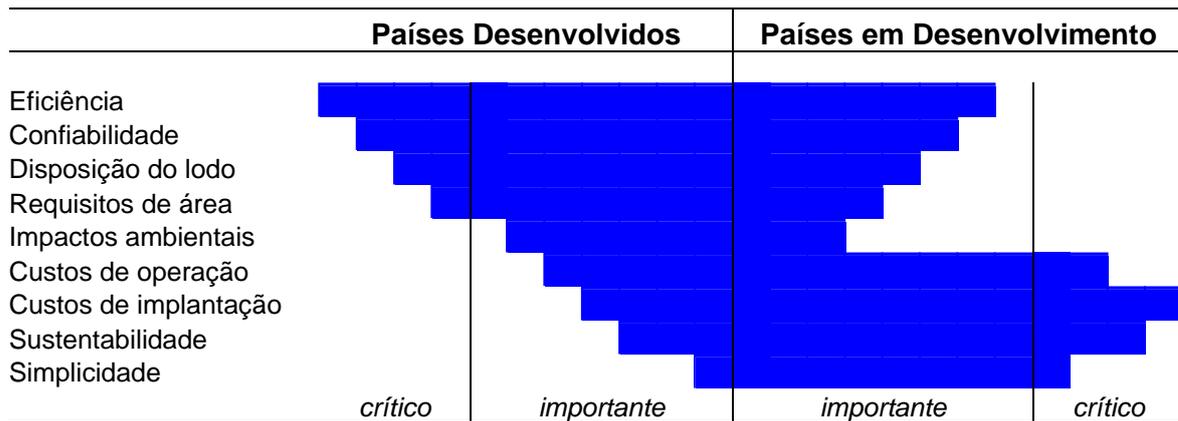
Quadro 21: Diretrizes sugeridas para o reúso de água – EPA (continuação).

Nos países em desenvolvimento, o principal objetivo do tratamento das águas para reúso é a remoção de parasitos, bactérias e vírus patogênicos, pois são causadores de doenças endêmicas na América Latina. De acordo com Guillermo e Cavallini (1999), a opção tecnológica para se alcançar plenamente o objetivo de “ausência de patógenos”, corresponde às lagoas de estabilização, onde as pesquisas realizadas pelo CEPIS (Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente) demonstraram uma grande eficiência na remoção de parasitos (ovos de helmintos e cistos de protozoários), vírus e bactérias patogênicas. E nenhum sistema convencional de tratamento de esgotos pode competir com a eficiência de remoção de microorganismos que se obtém das lagoas de estabilização, exceto que se adicione algum produto químico ao processo de desinfecção do efluente, o que encarece e torna mais complexa a sua operação e a manutenção.

Entretanto, ao se considerar a alternativa das lagoas de estabilização, deve-se analisar a disponibilidade e o custo do terreno. Esta variável pode limitar a escolha de lagoas de estabilização e a decisão final deverá obedecer a uma análise econômico-financeira que envolva o investimento e os custos iniciais da operação, além da manutenção do sistema. O dimensionamento da ETE dependerá da qualidade bacteriológica desejada e dos efluentes para cada tipo de uso.

Em relação ao impacto econômico da contaminação dos mananciais, conforme Guillermo e Cavallini (1999), um exemplo é a elevação no custo de tratamento de águas para fins potáveis, devido à má qualidade da água bruta para estações de tratamento, o que requer o uso de maior quantidade de compostos químicos para o processo de desinfecção para garantir uma água de qualidade apropriada ao consumo humano. É conhecido que, em sistemas de tratamento de água para fins potáveis ou de alta tecnologia, qualquer erro humano ou falha nos equipamentos pode provocar episódios lamentáveis como a ocorrência de focos epidêmicos.

A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento das fases líquida e sólida deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa. Para que a eleição conduza realmente à alternativa mais adequada, critérios ou pesos devem ser atribuídos a diversos aspectos, vinculados essencialmente à realidade em foco. Ainda que o lado econômico seja fundamental, deve-se lembrar que nem sempre a melhor alternativa é simplesmente a que apresenta o menor custo em estudos econômicos financeiros (VON SPERLING, 1996a). a figura 13 apresenta os aspectos críticos e importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos



Fonte: Von Sperling, 1996a.

Figura 13: Aspectos críticos e importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos.

Na figura 13, a comparação bastante geral, é devida à especificidade de cada país e aos altos contrastes usualmente observáveis nos países em desenvolvimento. Os itens estão organizados numa ordem decrescente de importância para países desenvolvidos, onde os itens críticos são: eficiência, confiabilidade, aspectos de disposição do lodo e requisitos de área. Nos países em desenvolvimento, estes itens estão organizados de maneira similar quanto ao decréscimo de importância, mas possuem uma menor magnitude, comparando com países desenvolvidos. A principal diferença está nos pontos críticos para os países em desenvolvimento: custos de construção, sustentabilidade, simplicidade e custos operacionais (VON SPERLING, 1996a).

A situação ideal para se ter uma água limpa seria eliminar todas as substâncias nocivas das fontes poluidoras. Como não é possível nos dias de hoje, o homem procura purificar a água por processos artificiais como depuração biológica, filtração, uso de carvão ativado, planejamentos conservacionistas de bacias de captação de água, entre outros.

### Remoção de óleos e gorduras

Os esgotos contêm grande quantidade de óleos, graxas e outros materiais de densidade inferior à da água. A necessidade da remoção da gordura está condicionada aos problemas que esse material trará às unidades de um sistema de tratamento de esgoto, se presente em grandes proporções (JORDÃO, 1995). Assim sendo, a remoção tem como finalidades: evitar obstruções dos coletores, evitar a aderência nas peças especiais do sistema e evitar acúmulo nas unidades de tratamento provocando odores desagradáveis e perturbações no funcionamento.

A característica de uma unidade de remoção de gordura é função da localização deste dispositivo, recebendo nomes de acordo com o tipo de material a ser removido, podendo ser:

caixa de gordura domiciliar, caixa de gordura coletiva, dispositivos de remoção de gordura em decantadores, tanques aerados, e separadores de óleo.

Segundo Jordão (1995), os sistemas de remoção de gordura devem ter condições favoráveis à retenção da gordura e sua subsequente remoção, e independente de sua localização, devem ter as seguintes características: capacidade de acumulação de gordura entre cada operação de limpeza; condições de tranquilidade suficiente para permitir a flutuação do material; dispositivos de entrada e saída convenientemente projetados para permitir ao afluente e efluente escoarem normalmente; distância entre os dispositivos de entrada e saída suficiente para reter a gordura e evitar que esse material seja arrastado com o efluente; e condições de vedação suficiente para evitar o contato com insetos, roedores, etc.

### **Tanque séptico**

Tanque séptico é um sistema de tratamento de esgotos, destinado a receber a contribuição de um ou mais domicílios, e com a capacidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com a sua simplicidade e custo (JORDÃO, 1995). Conforme a NBR 7229/93 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) “Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos”, a definição de Tanque séptico é unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão.

Os tanques sépticos são câmaras convenientemente construídas para reter os despejos domésticos e/ou industriais, por um período de tempo especificamente estabelecido, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos, transformando-os, bioquimicamente, em substâncias e compostos mais simples. O funcionamento do tanque séptico possui as seguintes fases: retenção, decantação, digestão e redução de volume. O tanque séptico não purifica completamente os esgotos, apenas reduz a sua carga orgânica a um grau de tratamento aceitável em determinadas condições.

Segundo Mancuso (2003), Bakir defende o uso de sistemas coletores de efluentes de tanques sépticos tendo pesquisado sua designação em vários países do mundo. Os coletores são projetados para transportar apenas a parte líquida do despejo, uma vez que a parte sólida fica retida num tanque interceptor, parte integrante da ligação domiciliar. O efluente clarificado flui até o coletor, projetado como conduto livre, mas requerendo escavação mais rasa, diâmetros menores (usualmente diâmetros de 75 a 100mm em PVC) e caixas de inspeção simplificadas. Estas unidades podem funcionar com contribuição muito baixa (30

litros/hab.dia), sendo menos afetadas do que o sistema convencional na falta do abastecimento d'água.

### **Disposição final dos efluentes líquidos conforme NBR 13.969/97 da ABNT**

A NBR 13.969/97 da ABNT, “Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação”, faz parte de uma série de três normas referentes ao Sistema de tratamento de esgotos, sendo a primeira desta série a NBR 7229/93 citada anteriormente. A NBR 13.969/97 complementa a parte referente ao tratamento de disposição dos efluentes de tanques sépticos da NBR 7229/93. A terceira norma está em fase de elaboração, e vai completar o assunto com o tratamento e disposição final de sólidos do sistema de tanque séptico.

De acordo com a NBR 13969/97, no item 5.6, reúso local é a utilização local do esgoto tratado, de origem essencialmente doméstica ou com características similares, com diversas finalidades, exceto para o consumo humano. O esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como, irrigação de jardins, lavagem de pisos e de veículos automotivos, na descarga de bacias sanitárias, na manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc.

O uso local de esgoto tem a vantagem de evitar problemas como a ligação com a rede de água potável, flexibilidade nos graus de qualidade das águas a serem reusadas conforme a necessidade local etc. O tipo de reúso pode abranger desde a simples recirculação de água de enxágüe da máquina de lavagem, com ou sem tratamento nas bacias sanitárias, até uma remoção em alto nível de poluentes para lavagens de carros. Frequentemente, o reúso é apenas uma extensão do tratamento de esgotos, sem investimentos adicionais elevados, assim como nem todo o volume de esgoto gerado deve ser tratado para ser reutilizado.

Admite-se também, que o esgoto tratado em condições de reúso possa ser exportado para além do limite do sistema local para atender à demanda industrial ou outra demanda da área próxima. No caso de utilização como fonte de água para canais e lagos para fins paisagísticos, dependendo das condições locais, pode ocorrer um crescimento intenso das plantas aquáticas devido à abundância de nutrientes no esgoto tratado. Neste caso, deve-se dar preferência a alternativa de tratamentos que removam eficientemente o fósforo do esgoto.

O item 5.6.1 da NBR 13.969/97 fala sobre o planejamento do sistema de reúso, é diz que o reúso local de esgoto deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional para minimizar o custo de implantação e de operação. Para tanto, devem ser definidos:

- os usos previstos para esgoto tratado;
- volume de esgoto a ser reutilizado;
- grau de tratamento necessário;
- sistema de reservação e de distribuição; e
- manual de operação e treinamento dos responsáveis.

Os usos previstos para o esgoto tratado são vistos no item 5.6.2 da NBR 13.969/97, onde devem ser considerados todos os usos que o usuário precisar, tais como lavagens de pisos, calçadas, irrigação de jardins e pomares, manutenção das águas nos canais e lagos dos jardins, nas descargas dos banheiros, etc. Não deve ser permitido o uso, mesmo desinfetado, para irrigação das hortaliças e frutas de ramas rastejantes (por exemplo, melão e melancia). Admite-se seu reúso para plantações de milho, arroz, trigo, café e outras árvores frutíferas, via escoamento no solo, tomando-se o cuidado de interromper a irrigação pelo menos 10 dias antes da colheita.

O volume de esgoto a ser reutilizado, conforme item 5.6.3, deve ser quantificado. Os usos definidos para todas as áreas devem ser quantificados para obtenção do volume total final a ser reusado. Para tanto, devem ser estimados os volumes para cada tipo de reúso, considerando as condições locais (clima, frequência de lavagem e de irrigação, volume de água para descarga das bacias sanitárias, sazonalidade de reúso, etc.).

Quanto ao grau de tratamento necessário, item 5.6.4 da NBR 13.969/97, o grau de tratamento para uso múltiplo de esgoto tratado é definido, regra geral, pelo uso mais restrigente quanto à qualidade de esgoto tratado. No entanto, conforme o volume estimando para cada um dos usos, podem-se prever graus progressivos de tratamento (por exemplo, se o volume destinado para uso com menor exigência for expressivo, não haveria necessidade de se submeter todo volume de esgoto a ser reutilizado ao máximo grau de tratamento, mas apenas uma parte, reduzindo-se o custo de implantação e operação), desde que houvesse sistemas distintos de reservação e de distribuição.

Nos casos simples de reúso menos exigentes (por exemplo, descarga de bacias sanitárias) pode-se prever o uso da água de enxágüe das máquinas de lavar, apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando à bacia sanitária, em vez de enviá-las para o sistema de esgoto para posterior tratamento. Em termos gerais, podem ser definidos as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reúso, de acordo com a NBR 13.969/97, como mostra o quadro 22.

<b>Classes</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Comentários</b>
<b>Classe 1</b> - Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.	· turbidez - < 5 UNT; · coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100ml; · sólidos dissolvidos totais < 200 mg/l · pH entre 6.0 e 8.0; · cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/l	Nesse nível, serão geralmente necessários tratamentos aeróbios (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguidos por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.
<b>Classe 2</b> – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:	· turbidez - < 5 UNT; · coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml; · cloro residual superior a 0,5 mg/l	Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;
<b>Classe 3</b> – Reúso nas descargas das bacias sanitárias	· turbidez - < 10 UNT; · coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml;	Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.
<b>Classe 4</b> – Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	· coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100ml; · oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Fonte: ABNT - NBR 13.969/97.

Quadro 22: Classificação e parâmetros do efluente conforme o tipo de reúso.

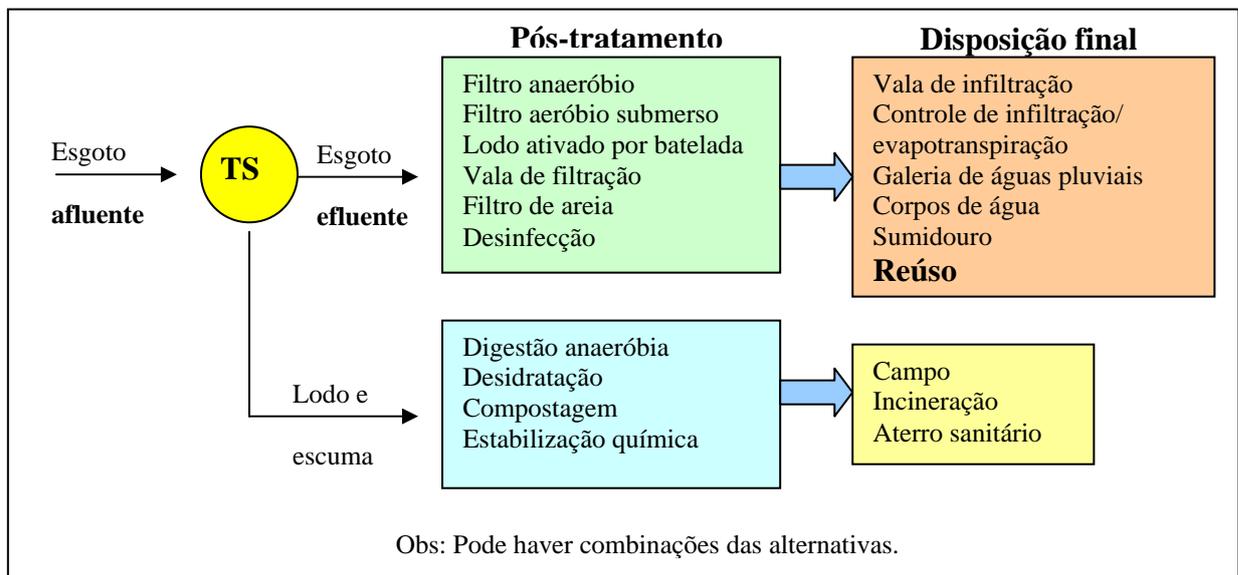
O item 5.6.5 da NBR 13.969/97 comenta sobre sistema de reservação e de distribuição. O reúso local de esgoto seguro e racional tem como base um sistema de reservação e de distribuição. Ao mesmo tempo, todo o sistema de reservação e de distribuição para reúso deve ser identificado de modo claro e inconfundível para não ocorrer uso errôneo ou mistura com o sistema de água potável ou outros fins. Devem ser observados os seguintes aspectos referentes ao sistema:

- Todo o sistema de reservação deve ser dimensionado para atender pelo menos 2 horas de uso de água no pico da demanda diária, exceto para uso na irrigação da área agrícola ou pastoril;
- Todo o sistema de reservação e de distribuição do esgoto a ser reutilizado deve ser claramente identificado, através de placas de advertência nos locais estratégicos e nas torneiras, além do emprego de cores nas tubulações e nos tanques de reservação distintas das de água potável;
- Quando houver usos múltiplos de reúso com qualidades distintas, deve-se optar pela reservação distinta das águas, com clara identificação das classes de qualidades nos reservatórios e nos sistemas de distribuição;

- No caso de reúso direto das águas da máquina de lavar roupas para uso na descarga das bacias sanitárias, deve-se prever a reservação do volume total da água de enxágüe;
- O sistema de reservação para aplicação nas culturas cujas demandas pela água não são constantes durante o seu ciclo deve prever uma reservação ou área alternada destinada ao uso da água sobressalente na fase de menor demanda.

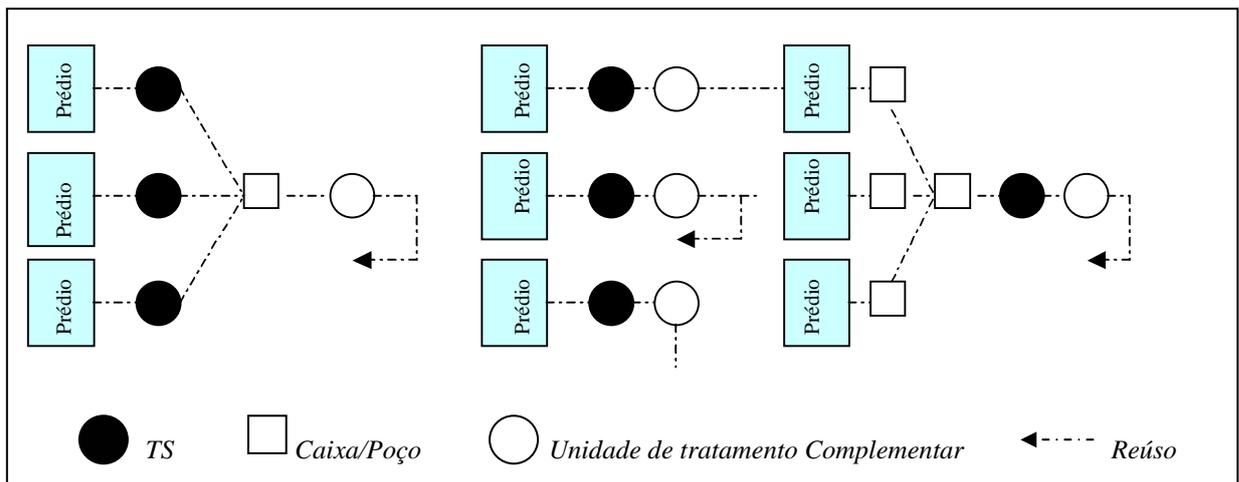
O item 5.6.6 da NBR 13.969/97 fala sobre o manual de operação e treinamento dos responsáveis. Todos os gerenciadores dos sistemas de reúso, principalmente aqueles que envolvem condomínios residenciais ou comerciais com grande número de pessoas voltadas para a manutenção de infra-estruturas básicas, devem indicar o responsável pela manutenção e operação do sistema de reúso de esgoto. Para tanto, o responsável pelo planejamento e projeto deve fornecer manuais do sistema de reúso, contendo figuras e especificações técnicas quanto ao sistema de tratamento, reservação e distribuição, procedimentos para operação correta, além de treinamento adequado aos responsáveis pela operação.

Ainda, a NBR 13.969/97 no seu anexo B (normativo) apresenta figuras referentes à instalação, e exemplos de esquemas alternativos do sistema local de tratamento de esgotos. A figura 14 apresenta o fluxograma do sistema local de tratamento de esgoto, e a figura 15 apresenta um esquema de tratamento com disposição final o reúso e/ou o corpo receptor. Onde TS significa tanque séptico.



Fonte: NBR 13.969/97 – ABNT

Figura 14: Fluxograma do sistema local de tratamento.



Fonte: NBR 13.969/97 – ABNT

Figura 15: Esquema de tratamento com disposição final no corpo receptor e/ou reúso.

### Filtração

O filtro anaeróbio consiste em um reator biológico com fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submersos, onde o esgoto é depurado por meio de microorganismos não aeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante, e responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. É utilizado mais como retenção dos sólidos. O processo é eficiente na redução de cargas orgânicas elevadas, desde que as outras condições sejam satisfatórias. Os efluentes do filtro anaeróbio podem exalar odores e ter cor escura. Todo processo anaeróbio é bastante afetado pela variação de temperatura do esgoto (NBR 13.969/97).

O filtro aeróbio consiste em um reator biológico composto de câmara reatora contendo meio filtrante submerso, basicamente aeróbia, onde ocorre a depuração do esgoto, e a câmara de sedimentação, onde os flocos biológicos são sedimentados retornados para a câmara reatora. O filtro aeróbio submerso é o processo de tratamento de esgoto que utiliza um meio de fixação dos microrganismos, imerso no reator, sendo o oxigênio necessário fornecido através de ar introduzido por meio de equipamento. Sua característica é a capacidade de fixar grandes quantidades de microrganismos nas superfícies do meio, reduzindo o volume do reator biológico, permitindo depuração em nível avançado de esgoto, sem necessidade de recirculação de lodo, como acontece com o lodo ativado (NBR 13.969/97).

O filtro de areia é um tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante e com esgoto em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física. A vala de filtração consiste em vala escavada no solo, preenchida com meios filtrantes e provida de tubos de distribuição de esgoto e de coleta de

efluente filtrado, destinada à remoção de poluentes através de ações físicas e biológicas sob condições essencialmente aeróbias. As valas de filtração e filtros de areia são processos de tratamento clássicos, consistindo na filtração do esgoto através da camada de areia, onde se processa a depuração por meio tanto físico (retenção), quanto bioquímico (oxidação), sem necessidade de operação e manutenção complexas (NBR 13.969/97).

O dimensionamento de filtros anaeróbios, aeróbios, de areia e vala de filtração pode ser realizado conforme norma NBR 13.969/97 da ABNT.

O quadro 23 apresenta as faixas prováveis de remoção de poluentes, em %, consideradas em conjunto com o tanque séptico, conforme o tipo de tratamento, e o quadro 24 apresenta algumas características dos processos de tratamento, de acordo com a NBR 13969/97.

Parâmetro	Processo <sup>(1,2,3)</sup>					
	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa com plantas
<b>DBO</b>	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
<b>DQO</b>	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
<b>SNF<sup>4</sup></b>	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
<b>Sólidos sedimentáveis</b>	70 ou +	70 ou +	100	100	90 a 100	100
<b>Nitrogênio amoniacal</b>	-	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90
<b>Nitrato</b>	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
<b>Fosfato</b>	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
<b>Coliformes fecais</b>	-	-	99 ou +	99,5 ou +	-	-

1) Para obtenção de melhores resultados, deve haver combinações complementares.  
 2) Os valores limites inferiores são referentes a temperaturas abaixo de 15°C; Os valores limites superiores são para temperaturas acima de 25°C, sendo também influenciados pelas condições operacionais e grau de manutenção.  
 3) As taxas de remoção dos coliformes não devem ser consideradas como valores de aceitação, mas apenas de referência, uma vez que 0,5% residual de coliformes no esgoto representa centenas de milhares destes.  
 4) SNF é Sólidos não filtráveis ou em Suspensão

Fonte: NBR 13.969/97 – ABNT.

Quadro 23: Faixas prováveis de remoção de poluentes, consideradas em conjunto com o tanque séptico, conforme o tipo de tratamento (%).

Nos quadros 23 e 24, LAB é Lodo Ativado por Batelada, ou seja, processo de tratamento essencialmente aeróbio, que consiste na retenção de esgoto no tanque reator, onde se processa a depuração e formação de flocos de microrganismos basicamente aeróbios, cujo oxigênio necessário é fornecido através de ar injetado; e Lagoa com Plantas Aquáticas é uma lagoa rasa de esgoto onde se permite o crescimento intenso de plantas aquáticas flutuantes, de modo a fixar microrganismos nas raízes das mesmas, responsáveis pela depuração do esgoto. Além disso, as plantas aquáticas, ao crescerem, absorvem nutrientes contidos nos esgotos.

Característica	Processo					
	Filtro anaeróbio	Filtro aeróbio submerso	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa com Plantas
Área necessária	Reduzida	Reduzida	Média	Média	Média	Média
Operação	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
Custo operacional	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Alto	Baixo
Manutenção	Simples	Simples	Simples	Simples	Mediana complexidade	Simples
Odor/cor no efluente	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: NBR 13.969/97 – ABNT.

Quadro 24: Algumas características dos processos de tratamento (exclui o tanque séptico).

Os filtros biológicos são unidades de tratamento constituídas de dispositivos a aplicar uniformemente os esgotos previamente decantados, em meios de cultura biológica agregados a sólidos inertes, com a finalidade de permitir um contato suficiente para dotar seus efluentes de características compatíveis às maiores dos corpos d'águas receptores (JORDÃO, 1995).

O material para meio filtrante depende principalmente da disponibilidade local de material adequado e de seu custo de transporte. Geralmente, segundo Jordão, são usados pedregulhos, cascalhos, pedras britadas, escórias de fornos de fundição, carvão, plástico, madeira e outros materiais inertes. E também, geralmente adota-se pedra britada de diâmetro variando de 5 a 10cm, previamente lavada e isenta de outras substâncias estranhas capazes de prejudicar a eficiência.

Em função do grau de estabilização e da carga orgânica lançada em uma unidade de filtração biológica classifica-se em filtro biológico de baixa capacidade ou filtro biológico de alta capacidade. Os filtros biológicos de baixa capacidade são assim chamados devido à aplicação de cargas orgânicas menores, produzem um lodo em estado de estabilização bastante elevado, mais granular do que flocos, e a velocidade de arraste neles é muito fraca. Os filtros biológicos de alta capacidade têm alta velocidade de arraste, o que provoca a transferência de grande parte da estabilização da matéria orgânica para as unidades subsequentes de disposição de lodo, normalmente digestores. Este lodo é formado por flocos, com elevado teor de água e se decompõe com facilidade.

O dimensionamento dos filtros biológicos pode ser baseado pelas cargas aplicadas ao filtro, que podem ser carga hidráulica ou carga orgânica, conforme quadro 25. Quando as cargas aplicadas são superiores às citadas, costuma-se classificar os filtros como filtros grosseiros, e estes são usualmente unidades intermediárias.

Carga Aplicada	Tipo de Filtro	
	Baixa Capacidade	Alta Capacidade
Hidráulica ( $m^3/m^2 \cdot dia$ )	0,8 até 2,2	> 8,5 até 28
Orgânica ( $kg/m^3 \cdot dia$ )	> 0,2	> 0,5 até 1,8

Fonte: Jordão, 1995.

Quadro 25: Classificação dos filtros em função da carga aplicada.

As unidades de filtração biológicas caracterizam-se pela simplicidade de operação. A manutenção, relativamente simples dos parâmetros adotados em projeto, garante uma eficiência média satisfatória.

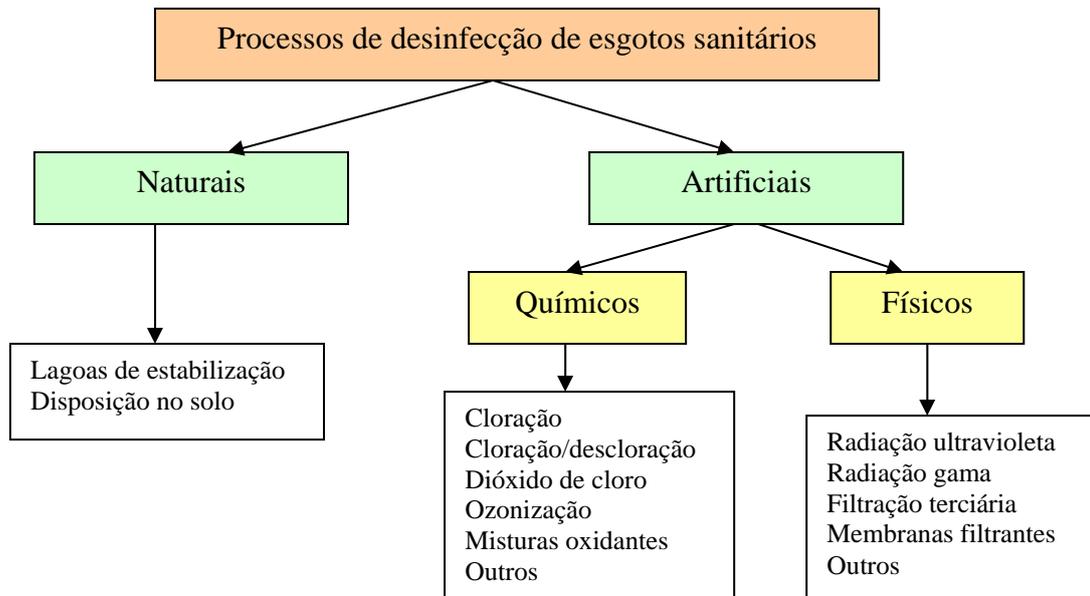
### Desinfecção

A produção de efluentes tratados com baixas densidades de coliformes fecais, por exemplo, CF menor que  $10^3$  NMP/100ml, é possível por meio de emprego de processos naturais físico-químicos concebidos especificamente para desinfecção. A desinfecção pode ser definida como a etapa responsável pela redução das densidades de microrganismos de interesse até os limites estabelecidos pela legislação para os diferentes tipos de água, pelo ponto de vista da engenharia ambiental (GONÇALVES, 2003). Para cada um destes usos aplicam-se critérios e padrões de qualidade, em que não apenas as incidências e as concentrações máximas de organismos são consideradas, mas os próprios organismos, grupos e tipos.

De acordo com a NBR 13969/97 da ABNT, todos os efluentes que tenham como destino final corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais, além do reúso, devem sofrer desinfecção, que deve ser efetuada de forma criteriosa, compatível com a qualidade do corpo receptor e segundo as diretrizes do órgão ambiental.

A desinfecção de esgotos é uma operação unitária que já apresenta tecnologia dominada no Brasil, possível de ser aplicada segundo diferentes processos. Destes, e fora as lagoas de maturação que requerem extensa disponibilidade de área, a cloração ainda é o mais econômico e recomendado. Mas para Gonçalves (2003), é preciso se precaver, porém, em relação a eventual formação de compostos organoclorados, recomendando-se a prática da desinfecção com cloraminas, sem a presença de cloro livre.

A desinfecção pode ser realizada por meio de processos naturais ou artificiais, como mostra a figura 16.



Fonte: Gonçalves, 2003.

Figura 16: Processos de desinfecção de esgotos sanitários.

A desinfecção por cloro constitui a prática mais comum no Brasil em abastecimento de água, sendo a tecnologia totalmente dominada e conhecida. A tendência da desinfecção de esgotos tratados deve ser a mesma, pela familiaridade com a desinfecção da água e pela disponibilidade de produtos e equipamentos. Essa desinfecção pode ser pela possibilidade de uso de cloro gasoso, hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio e dióxido de cloro.

A quantidade necessária de cloro, segundo Jordão (1995), é função do estado do esgoto, conforme mostra o quadro 26, que resume as quantidades sugeridas para as várias possibilidades. Outras experiências têm indicado que a melhor prática da desinfecção é obtida com a aplicação de uma pré e pós-cloração, ou seja, antes do tratamento primário e depois do tratamento final, numa proporção de 20 a 80% respectivamente.

<b>Tipo de esgoto doméstico</b>	<b>Dosagem (ppm)</b>
Esgoto bruto	6 a 15
Esgoto bruto séptico	12 a 30
Efluente decantado	8 a 20
Efluente de precipitação química	3 a 10
Efluente de filtração biológica	3 a 15
Efluente do processo de lodos ativados	2 a 8
Efluente de filtros após tratamento secundário	1 a 6

Fonte: Jordão, 1995; Gonçalves, 2003.

Quadro 26: Dosagem de cloro para diferentes tipos de efluentes.

O cloro líquido (ou gasoso) é o agente inativador de organismos patogênicos presentes em esgotos sanitários mais econômico e difundido, sendo muito eficiente na inativação de bactérias e vírus, e um agente eficaz da desinfecção, dependendo esta eficiência do estado do esgoto a ser clorado. Porém, alguns de seus compostos podem produzir subprodutos tóxicos

de efeitos crônicos à saúde humana e ao meio ambiente e, além disso, compostos clorados não possuem capacidade desinfetante para protozoários patogênicos e helmintos. Os estudos disponíveis já mostram que a desinfecção com cloraminas é capaz de evitar a formação de subprodutos indesejáveis, de acordo com padrões atuais, devendo-se evitar apenas a presença de cloro livre (GONÇALVES, 2003). Cloraminas são, de acordo com Symons (2004), compostos que se produzem através da mistura de cloro com amônia e têm sido usados para fornecer um residual desinfetante mais persistente que o cloro e para reduzir o desagradável gosto e odor resultado da formação de compostos organoclorados.

Qualquer que seja o composto de cloro usado, a dosagem aplicada deverá ser tal que um residual mínimo seja conseguido após determinado tempo de contato. Tanto o cloro residual quanto o tempo de contato dependem da finalidade da cloração ou, eventualmente, da imposição da autoridade ambiente local. O residual mínimo indicado, segundo Gonçalves (2003), costuma ser de ordem de 0,5 mg/l para um tempo de contato mínimo de 30 minutos, para a vazão média, e 15 minutos para as vazões de pico. Em condições particulares, e com fins específicos, esses tempos podem ser maiores, assim como a concentração de cloro residual e a dosagem aplicada.

Recentemente têm-se observado muitos avanços com a prática da desinfecção com raios ultravioleta. A energia ultravioleta é absorvida pelos microorganismos causando alterações estruturais no DNA que impedem a reprodução. O método é totalmente físico, sendo vantajoso por sua eficiência e simplicidade, não requerendo qualquer adição de substância química ou aditivos, apesar do seu custo ainda ser alto. Um conjunto de lâmpadas ultravioleta é normalmente montado em bandejas removíveis para facilitar a remoção, que, por sua vez, são colocadas no meio líquido de forma favorável a se ter a “dosagem” adequada de aplicação (intensidade energética e tempo de contato). As lâmpadas são geralmente protegidas por tubos de quartzo, que apresentam baixa capacidade de absorção dos raios emitidos (JORDÃO, 1995).

Como pode ser observado, são muitas as opções técnicas para o tratamento e desinfecção de esgotos sanitários. Além da multiplicidade de opções, diversas variáveis devem ser consideradas na escolha do processo de desinfecção, em especial as que se referem à preservação da qualidade das águas dos corpos receptores, às densidades de patógenos nas águas para reúso, e aos aspectos relacionados a processos de desinfecção, relacionados no quadro 27. O quadro 27 apresenta os principais fatores a ser considerados na avaliação de alternativas de desinfecção.

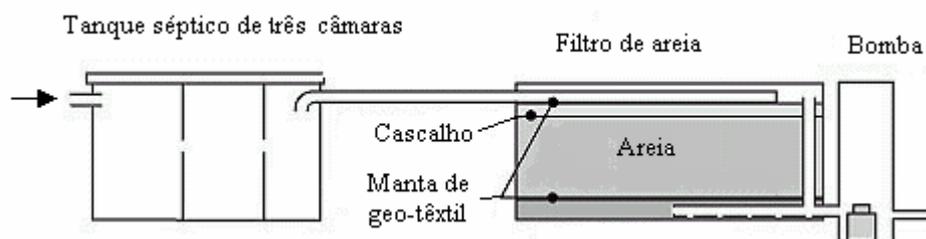
<b>Efetividade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidade em atingir os limites desejados de organismos indicadores</li> <li>• Capacidade de desinfecção de uma larga faixa de microorganismos</li> <li>• Confiabilidade</li> </ul>
<b>Custos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo de implantação</li> <li>• Custo de amortização</li> <li>• Custos de operação e manuseio</li> <li>• Custo do tratamento de esgoto a montante da etapa</li> </ul>
<b>Operação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de transporte, estocagem e geração <i>in loco</i></li> <li>• Facilidade de aplicação e controle</li> <li>• Flexibilidade</li> <li>• Complexidade</li> <li>• Capacidade de previsão de resultados</li> <li>• Considerações sobre segurança</li> </ul>
<b>Estudo piloto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dose necessária</li> <li>• Detalhes de refinamento de projeto</li> </ul>
<b>Potenciais efeitos diversos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxicidade à vida aquática</li> <li>• Formação e transmissão de indesejáveis substâncias bioacumuláveis</li> <li>• Formação e transmissão de substâncias tóxicas, mutagênicas e carcinogênicas</li> </ul>

Fonte: Adaptado de U.S.EPA apud Gonçalves, 2003.

Quadro 27: Principais fatores a serem considerados na avaliação de alternativas de desinfecção.

Conforme Gonçalves (2003), alguns exemplos de custo de desinfecção: *Cloro gasoso* (custo do cloro: R\$ 2,26/kg Cl e deve-se adotar 15% sobre este custo) em Maringá: ETE Sul (PR), gasta-se 250 kg Cl/dia para tratar 310 l/s e em Apucarana (PR): gasta-se 55 kg Cl/dia para tratar 137 l/s; *Hipoclorito de sódio* (custo do hipoclorito: R\$ 6,70/kg Cl e deve-se adotar 15% sobre este custo) em Bandeirantes (PR): gasta-se 77 kg Cl/dia para tratar 88 l/s; *Dióxido de cloro*: Custo citado (PUC-PR) para 10 l/s: R\$ 0,108/m<sup>3</sup> tratado; *Ultravioleta*: custo citado (PUC-PR) para energia: R\$ 0,0035/m<sup>3</sup> tratado e para reposição de lâmpadas: R\$ 0,0235/m<sup>3</sup> tratado; e *Ozônio*: custo citado (UFSC) para energia: R\$ 465,60/mês por economia, e para oxigênio (PUC-PR) R\$ 3333,33/mês por economia, e para 10 mil habitantes: 3,75 hab/economia e adotado 15% sobre energia e oxigênio.

A figura 17 apresenta um esquema do exemplo de tratamento de água cinza nos Estados Unidos, conforme Lindstrom (2004), e as figuras 18, 19 e 20 apresentam separadamente o tanque séptico de três câmaras, o filtro de areia com proteção de geo-têxtil, e o aspecto da água cinza já tratada, respectivamente.



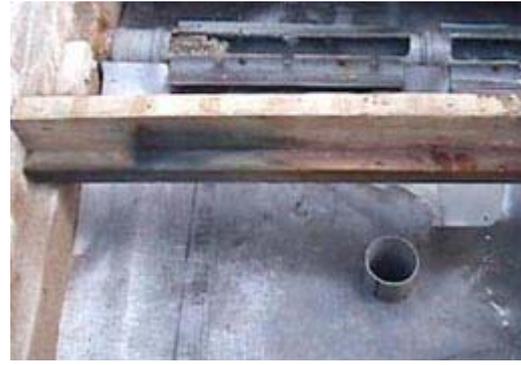
Fonte: Lindstrom (2004).

Figura 17: Esquema do tratamento da água cinza.



Fonte: Lindstrom (2004).

Figura 18: Tanque séptico com três câmaras.



Fonte: Lindstrom (2004).

Figura 19: Filtro de areia com geo-têxtil.



Fonte: Lindstrom (2004).

Figura 20: Aspecto final da água cinza tratada.

Segundo Lindstrom (2004), esta opção é significativamente a mais indicada por ser uma das mais simples e eficazes soluções disponíveis de tratamento no local, mas não é a solução mais barata. Este tratamento consiste em um tanque séptico de três câmaras (figura 15), onde a água cinza é tratada anaerobiamente, depois segue para o filtro de areia com proteção geotêxtil (figura 16), que é aeróbio, e de onde sai pronto para ser usado em irrigações de plantas e jardins e descarga de bacias sanitárias, conforme mostra a figura 17 que apresenta o aspecto final da água cinza já tratada, livre de odores. Porém se o uso for para outros fins, como lavagem de calçadas e carros, entre outros, onde possa haver um maior contato humano com a água tratada, esta água deve ser desinfetada com cloro, por exemplo.

## 2.7 Avaliação de riscos em reúso de água

A escassez e a baixa qualidade das águas vem fazendo com que a avaliação e o gerenciamento dos riscos sejam um dos principais desafios para o reúso das águas. Os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, associados ao reúso de água, preocupam a sociedade por

dois motivos principais: a poluição dos recursos hídricos e as limitações das técnicas de tratamento de água, que apesar dos avanços obtidos nos últimos anos, para Nardocci (2003), não removem completamente todas as substâncias indesejadas da água.

Conforme Blum (2003), o contato humano com a água de reúso pode ocorrer de diversas maneiras:

- ingestão direta da água;
- ingestão de alimento crus e verduras irrigadas e consumidas cruas;
- ingestão de alimentos processados (caso dos vegetais enlatados que foram irrigados por água de reúso);
- pela pele por banhos em lagos contendo água de reúso;
- por inalação de aerossóis formados, por exemplo, em sistemas de irrigação por aspersão ou aeração superficial de lagoas;
- por meio da visão e do olfato, como no caso das descargas sanitárias.

Assim sendo, é necessário um tratamento adequado equilibrando as relações risco/benefício e custo/eficácia das tecnologias de tratamento, tendo em vista que quanto mais nobre o uso pretendido, mais alto o custo dos investimentos necessários. A avaliação de riscos, segundo Nardocci (2003), pode ser entendida como o conjunto de metodologias que calculam e avaliam a probabilidade de um efeito adverso ser provocado por um agente, químico, físico ou biológico, ou por um processo industrial, ou por uma tecnologia ou processo natural, que possa prejudicar a saúde humana ou o ambiente.

Risco é a probabilidade de que algum efeito adverso ocorra. Sendo risco uma probabilidade, ele é sempre expresso como uma fração, sem unidades, podendo assumir qualquer valor entre 0 e 1. O valor “zero” representa a absoluta certeza da não existência de risco, o que nunca pode ser demonstrado. O valor “um” é a certeza de que o dano efetivamente ocorrerá (RODRICKS apud NARDOCCI, 2003). O risco associado à toxicidade sistêmica não é expresso em termos de probabilidade, mas pela comparação das doses calculadas com valores de referência. De acordo com BLUM (2003), adotam-se dois princípios gerais para a avaliação do risco sanitário: o reúso não potável é mais seguro que o reúso potável; e o reúso indireto, em que o processo de recuperação da qualidade inclui um estágio controlado de recuperação de qualidade na natureza, é mais seguro do que o reúso direto.

A presença dos agentes químicos (substâncias químicas perigosas) e biológicos (organismos patogênicos) na água destinada ao reúso é a preocupação central de seus potenciais usuários. A remoção dos contaminantes dependerá da eficiência dos sistemas de

tratamento, cuja tecnologia, por sua vez, dependerá da qualidade desejada para a água a ser produzida para reúso.

Nardocci (2003) divide os riscos em objetivos e subjetivos, dos quais os primeiros são estimados com base em cálculos estatísticos e metodologias quantitativas, enquanto os subjetivos são os avaliados com base em julgamentos intuitivos. Considerando-se as metodologias de avaliação quantitativa de riscos existentes, os riscos para a saúde humana podem ser classificados conforme quadro 28.

<b>Tipo de Risco</b>	<b>Características</b>
Riscos tecnológicos	Decorrentes de eventos acidentais não naturais e caracterizados essencialmente por efeitos imediatos, como mortes ou efeitos irreversíveis à saúde humana.
Riscos ambientais	Causados por fatores ou mudanças ambientais induzidas por atividades antropogênicas e associados a efeitos crônicos.
Riscos naturais	Causados por fenômenos naturais como enchentes, terremotos, vulcões, etc., podendo estar associados a efeitos imediatos ou de longo prazo.

Fonte: Nardocci, 2003.

Quadro 28: Características dos riscos para a saúde humana.

O conceito de avaliação de risco ambiental é amplo e abrange fatores que causam doenças ou que afetam a saúde e a qualidade de vida, incluído-se a exposição a produtos químicos perigosos, o estilo de vida das pessoas, os hábitos alimentares, a poluição ambiental entre outros. Segundo Nardocci (2003), as etapas de avaliação dos riscos ambientais são:

- a identificação do perigo;
- a avaliação da exposição;
- a avaliação dose-resposta; e
- a quantificação do risco.

De forma geral, a avaliação dos riscos ambientais permite calcular as doses resultantes para um grupo de pessoas ou a população de forma geral, referente a um determinado agente, e efetuar a previsão dos riscos aos quais aquele grupo está exposto.

A maioria dos parâmetros usados em uma avaliação de risco contém todos os fatores de incertezas. Existe atualmente uma série de métodos e ferramentas para a análise de incertezas em avaliação de riscos, tais como análise de incerteza e sensibilidade, simulação de Monte Carlo, análise bayseana, modelo multiplicativo, etc. (HAMILTON apud NARDOCCI, 2003). Também, existem vários métodos de auxílio à tomada de decisão que podem ser empregados, como o tradicional balanço risco/benefício ou custo/benefício e a análise comparativa de riscos. Nenhum método é aplicável para todos os perigos e, em geral, uma combinação deles faz-se necessária. O objetivo é a tomada de decisões que resultem em adequados níveis de

proteção à saúde humana e ao meio ambiente, considerando-se a viabilidade econômica e tecnológica das medidas de controle.

No Brasil, o controle da poluição é feito pela definição de padrões de qualidade e padrões de emissão de poluentes devidamente estabelecidos na legislação ambiental brasileira, como a Portaria 518/04 para qualidade da água potável, e a Resolução CONAMA 357/05 ou a Portaria RS 05/89 de lançamento de efluentes no Rio Grande do Sul. Neste caso, o valor de concentração de um determinado poluente encontrado na água é comparado com o valor padrão estabelecido pela legislação ambiental pertinente.

A definição dos limites de concentração de substâncias tóxicas é feita de tal forma a prevenir os riscos para a saúde humana e para a saúde do ambiente. Os padrões de qualidade de água também têm por finalidade o controle de liberações de efluentes líquidos oriundos de fontes pontuais. Para o reúso, não há ainda legislação brasileira específica, e até o momento, as ações têm-se orientado por critérios de outros países e/ou Organização Mundial da Saúde (Nardocci, 2003).

No entanto, segundo a NBR 13.969/97 como foi visto anteriormente, o reúso de água é recomendado como uma forma de disposição final de efluentes, e para isso esta norma orienta ao usuário que tem tanque séptico como tratamento preliminar, alternativas técnicas consideradas viáveis para proceder ao tratamento complementar e disposição final de efluentes, inclusive procedimentos de projeto, construção e operação para o reúso local de esgoto tratado.

### 3 MÉTODOS E MATERIAIS

#### 3.1 Local de desenvolvimento do estudo

O desenvolvimento do trabalho ocorreu no município de Passo Fundo, que está localizado na região Norte do Estado do Rio Grande do Sul, conforme figura 21, e com uma população de 168.458 habitantes (IBGE, 2002).



Figura 21: Localização da cidade de Passo Fundo – RS.

Em relação ao Saneamento Básico do município, a exploração dos sistemas de água e esgoto é feita pela CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento) em forma de concessão, e o serviço prestado está demonstrado no quadro 29 (Prefeitura Municipal de Passo Fundo, 2003). No quadro 29, o volume de esgoto coletado pela CORSAN, no município de Passo Fundo-RS, corresponde ao volume de efluente gerado por 20% do total da população e atualmente ele é lançado, sem nenhum tratamento, diretamente no principal rio que corta o município, o Rio Passo Fundo, que deu origem ao seu nome. O restante do esgoto

do município é tratado por sistema individual sendo parte pelo sistema tanque séptico e filtro que após é lançado na rede de águas pluviais e a outra parte pelo sistema de tanque séptico e sumidouro. Ainda ocorrem áreas do município onde não há nenhum tipo de sistema de tratamento para o esgoto.

Existe um projeto da CORSAN, em andamento desde 1972, de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgotos) para o município, que tem previsão de começar a operar a partir de 2005, que é a ETE Araucária, com 26 hectares de área e localizada às margens da BR 285, que após sua conclusão poderá tratar até 50% do volume de esgoto produzido na região central do município. Ressalta-se, no entanto que para alcançar este nível de cobertura de tratamento será necessária à ampliação das redes coletoras.

Distribuição de água fria	
Extensão da rede de água	540 Km
População atendida	99%
Volume de água produzido (mensal)	1.320.000 m <sup>3</sup>
Nº de hidrômetros na rede	23.250
Nº de ligações à rede distribuidora	36.626
Média do volume de esgoto coletado (mensal):	
Residencial	63.934m <sup>3</sup>
Comercial	17.804m <sup>3</sup>
Industrial	30m <sup>3</sup>
Pública	2.036m <sup>3</sup>
Rede de coleta de esgoto	37 Km

Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo, 2003.

Quadro 29: Dados do saneamento básico do município de Passo Fundo, RS.

Ainda em relação ao município de Passo Fundo é importante salientar que ele é cortado por duas grandes avenidas, a Brasil e a Presidente Vargas, sendo que a primeira atravessa o Rio Passo Fundo. As figuras 22, 23, 24 e 25 apresentam o cenário, em março de 2005, do Rio Passo Fundo, dos dois lados da ponte da Avenida Brasil. A ponte da Avenida Brasil é o principal ponto de passagem sobre o Rio Passo Fundo, ligando a parte Oeste e o centro com a parte Leste do município. Também, é por onde passa todo o fluxo de veículos que vêm de várias regiões, com destino ao norte do Estado ou do País, bem como estudantes que se deslocam para a UPF.

Este rio, no início do ano de 2003 não apresentava esta vegetação típica da contaminação por matéria orgânica, ou nutrientes, cobrindo totalmente o seu leito, conforme figura 23.



Figura 22: Foto do Rio Passo Fundo visto da ponte da Avenida Brasil em março/05.



Figura 23: Leito do Rio Passo Fundo totalmente coberto pela vegetação.



Figura 24: Poluição visível do Rio Passo Fundo.



Figura 25: Outra vista da ponte da Avenida Brasil sobre o Rio Passo Fundo.

Como se observa, o município de Passo Fundo, apesar de ter aproximadamente 170 mil habitantes, já apresenta sérios problemas ambientais relacionados com a água e, em função disso, decidiu-se pesquisar uma maneira de lançar menor quantidade de poluição nos corpos hídricos do município, já que estes recebem grande parte do esgoto doméstico produzido atualmente, sobretudo o rio em questão, surgindo assim a idéia da possibilidade do reúso da água cinza gerada nas edificações de Passo Fundo.

### 3.2 Métodos e técnicas utilizados

O trabalho está alicerçado na identificação dos pontos geradores de água para reúso, na obtenção de dados quantitativos e qualitativos dessas águas, no conhecimento dos diferentes tipos de tratamentos da água para uma escolha segura e econômica da forma de reúso, conforme o seguinte roteiro:

a. Foi realizado um levantamento da literatura sobre o problema da contaminação das águas, cenário mundial e nacional desse recurso, e alguns exemplos de reúso. Também foi

realizado um levantamento sobre o uso, geração e aplicação da água cinza. A partir desses estudos, foram traçadas diretrizes que contribuirão no estabelecimento de normas gerais que poderão vir a servir de suporte à institucionalização e legalização do reúso sustentável de água neste país;

b. Foram determinados os tipos de edificações residenciais para análise;

c. Para as análises quantitativas foi elaborado e aplicado um questionário com a finalidade de quantificar o volume de água cinza gerado em cada local de uma edificação, mapear os pontos geradores de água cinza para reúso e levantar as demandas dessa água em edificações residenciais como também conhecer a opinião da sociedade de Passo Fundo sobre a reutilização desta água para fins não potáveis;

d. Para as análises qualitativas foram realizadas as coletas das águas cinzas nos edifícios determinados, para análise e classificação e possibilidade de reúso. As análises físico-químicas e microbiológicas das águas foram realizadas nos laboratórios da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo – UPF: LACE - Laboratório de Análise de Controle de Efluentes, Laboratório de Microbiologia e Laboratório de Águas, entre elas:

- DQO (Demanda Química de Oxigênio);
- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio);
- OD (Oxigênio Dissolvido);
- Sólidos Suspensos e Sedimentáveis;
- Nitrogênio;
- Fósforo;
- Óleos e graxas;
- pH (Potencial de Hidrogênio);
- Surfactantes;
- Cloretos;
- Fosfato;
- Nitrato e Nitrito;
- Turbidez;
- Alcalinidade;
- Dureza Total;
- Condutividade;
- Coliformes Fecais e Totais, *Escherichia Coli*;
- Contagem bacteriológica.

e. A partir dos dados obtidos nos itens anteriores apresenta-se e analisa-se os resultados e conclusões.

Assim, a figura 26 apresenta o roteiro da metodologia da pesquisa.

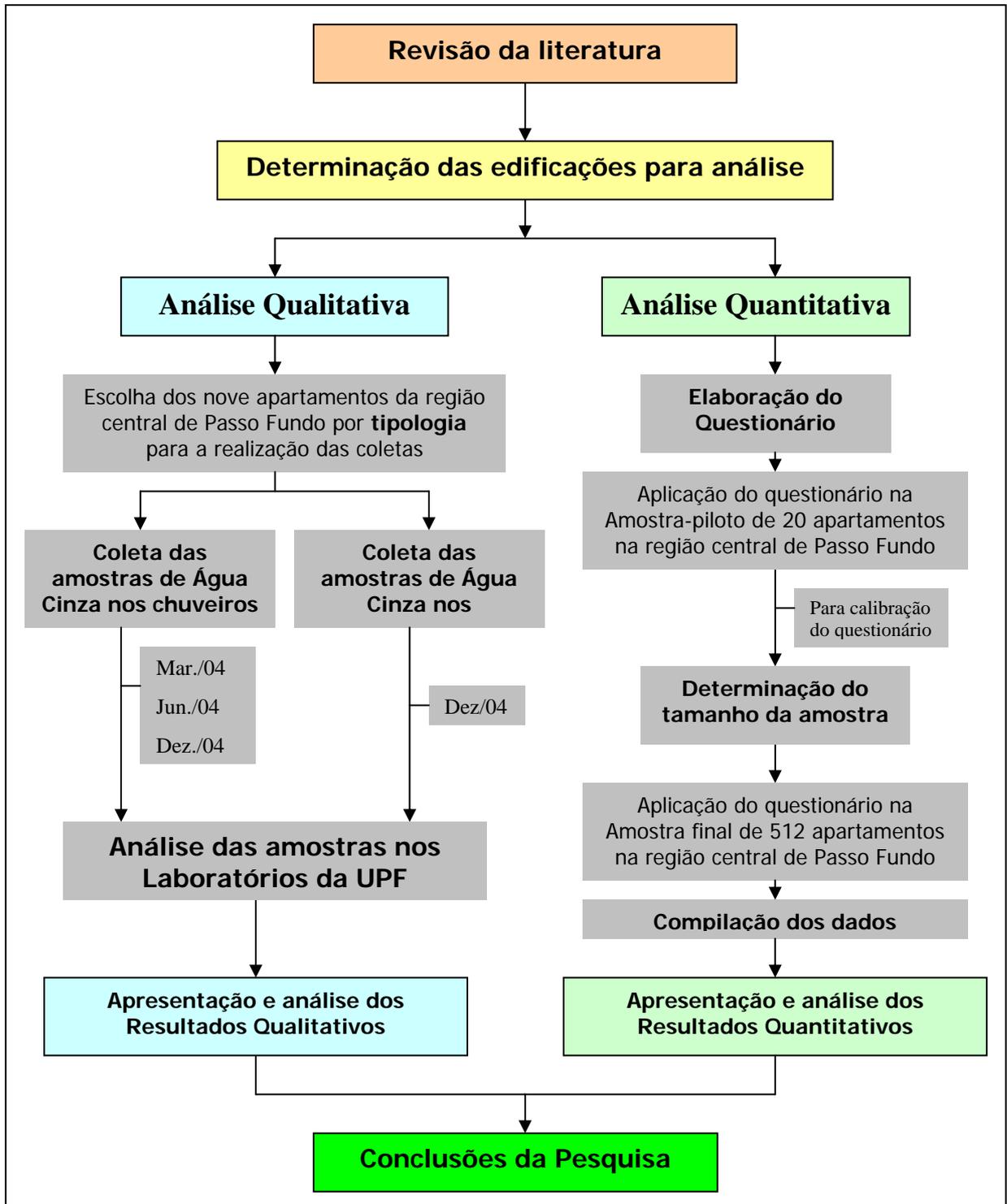


Figura 26: Fluxograma da metodologia da pesquisa.

O controle e monitoramento da água para reúso foi realizado levando-se em consideração os parâmetros físico-químicos e biológicos recomendados pela Resolução CONAMA 357/05,

pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, pela Portaria 05/89–SSMA do RS, pela NBR 13.969/97 da ABNT e pelo *Manual Guidelines for Water Reuse* da U.S.EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos). Todas as análises qualitativas foram realizadas conforme o *Standard Methods*, 20<sup>th</sup>, 1998.

### **3.3 Instrumentos utilizados**

Para o desenvolvimento deste trabalho foram usados diversos tipos de análises, as quais obedeceram são apresentadas nos itens 3.3.1 e 3.3.2.

#### **Análises quantitativas**

Para as análises quantitativas, foram realizadas, além da medição de vazão, da quantidade de água cinza gerada e dos pontos geradores de água para reúso, foi elaborado um questionário, apresentado no Anexo B, onde é perguntado, por exemplo, se o usuário escova os dentes com água corrente ou não e quanto tempo gasta nesse procedimento (água corrente significa deixar a torneira aberta durante todo o procedimento), quantos minutos cada usuário usa para tomar banho, se no apartamento possui ou não banheira, máquina de lavar roupas e/ou louças, entre outras perguntas. Também é questionado sobre hábitos dos usuários e do prédio em geral como, por exemplo, de que forma é feita a limpeza da garagem, das calçadas e das escadarias, como é irrigado o jardim, se é com mangueira etc. Do mesmo modo é perguntado sobre a visão dos moradores para com a escassez de água e as suas formas de economia e a aceitação ou não da reutilização da água.

Em um primeiro momento o questionário foi aplicado em uma amostra-piloto de 20 apartamentos, determinada para a população de edifícios residenciais de Passo Fundo, com a finalidade de testar e acertar o questionário proposto. O questionário foi deixado nos 20 apartamentos durante uma semana, a primeira do mês de junho/2004, para que os usuários respondessem, de acordo com os seus hábitos diários. Após, para a amostra final determinada estatisticamente para a população de edifícios residenciais de Passo Fundo, conforme item 3.3.1.1, foi simplificado e aplicado o questionário. Posteriormente, de posse dos questionários respondidos, foram determinados os resultados quantitativos através do uso de planilhas do Microsoft Excel.

#### **Determinação do tamanho da amostra para aplicação do questionário**

Inicialmente, foi determinado o número de apartamentos existentes em Passo Fundo, que até então, não possuía esta informação registrada em nenhum órgão oficial do município. Para essa determinação foram utilizados dados fornecidos pela CORSAN.

Segundo os dados da CORSAN (2004), o número de edifícios residenciais em Passo Fundo é 746 (setecentos e quarenta e seis), ou seja, edifícios residenciais com mais de 4 (quatro) economias.

O tamanho da amostra foi determinado estatisticamente, através do Método de Amostragem Aleatória Simples, que é um método onde os elementos da amostra são extraídos de forma aleatória.

Nesse estudo, esse procedimento foi realizado através do uso de um mapa do município, conforme mostra o mapa do Anexo C, onde foram sorteadas 30 quadras aleatoriamente, de um total de 137 quadras que formam a região central do município, onde se localiza a maior parte dos edifícios residenciais.

Verificou-se que o número de apartamentos dos edifícios localizados nestas quadras perfaz um total de 1.144 (um mil cento e quarenta e quatro) apartamentos em um total de 70 edifícios.

Calculou-se a média aritmética ( $\bar{X}$ ) de apartamentos, que foi 16,34 apartamentos/edifício. Calculando-se essa média, vezes o número de edifícios residenciais fornecido pela CORSAN, estima-se que o número (N) de apartamentos na cidade de Passo Fundo é de aproximadamente 12.189 (doze mil cento e oitenta e nove) apartamentos.

Em seguida, com estes valores de média de apartamentos e número total de apartamentos, calculou-se a variância através da fórmula (1) e o erro através da fórmula (2):

$$\sigma^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 / n - 1 \quad (1) \qquad \varepsilon = \frac{\bar{x}}{100} 5\% \quad (2)$$

Onde ( $\bar{X}$ ) é a média aritmética dos apartamentos/edifício (16,34) e n é o número de edifícios pesquisados (70). Em seguida, com a variância de 9,64, calculou-se o tamanho da amostra para a aplicação do questionário, conforme a fórmula (3):

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2 N}{Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2 + (N - 1) \varepsilon^2} \quad (3)$$

Onde:

n é o tamanho da amostra;

$Z_{\alpha/2}$  é o valor da distribuição normal para um intervalo de confiança de 95%, ou seja, 1,96;

$\sigma^2$  é a variância;

N o número total da população pesquisada; e

$\varepsilon$  é o erro.

Concluiu-se, após a aplicação do método, que uma boa estimativa para a aplicação dos questionários nos edifícios residenciais do município, seria uma amostra de 512 apartamentos. Os questionários foram simplificados e aplicados na mesma região central determinada do município, conforme Anexo C. Os questionários foram aplicados no período de novembro/2004 a janeiro/2005, de forma direta, ou seja, a entrevista foi realizada de maneira rápida, onde o usuário respondia, geralmente, na porta do seu apartamento ou no hall de entrada de seu prédio.

### **Análises qualitativas**

Nos edifícios residenciais estudados, foram realizadas quatro coletas, uma coleta em caixas sifonadas que recebem efluentes de lavatórios, que foi denominada simplesmente lavatório, e três coletas em caixas sifonadas que recebem os efluentes de chuveiros, denominada chuveiros, nos banheiros dos apartamentos escolhidos. Nos chuveiros, as coletas foram realizadas em três épocas diferentes durante o ano, com a finalidade de tentar verificar se as mudanças das estações do ano provocam variações na qualidade da água cinza. Optou-se pelos chuveiros e lavatórios, por estes conter maior número de microrganismos patogênicos devido às águas da higiene pessoal dos usuários, e estando assim em favor da segurança. As análises qualitativas foram realizadas em 9 (nove) edifícios residenciais.

Para a coleta dos chuveiros, os nove apartamentos foram divididos por tipologia da seguinte maneira: três apartamentos - adultos com crianças; três - adultos com animais; e três - somente adultos sem animais. A *amostra 1* foi classificada por apartamento com crianças, a *amostra 2* em apartamento com animais, e a *amostra 3* em apartamento sem crianças e sem animais. A primeira amostra da água cinza foi coletada em março de 2004 (Outono), a segunda foi coletada em julho (Inverno/2004), e a última coleta foi realizada em dezembro (Primavera/2004). As coletas dos chuveiros foram homogeneizadas, de acordo com os três tipos citados anteriormente, e então levadas para análise.

A amostra dos lavatórios foi coletada em dezembro de 2004 e também homogeneizada. Todas as amostras foram analisadas nos laboratórios da UPF, já descritos anteriormente.

O coletor de água cinza que foi colocado nas caixas sifonadas de cada banheiro analisado, é de PVC de diâmetro 75mm e volume de 250ml, conforme figura 27, e foi colocado dentro da caixa sifonada, como mostra a figura 28, de cada banheiro, sendo que cada usuário coletou amostras no meio e no fim de seu banho. A figura 29 mostra a realização de uma coleta em caixa sifonada de um banheiro analisado.



Figura 27: Coletor de água cinza em caixa sifonada para a coleta das amostras.

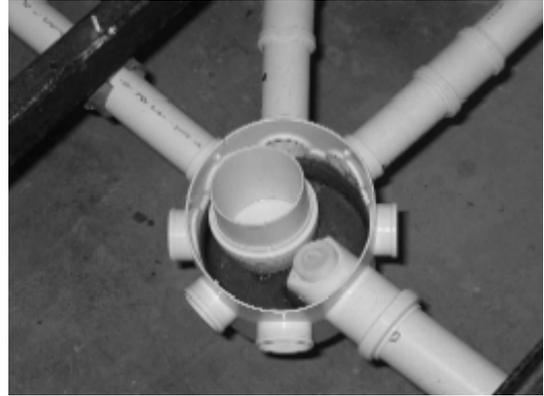


Figura 28: Coletor instalado na caixa sifonada.



Figura 29: Coletor e caixa sifonada de um banheiro analisado.

Para a realização da coleta nos lavatórios, foi utilizado um tubo flexível do tipo “conduit”, de 20 mm de diâmetro e 15 cm de comprimento, colocado no ramal de descarga do lavatório junto à entrada da caixa sifonada dos banheiros pesquisados, onde estava o coletor de água cinza de PVC. Tal procedimento foi necessário para poder isolar o efluente do lavatório. A figura 30 mostra o tubo flexível, o coletor de água cinza e a caixa sifonada de um banheiro analisado.

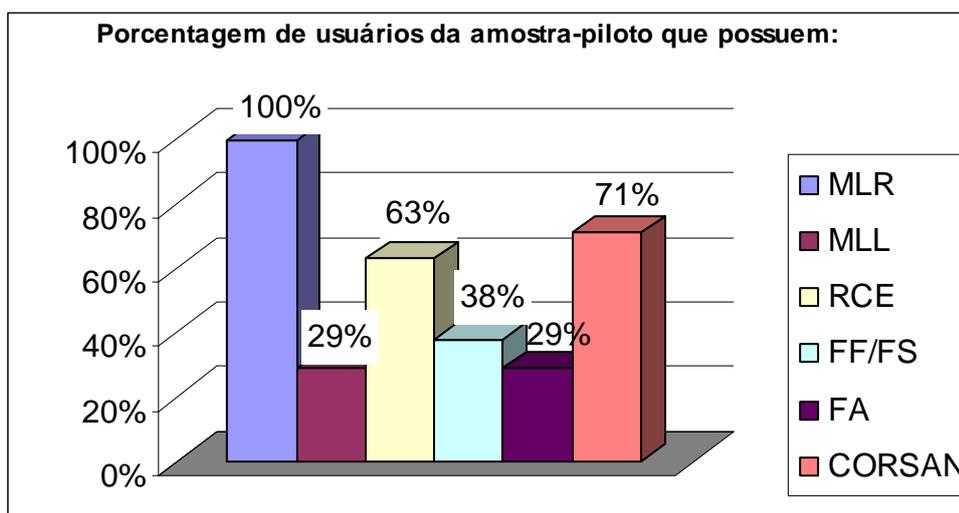


Figura 30: Tubo flexível para a coleta nos lavatórios.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Resultados quantitativos da amostra-piloto

Os resultados dos questionários aplicados na amostra-piloto de 20 apartamentos, para calibração do questionário, são apresentados a seguir, conforme figuras 31 a 34.



Onde:

*MLR – Máquina de lavar roupa, MLL – Máquina de lavar louça, RCE – Rede de coleta de esgoto da CORSAN, TSF/TSS – Tanque séptico-filtro ou Tanque séptico-sumidouro, FA – Fonte alternativa e CORSAN – Abastecimento de água feito pela CORSAN.*

Figura 31: Relação das respostas dos usuários entrevistados na amostra-piloto.

Na figura 31 é observada a relação das respostas dos usuários entrevistados na amostra-piloto. 29% dos usuários possuem fonte alternativa de abastecimento de água, como o poço artesiano. 71% dos apartamentos são abastecidos pela CORSAN. Todos os usuários possuem máquina de lavar roupa, e a carga média destas é de 5,8 kg de roupas. O consumo máximo de água para máquinas de lavar roupas de 5 kg, segundo manual de dados técnicos da marca mais vendida no Brasil (2003), é de 254,72 litros por ciclo completo. A média de utilização da MLR foi 6,6 vezes na semana, gerando um total de 1681 litros de água por

semana, e  $6,38 \text{ m}^3$  de água cinza por mês em um apartamento. A média de utilização da MLL (máquina de lavar louça) foi 3,6 vezes/semana nos apartamentos que a possuíam.

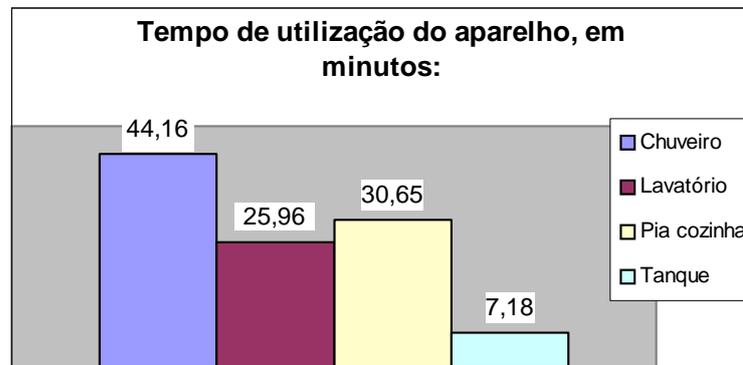


Figura 32: Tempo de utilização de cada aparelho da amostra-piloto em minutos/dia.

É observado na figura 32, o tempo de utilização de cada aparelho em minutos, por dia, dos apartamentos pesquisados da amostra-piloto. O chuveiro é o aparelho que possui o maior tempo de utilização nos apartamentos diariamente, com 44,16 minutos/dia. Sendo que a média de vazão destes chuveiros pesquisados é de 0,19 l/s, calculam-se 2869 litros de água cinza gerados por semana e  $10,9 \text{ m}^3$  por mês. A pia da cozinha, num total médio de 30,65 minutos diários, com uma vazão média de 0,11 l/s, gera um volume de 1416 litros por semana e  $5,16 \text{ m}^3$  por mês. O tanque é utilizado em média 16 minutos por vez, mas numa média de 3,14 vezes por semana, totalizando 7,18 minutos por dia, e com uma vazão média de 0,14 l/s gera 422 litros/semana ou  $1,60 \text{ m}^3$ /mês. O lavatório é utilizado em média 25,96 minutos por dia, com uma vazão de 0,09 l/s, gera um volume de 981 litros por semana de água cinza e  $3,72 \text{ m}^3$  por mês. Valores descontados de 5% devido às perdas no sistema.

A bacia sanitária nos apartamentos pesquisados é acionada em média 14,26 vezes/dia e 99,85 vezes/semana, em cada apartamento. Se, o volume das bacias sanitárias for de 6 litros por descarga, então cada apartamento consome 593,1 litros de água potável, para descargas, por semana.

As figuras 33 e 34 apresentam o volume gerado de água cinza nos apartamentos da amostra-piloto, onde MLL é máquina de lavar louça. Pode-se observar nas figuras 33 e 34, que a maior quantidade de água cinza dos apartamentos pesquisados foi gerada pelo chuveiro com 2597 litros por semana, em seguida pela máquina de lavar roupa, com um total médio de 1681 litros por semana e em seguida foi a pia da cozinha com 1287 litros por semana. Nos apartamentos com máquina de lavar louça (MLL), foram gerados 6985 litros de água cinza por semana, e nos apartamentos sem MLL foram gerados 6982 litros/semana.

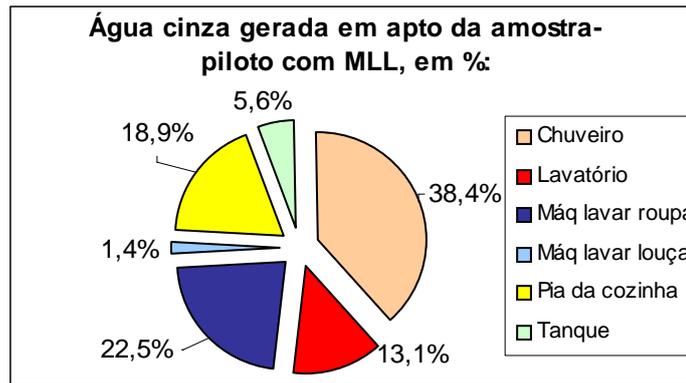


Figura 33: Volume de água cinza gerado em apto com MLL, da amostra-piloto.

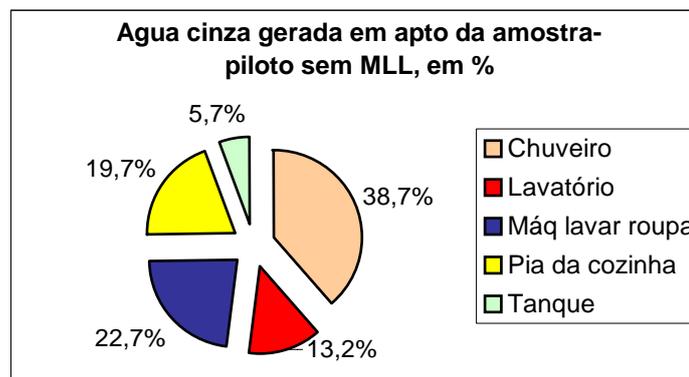


Figura 34: Volume de água cinza gerado em apto sem MLL, da amostra-piloto.

A tabela 5 apresenta o volume de água cinza gerado nos apartamentos da amostra-piloto, onde os apartamentos, além dos aparelhos básicos como chuveiro, lavatório, pia da cozinha e tanque, todos possuíam máquina de lavar roupa, nenhum apartamento possuía banheira, e 29% possuíam máquina de lavar louça.

Tabela 5 – Valores de água cinza gerados em apartamentos da amostra-piloto.

Aparelho	Volume de água cinza em apartamento com MLL			Volume de água cinza em apartamento sem MLL		
	(%)	(l/sem)	(m <sup>3</sup> /mês)	(%)	(l/sem)	(m <sup>3</sup> /mês)
Chuveiro	38,4	2726,5	10,9	38,7	2726,5	10,9
Máquina de lavar roupa	22,5	1597,1	6,38	22,7	1597,1	6,38
Pia da cozinha	18,9	1345,4	5,38	19,7	1385,2	5,54
Lavatório	13,1	932,1	3,72	13,2	932,1	3,72
Tanque	5,6	400,9	1,60	5,7	400,9	1,60
Máquina de lavar louça	1,4	102,6	0,41	-	-	-
Total	100	7104,6	28,41	100	7041,8	28,16

Onde: MLL: Máquina de lavar louça.

De acordo com a tabela 5, um apartamento com MLL da amostra-piloto gera 28,41m<sup>3</sup>/mês de água cinza e um apartamento sem MLL gera 28,16 m<sup>3</sup>/mês.

Ao observar a opinião dos usuários dos apartamentos pesquisados, na amostra-piloto, em Passo Fundo sobre o reúso da água cinza, verificou-se que todos os usuários, ou seja, 100% responderam ser favorável ao reúso da água cinza, pela economia de água potável, desde que devidamente tratadas e identificadas para que não haja confusão e esquecimento na utilização da mesma. O mesmo acontece com o aproveitamento das águas pluviais. Todos os usuários responderam ser favoráveis ao aproveitamento das águas pluviais, porque é uma água quase pura e por não precisar de muito tratamento para reutilizá-la.

Em relação à opinião dos entrevistados da amostra-piloto sobre a possibilidade de ter em seu apartamento, no tanque por exemplo, torneiras identificadas com água potável e água de reúso, a maioria dos usuários, ou seja, 95% respondeu aceitar a possibilidade das torneiras identificadas, desde que devidamente identificadas, com a lembrança de que não é potável, portanto não se deve beber, para que não haja confusão e esquecimento na utilização da água reciclada. Dos 20 apartamentos pesquisados da amostra-piloto, apenas um usuário respondeu não ser favorável em ter as torneiras dentro de casa, aceitaria se a localização das mesmas fosse fora de casa, na garagem ou pátio, por exemplo.

#### 4.2 Resultados quantitativos da amostra final

Os resultados quantitativos obtidos através do questionário da amostra final dos 512 apartamentos pesquisados, estão expressos a seguir.

A tabela 6 apresenta resultados do questionário do total de 512 apartamentos pesquisados.

Tabela 6 – Resultados do questionário nos 512 apartamentos pesquisados.

	<b>Apartamentos que possuem</b>	<b>Apartamentos que possuem (%)</b>
Máquina de lavar roupa	476	94
Máquina de lavar louça	198	39
Banheira	41	8
Rede de coleta de esgoto	193	38
TS-Filtro ou TS-Sumidouro	319	62
Fonte alternativa de água	174	34
Número médio de pessoas/apto	2,35	-

Onde: TS – Tanque séptico

Os 512 apartamentos da amostra final foram divididos em oito tipologias, conforme os aparelhos que possuíam, além dos quatro básicos como o chuveiro, o lavatório, a pia da cozinha e o tanque. A figura 35 apresenta os aparelhos geradores de água cinza encontrados nos apartamentos em cada ambiente, ou seja, no banheiro, na cozinha e na área de serviço,

onde os aparelhos circulosados de vermelho representam os aparelhos considerados básicos em cada ambiente.



Figura 35: Pontos de água cinza gerados pelos aparelhos, em cada ambiente.

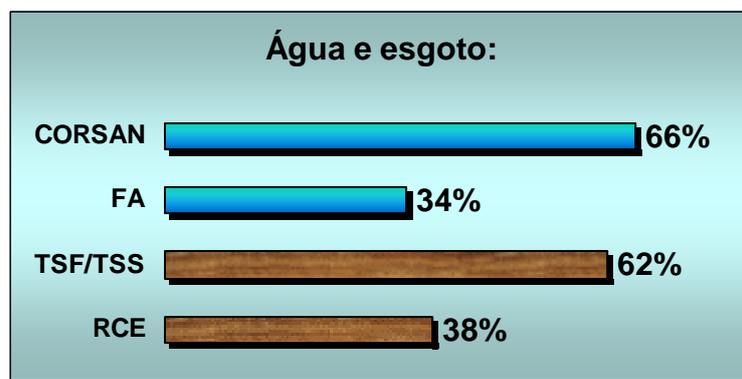
Na figura 35, observa-se os pontos geradores de água cinza pelos aparelhos nos apartamentos em cada ambiente. Na lavanderia os apartamentos possuíam ou não a MLR (máquina de lavar roupa) além do tanque. Na cozinha, os apartamentos possuíam ou não a MLL (máquina de lavar louça) além da pia da cozinha. E no banheiro, os apartamentos possuíam ou não a banheira além do chuveiro e do lavatório.

O quadro 30 apresenta a denominação da tipologia dos apartamentos conforme os aparelhos.

Tipologia dos apartamentos	Características
<i>Apartamento Tipo 1</i>	apartamento <b>com todos os aparelhos considerados</b> , ou seja, chuveiro, lavatório, pia da cozinha, tanque, máquina de lavar roupa e louça e banheira;
<i>Apartamento Tipo 2</i>	apartamento com chuveiro, lavatório, pia da cozinha, tanque, máquina de lavar roupa e banheira, ou seja, <b>sem a máquina de lavar louça</b> ;
<i>Apartamento Tipo 3</i>	apartamento com chuveiro, lavatório, pia da cozinha, tanque, máquina de lavar louça e banheira, ou seja, <b>sem a máquina de lavar roupa</b> ;
<i>Apartamento Tipo 4</i>	apartamento com chuveiro, lavatório, pia da cozinha, tanque, máquina de lavar roupa e louça, ou seja, <b>sem a banheira</b> ;
<i>Apartamento Tipo 5</i>	apartamento com chuveiro, lavatório, pia da cozinha, tanque, máquina de lavar roupa, ou seja, <b>sem a máquina de lavar louça e a banheira</b> ;
<i>Apartamento Tipo 6</i>	chuveiro, lavatório, pia da cozinha, tanque, e máquina de lavar louça, ou seja, <b>sem a máquina de lavar roupa e a banheira</b> ;
<i>Apartamento Tipo 7</i>	apartamento com chuveiro, lavatório, pia da cozinha, tanque e banheira, ou seja, <b>sem a máquina de lavar roupa e louça</b> ; e
<i>Apartamento Tipo 8</i>	apartamento com chuveiro, lavatório, pia da cozinha e tanque, ou seja, apartamento <b>somente com os aparelhos básicos</b> .

Quadro 30: Tipologia dos apartamentos conforme os aparelhos.

A figura 36 apresenta a relação das respostas dos usuários entrevistados. Pode-se observar que 62% dos usuários pesquisados possuem sistema de tratamento de esgoto Tanque séptico-filtro ou Tanque séptico-sumidouro, e para 38% o esgoto é coletado pela CORSAN. Para 66% o abastecimento de água é realizado pela CORSAN e 34% dos apartamentos possuem fonte alternativa de abastecimento, como poço artesiano.



Onde: CORSAN – abastecimento de água feito pela CORSAN, FA – Fonte alternativa de água, TSF/TSS – Tanque séptico-filtro ou Tanque séptico-sumidouro e RCE – Rede de coleta de esgoto da CORSAN.

Figura 36: Relação das respostas dos usuários entrevistados.

A figura 37 apresenta a porcentagem de usuários que possuem os aparelhos que não são básicos em um apartamento, ou seja, a máquina de lavar roupa, a máquina de lavar louça e a banheira.

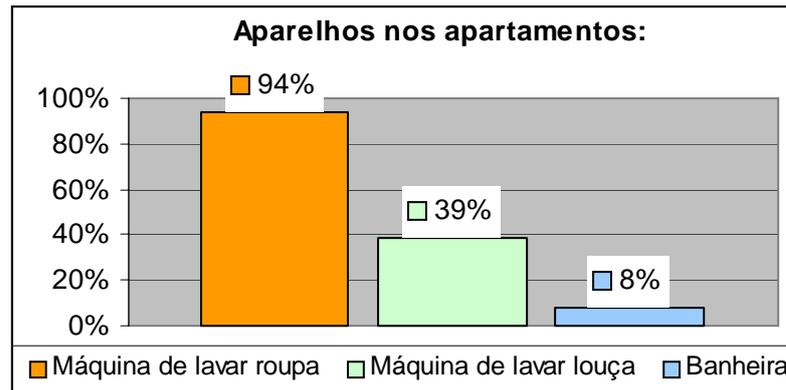


Figura 37 Porcentagem de usuários que possuem os aparelhos não básicos.

Observa-se que a maioria dos usuários entrevistados nos 512 apartamentos pesquisados, ou seja, 94% possui máquina de lavar roupa. O tamanho médio das MLR foi 5,8 Kg e o número médio de utilização foi 5,8 vezes por semana. Como visto anteriormente, nos dados técnicos para uma MLR de 5Kg de marca conhecida no Brasil, o volume de água consumido é 254,72 litros/ciclo completo. Então, calculam-se 1477 litros de água cinza por semana ou 6856 litros/mês em cada apartamento.

Quanto à máquina de lavar louça, pode-se ver na figura 34, que 39% dos usuários pesquisados possuem no seu apartamento, e a utilizam 4,74 vezes por semana em média. Utilizou-se como volume médio 30 litros por uso (média de valores especificados em manual técnico de várias marcas conhecidas de eletrodomésticos). E quanto à banheira, apenas 41 apartamentos, ou 8% dos 512 pesquisados, possuem banheira com um volume médio de 147,5 litros e é utilizada 2,9 vezes por semana.

Pode-se observar na figura 38, o tempo de utilização de cada aparelho em minutos por dia dos apartamentos pesquisados.

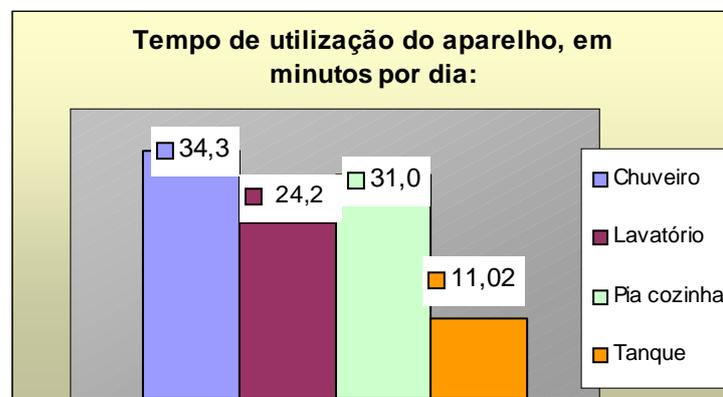


Figura 38: Tempo médio de utilização dos aparelhos, em minutos/dia.

Na figura 38, observa-se que o chuveiro é o aparelho que possui o maior tempo de utilização nos apartamentos diariamente, com 34,30 minutos/dia. Usando a média de vazão dos chuveiros pesquisados na amostra-piloto de 0,19 l/s, e o número médio de pessoas em cada apartamento (2,35), calculam-se 2737 litros de água cinza gerados por semana e 10,4 m<sup>3</sup> por mês. A pia da cozinha, num total médio de 31 minutos diários, com uma vazão média de 0,11 l/s, gera um volume de 1432 litros por semana e 5,44 m<sup>3</sup> por mês em apartamento com MLL e 1450 litros por semana em apartamento sem MLL. O tanque é utilizado em média 16 minutos por vez, mas numa média de 4,82 vezes por semana, totalizando 11,02 minutos por dia, e com uma vazão média de 0,14 l/s gera 647 litros/semana ou 2,46 m<sup>3</sup>/mês. O lavatório é utilizado em média 22,30 minutos por dia, com uma vazão de 0,09 l/s, gera um volume de 843 litros por semana de água cinza e 3,21 m<sup>3</sup> por mês.

Na figura 39 é apresentado um resumo do volume total final gerado de água cinza em um apartamento do Tipo 1, considerando que este apartamento tenha todos os equipamentos analisados nesta pesquisa. O volume foi dado em litros por semana e por aparelho. Nota-se que o chuveiro é o aparelho que mais gerou água cinza neste apartamento em uma semana, em seguida a máquina de lavar roupas e a pia da cozinha.

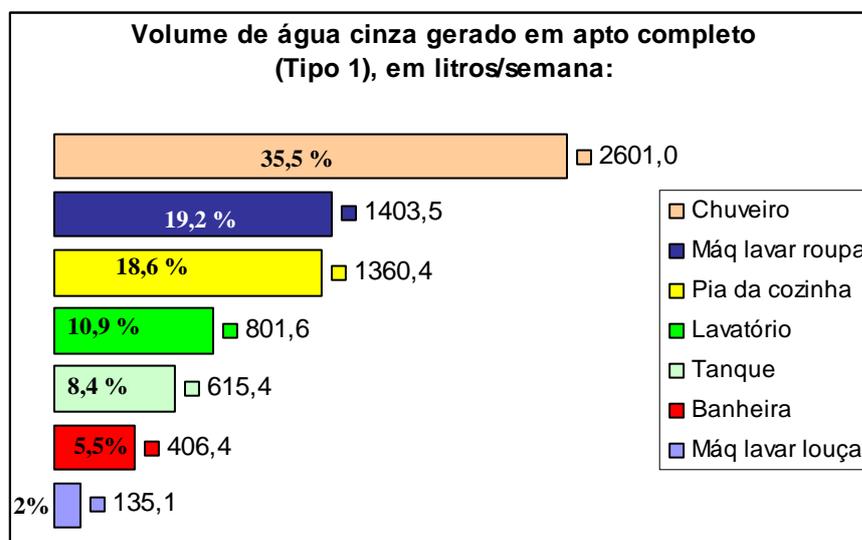
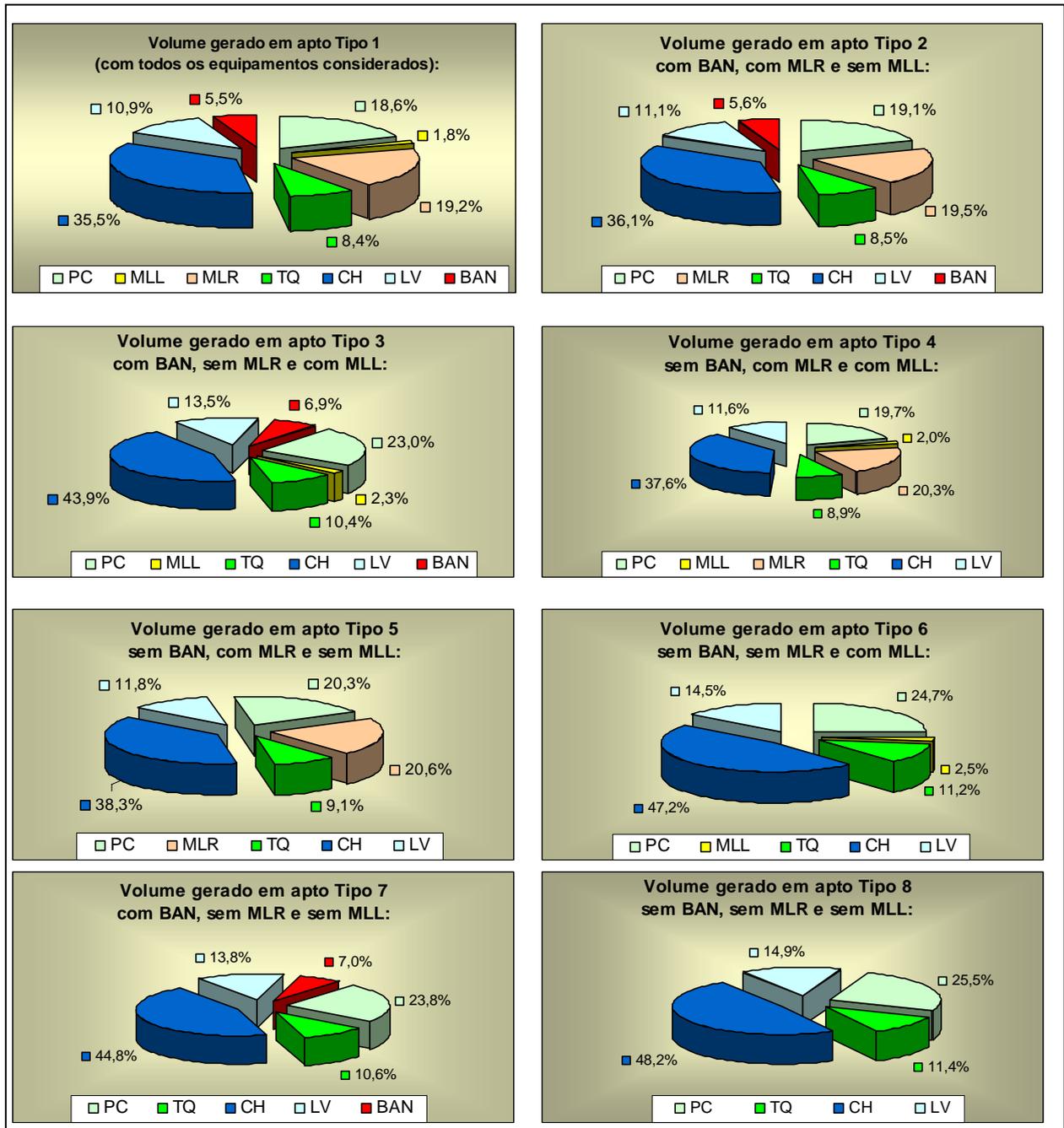


Figura 39: Volume de água cinza gerado em apartamento com todos os aparelhos.

Calculando-se estes totais, em uma semana, este apartamento gerou 7708 litros, e descontando 5% devido às perdas tem-se um total de 7323 litros de água cinza por semana, ou 29,2 m<sup>3</sup>/mês.

A figura 40 apresenta os gráficos dos volumes de água cinza obtidos em cada aparelho (%), conforme a tipologia dos apartamentos, ou seja, conforme os aparelhos que possuíam.



Onde:

PC: Pia da Cozinha, MLL: Máquina de Lavar Louça, MLR: Máquina de Lavar Roupa, TQ: Tanque, CH: Chuveiro, LV: Lavatório e BAN: Banheira.

Figura 40: Resultados gráficos dos volumes de água cinza gerados por tipologia dos apartamentos.

A tabela 6 mostra os volumes gerados de água cinza de cada tipologia dos apartamentos pesquisados. Observa-se que um apartamento que possui todos os aparelhos, como o Tipo 1, gera um volume de 29,2 m<sup>3</sup>/mês de água cinza, e um apartamento que possui somente os aparelhos básicos, como o Tipo 8, gera 21,6 m<sup>3</sup>/mês.

Tabela 7 – Volume gerado de água cinza por tipologia dos apartamentos.

Tipologia do apartamento	Volume médio gerado em cada apto (litros/semana)	Volume reduzido em 5% devido às perdas (litros/semana/apto)	Volume gerado por apto (m <sup>3</sup> /mês)
Apartamento Tipo 1: CH, LV, PC, TQ, MLR, MLL e BAN (todos os aparelhos)	7708	7323	29,2
Apartamento Tipo 2: CH, LV, PC, TQ, <b>BAN e MLR</b>	7585	7206	28,8
Apartamento Tipo 3: CH, LV, PC, TQ, <b>BAN e MLL</b>	6231	5919	23,7
Apartamento Tipo 4: CH, LV, PC, TQ, <b>MLR e MLL</b>	7281	6917	27,7
Apartamento Tipo 5: CH, LV, PC, TQ e <b>MLR</b>	7157	6799	27,2
Apartamento Tipo 6: CH, LV, PC, TQ e <b>MLL</b>	5803	5513	22,1
Apartamento Tipo 7: CH, LV, PC, TQ e <b>BAN</b>	6108	5802	23,2
Apartamento Tipo 8: Somente CH, LV, PC, TQ	5680	5396	21,6

Onde: PC: Pia da Cozinha, MLL: Máquina de Lavar Louça, MLR: Máquina de Lavar Roupa, TQ: Tanque, CH: Chuveiro, LV: Lavatório e BAN: Banheira. Os valores em negrito são as diferenças entre as tipologias.

A figura 41 apresenta a comparação do volume gerado de água cinza por tipologia dos apartamentos e a figura 42 apresenta o gráfico da diferença na geração de volume entre os apartamentos, em relação ao apartamento Tipo 8.

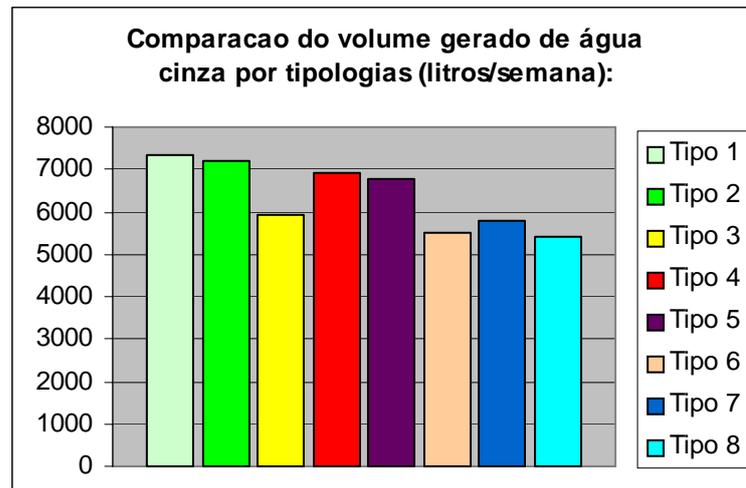


Figura 41: Comparação do volume de água cinza gerado, por tipologia dos apartamentos.

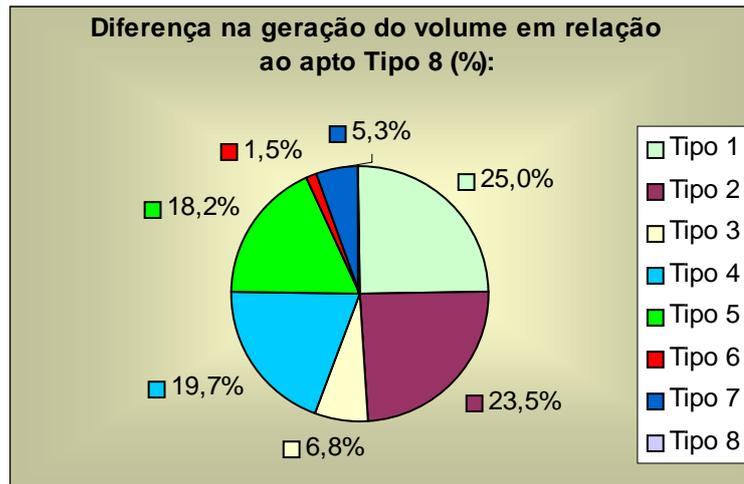


Figura 42: Diferenças na geração de volume em relação ao apartamento Tipo 8.

A figura 42 mostra que o apartamento Tipo 1 (completo), gera um volume 25% maior do que o apartamento Tipo 8 (básico). Também, o apartamento Tipo 5, que é a tipologia de apartamento mais freqüente entre os entrevistados devido à estes conter a MLR além dos aparelhos básicos, gera 18,2% a mais de água cinza em relação ao apartamento Tipo 8 (básico).

A figura 43 apresenta a tipologia das bacias sanitárias pesquisadas, onde 78,5% possuem caixa de descarga acoplada, 19,3% possuem caixa de descarga embutida, 1,6% possuem caixa de descarga alta e apenas 0,6% possuem válvula de descarga.

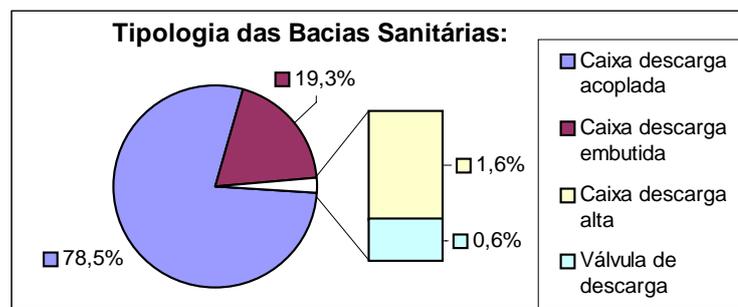


Figura 43: Tipologia das bacias sanitárias.

Nos 512 apartamentos pesquisados, a média de utilização da bacia sanitária foi 14,80 vezes por dia e 103,63 vezes por semana em cada apartamento. Supondo-se que a média de água utilizada nas descargas das bacias sanitárias seja 12 litros por descarga, o consumo de água potável para essas bacias sanitárias em cada apartamento seria 1243 litros/semana. E, se a média de água nas descargas das bacias sanitárias for de 6 litros por descarga, o consumo de água potável para a bacia sanitária destes apartamentos reduz à metade, ou seja, 621 litros/descarga.

A figura 44 apresenta o gráfico da comparação da geração de água cinza e água negra em um apartamento do Tipo 1 (completo), do Tipo 5 (mais freqüente) e do Tipo 8 (básico), onde a água negra é gerada pelas bacias sanitárias.

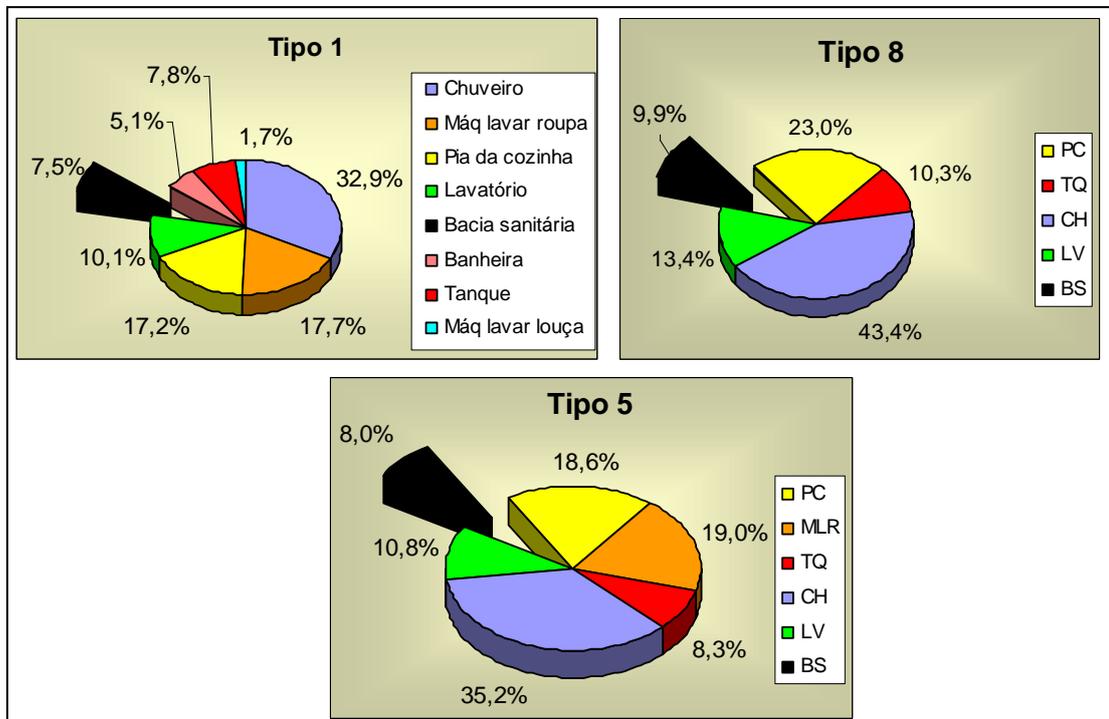


Figura 44: Comparação da geração de água cinza e água negra nos apartamentos.

Observa-se na figura 44 que a quantidade gerada de água cinza é muito maior que a quantidade de água negra da bacia sanitária, justificando o reúso da água cinza nas descargas das bacias sanitárias em termos quantitativos.

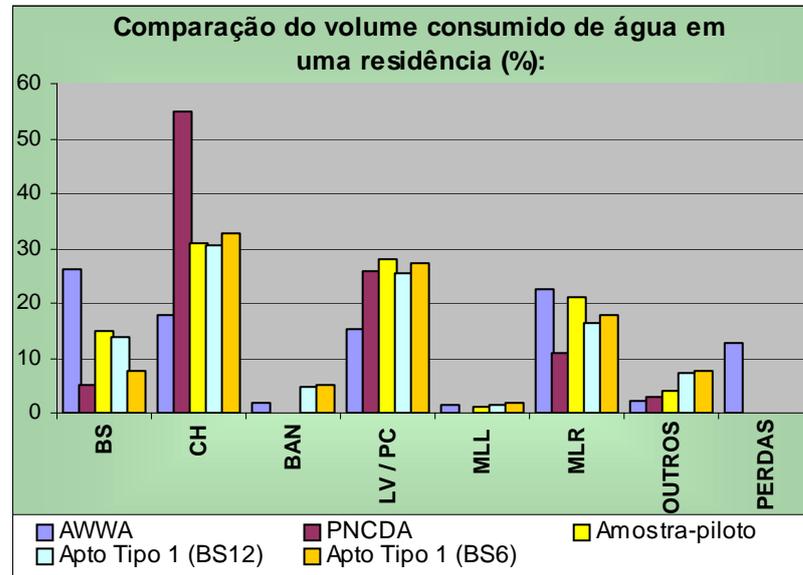
A tabela 8 apresenta a distribuição do consumo de água por aparelho, conforme a tipologia dos apartamentos. Pode-se observar na tabela 9 que no apartamento do Tipo 1, o chuveiro consome 32,9% da água potável, enquanto que no apartamento do Tipo 8, o chuveiro consome 43,3% da água consumida nos apartamentos que contêm a bacia sanitária de 6 litros/descarga. Enquanto que a bacia sanitária destes apartamentos consome 7,5% e 10,0% de água potável, respectivamente.

Tabela 8 – Distribuição do consumo de água por aparelho, conforme a tipologia dos apartamentos.

<b>Tipologia</b>	<b>Aparelho</b>	<b>Consumo em apto com BS 12 (%)</b>	<b>Consumo em apto com BS 6 (%)</b>
<i>Apartamento Tipo 1</i> (completo)	<i>Chuveiro</i>	30,6	22,9
	<b>MLR</b>	16,5	17,7
	<i>Pia da cozinha</i>	16,0	17,2
	<i>Lavatório</i>	9,4	10,1
	<b>Banheira</b>	4,8	5,1
	<i>Tanque</i>	7,2	7,8
	<b>MLL</b>	1,6	1,7
<i>Apartamento Tipo 2</i>	<i>Chuveiro</i>	31,0	33,5
	<b>MLR</b>	16,7	17,8
	<i>Pia da cozinha</i>	16,4	17,7
	<i>Lavatório</i>	9,6	10,2
	<b>Banheira</b>	4,8	5,2
	<i>Tanque</i>	7,3	7,9
	<i>Bacia sanitária</i>	14,1	7,6
<i>Apartamento Tipo 3</i>	<i>Chuveiro</i>	36,6	40,0
	<b>MLL</b>	1,9	2,1
	<i>Pia da cozinha</i>	19,2	20,9
	<i>Lavatório</i>	11,3	12,3
	<b>Banheira</b>	5,7	6,2
	<i>Tanque</i>	8,7	9,5
	<i>Bacia sanitária</i>	16,6	9,1
<i>Apartamento Tipo 4</i>	<i>Chuveiro</i>	32,1	34,6
	<b>MLR</b>	17,3	18,7
	<i>Pia da cozinha</i>	16,8	18,1
	<i>Lavatório</i>	9,9	10,7
	<b>MLL</b>	1,7	1,8
	<i>Tanque</i>	7,6	8,2
	<i>Bacia sanitária</i>	14,6	7,9
<i>Apartamento Tipo 5</i>	<i>Chuveiro</i>	32,6	35,2
	<b>MLR</b>	17,6	19,0
	<i>Pia da cozinha</i>	17,3	18,6
	<i>Lavatório</i>	10,0	10,8
	<i>Tanque</i>	7,7	8,3
	<i>Bacia sanitária</i>	14,8	8,0
<i>Apartamento Tipo 6</i>	<i>Chuveiro</i>	38,9	42,6
	<b>MLL</b>	2,0	2,2
	<i>Pia da cozinha</i>	20,3	22,3
	<i>Lavatório</i>	12,0	13,1
	<i>Tanque</i>	9,2	10,1
	<i>Bacia sanitária</i>	17,6	9,7
<i>Apartamento Tipo 7</i>	<i>Chuveiro</i>	37,2	40,7
	<i>Lavatório</i>	11,5	12,5
	<i>Pia da cozinha</i>	19,7	21,6
	<b>Banheira</b>	5,8	6,4
	<i>Tanque</i>	8,8	9,6
	<i>Bacia sanitária</i>	16,9	9,2
<i>Apartamento Tipo 8</i> (básico)	<i>Chuveiro</i>	39,5	43,3
	<i>Lavatório</i>	12,2	13,4
	<i>Pia da cozinha</i>	21,0	23,0
	<i>Tanque</i>	9,4	10,3
	<i>Bacia sanitária</i>	18,0	10,0

Onde: MLR – Máquina de lavar roupa e MLL: Máquina de lavar louça.

A figura 45 apresenta a comparação do volume de água potável consumido nos apartamentos do Tipo 1 dos 512 apartamentos pesquisados, com a amostra-piloto de 20 apartamentos pesquisados e com Santos (2002) que apresenta o PNCDA e a AWWA. Observa-se que os valores da pia da cozinha mais o lavatório e a máquina de lavar roupa e louça foram os que resultaram maiores semelhanças, e o chuveiro a maior diferença.



Onde:

BS: Bacia sanitária, CH: Chuveiro, BAN: Banheira, LV/PC: Lavatório + Pia da cozinha, MLL: Máquina de lavar louça, MLR: Máquina de lavar roupa, AWWA: American Water Works Association, PNCDA: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, no Brasil; BS12: Bacia sanitária de 12 litros/descarga e BS6: Bacia sanitária de 6 litros/descarga.

Figura 45: Comparação do volume de água potável consumido nos apartamentos (%).

A tabela 9 apresenta a distribuição do consumo de água potável para cada tipologia de apartamento e o percentual de economia de água potável, considerando o reúso na bacia sanitária destes apartamentos.

Tabela 9 – Distribuição do consumo de água potável e economia de água com o reúso.

Tipologia do apartamento	Consumo de água potável <sup>1</sup> (litros/sem)	Consumo de água potável <sup>2</sup> (litros/sem)	Consumo de água potável <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> /mês)	Consumo de água potável <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /mês)	Economia com reúso na BS <sup>3</sup> (%)	Economia com reúso na BS <sup>3</sup> (%)
Apto Tipo 1- completo:	8952	8330	35,8	33,3	13,9	7,5
Apto Tipo 2:	8829	8180	35,3	32,7	14,1	7,6
Apto Tipo 3:	7475	6853	29,9	27,4	16,6	9,1
Apto Tipo 4:	8524	7902	34,0	31,6	14,6	7,9
Apto Tipo 5:	8401	7779	33,6	31,1	14,8	8,0
Apto Tipo 6:	7047	6425	28,1	25,7	17,6	9,7
Apto Tipo 7:	7351	6729	29,4	26,9	17,0	9,2
Apto Tipo 8 - básico:	6923	6302	27,6	25,2	18,0	10,0

Onde: 1 – Bacia Sanitária de 12 litros por descarga; 2 – Bacia Sanitária com 6 litros/descarga; e 3 – Economia de água potável com o Reúso na Bacia Sanitária de 12 e de 6 litros/descarga, respectivamente.

Pode-se observar na tabela 9 que o apartamento que levará ao maior percentual de economia através do reúso de água cinza na bacia sanitária é obtido no apartamento Tipo 8, ou seja, apartamento apenas com os equipamentos básicos como o chuveiro, o lavatório, a pia da cozinha e o tanque.

Nas figuras 46 e 47 verifica-se a opinião dos usuários em relação ao reúso de águas cinzas e a utilização de águas pluviais. Com exceção de um usuário, todos os outros entrevistados dos 512 apartamentos pesquisados, responderam ser favoráveis ao reúso de águas.



Figura 46: Opinião sobre reúso de água cinza.

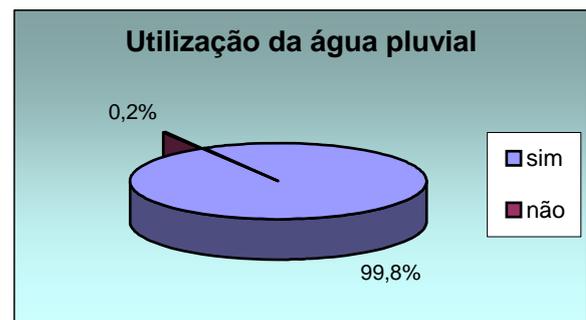


Figura 47: Opinião sobre aproveitar a água pluvial.

Na figura 48 observa-se que, dos 512 apartamentos pesquisados, 489 ou 94,5% responderam aceitar ter uma torneira com água de reúso dentro de seus apartamentos, e 23 apartamentos ou 4,5% responderam não aceitar, pois correriam os riscos de uma possível contaminação. As figuras 49 e 50 representam exemplos de tubulações diferenciadas pela cor e torneiras, dos dois tipos de sistemas de água, localizados no CETEC (Centro de Estudos e Tecnologia da Engenharia Civil) da UPF, onde, além da água potável, existe o aproveitamento da água da chuva.

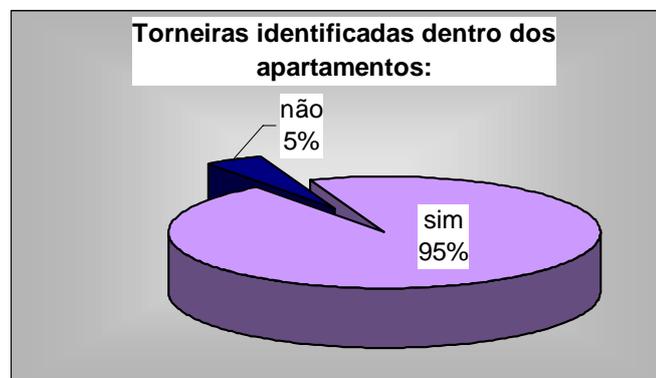


Figura 48: Opinião sobre torneiras identificadas.



Figura 49: Tubulação diferenciada dos dois tipos de sistema de água nos laboratórios do CETEC.



Figura 50: Tubulação diferenciada para os dois sistemas de água no banheiro do CETEC.

A seguir têm-se algumas das respostas obtidas dos usuários entrevistados em relação à aceitação ou não do reúso de águas, e em relação às torneiras em casa:

- sim, aprovo o reúso de águas, principalmente a água da chuva que já vem quase limpa, e teria a torneira em casa para limpezas;
- sim, aprovo o reúso de águas, mas não teria uma torneira dentro do meu apartamento, pois tenho filhos pequenos e tenho medo que se contaminem;
- sim, aprovo e concordo com essa medida de economia de água;
- sim, porque a água é tratada antes de ser reutilizada e aceitaria ter a torneira sem outra torneira de água potável no tanque;
- sim, porque diminuiria o custo da água e economizaria a água tratada da CORSAN, e teria a torneira identificada porque seu uso também seria prático;
- sim, porque qualquer tipo de reaproveitamento de água é válido para poder evitar problemas futuros de racionamento e até mesmo a falta d'água;
- sim, porque usando a reutilização da água, economizamos a água tratada evitando racionamento nos dias que não chove, mas só teria a torneira se ela fosse bem alta para que as crianças não alcancem e também teria na garagem ou no pátio, para o condomínio utilizá-la;
- sim, pela economia de água potável, para que não haja desperdício da mesma e teria a torneira dentro do apartamento se ela for bem identificada para que não haja enganos na hora do uso e uma possível contaminação;
- não, pois meu consumo é baixo e não seria necessária a reutilização.

### 4.3 Resultados qualitativos das amostras

Os resultados qualitativos, obtidos através das análises nos laboratórios, estão expressos conforme tabelas 10 a 13. Os valores em negrito na tabela representam os parâmetros que ficaram acima dos limites, que são valores de referência considerados nesta pesquisa.

A tabela 10 apresenta os resultados qualitativos referentes à primeira coleta de água cinza dos chuveiros, realizada em março de 2004.

Tabela 10 – Resultados qualitativos da primeira coleta de água cinza nos chuveiros - março/2004.

Parâmetros	Amostra 1 (Com crianças)	Amostra 2 (Com animais)	Amostra 3 (S/ crianças e s/ animal)	Portaria MS 518/04 <sup>1</sup>	Portaria 05/89 RS <sup>2</sup>	EPA Reúso <sup>3</sup> urbano	CONAMA 357/05 <sup>4</sup>
Coliform fecais (NMP/100ml)	<b>1,1x10<sup>4</sup></b>	<b>1,7x10<sup>4</sup></b>	<b>3,6x10<sup>5</sup></b>	ND*	≤ 300	ND*	1000
Coliformes totais (NMP/100ml)	>1,6x10 <sup>5</sup>	>1,6x10 <sup>5</sup>	>1,6x10 <sup>5</sup>		-		5000
Óleos e Graxas (mg/l)	18,2	14,8	26,7		≤ 30		
pH	7,11	6,91	7,10	6 a 9,5	6 a 8,6	6 a 9	6 a 9
DBO (mg/l)	<b>258</b>	174	<b>384</b>		≤ 200	≤ 10	≤ 5
DQO (mg/l)	<b>470</b>	374	<b>723</b>		≤ 450		
Sólidos Suspensos (mg/l)	180	100	188		≤ 200		
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	traços	traços	traços		≤ 1,0		
Alcalinidade (mg/l)	6,7	5,0	8,2	250			
Surfactantes (mg/l)	<b>2,18</b>	1,46	<b>3,42</b>	0,5	2,0		
Cont. Bacteriológica (UFC/ml)	<b>8,5x10<sup>5</sup></b>	<b>3,0x10<sup>5</sup></b>	<b>8,5x10<sup>6</sup></b>	≤ 500			
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	presença	presença	presença				
Cloreto (Cl <sup>-</sup> mg/l)	26,9	14,7	29,4	250		600	250
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	<b>27,5</b>	1,52	4,09	10			10
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	<0,003	0,027	0,489	1			1
Fósforo total (mg/l)	0,43	0,31	<b>1,79</b>		1		
Turbidez (UNT)	<b>340,7</b>	<b>373,2</b>	<b>297,2</b>	5		≤ 2	100
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	5,7	13,6	10,7	500	≤ 200		
Condutividade (µs/cm)	125,9	105,8	222	2000			

1 - Valor Máximo Permitido (VPM) da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, de acordo com a Portaria MS 518/2004.

2 - VPM de lançamento de efluentes em corpos d'água pela Portaria 05/89-SSMA do RS.

3 - Valor Máximo Permitido para Reúso Urbano, conforme U.S.EPA – *Manual Guidelines for water reuse*. Nos locais onde o contato humano não é permitido o limite é 200 coli. fecais/100 ml, 30 mg/l de SS (Sólidos Suspensos) e 30 mg/l de DBO. O limite para cloro residual é 1 mg/l.

4 - Limites da Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 – águas destinadas à recreação de contato primário (tais como natação e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00), irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aquíicultura e à atividade de pesca. Se não tiver contato humano, ou então a irrigação for para culturas arbóreas, cerealíferas ou forrageiras, a classe será 3 e o limite de coliformes termotolerantes 4000/100ml e de DBO é 10 mg/l; ou classe 4, uso em navegação e harmonia paisagística.

ND\* - Não detectável.

O critério que determinou a escolha do tipo de uso da água da EPA para Reúso Urbano, considerado valor de referência das tabelas desta pesquisa, foi porque este uso foi o que mais se aproximou com os usos esperados para a água cinza pesquisada, ou seja, para todos os tipos de irrigação de jardins ou paisagens, lavagem de veículos e calçadas, descarga sanitária, uso em sistemas de combate a incêndios e ar condicionados, entre outros. Do mesmo modo, o

mesmo critério foi usado para determinar a utilização da classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 em favor da segurança, e da classe 3 da NBR 13969/97 para uso em descarga de bacias sanitárias.

Os resultados da tabela 10 mostram a variação na maioria dos parâmetros, como Coliformes fecais, DBO, DQO, Nitrato, Fósforo total, Condutividade, exceto para os Coliformes totais e pH. Por exemplo, a variação dos Coliformes fecais foi de  $1,1 \times 10^4$  para  $3,6 \times 10^5$  NMP/100ml, o que para um efluente deveria ser menor ou igual a 300 (NMP/100ml) para ser lançado em corpos d'água conforme Portaria 05/89 do RS, e deveria estar ausente para a Portaria 518/04 de potabilidade, não ser detectável para o reúso de água urbano da EPA e deveria ser menor que 1000 (NMP/100ml) para a classe 2 da Resolução CONAMA 357/05.

Outra distinção relatada na variação dos valores encontrados na tabela 10 é a análise de nitratos que variou de 1,52 para 27,5 ( $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l), sendo que pela Portaria MS 518/2004 o valor máximo permitido de água para o consumo humano (VPM), assim como para a classe 2 do CONAMA 20/86 é de 10 ( $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l). A Turbidez que variou de 297 a 372,2 UNT tem como limites pela Portaria 518/04, 5 UNT, pela Resolução CONAMA 357/05 é 100 UNT e para a EPA (Reúso Urbano) valores menores ou iguais que 2 UNT, valor este, de reúso de água urbano nos EUA, muito menor que o limite de potabilidade da Portaria do MS 518/04 no Brasil.

A presença da bactéria *Escherichia coli* nas três amostras, indica a contaminação fecal recente, que poderá colocar em risco a saúde dos usuários, pois essa bactéria é abundante nas fezes humanas e animais e pode compreender 95% dos coliformes presentes no intestino. Para balneabilidade por exemplo, a presença de *E.coli*, em número superior a 2000 NMP/100ml (ou 2500 NMP/100ml para coliformes fecais e 400 Enterococos/100ml), torna a água imprópria para banho, pois pode acarretar doenças ao homem, como a febre tifóide, cólera, disenteria bacilar, hepatite infecciosa, entre outras, conforme Resolução CONAMA 274/2000, que estabelece os padrões nacionais de balneabilidade.

As tabelas 11 e 12 apresentam os resultados da segunda e terceira coleta, realizadas em julho e dezembro de 2004, respectivamente.

Pode-se observar nas tabelas 11 e 12, que os índices de coliformes fecal e total na tabela 11 foram razoavelmente parecidos com os da tabela 12. Porém na tabela 12, na amostra 3 (sem crianças e sem animais), o resultado foi ausente, provavelmente por ser apartamento somente com adultos e sem animais, a higiene pessoal pode ter influenciado neste resultado.

Tabela 11 – Resultados qualitativos da segunda coleta de água cinza nos chuveiros - julho/2004.

Parâmetros	Amostra 1 (Com crianças)	Amostra 2 (Com animais)	Amostra 3 (S/ crianças e s/ animal)	Portaria MS 518/04 <sup>1</sup>	Portaria 05/89 RS <sup>2</sup>	EPA Reúso urbano <sup>3</sup>	CONAMA 357/05 <sup>4</sup>
Coliformes fecais (NMP/100ml)	450	1,7x10 <sup>5</sup>	1,7x10 <sup>4</sup>	ND*	≤ 300	ND*	1000
Coliformes totais (NMP/100ml)	1,6x10 <sup>5</sup>	>1,6x10 <sup>7</sup>	>1,6x10 <sup>7</sup>		-		5000
Óleos e Graxas (mg/l)	12,9	15,6	6,8		≤ 30		
pH	7,46	7,29	6,97	6,0 a 9,5	6,0 a 8,6	6 a 9	6 a 9
DBO (mg/l)	648	585	245		≤ 200	≤ 10	≤ 5
DQO (mg/l)	1386	1335	598		≤ 450		
Sólidos Suspensos (mg/l)	164	176	120		≤ 200		
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	0,2	0,2	0,1		≤ 1,0		
OD (mg/l)	4,12	3,93	4,52				≥ 5
Alcalinidade (mg/l)	6,2	7,2	4,2	250			
Surfactantes (mg/l)	6,15	6,60	5,3	0,5	2,0		
Cont. Bacteriológica (UFC/ml)	>2,5x10 <sup>5</sup>	1,5x10 <sup>5</sup>	>2,5x10 <sup>5</sup>	≤ 500			
Cloretos (Cl <sup>-</sup> mg/l)	9,8	10,8	24,9	250		600	250
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	2,34	3,15	2587,0	10			10
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	0,2	1	ND**	1			1
Nitrogênio total (mg/l)	16,05	17,9	12,80				
Fósforo total (mg/l)	1,43	1,36	0,86		1		
Turbidez (UNT)	261,9	258,9	103,6	5		≤ 2	100
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	3,0	7,5	28,5	500	≤ 200		
Condutividade (µs/cm)	140,7	173,1	192,7	2000			

1 - VPM da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, de acordo com a Portaria MS 518/2004.

2 - VPM de lançamento de efluentes em corpos d' água pela Portaria 05/89-SSMA do RS.

3 - VPM para Reúso Urbano, conforme U.S.EPA – *Manual Guidelines for water reuse*. Nos locais onde o contato humano não é permitido o limite é 200 coli. fecais/100 ml, 30 mg/l de SS (Sólidos Suspensos) e 30 mg/l de DBO. O limite para cloro residual é 1 mg/l.

4 - Limites da Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 – águas destinadas à recreação de contato primário (tais como natação e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00), irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aqüicultura e à atividade de pesca. Se não tiver contato humano, ou então a irrigação for para culturas arbóreas, cerealíferas ou forrageiras, a classe será 3 e o limite de coliformes termotolerantes 4000/100ml e de DBO é 10 mg/l; ou classe 4, uso em navegação e harmonia paisagística.

ND\* - Não detectável e ND\*\* - Não detectado pelo método.

A tabela 11 mostra uma variação bastante expressiva entre os parâmetros, se comparados com os resultados da tabela 10, principalmente para os valores de DQO, DBO e Nitrato, que foram significativamente maiores que os anteriores. Mas quando novamente coletados (tabela 12), os resultados voltaram a baixar ficando mais próximos aos da tabela 10, com exceção do índice de Nitrato, que duplicou seu valor em relação à coleta anterior.

Os resultados dos Cloretos foram superiores na última coleta (tabela 12), mas mesmo assim ficando abaixo dos valores limites que é 250 mg/l para a classe 2 da CONAMA 357/05, e para o reúso de água urbano da EPA, onde se o índice de Cloretos for maior que 600 mg/l, a água é descartada para o reúso. A tabela 12 apresenta os resultados qualitativos da última coleta de água cinza nos chuveiros.

Tabela 12 – Resultados qualitativos da última coleta de água cinza nos chuveiros - dezembro/2004.

Parâmetros	Amostra 1 (Com crianças)	Amostra 2 (Com animais)	Amostra 3 (S/ crianças e s/ animal)	Portaria MS 518/04 <sup>1</sup>	Portaria 05/89 RS <sup>2</sup>	EPA Reúso urbano <sup>3</sup>	CONAMA 357/05 <sup>4</sup>
Coliform fecais (NMP/100ml)	<b>5600</b>	<b>1,6x10<sup>6</sup></b>	Ausente	ND*	≤ 300	ND*	1000
Coliformes totais (NMP/100ml)	1,6x10 <sup>6</sup>	1,6x10 <sup>6</sup>	Ausente		-		5000
Óleos e Graxas (mg/l)	19,6	10,2	20,3		≤ 30		
pH	7,53	6,63	7,20	6 a 9,5	6,0 a 8,6	6 a 9	6 a 9
DBO (mg/l)	66	139	<b>220</b>		≤ 200	≤ 10	≤5
DQO (mg/l)	137	312	<b>462</b>		≤ 450		
Sólidos Suspensos (mg/l)	<b>204</b>	92	150		≤ 200		
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	0,1	Traços	0,1		≤ 1,0		
OD (mg/l)	2,30	1,98	1,55				≥ 5
Alcalinidade (mg/l)	6,7	3,93	8,2	250			
Surfactantes (mg/l)	3,24	3,6	2,28	0,5	2,0		
Cont. Bacteriológica (UFC/ml)	<b>&gt;2,3x10<sup>5</sup></b>	<b>2,5x10<sup>5</sup></b>	<b>2,0x10<sup>4</sup></b>	≤ 500			
Cloretos (Cl <sup>-</sup> mg/l)	62,5	126	160	250		600	250
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	ND	4,90	<b>4252</b>	10			10
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	<b>2,07</b>	0,2	0,02	1			1
Nitrogênio total (mg/l)	22,3	10,28	16,3				
Fósforo total (mg/l)	0,65	<b>1,69</b>	<b>1,26</b>		1		
Turbidez (UNT)	<b>383,3</b>	<b>98,2</b>	<b>340,6</b>	5		≤ 2	100
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	5,7	7,5	28,5	500	≤ 200		
Condutividade (µs/cm)	198,6	98,2	172,3	2000			

1 - VPM da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, de acordo com a Portaria MS 518/2004.

2 - VPM de lançamento de efluentes em corpos d'água pela Portaria 05/89-SSMA do RS.

3 - VPM para Reúso Urbano, conforme *U.S.EPA – Manual Guidelines for water reuse*. Nos locais onde o contato humano não é permitido o limite é 200 coli. fecais/100 ml, 30 mg/l de SS (Sólidos Suspensos) e 30 mg/l de DBO. O limite para cloro residual é 1 mg/l.

4 - Limites da Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 – águas destinadas à recreação de contato primário (tais como natação e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00), irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aqüicultura e à atividade de pesca. Se não tiver contato humano, ou então a irrigação for para culturas arbóreas, cerealíferas ou forrageiras, a classe será 3 e o limite de coliformes termotolerantes 4000/100ml e de DBO é 10 mg/l; ou classe 4, uso em navegação e harmonia paisagística.

ND – Não detectado pelo método.

ND\* - Não detectável.

O índice de Nitrato é o produto final da oxidação da amônia. São compostos inorgânicos que podem ser admitidos no abastecimento de água por meio do *run-off* (precipitação natural que não infiltra no terreno) de terras fertilizadas, ou da descarga de esgotos sanitários. Os Nitratos na água potável, quando ingerida, provocam metahemoglobinemia, ou síndrome do bebê azul, resultante da diminuição da capacidade do sangue em transportar oxigênio (MANCUSO, 2003).

Na atmosfera, 78% dos gases é constituído de nitrogênio. Suas formas incluem amônia (NH<sub>3</sub>), nitratos e nitritos. O íon nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) é bioquimicamente reduzido a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) por processos de denitrificação em condições anaeróbicas. O íon nitrito é rapidamente oxidado para a forma de nitrato. Apesar de serem nutrientes essenciais para as plantas, podem,

em excesso, causar problemas significativos na água, isto é, juntamente com o fósforo, podem acelerar a eutrofização dos lagos (VON SPERLING, 1996b). Porém para a descarga das bacias sanitárias o nitrato não apresenta riscos de saúde à população.

O resultado de Nitrato elevado nas duas últimas análises (tabelas 11 e 12), provavelmente foi pontual e não quer dizer que é uma tendência de resultado, porém para verificar esta contraprova, poderiam ter sido feitas análises mais frequentes e em maior número, como por exemplo, uma por semana e em aproximadamente 20 repetições. Uma das hipóteses que pode ter ocasionado este aumento, pode ter sido que nas coletas não foi utilizada uma única marca de xampu, o que pode ter uma variação bem significativa no índice de Nitrato de uma marca para outra na sua composição. Ou também, pela concentração deste xampu, que pode ser bem denso, acumulado no dispositivo de coleta, já que esta coleta foi realizada no meio do banho, em seguida ao enxágüe do primeiro xampu.

A tabela 13 apresenta os resultados qualitativos das águas cinzas nos lavatórios coletados.

Tabela 13 – Resultados qualitativos da coleta de água cinza nos lavatórios – dezembro/2004.

<b>Parâmetros</b>	<b>Amostra Lavatório</b>	<b>NBR 13.969/97 - ABNT <sup>1</sup></b>	<b>Portaria MS 518/04 <sup>2</sup></b>	<b>Portaria 05/89 RS <sup>3</sup></b>	<b>EPA Reúso urbano <sup>4</sup></b>	<b>CONAMA 357/05 <sup>5</sup></b>
Coliformes fecais (NMP/100ml)	2 x10 <sup>4</sup>	500	ND*	≤ 300	ND*	1000
Coliformes totais (NMP/100ml)	1,6x10 <sup>6</sup>			-		5000
Óleos e Graxas (mg/l)	10,3			≤ 30		
pH	6,32		6,0 a 9,5	6,0 a 8,6	6 a 9	6 a 9
OD (mg/l O <sub>2</sub> )	2,62					≥ 5
DBO (mg/l O <sub>2</sub> )	136			≤ 200	≤ 10	≤ 5
DQO (mg/l O <sub>2</sub> )	262			≤ 450		
Sólidos Suspensos (mg/l)	92			≤ 200		
Surfactantes (mg/l)	2,96		0,5	2,0		
Contag. Bacteriológica (UFC/ml)	7,5x10 <sup>5</sup>		≤ 500			
Cloretos (Cl <sup>-</sup> mg/l)	36,2		250		600	250
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	1,15		10			10
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	ND		1			1
Nitrogênio total (mg/l)	12,6			10		
Fósforo total (mg/l)	1,36			1		
Turbidez (UNT)	7,37	10	5		≤ 2	100
Condutividade (µs/cm)	96,3		2000			

1- Classe 3 da NBR 13.969/97: para uso em descarga das bacias sanitárias.

2 - VPM da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, de acordo com a Portaria MS 518/2004.

3 - VPM de lançamento de efluentes em corpos d'água pela Portaria 05/89-SSMA do RS.

4 - VPM para Reúso Urbano, conforme U.S.EPA. Nos locais onde o contato humano não é permitido o limite é 200 coli. fecais/100 ml, 30 mg/l de SS (Sólidos Suspensos) e 30 mg/l de DBO. ND\* - Não detectável.

5 - Limites da Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 – águas destinadas à recreação de contato primário (tais como natação e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00), irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aquíicultura e à atividade de pesca.

ND – Não detectado pelo método (Limite de detecção por Espectrometria - Nitritos: 0,003 mg/l).

Observa-se na tabela 13, que os valores em negrito, ou seja, os parâmetros coliformes fecais, totais e contagem bacteriológica resultaram em valores semelhantes aos valores encontrados nas amostras dos chuveiros, e também, estes ficaram acima dos valores de referência considerados. Todos os outros parâmetros ficaram abaixo dos valores de referência considerados e também abaixo dos encontrados nas águas dos chuveiros, se comparados com as tabelas 10, 11 e 12. A figura 51 apresenta o aspecto visual da água cinza coletada.



Figura 51: Aspecto visual da água cinza coletada.

A tabela 14 compara os valores de parâmetros da água cinza pesquisada com os valores de outros autores. É interessante notar que houve uma oscilação significativa entre os resultados. Para pH, OD, Coliformes totais e fecais, observa-se que nas análises os valores médios foram razoavelmente parecidos, porém para a concentração de turbidez, fósforo total e DBO, a diferença é significativa entre os autores.

Tabela 14 – Comparação da caracterização da água cinza conforme outros autores.

Parâmetros	Concentrações				
	Cristova-Boal apud Santos; Zabrocki (2001)	Santos; Zabrocki (2001)	Água cinza (mar/04) <sup>1</sup>	Água cinza (jul/04) <sup>2</sup>	Água cinza (dez/04) <sup>3</sup>
Cor (Hz)	60 - 100	52,30	-	-	-
Turbidez (UNT)	60 - 240	37,35	337,03	208,13	274,03
pH	6,4 – 8,1	7,2	7,04	7,24	7,12
OD (mg/l)	-	4,63	-	4,19	1,94
Fósforo Total (mg/l)	0,11 – 1,8	6,24	0,84	1,22	1,2
DBO (mg/l)	76 - 200	96,54	273	492,66	141,6
DQO (mg/l)	-	-	522,3	1106,33	303,6
Coliformes Totais (NMP/100ml)	500 – 2,4x10 <sup>7</sup>	11x10 <sup>6</sup>	1,6x10 <sup>5</sup>	1,07x10 <sup>7</sup>	1,06x10 <sup>6</sup>
Coliformes Fecais (NMP/100ml)	170 – 3,3x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>6</sup>	1,3x10 <sup>5</sup>	6,24x10 <sup>4</sup>	5,35x10 <sup>5</sup>
Contagem bacteriol. (UFC/ml)	-	-	3,2x10 <sup>6</sup>	2,16x10 <sup>5</sup>	1,7x10 <sup>5</sup>

Onde: 1, 2 e 3 Conforme médias das tabelas 10, 11 e 12 respectivamente.

A tabela 15 apresenta a comparação da média dos resultados qualitativos da água cinza estudada, com os padrões pesquisados, e a figura 52 apresenta o gráfico da tabela 15.

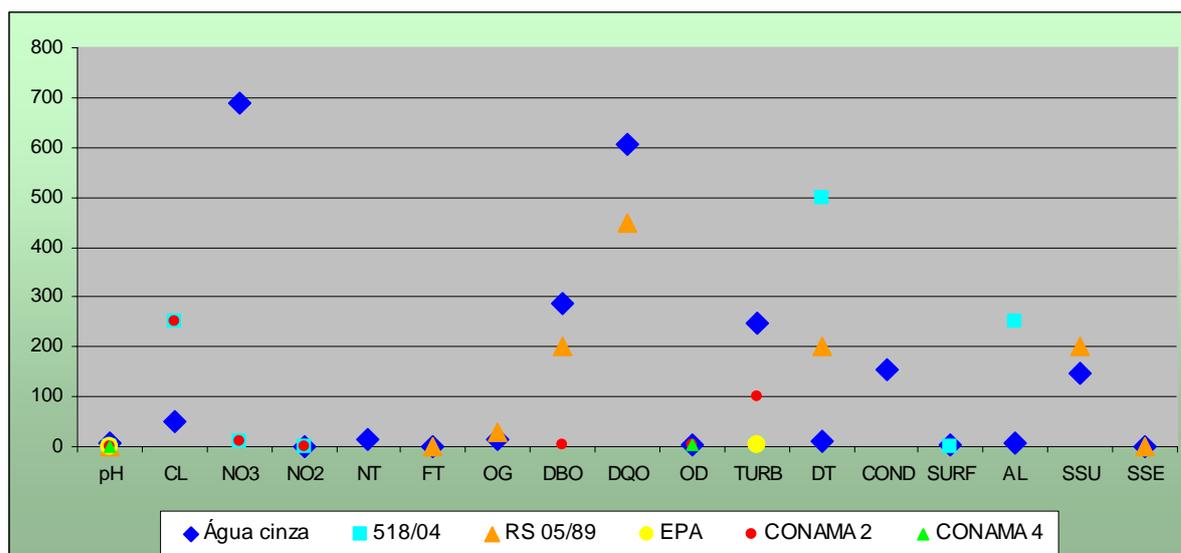
Tabela 15 – Comparação dos resultados qualitativos da água cinza com os padrões pesquisados.

Parâmetros	Média da qualidade da Água cinza <sup>1</sup>	Portaria MS 518/04 <sup>2</sup>	Portaria 05/89 RS <sup>2</sup>	EPA Reúso urbano <sup>2</sup>	CONAMA 357/05 <sup>2</sup>	NBR 13969/97 - ABNT <sup>3</sup>
Coliformes fecais (NMP/100ml)	<b>2,2x10<sup>5</sup></b>	ND*	≤ 300	ND*	1000	
Coliformes totais (NMP/100ml)	<b>3,74x10<sup>6</sup></b>		-		5000	
Óleos e Graxas (mg/l)	17,27		≤ 30			
pH	7,052	6 a 9,5	6,0 a 8,6	6 a 9	6 a 9	
DBO (mg/l)	<b>317,22</b>		≤ 200	≤ 10	≤5	
DQO (mg/l)	<b>605,90</b>		≤ 450			
Sólidos Suspensos (mg/l)	146,60		≤ 200			
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	0,13		≤ 1,0			
OD (mg/l)	3,07				≥ 5	
Alcalinidade (mg/l)	6,25	250				
Surfactantes (mg/l)	3,72	0,5	2,0			
Cont. Bacteriológica (UFC/ml)	<b>1,16x10<sup>6</sup></b>	≤ 500				
Cloretos (Cl <sup>-</sup> mg/l)	50,12	250		600	250	
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	<b>688,36</b>	10			10	
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	0,4	1			1	
Nitrogênio total (mg/l)	15,46					
Fósforo total (mg/l)	<b>1,11</b>		1			
Turbidez (UNT)	<b>246,49</b>	5		≤ 2	100	
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	10	500	≤ 200			
Condutividade (μs/cm)	152,56	2000				

Onde: 1 - Média de todas as amostras, somando-se todos os valores das tabelas 10 a 13;

2 - Conforme legendas das tabelas 10 a 13;

3 - Classe 3: Para uso em descargas de bacias sanitárias.



Onde: CL: Cloretos, NO<sub>3</sub>: Nitrito, NO<sub>2</sub>: Nitrato, NT: Nitrogênio total, FT: Fósforo total, OG: Óleos e graxas, TURB: Turbidez, DT: Dureza total, COND: Condutividade, SURF: Surfactantes, AL: Alcalinidade, SSU: Sólidos em suspensão e SSE: Sólidos sedimentáveis.

Figura 52: Comparação dos resultados qualitativos da água cinza com os padrões pesquisados.

Pode-se observar na figura 52 que os parâmetros pH, Nitrato, Fósforo total, Óleos e graxas, OD, Surfactantes e Sólidos sedimentáveis ficaram mais próximos dos valores limites considerados. Os parâmetros Nitrito, DBO, DQO e Turbidez ficaram bem acima dos valores limite. Os resultados do índice de Condutividade, Cloretos, Dureza total, Sólidos suspensos e Alcalinidade, ficaram abaixo dos limites considerados. Na figura 52, todos os parâmetros estão em mg/l, com exceção do pH, da Turbidez (UNT) e da Condutividade ( $\mu\text{s/cm}$ ).

Na tabela 16 são comparados os resultados da água cinza coletada com os resultados de águas pluviais. Fonini (2003) apresenta os resultado das águas pluviais da coleta realizada no ginásio poliesportivo da UPF, onde a água pluvial coletada mostra um resultado com grande potencial de aproveitamento, pois a grande maioria dos parâmetros ficou abaixo daqueles recomendados, como os Coliformes fecais, Nitratos e Nitritos, Turbidez, entre outros. O único parâmetro da amostra pluvial que ficou acima dos padrões exigidos foi o de Contagem bacteriológica, que apresentou um valor de  $1,6 \times 10^2$  UFC/ml e para a Portaria 518/04 de potabilidade o limite seria menor ou igual a 500 UFC/ml, e para os demais, não foram encontrados limites bacteriológicos.

Em comparação com os resultados da água cinza desta pesquisa, a água pluvial apresenta valores inferiores aos encontrados, comprovando que os índices químicos, físicos e microbiológicos da água cinza são mais elevados, precisando um tratamento mais específico e completo para o seu reúso.

Tabela 16 – Comparação de água pluvial com a água cinza.

Parâmetros	Amostra Pluvial (Fonini, 2003)	Média da Água cinza (Tabela 15)	Portaria MS 518/04 <sup>1</sup>	Portaria 05/89 RS <sup>2</sup>	EPA Reúso urbano <sup>3</sup>	CONAMA 357/05 <sup>4</sup>
Coliformes fecais (NMP/100ml)	70	<b><math>2,2 \times 10^5</math></b>	ND	$\leq 300$	ND*	1000
Coliformes totais (NMP/100ml)	70	$3,74 \times 10^6$		-		5000
pH	7,7	7,052	6,0 a 9,5	6,0 a 8,6	6 a 9	6 a 9
Sódio ( $\text{Na}^+$ mg/l)	< 0,5	-	200			
Potássio ( $\text{K}^+$ mg/l)	<0,5	-				
Contag Bacteriológica (UFC/ml)	<b><math>1,6 \times 10^2</math></b>	<b><math>1,16 \times 10^6</math></b>	$\leq 500$			
Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ mg/l)	< 0,05	-	0,2	10		0,1
Cloretos ( $\text{Cl}^-$ mg/l)	2,9	50,12	250		600	250
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ -N mg/l)	0,384	<b>688,86</b>	10			10
Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ -N mg/l)	0,0213	0,40	1			1
Ferro total (mg/l)	--	-	0,3	10		
Turbidez (UNT)	1,77	<b>246,49</b>	5		$\leq 2$	100
Dureza total ( $\text{CaCO}_3$ mg/l)	19,3	10	500	$\leq 200$		
Condutividade ( $\mu\text{s/cm}$ )	27,2	152,56	2000			
Zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ mg/l)	0,00	-	5	1		0,18
Cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ mg/l)	0,00	-	2	0,5		0,02
Manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ mg/l)	0,00	-	0,1	2		0,1

Onde: 1, 2, 3 e 4: Conforme legendas das tabelas 10 a 13.

#### 4.4 Eficiência necessária para o reúso da água cinza

Conforme a média dos valores qualitativos da água cinza coletada nos chuveiros e lavatórios, calculou-se o percentual de redução para atingir os limites estabelecidos pelas Portarias e Resoluções considerados nesta pesquisa. Como visto anteriormente, na tabela 15 apresentou-se a média da qualidade da água cinza coletada nos apartamentos em Passo Fundo, e também os valores limites considerados. Com os valores da média (VM) obtidos da tabela 15, calculou-se o percentual de redução (%R) foi verificado conforme fórmula (4):

$$\%R = 1 - (VE/VM) \times 100 \quad (4)$$

Onde:

VE: Valor esperado (limites considerados); e

VM: Valor da média calculada da água cinza.

A tabela 17 apresenta o percentual de redução calculado da água cinza coletada.

Tabela 17 – Percentual de redução calculado da média da qualidade da água cinza coletada.

Parâmetros	Média qualitativa da água cinza	Portaria MS 518/04 <sup>1</sup>		Portaria 05/89RS <sup>2</sup>		EPA Reúso urbano <sup>3</sup>		CONAMA 357/05 <sup>4</sup>	
		Limite	Redução	Limite	Redução	Limite	Redução	Limite	Redução
Colif fecal (NMP/100ml)	<b>2,2x10<sup>5</sup></b>	ND*	ND*	≤ 300	99,86	ND*	ND*	1000	99,54
Colif total (NMP/100ml)	<b>3,74x10<sup>6</sup></b>			-				5000	98,66
pH	7,052	6 a 9,5		6 a 8,6		6 a 9		6 a 9	
DBO (mg/l)	<b>317,22</b>			≤ 200	36,95	≤ 10	96,85	≤ 5	98,42
DQO (mg/l)	<b>605,90</b>			≤ 450	25,73				
Sólid Suspen (SS) (mg/l)	146,60			≤ 200					
Sólidos Sediment (ml/l)	0,13			≤ 1,0					
OD (mg/l)	<b>3,07</b>							≥ 5	**
Surfactantes (mg/l)	3,72	0,5		2,0					
Cont. Bactérias (UFC/ml)	<b>1,16x10<sup>6</sup></b>	≤ 500	99,84						
Cloretos (Cl <sup>-</sup> mg/l)	50,12	250				600		250	
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	<b>688,86</b>	10	98,61					10	98,61
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/l)	0,4	1						1	
Fósforo total (mg/l)	<b>1,11</b>			1	9,9				
Turbidez (UNT)	<b>246,49</b>	5	97,97			≤ 2	99,18	100	59,43
Dureza tot (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	10	500		≤ 200					
Condutividade (µs/cm)	152,56	2000							

1 - VPM da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, de acordo com a Portaria MS 518/2004.

2 - VPM de lançamento de efluentes em corpos d'água pela Portaria 05/89-SSMA do RS.

3 - VPM para Reúso Urbano, conforme U.S.EPA – *Manual Guidelines for water reuse*. Nos locais onde o contato humano não é permitido o limite é 200 coli. fecais/100 ml, 30 mg/l de SS (Sólidos Suspensos) e 30 mg/l de DBO. O limite para cloro residual é 1 mg/l.

4 - Limites da Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 – águas destinadas à recreação de contato primário (tais como natação e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00), irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aquíicultura e à atividade de pesca. Se não tiver contato humano, ou então a irrigação for para culturas arbóreas, cerealíferas ou forrageiras, a classe será 3 e o limite de coliformes termotolerantes 4000/100ml e de DBO é 10 mg/l; ou classe 4, uso em navegação e harmonia paisagística.

A tabela 18 apresenta o limite estabelecido pelas Portarias e Resoluções consideradas, bem como o percentual de redução devido aos determinados usos, para cada parâmetro de qualidade da água cinza pesquisada.

Tabela 18 – Índice de redução necessário conforme determinados usos para a água de reúso.

Órgão ou entidade	Usos	Parâmetro	Limite	Média da água cinza	Redução (%)
EPA/04	<b>Reúso Urbano</b> - Todos os tipos de irrigação de jardins ou paisagens (campos de golfe e futebol, parques, cemitérios), também lavagem de veículos e calçadas, <b>descarga sanitária</b> , uso em sistemas de combate de incêndio e ar condicionados comerciais, e outros tipos de usos com acesso e exposição similar a água.	Coli. fecal (NMP/100ml)	ND*	2,2x10 <sup>5</sup>	100
		DBO (mg/l)	10	317,22	96,85
		Turbidez (UNT)	2	246,49	99,18
		pH	6 a 9	7,052	-
		Cloro residual (mg/l)	1	-	-
EPA/04	<b>Paisagístico</b> - Uso estético onde o contato humano com a água recuperada não é permitido	Coli. fecal (NMP/100ml)	200	2,2x10 <sup>5</sup>	99,99
		DBO (mg/l)	30	317,22	90,54
		Sólidos Suspensos (mg/l)	30	146,60	79,64
		Cloro residual (mg/l)	1	-	-
EPA/04	<b>Recreação</b> – Contato acidental (pesca, navegação) e contato total do corpo com a água recuperada (esqui aquático, natação e mergulho)	Coli. fecal (NMP/100ml)	ND*	2,2x10 <sup>5</sup>	100
		DBO (mg/l)	10	317,22	96,85
		Turbidez (UNT)	2	246,49	99,18
		pH	6 a 9	7,052	-
		Cloro residual (mg/l)	1	-	-
CONAMA 357/05	<b>classe 2</b> – águas destinadas à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00), irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aqüicultura e à atividade de pesca.	Coli. fecal (NMP/100ml)	1000	2,2x10 <sup>5</sup>	99,54
		Coli. total (NMP/100ml)	5000	3,74x10 <sup>6</sup>	98,66
		DBO (mg/l)	5	317,22	98,42
		OD (mg/l)	≥ 5	3,07	**
		Nitrato (mg/l)	10	688,86	98,54
		Nitrito (mg/l)	1	0,4	-
		Cloretos (mg/l)	250	50,12	-
		Turbidez (UNT)	100	246,49	59,43
		Sólidos Suspensos (mg/l)	VA*	146,60	-
		pH	6 a 9	7,052	-
		óleos e graxas	VA*	17,27	-
CONAMA 357/05	<b>classe 3</b> – águas destinadas a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à dessecação de animais, à pesca amadora, e à recreação de contato secundário.	Coli. termo (NMP/100ml)	4000	2,2x10 <sup>5</sup>	98,18
		DBO (mg/l)	10	317,22	96,84
		OD (mg/l)	≥ 4	3,07	**
		Cloretos (mg/l)	250	50,12	-
		Nitrato (mg/l)	10	688,86	98,54
		Nitrito (mg/l)	1	0,4	-
		Turbidez (UNT)	100	246,49	59,43
		Sólidos Suspensos (mg/l)	VA*	146,60	-
		pH	6 a 9	7,052	-
óleos e graxas	VA*	17,27	-		
CONAMA 357/05	<b>classe 4</b> – águas destinadas à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes ( <b>incluiu-se aqui a descarga na bacia sanitária</b> )	Sólidos Suspensos (mg/l)	VA*	146,60	Reduzir
		pH	6 a 9	7,052	-
		óleos e graxas (mg/l)	I*	17,27	-
		OD (mg/l)	≥ 2	3,07	-
		Odor e aspecto	NO*	-	-

Onde:

VA\*: Virtualmente ausente; I\*: Toleram-se Iridescências; NO\*: Não objetáveis; e ND\*: Não detectável.

\*\* - O índice de OD deverá aumentar para o limite, e não reduzir.

Tabela 18 - Índice de redução necessário conforme usos para a água de reúso (*Continuação*).

Órgão ou entidade	Usos	Parâmetro	Limite	Média da água cinza	Redução (%)
<b>NBR 13.969/97</b>	<b>classe 1</b> - Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.	Coli. fecal (NMP/100ml)	200	2,2x10 <sup>5</sup>	99,99
		Turbidez (UNT)	5	246,49	97,97
		SST (mg/l)	200	-	-
		pH	6 a 8	7,052	-
		Cloro residual (mg/l)	0,5-1,5	-	-
<b>NBR 13.969/97</b>	<b>classe 2</b> - Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:	Coli. fecal (NMP/100ml)	500	2,2x10 <sup>5</sup>	99,77
		Turbidez (UNT)	5	246,49	97,97
		Cloro residual (mg/l)	> 0,5	-	-
<b>NBR 13.969/97</b>	<b>classe 3</b> - Reúso nas <b>descargas das bacias sanitárias</b>	Coli. fecal (NMP/100ml)	500	2,2x10 <sup>5</sup>	99,77
		Turbidez (UNT)	10	246,49	95,94
<b>NBR 13.969/97</b>	<b>classe 4</b> - Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coli. fecal (NMP/100ml) OD (mg/l)	5000 > 2	2,2x10 <sup>5</sup> 3,07	97,72 -

Observa-se nas tabelas 17 e 18 que o percentual de redução dos parâmetros coliformes fecais e totais, contagem bacteriológica, e Nitrato, foram os mais elevados, com valores de redução entre 95 e 100%.

Para a maioria dos parâmetros os percentuais de redução necessários situam-se entre 95 e 100%. Os valores de percentual de redução foram apresentados no capítulo 2 por Imhoff (2002), no quadro 16, eficiência dos métodos de tratamento de esgoto, onde o maior percentual de redução da DBO é conseguido pelo método de tratamento filtros intermitentes de areia, que consegue reduzir 90 a 95% o índice de DBO. Mas no quadro 18 von Sperling apud Botelho (2002), apresentou a maior eficiência o método de infiltração lenta, com 94 a 99% na redução da DBO e maior que 99% na redução de coliformes, e o Tanque séptico + Filtro anaeróbio de 70 a 90% na redução da DBO e de 60 a 70% na redução de coliformes.

A maior redução de SS (sólidos suspensos) é conseguida pelos métodos: filtros intermitentes de areia ou lodos ativados convencionais, ambos com percentual de 85 a 95% de redução.

Já o índice de bactérias, tem vários métodos de tratamento com o percentual de redução alto, como a cloração de esgoto bruto ou decantado (90 a 95%), filtros biológicos de baixa capacidade (90 a 95%), lodos ativados convencionais (90 a 98%), filtros intermitentes de areia (95 a 98%) e, o mais alto índice de redução de bactérias é o método da cloração de efluentes

depurados biologicamente, que reduz 98 a 99%, segundo Imhoff (2002), como visto anteriormente no quadro 16.

O índice de Nitrato pode ser reduzido, segundo von Sperling (1996b), pela desnitrificação. Em condições anóxicas, ou seja, ausência de oxigênio mas presença de nitratos, esses são utilizados por microorganismos heterotróficos como o aceptor de elétron, em substituição ao oxigênio. Neste processo, o nitrato é reduzido a nitrogênio gasoso gerando economia de oxigênio, e consumo de  $H^+$ , implicando na economia de alcalinidade. Para a remoção de poluentes nos esgotos domésticos como o nitrogênio, os mais indicados processos são a nitrificação e desnitrificação biológica; a disposição no solo; ou processos físico-químicos, de acordo com von Sperling (1996b).

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Conforme von Sperling (1996b), quando de origem antropogênica, como os despejos domésticos ou industriais, pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em uma água com 10 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez), pode-se notar ligeira nebulosidade, e com turbidez igual a 500 UNT, a água é praticamente opaca. Valores de turbidez maiores que 50 UNT requerem uma etapa antes da filtração, que pode ser coagulação química ou um pré-filtro grosseiro.

Na tabela 18, onde foi apresentada a eficiência necessária de redução da água cinza para atingir os padrões considerados, observou-se que a maioria desses padrões é muito restritiva em se tratando de reúso, e deveriam ser revistos. Por exemplo, na NBR 13969/97, a classe 2, que é para irrigação de áreas verdes, lavagens de calçadas, entre outros, tem o mesmo valor limite de coliformes fecais da classe 3, que é para reúso em bacias sanitárias, ambos com 500 NMP/100ml. E, para a classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005, que é para uso em irrigação de plantas frutíferas e hortaliças, e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aquicultura e à atividade de pesca, e para recreação de contato primário em condições satisfatórias, ou natação e mergulho, ou seja, usos mais restritivos que a descarga sanitária, o valor limite é 1000 NMP/100ml. O mesmo ocorreu com a Turbidez.

De acordo com Blum (2003), os critérios gerais norteadores de um programa de reúso quanto à qualidade da água produzida são: o reúso não deve resultar em riscos sanitários à população; o reúso não deve causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários, por exemplo, nas descargas sanitárias a água deve ser límpida, incolor, e sem cheiro; o reúso não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente, como por exemplo, no reúso em lagos paisagísticos os nutrientes não devem ser elevados para evitar a eutrofização; a fonte de água

que será submetida a tratamento para posterior reúso deve ser quantitativa e qualitativamente segura; e a qualidade da água deve atender às exigências relativas aos usos a que ela se destina.

#### 4.5 Sugestões para um anteprojeto de reúso de água cinza

A seguir são apresentadas algumas sugestões e etapas para um planejamento de reúso de água cinza.

1. Faça uma pesquisa sobre as possíveis fontes de água cinza do apartamento ou residência, e da quantidade gerada por este apartamento. Se não puder quantificar este volume, utilize os dados desta pesquisa, que estão nas últimas colunas da tabela 18.

Tabela 19 – Quantificação do volume de água cinza gerado em apartamentos.

Fontes	Volume (litros/pessoa/dia)	Volume (litros/pessoa/dia)	Volume (litros por semana)*	Volume gerado (%)
Chuveiro		158	1360	35,5
Lavatório		48	801	10,9
Banheira		24	406	5,5
Pia da cozinha		82	1360	18,6
Máquina de lavar louça		8	135	1,8
Máquina de lavar roupa		85	1403	19,2
Tanque		37	615	8,4
Outras fontes				

\* Se não puder determinar a quantidade utilizada pelos usuários, utilize estes valores que são a média dos volumes verificados em Passo Fundo, RS, em apartamento Tipo 1, conforme figura 40, descontados 5% devido às perdas.

Observe que as características das edificações estão expressas conforme apartamento Tipo 1 (apartamento com todos os aparelhos considerados). Para facilitar vale lembrar que pode ser consultada a tabela 8, apresentada anteriormente.

2. Utilize as considerações abaixo que achar necessário para o projeto.

<b>A. Planta total do Local</b> Topografia Inclinação Condições do solo Lençol freático Edifícios Utilidades Limites do terreno Vegetação Banhados	<b>B. Exigências de Regulamentações</b> Normas de instalações prediais de água Leis Ambientais Estaduais e Federais Regulamentos de reúso de água (se existir) Limitações da qualidade do efluente: (DBO, NO <sub>3</sub> , <i>E-coli</i> , Coliformes, Turbidez, outros.) Código local de saúde Exigências da Convenção do condomínio Exigências de Monitoramento Dados das avaliações para as aprovações
---	---

<b>C. Informações do Projeto</b>	<b>D. Especificações do Novo Sistema</b>
Facilidades existentes do tratamento Tanque Séptico Disponibilidade de área Outro Qualidade e quantidade do efluente Número de banheiros Num. de pessoas regulares na residência Ocupação Tipo de dispositivos e de encaixes Máquina de lavar louças Máquinas de lavar roupas Banheiras, chuveiros, outros Taxas da Evaporação Dados da Temperatura Dados pluviométricos Objetivos de reutilizar a água	Tipo de tratamento proposto Especificações Técnicas Caráter do tratamento do efluente: Transformação Típica Redução na poluição Produção do fertilizante Oportunidades de reúso Melhor uso de facilidades existentes Tubulações existentes Novo uso do equipamento existente Potencial para economias Água Taxas - água e esgoto Avaliação Total da Melhoria

Fonte: Adaptado de Lindstrom, 2004.

3. Com estes dados em mãos, já é possível fazer um bom planejamento de reúso de água cinza, o qual deve passar pela concepção e projeto dos sistemas hidráulicos prediais da edificação, por exemplo, lembrar de realizar a separação da água de abastecimento da bacia sanitária do resto do banheiro. Um bom projeto de sistema de reúso de águas é aquele que começa com um bom planejamento desde a sua concepção, pois pode se tornar mais econômico e de melhor funcionamento do que a implantação do sistema de reúso onde já existem tubulações em funcionamento, e onde certamente a água cinza não é separada.

Conforme a NBR 13.969/97, freqüentemente, o reúso é apenas uma extensão do tratamento de esgotos, sem investimentos adicionais elevados, assim como nem todo o volume de esgoto gerado deve ser tratado para ser reutilizado. Deve-se quantificar a demanda pela água de reúso, para evitar desperdícios em relação ao tratamento, devido ao volumes tratados serem maiores que os volumes consumidos da água cinza.

## CONCLUSÕES

### 5.1 Conclusões da pesquisa

A reutilização da água cinza gerada nas edificações diminui o consumo de água potável para fins menos nobres, contribui para a sustentabilidade hídrica das cidades, pois em um país onde o saneamento básico não é para todos, e a maioria das cidades despeja o esgoto doméstico diretamente nos rios ou a céu aberto, essa medida minimiza a quantidade de poluição lançada nos corpos hídricos.

O controle do processo de reúso de águas é a fase de grande importância, uma vez que adotar de forma sistemática o reúso pode gerar problemas de saúde pública. Devendo começar pela obrigatoriedade de separação das canalizações de água potável e água de reúso de forma clara e convencionada, adotando procedimentos como o de pintar essas tubulações com coloração específica e com denominação para alertar sobre o uso das mesmas, principalmente quando for para limpeza de pisos e irrigação de jardins. Além disso, deve-se primar pelo monitoramento da operação de reúso e em particular no desempenho da desinfecção realizada no sistema, principalmente para a água cinza. E também a utilização de placas de alerta.

A separação dos sistemas de água cinza e de água negra deve ser pensada desde o início do projeto de uma edificação. Um bom projeto de sistema de reúso de águas é aquele que começa com um bom planejamento desde a sua concepção, pois pode se tornar mais econômico e de melhor funcionamento do que a implantação do sistema de reúso onde já existem tubulações em funcionamento, e onde a água cinza não é separada.

As conclusões em relação à análise quantitativa da água cinza, baseadas nos resultados obtidos nas amostras finais, podem ser sintetizadas da seguinte forma:

- 94% dos apartamentos pesquisados possuem máquina de lavar roupa (MLR), 39% possuem máquina de lavar louça (MLL) e 8% possuem banheira, além dos aparelhos considerados básicos em apartamentos, como o chuveiro, o lavatório, a pia da cozinha e o tanque;

- no apartamento Tipo 1 (completo) com bacia sanitária de 6 litros/descarga, o chuveiro consome 32,9% da água potável, a MLR 17,7%, a pia da cozinha 17,2%, o lavatório 10,1%, a bacia sanitária 7,5%, a banheira 5,1%, o tanque 7,8% e a MLL 1,7%;
- ainda, no apartamento básico Tipo 8, o chuveiro consome 43,3% da água potável, a pia da cozinha 23%, o lavatório 13,4%, a bacia sanitária 10% e o tanque 10,3%.
- o volume de água cinza gerado pelos aparelhos em um apartamento completo (Tipo 1), ou seja, apartamento com todos os aparelhos considerados, foi 25% maior do que em um apartamento do Tipo 8, que contém somente os aparelhos básicos, como chuveiro, lavatório, pia da cozinha e tanque;
- e, em relação ao apartamento Tipo 5, que é a tipologia de apartamento mais frequente entre os entrevistados, devido à máquina de lavar roupa a mais que o básico, este gera 18,2% a mais de água cinza em relação ao apartamento Tipo 8 (básico);
- se a água cinza for usada, em lugar da água potável, na descarga da bacia sanitária existirá a possibilidade de uma economia 10% no consumo de água potável para apartamentos do Tipo 8 (básico), de 8% para apartamentos do Tipo 5, e de 7,5% para apartamentos do Tipo 1 (completo);
- se, em um apartamento do Tipo 5, a máquina de lavar roupa gera 20,6% da água cinza, e o consumo de água na bacia sanitária deste apartamento é 8%, conclui-se que a quantidade de água cinza gerada é suficiente, e com folga para suprir a demanda na bacia sanitária. Então, a quantidade de água cinza gerada por todos os aparelhos é muito maior que a quantidade de água necessária para a descarga da bacia sanitária, justificando o seu reúso em termos quantitativos. Também, comprovando não ser necessária a utilização de todo o volume gerado da água cinza para o reúso.
- deve-se quantificar a demanda pela água de reúso, para evitar desperdícios em relação ao tratamento, devido ao volumes tratados serem maiores que os volumes consumidos da água cinza. Então, nem todo o volume gerado deve ser tratado para posterior reúso.

Estes volumes de água cinza foram obtidos considerando-se a perda de 5% no sistema predial de água cinza.

Os dados obtidos na parte quantitativa desta pesquisa podem subsidiar algumas avaliações para o desenvolvimento de projetos futuros com reúso de água cinza, como o exemplo apresentado a seguir:

Supondo-se um condomínio vertical com quatro apartamentos por andar, com quatro andares e com cinco blocos, ou seja, 80 apartamentos com a tipologia do Tipo 8, somente com os aparelhos básicos, o que constituem os condomínios de interesse social. A média de consumo em cada apartamento é de 25 m<sup>3</sup>/mês, obtida através da pesquisa realizada em Passo Fundo. Então, o condomínio teria um consumo de 2000 m<sup>3</sup>/mês de água potável.

Sabendo-se que, os apartamentos do Tipo 8 que contêm a bacia sanitária de 6 litros/descarga, consomem 10% da água potável para a bacia sanitária, neste condomínio seriam consumidos 200 m<sup>3</sup>/mês de água potável, ou seja, 200 mil litros de água potável por mês somente para a descarga das bacias sanitárias. Volume este que poderia ser economizado de água tratada e potável, pelas concessionárias e pelos usuários, se for aplicado o reúso de água cinza.

Quanto à opinião dos usuários entrevistados, somente um usuário, dos 512 entrevistados, não aceitaria o reúso de águas devido ao seu gasto com a conta de água não ser tão elevado, e 95% dos entrevistados aceitaria ter em seus apartamentos uma torneira de reúso devidamente identificada, no tanque por exemplo, juntamente com a torneira de água potável. Confirmando que a população de Passo Fundo está preocupada e conscientizada com a atual situação da água, e disposta a fazer algo para mudar a situação;

Em relação à análise qualitativa da água cinza dos chuveiros e lavatórios deste estudo as conclusões podem ser sintetizadas da seguinte maneira:

- a água cinza analisada é um efluente doméstico com baixa qualidade, apresentando um alto valor de coliformes fecais em média  $2,2 \times 10^5$  (NMP/100ml), um efluente para ser lançado em corpos d'água conforme Portaria 05/89-SSMA do RS, deveria apresentar valor menor ou igual a 300 (NMP/100ml), ou seja a água cinza analisada é aproximadamente 700 vezes maior. Já, de acordo com a classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 deveria ser menor que 1000 NMP/100ml, e para a classe 3 da NBR 13.969/97 deveria ser menor que 500 NMP/100ml;
- outro parâmetro importante encontrado nos valores qualitativos foi a Turbidez que variou de 98,2 a 383,3 UNT nos banhos e foi de 7,37 nos lavatórios, que para a NBR 13.969/97 na classe 3, para uso em descarga da bacia sanitária deveria ser 10 UNT, e pela classe 2 da CONAMA 357/05 seria 100 UNT;

- o índice de Nitrato obteve um valor acima do valor limite de 10 mg/l. Um valor elevado de nutrientes poderia causar a eutrofização de corpos hídricos, ou se ingerida essa água poderia causar a metahemoglobinemia, ou a síndrome do bebê azul. Porém para a descarga das bacias sanitárias, este índice elevado não causaria problemas sanitários;
- observou-se também, que na contagem bacteriológica se obteve um valor elevado, variando de  $2,0 \times 10^4$  para  $8,5 \times 10^6$  UFC/100ml.
- em relação à eficiência necessária de redução da água cinza para atingir os padrões considerados, observou-se que a maioria desses padrões é muito restritiva em se tratando de reúso, e deveriam ser revistos. Por exemplo, na NBR 13969/97 da ABNT, a classe 2, que é para irrigação de áreas verdes, lavagens de calçadas, entre outros, tem o mesmo valor limite de coliformes fecais da classe 3, que é para reúso em bacias sanitárias, ambos com 500 NMP/100ml. E, para a classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 que é para uso em irrigação de plantas frutíferas e hortaliças, e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca, e para recreação de contato primário em condições satisfatórias, como natação e mergulho, ou seja, usos mais restritivos que a descarga sanitária, o valor limite é 1000 NMP/100ml. Portanto, o dobro do valor da norma da ABNT.

Quanto à divisão na análise qualitativa, por tipologia dos apartamentos (com ou sem crianças e/ou animais) e a coletas em diferentes estações do ano, não foi observada nenhuma influência significativa nos resultados da pesquisa.

Em comparação qualitativa das águas pluviais com os resultados da água cinza desta pesquisa, estes revelaram, como já era esperado, muita diferença entre os dois tipos de água, mostrando que todos os índices químicos, físicos e microbiológicos da água cinza são mais elevados, precisando um tratamento mais específico e complexo para o seu reúso.

Porém do ponto de vista ambiental, o reúso da água cinza é plenamente aceitável. Como justificativa pode-se citar que, se esta for reutilizada, haverá minimização na quantidade de esgoto lançado nos corpos hídricos locais, como também a redução na demanda por mananciais de água potável.

Com os resultados quantitativos e qualitativos das águas analisadas, pôde-se observar que com um tratamento adequado, como o indicado pela EPA, por exemplo, para reúso urbano, que é o de se realizar um tratamento secundário, filtração e desinfecção, ou ainda os

tratamentos indicados pela NBR 13.969/97, como por exemplo para a bacia sanitária pode-se prever o uso da água de enxágüe das MLR, apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando à bacia sanitária, em vez de enviá-las para o sistema de esgoto para posterior tratamento, estas águas podem ser reutilizadas para fins não nobres em qualquer edificação, gerando economia de água potável com redução da demanda nos sistemas urbanos de captação, distribuição e tratamento de água.

Portanto, se o uso da água cinza do chuveiro ou do lavatório, for exclusivamente para a descarga das bacias sanitárias, acredita-se que com um tratamento simples como filtração e desinfecção, a água cinza possa ser reutilizada sem maiores problemas e com economia para o usuário e para as concessionárias, e contribuir também com a preservação ambiental com reflexo nas gerações futuras, minimizando a carga de esgotos nos rios e, onde um recurso tão importante quanto à água potável, será reservada apenas para os fins nobres.

Recomenda-se, deste modo, que o setor residencial, comercial e industrial, adote uma postura de conformidade ambiental, dedicando especial atenção para um insumo vital como a água, com a consciência adequada da necessidade de sua utilização de forma racional em termos quantitativos e qualitativos.

Ao finalizar este trabalho espera-se ter conseguido contribuir para o conhecimento da sustentabilidade hídrica dos mananciais e, em especial, do reúso de água cinza no Brasil.

## **5.2 Recomendações para trabalhos futuros**

Com a finalidade de complementar e dar continuidade a essa linha de pesquisa sugere-se:

- Realizar o mesmo estudo em edificações comerciais e industriais de Passo Fundo que utilizem uma quantidade razoável de água potável diariamente, em serviços onde a água não potável poderia ser aplicada, como as garagens das empresas de ônibus urbanos, lavagem de automóveis em postos de gasolina, entre outros;
- Estudar, nos diferentes sistemas de tratamento, formas de redução dos índices de contaminação relacionados com a água cinza;
- Estudar qualitativamente a água cinza gerada pelos outros aparelhos, além do chuveiro e lavatório, em apartamentos, para verificar as diferenças entre ambos e poder optar pela alternativa mais segura, a nível econômico e de escolha de tratamento;
- Determinar um sistema de tratamento economicamente viável para o reúso da água cinza de edificações a partir dos dados coletados nesta pesquisa;

- Verificar o índice de Nitrato através de análises mais frequentes como, por exemplo, uma vez por semana, durante um intervalo de tempo, até obter um resultado mais preciso;
- Verificar se a água cinza coletada em Passo Fundo poderia ser aproveitada na construção civil, como a EPA indica na lavagem dos materiais e dos agregados, na fabricação do concreto, compactação do solo e controle da poeira;
- Aplicar o sistema de reúso de água cinza com alguns tipos de tratamentos e fazer o monitoramento qualitativo e quantitativo, através de análises, para verificar a viabilidade técnica do sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGENDA 21.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/capa/>>. Acesso em: 25 out. 2003.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 13969:** Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. RJ, set. 1997.

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

BINSWANGER, Hans Christoph; Fazendo a sustentabilidade funcionar. In: **Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1999.

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

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

BLUM, José R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. dos. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. p. 125-174.

BOTELHO, Honório Pereira. **Tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, MG, 2002. Apostila de curso.

CIOCCHI, L. Para utilizar água de chuva em edificações. **Revista Técnica**, n. 72, p. 58-60, mar. 2003.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n.º 357, de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. CONAMA, mar. 2005.

\_\_\_\_\_. **Resolução n.º 20, de 1986**. Estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional e respectivas normas para qualidade de águas e lançamento de efluentes nas coleções de água, e dá outras providências. CONAMA, jun. 1986.

\_\_\_\_\_. **Resolução n.º 274, de 2000**. Legislação de balneabilidade, em relação aos níveis estabelecidos para a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário. CONAMA, Nov. 2000.

COSTA, Danilo. Com todo respeito, aproveite a natureza. **Revista Arquitetura e Construção**, São Paulo, Editora Abril, ano 20, n. 11, p. 74-77, nov. 2004.

FIESP/CIESP. **Conservação e reúso de água**: Manual de orientações para o setor industrial. FIESP/CIESP/ANA: vol. 1. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Destaque/docs/d179-reuso.pdf>> Acesso em 30 set. 2004.

FONINI, A. **Estudo para determinação da capacidade de reúso das águas pluviais e de efluentes**. UPF – FAPERGS. UPF, 2003. Relatório referente à bolsa PROBIC.

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

GUILLERMO, León S.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: UFPB, 1999.

HESPAHOL, Ivanildo. **Potencial de Reúso de Água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Disponível em: <[http://www.aguabolivia.org/SituacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos\\_verde/TC-158.htm](http://www.aguabolivia.org/SituacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-158.htm)>. Acesso em: 08 out. 2003.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2003.

INSTITUTO GEOLÓGICO E MINEIRO. **Água Subterrânea: Conhecer para Preservar o Futuro**. Disponível em: <[http://www.igm.pt/edicoes\\_online/diversos/agua\\_subterranea/indice.htm](http://www.igm.pt/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)>. Acesso em: 28 nov. 2003. Versão On-line disponível no *site* do IGM.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Vol.1, São Paulo: CETESB, 1975, 544 p.

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

LINDSTROM, Carl. **Greywater: what is... how to treat it... how to use it**. Disponível em: <<http://www.greywater.com>>. Acesso em: 28 jun. 2004.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. dos. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

MANUAL de Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/manusane/manusan00.htm>> Acesso em: 25 set. 2003.

MENDES, C. E. A. et al. **Reúso de Água em Ambientes Urbanos**. Disponível em: <[http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2537/Material/Aula10\\_11\\_RedesdaAgua/Redes\\_de\\_Agua.pdf](http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2537/Material/Aula10_11_RedesdaAgua/Redes_de_Agua.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria MS 518 de 2004**. Procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília, 25 mar. 2004. DOU 26/03/2004, seção I, p 266.

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

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

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO. Disponível em: <<http://www.pmpf-rs.com.br>>. Acesso em: 18 dez. 2003.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. **PNCDA**. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br>>. Acesso em: 23 dez. 2004.

RAUBER, Jaime J. e SOARES, Marcio (Coord.), et al. **Apresentação de trabalhos científicos: normas e orientações práticas**. 3. ed. Passo Fundo: UPF, 2003.

RICHTER, Carlos A; AZEVEDO NETTO José M.; **Tratamento de água. Tecnologia atualizada**. São Paulo,SP: Editora Edgard Blücher LTDA, 1991.

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

ROSSETTO, A. M. **Proposta de um Sistema Integrado de Gestão Ambiental Urbana (SIGAU) para administração estratégica das cidades**. 2003.133f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia de produção, Universidade de Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

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

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

SANTOS, Hilton F. dos. Custos dos sistemas de reúso de água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. dos. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. p. 433-468.

SECRETARIA DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE DO RS. **Portaria 03 de 1980 – SSMA**. Dispõe sobre requisitos e funcionamento das piscinas particulares e de uso coletivo. Porto Alegre, 12 nov. 1980.

\_\_\_\_\_. **Portaria 05 de 1989 – SSMA**. Dispõe sobre critérios e padrões de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes nos corpos d'água interiores do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 16 mar. 1989.

SILVA, M. C. C. da; MARTINS, J. R. S. **Reúso de águas servidas: Sistemas de abastecimento de água em condomínios residenciais verticais e horizontais**. Disponível em: <[http://www.usp.br/cirra/arquivos/reuso\\_resumo.pdf](http://www.usp.br/cirra/arquivos/reuso_resumo.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2003.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO, SNIS, 2001. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: 23 out. 2003.

*STANDARD METHODS for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. 20<sup>th</sup>, 1998.

SUPER INTERESSANTE. **Reaproveitar é o caminho**. Ed. 204. Set. 2004.

SYMONS, J. M. et al. *Ozone, chlorine dioxide and chloramines as alternatives to chlorine for disinfection of drinking water*. *Water chlorination* 2:555-560. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ncea/pdfs/water/chloramine/dwchloramine.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2004.

TECHNOWATER. **Desperdício: Índia**. Disponível em: <<http://www.technowater.hpg.ig.com.br/menu7/ind.html>>. Acesso em: 23 nov. 2003.

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

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

TUCCI, Carlos E. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan./mar. 2002.

TUCCI, C. E. M. et al. **Cenários da gestão da água no Brasil**: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”. Disponível em: <<http://www.eco2000.com.br/ecoviagem/ecoestudos/pdf/Cenarios-de-gestao-da-agua-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2003.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p. Disponível em: <<http://www.camaradecultura.org/gestao-da-agua.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2003.

U.S.EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Manual guidelines for water reuse*. EPA/625/R-04/108, Set. 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2005.

U.S.EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Manual guidelines for water reuse*. U.S. Washington, DC: EPA, 1992. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 23 out. 2003.

\_\_\_\_\_. *Water Conservation Plan Guidelines*. U.S. Washington, DC: EPA, Ago. 1998. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 15 jan. 2005.

VAL, P. T. et al. **Reúso de água e suas implicações jurídicas**. São Paulo, SP: Editora Navegar, 2003.

VESENTINI, J.W. **Brasil, Sociedade e Espaço**. 7. ed. São Paulo, SP: Editora Ática, 1999.

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

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

WALDMAN, Maurício. **Recursos hídricos e a rede urbana mundial**: dimensões globais da escassez. Disponível em <[http://www.mw.pro.br/mw/p04\\_03\\_06.pdf](http://www.mw.pro.br/mw/p04_03_06.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2003.

WENZEL, Marianne. A gota d'água. **Revista Arquitetura e Construção**, São Paulo, Editora Abril, ano 19, n. 06, p. 96-99, jun. 2003.

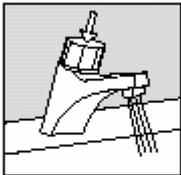
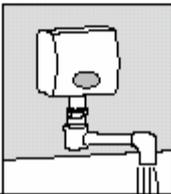
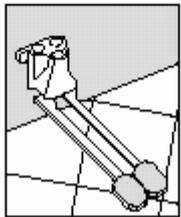
WERTHEIN, J. **A água como prioridade**. Disponível em: <[http://www.unesco.org.br/noticias/artigos/artigow\\_agua.asp](http://www.unesco.org.br/noticias/artigos/artigow_agua.asp)>. Acesso em: 25 nov. 2003.

## ANEXO A

## ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA – FIESP/CIESP

### 1. Equipamentos Hidráulicos Economizadores de Água

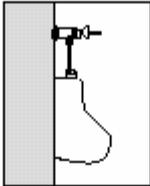
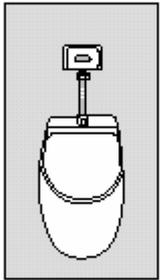
Equipamentos hidráulicos economizadores de água devem ser especificados de acordo com o uso a que se destinam e com o tipo de usuário que irá utilizá-los. O quadro abaixo resume as características dos principais equipamentos hoje encontrados no mercado:

Equipamento	Tipo	Características Principais
<b>Torneiras</b>	Convencional	Dispositivo de controle do fluxo de água que, quando acionado, libera uma determinada vazão, que pode ser controlada, para uma atividade fim.
	Hidromecânica 	O controle da vazão é obtido pela incorporação, no equipamento, de um redutor de vazão, ou seja, os usuários não interferem na vazão. O tempo de acionamento do fluxo de água também determina o uso racional neste tipo de equipamento. Este tempo não deve ser muito curto, para evitar que o usuário tenha que acioná-lo várias vezes em uma única operação de lavagem, além de causar um desconforto. Este sistema pode ser instalado em sanitários/vestiários de escolas, indústrias, shopping centers, edificações comerciais, escritórios, estádios de futebol e hospitais, entre outros.
	Sensor 	O comando destes equipamentos se dá pela ação de um sensor de presença. O sensor capta a presença das mãos do usuário, quando este as aproxima da torneira, liberando assim o fluxo de água. A alimentação elétrica do sistema pode-se dar pelo uso de baterias alcalinas ou pela rede de distribuição elétrica do local (127/220V). A presença do sensor no corpo da torneira é uma solução adequada quanto a questão do vandalismo. Este sistema pode ser instalado em sanitários de escolas, indústrias, shopping centers, edificações comerciais, escritórios e hospitais, entre outros.
	Funcionamento por válvula de pé 	Este sistema é caracterizado pela presença de um dispositivo de acionamento instalado no piso, de frente à torneira propriamente dita. Este sistema é adequado a ambientes onde não se deseja o contato direto das mãos nos componentes da torneira, como em determinadas áreas de hospitais, cozinhas e laboratórios, devendo ser instalado apenas onde se espera que os usuários o usem de forma consciente e correta.
	Funcionamento por pedal 	Este sistema é caracterizado pela existência de um pedal em forma de alavanca. O pedal libera o fluxo de água até a torneira (bica). Este sistema é geralmente utilizado quando as tubulações são aparentes. O corpo da válvula onde a alavanca é instalada pode ser fixado na parede ou no piso, de forma aparente. O fluxo de água ocorre durante o tempo em que é feito o acionamento da mesma, mas existem modelos no mercado que apresentam uma trava para evitar que o usuário permaneça acionando o sistema, no decorrer de uma atividade demorada. Este sistema é adequado para locais onde haja produção, como em indústrias ou cozinhas industriais. O sistema é de simples instalação e manutenção, não demandando obras civis. No entanto, para que o sistema seja corretamente utilizado, deve haver a capacitação e orientação contínua dos usuários. A vazão pode ser reduzida colocando-se um restritor de vazão no sistema.

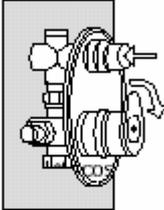
Quadro 1: Equipamentos economizadores de água.

Equipamento	Tipo	Características Principais
<b>Arejadores</b>		<p>O arejador é um componente instalado na extremidade da bica de uma torneira que reduz a seção de passagem da água através de peças perfuradas ou telas finas e possui orifícios na superfície lateral para a entrada de ar durante o escoamento de água. De forma geral, podem ser caracterizados por apresentar sucção ou não de ar quando da passagem do fluxo de água. O arejador atua de duas formas, pelo controle da dispersão do jato e pela redução da vazão de escoamento pela bica da torneira, reduzindo assim o consumo de água.</p> <p>Os arejadores são indicados para todas as torneiras, exceto as de limpeza e de tanque, nas quais o usuário necessita de uma maior vazão para reduzir o tempo de realização da atividade. Em cozinhas, recomenda-se a instalação de arejadores tipo "chuveirinho", que facilitam ainda mais a realização das atividades nessa área. Existem no mercado componentes com dupla função: arejador e "chuveirinho". Geralmente, nestes componentes, a modificação da função é feita através do giro da peça, permitindo assim um jato concêntrico ou difundido, como em um chuveiro.</p>
<b>Mictórios convencionais</b>	Coletivos	<p>Os mictórios coletivos são aqueles que atendem a mais de um usuário simultaneamente.</p> <p>O mictório coletivo apresenta como vantagem, em relação ao mictório individual, a capacidade de atendimento de mais usuários por metro linear do sanitário, podendo atender a um grande número de usuários em curtos períodos de pico, como nos sanitários de estádios de futebol. Em geral, os mictórios coletivos são instalados em locais públicos com incidência média/alta de vandalismo, como escolas e estádios. Como principais desvantagens dos mictórios coletivos, frente aos individuais, são: a manutenção do aparelho, a pouca privacidade e a dificuldade de uso de um sistema de acionamento da descarga de água para a limpeza de forma eficiente e econômica.</p> <p>Deve-se ressaltar que por ser um sistema adaptado, não se deve esquecer a introdução de um dispositivo na saída de esgoto que garanta o fecho hidráulico do sistema, como um sifão copo ou uma caixa sifonada, garantindo o desempenho do sistema quanto à questão do odor do ambiente.</p>
	Individual	<p>Os mictórios individuais são aqueles utilizados por um único usuário por vez. Estes mictórios são, caracteristicamente, fabricados industrialmente em série, em geral em louça cerâmica. A maioria dos mictórios comercializados hoje no Brasil são deste tipo.</p>

Quadro 1: Equipamentos economizadores de água (*continuação*).

Equipamento	Tipo	Características Principais
<b>Dispositivos de descarga para Mictórios convencionais</b>	<p>Valvula de acionamento hidromecânico</p> 	<p>Esta válvula é caracterizada por um corpo metálico fechado, por onde a água passa para chegar ao mictório.</p> <p>Para o acionamento da descarga o usuário, após utilizar o mictório, deve pressionar o êmbolo da válvula liberando o fluxo de água para a bacia do mictório. Imediatamente após a liberação da pressão pelo usuário, ocorre o retorno do êmbolo pela ação da própria água e de uma mola interior ao corpo da válvula. Este tipo de equipamento pode ser utilizado, entre outros, nas seguintes tipologias de edificações: indústrias, escolas, shopping centers, hospitais, clubes, escritórios, estádios, terminais de passageiros.</p>
	<p>Valvula de acionamento por sensor de presença</p> 	<p>Neste tipo de equipamento, quando o usuário se aproxima e se posiciona de frente ao mictório, o sensor que emite continuamente um sinal imperceptível ao usuário, infravermelho ou ultra-som, detecta a sua presença.</p> <p>Em geral, na maioria dos equipamentos, o fluxo de água só é liberado após o afastamento do usuário, o que garante um menor consumo de água. O sensor, associado a um microprocessador, emite um sinal até uma válvula do tipo solenoide, de funcionamento elétrico, que libera o volume de água da descarga.</p> <p>Neste tipo de equipamento, o tempo médio de acionamento dos produtos encontrados no mercado encontra-se em torno de 5 a 6 segundos.</p> <p>O sistema elétrico do equipamento pode ser alimentado por baterias alcalinas de 6 e 9 VDC, ou pelo próprio sistema predial elétrico de 127/220V. Estas características devem ser observadas quando da aquisição do equipamento e em função das características físicas do local a ser instalado.</p> <p>Uma das principais vantagens deste sistema frente aos demais é quanto a questão da higiene do usuário, uma vez que este não entra em contato direto com nenhum componente do sistema.</p>
	<p>Valvula temporizada</p>	<p>Este é um sistema em que os produtos são vendidos separadamente, sendo necessária a montagem dos componentes pelo instalador. A descarga deste tipo de equipamento pode ser obtida por um sistema de temporizador eletrônico. O temporizador pode ser facilmente encontrado no mercado e adaptado às instalações existentes.</p> <p>No temporizador eletrônico pode ser feita a regulagem do intervalo entre descargas e do tempo de duração da descarga. O temporizador envia um sinal a uma válvula solenoide elétrica que faz a liberação do fluxo de água conforme os parâmetros definidos no temporizador.</p> <p>Este sistema pode ser empregado em mictórios coletivos e em baterias de vários mictórios individuais.</p>
	<p>Valvula Manual e Fluxível</p>	<p>Estas válvulas consomem um maior volume de água por descarga, em relação às demais válvulas apresentadas. O volume de descarga liberado encontra-se na faixa de 3,786 litros (1gal), segundo os modelos presentes no mercado americano de baixo volume de água por descarga.</p>

Quadro 1: Equipamentos economizadores de água (*continuação*).

Equipamento	Tipo	Características Principais
<b>Mictório sem água</b>	Individual	<p>É um sistema que não utiliza água na operação. O mictório sem água é constituído dos seguintes componentes: bacia cerâmica, suporte do cartucho, cartucho, líquido selante, chave para troca do cartucho e protetor para a superfície do cartucho – opcional.</p> <p>O líquido selante é uma substância, composta por mais de 90% de álcoois graxos e o restante de biocida e corantes. Sua cor predominante é o azul e apresenta densidade menor que a da água e da urina, permanecendo em suspensão nas mesmas. O líquido selante se localiza em suspensão na primeira câmara do cartucho.</p> <p>A urina entra pelos orifícios da parte superior do cartucho, penetrando na primeira câmara através do líquido selante que está em suspensão e preenchendo toda a superfície superior do líquido desta câmara. Pelo sistema de vasos comunicantes, a urina é expelida pelo orifício de saída do cartucho, sendo coletada pelo copo do suporte e de lá para a rede de esgoto. A manutenção requerida pelo sistema é a substituição periódica do cartucho, que se trata de uma peça descartável. A durabilidade do cartucho está associada à obstrução de suas cavidades por material bioquímico que se acumula em seu interior e pelo carreamento do líquido selante.</p>
<b>Chuveiros</b>	Duchas para água misturada 	<p>Há uma grande variedade de tipos e modelos de duchas no mercado, com as mais diversas vazões. Uma intervenção passível tanto em duchas de ambientes sanitários públicos como de residências é a introdução de um dispositivo restritor de vazão. Uma das vantagens do uso do restritor de vazão é que a mesma permanece constante dentro de uma faixa de pressão, geralmente de 10 mca a 40 mca. Existem restritores de vazão com os mais diferentes valores de vazão, por exemplo, para 6, 8, 10, 12 e 14 litros/minuto. Ressalta-se que são recomendados para valores de pressão hidráulica superiores a 10 mca.</p>
	Elétricos	<p>Segundo a NBR 5626/98, "Instalação predial de água fria", a vazão recomendada em cálculos de tubulações hidráulicas para este tipo de equipamento é de 0,10 litros/segundo. Não é recomendável o uso de dispositivos redutores de vazão para os chuveiros elétricos, uma vez que podem interferir no funcionamento dos mesmos.</p>
	Dispositivos para comando de duchas para mistura de água	<p>Outra forma para redução do consumo de água no sistema de banho é o uso de dispositivos temporizados para comando da liberação do fluxo de água para duchas. O dispositivo mais encontrado nas instalações hidráulicas é o registro de pressão. A desvantagem deste sistema é que o mesmo pode ser mau fechado, resultando em gotejamento fora de uso ou mesmo o não fechamento, em locais com incidência de vandalismo. Os dispositivos temporizados são os que</p>

Quadro 1: Equipamentos economizadores de água (continuação).

Equipamento	Tipo	Características Principais
<b>Dispositivos para acionamento de descarga para bacias sanitárias</b>	Válvulas de descarga embutida	Existem atualmente alguns modelos no mercado com volume fixo de 6 litros por descarga. O usuário, ao acionar o dispositivo de descarga destas válvulas, libera um fluxo de água com o volume determinado, independente do tempo de acionamento do botão. Para que seja liberado um novo fluxo, o botão deve ser novamente acionado. Outros tipos de dispositivo de descarga embutidos na parede são as válvulas com acionamento por sensor de presença. A alimentação elétrica deste sistema pode ser feita com o uso de baterias alcalinas ou por rede elétrica, 127/220V. O usuário deve permanecer por um período de tempo mínimo no raio de alcance do sensor, normalmente 5 segundos, para que o sistema se arme e após a saída do usuário do alcance é efetuada a descarga pela válvula solenóide. O volume por descarga pode ser regulado para 6 litros de água.
	Válvulas de descarga aparentes	O acionamento se dá por um dispositivo, presente no corpo da válvula, em forma de alavanca. O usuário aciona esta alavanca, resultando na descarga. Por mais que o usuário permaneça acionando a alavanca, somente o volume previamente regulado para a descarga será liberado. Para a liberação de novo volume de água, a alavanca deverá ser acionada novamente. Este sistema é indicado para locais com a existência de vandalismo, uma vez que suas partes aparentes são metálicas resistentes e praticamente invioláveis sem o uso de ferramentas adequadas. O sistema resiste inclusive a impactos.
	Caixas de descarga embutidas	Uma opção de dispositivo de descarga de 6 litros para bacias sanitárias é o uso de caixas de descarga embutidas. Estas caixas podem ficar no interior de uma parede de alvenaria, sendo mais são comumente utilizadas no interior de paredes "dry-wall". Antes da especificação deste tipo de dispositivo as dimensões da parede devem ser avaliadas uma vez que a espessura da parede pode inviabilizar a instalação.
<b>Redutores de Vazão</b>	Redutores de Vazão	É um redutor de pressão. Como há uma relação direta entre vazão e pressão, a redução de um resulta na redução do outro. Dessa forma, o redutor de pressão introduz uma perda de carga localizada no sistema que resulta na conseqüente redução de vazão. Caso uma determinada área da edificação apresente uma pressão elevada, pode ser mais conveniente a instalação de uma válvula redutora de pressão na tubulação de entrada de água da área. Estes dispositivos mantêm a vazão constante em uma faixa de pressão, em geral, de 100 a 400 kPa (10 a 40 mca).

Quadro 1: Equipamentos economizadores de água (*continuação*).

As tabelas a seguir apresentam os consumos comparativos entre alguns equipamentos:

Tabela 1: Bacia Sanitária (considerando 4 acionamentos diários por usuário).

					Economia (6L)		Economia (dual flush)	
	12L	9L	6L	"dual flush"	12L	9L	12L	9L
volume por descarga (L/descarga)	12	9	6	6 ou 3	6	3	6	3
uso percapita diario (L)	48	36	24	15	24	12	33	21
					50,0%	33,3%	68,8%	58,3%

Tabela 2: Torneira (considerando 4 usos diários por pessoa).

	tempo de acionamento =				Economia		
	18s	15s					
	Convencional	Com arejador	Hidromecânica	Sensor	Com arejador	Hidromecânica	Sensor
Vazão por acionamento (L/min)	12	6	6	6	6	6	6
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	2	2	1.2	1	0	0.8	1
Uso diário per capita (L)	24	12	7.2	6	12	16.8	18
					50.0%	70.0%	75.0%

Tabela 3: Chuveiro.

	Ducha	Com redutor de vazão	Economia
		14L/min	14L/min
Vazão (L/min)	20	14	6
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	10	10	0
Consumo diário per capita (L)	200	140	60
			30.0%

Tabela 4: Mictório.

	Descarga manual e fluxível	Acionamento hidromecânico	Sensor	Sem água	Economia		
					Acionamento hidromecânico	Sensor	Sem água
Volume (L/descarga)	3.8	1.8	1	0	2	2.8	3.8
					52.6%	73.7%	100.0%

## ANEXO B

## QUESTIONÁRIO SOBRE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

1. Quantos apartamentos têm neste edifício? \_\_\_\_\_

2. Há quanto tempo você mora neste edifício?

anos  meses

3. O abastecimento de água no seu prédio é:

( ) Poço artesiano ( ) CORSAN ( ) Outro. Qual? \_\_\_\_\_

4. O seu prédio possui reservatório de água? ( ) sim ( ) não

Se sim, quantos possui? ( ) um ( ) dois ( ) mais. Quantos? \_\_\_\_\_

( ) superior ( ) inferior

E qual é o volume dela (s)?

( ) 500 litros ( ) 5000 litros ( ) 20000 litros ( ) outro: \_\_\_\_\_

5. O esgoto no seu prédio é:

( ) coletado pela Rede de Esgoto da CORSAN ( ) Sistema Tanque séptico-Sumidouro ou Tanque séptico-Filtro ( ) outro. Qual? \_\_\_\_\_

6. Quantos dormitórios têm em seu apartamento? \_\_\_\_\_

7. Em seu apartamento moram: (quantidade)

( ) crianças (de 0 à 10 anos)

( ) adolescentes (de 11 a 17 anos)

( ) adultos (mais de 18 anos)

( ) empregados fixos (que dormem no serviço)

( ) empregados temporários (que NÃO dormem no serviço)

( ) animais. Quais? \_\_\_\_\_

Se você possui empregado(s) temporário(s), qual é a frequência:

( ) uma vez por semana ( ) duas vezes por semana ( ) a cada 15 dias ( ) outro: \_\_\_\_\_

8. Quantos banheiros têm em seu apartamento?

( ) banheiro(s) social(s)

( ) banheiro(s) de serviço (de empregados)

( ) banheiro(s) privativo ou suíte

9. No seu apartamento tem banheira? ( ) sim ( ) não

Se sim, qual o tamanho da banheira? \_\_\_\_\_ (litros de água), e com que frequência ela é usada?

( ) uma vez por semana ( ) a cada quinze dias ( ) uma vez por mês ( ) outro: \_\_\_\_\_

Em média, quantos banhos EM UM MÊS, são tomados na banheira? \_\_\_\_\_

10. Qual (s) produto(s) de limpeza é utilizado para limpar:

\* O lavatório (pia) do banheiro? \_\_\_\_\_

\* O Box do banheiro? \_\_\_\_\_

**11. A sua bacia sanitária é:**

- ( ) caixa de descarga acoplada  
 ( ) caixa de descarga embutida  
 ( ) caixa de descarga alta  
 ( ) válvula de descarga  
 ( ) outro. Qual? \_\_\_\_\_

Favor anotar de quantos litros é a descarga da sua bacia sanitária:
---

**12. Quantas vezes é utilizada a descarga da bacia sanitária por dia?** (cada morador marca a sua quantidade em número de vezes por dia)

	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
<b>MORADOR 1</b>							
<b>MORADOR 2</b>							
<b>MORADOR 3</b>							
<b>MORADOR 4</b>							
<b>MORADOR 5</b>							
<b>MORADOR 6</b>							

**13. Sobre o lavatório do banheiro:**

• **Quanto tempo você leva para escovar os dentes?** (cada morador marca seu tempo médio em minutos e quantas vezes por dia escova os dentes)

	Usa água corrente	Quantas vezes	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
<b>MORADOR 1</b>	( ) sim ( ) não								
<b>MORADOR 2</b>	( ) sim ( ) não								
<b>MORADOR 3</b>	( ) sim ( ) não								
<b>MORADOR 4</b>	( ) sim ( ) não								
<b>MORADOR 5</b>	( ) sim ( ) não								

• **Quantas vezes você lava as mãos por dia e quanto tempo você leva em média?** (cada morador marca seu tempo médio em segundos)

	QUANTIDADE (vezes)	TEMPO (segundos)
<b>MORADOR 1</b>		
<b>MORADOR 2</b>		
<b>MORADOR 3</b>		
<b>MORADOR 4</b>		
<b>MORADOR 5</b>		
<b>MORADOR 6</b>		

• **Quantas vezes você lava o rosto por dia e quanto tempo você leva em média?** (cada morador marca seu tempo médio em segundos)

	QUANTIDADE (vezes)	TEMPO (segundos)
<b>MORADOR 1</b>		
<b>MORADOR 2</b>		
<b>MORADOR 3</b>		
<b>MORADOR 4</b>		
<b>MORADOR 5</b>		
<b>MORADOR 6</b>		

• **Outras utilizações do lavatório do banheiro:** (favor anotar para que o lavatório foi utilizado)

PARA QUE FOI UTILIZADO	QUANTIDADE (vezes)	TEMPO (min. ou seg.)

**14. Sobre o Chuveiro: Quanto tempo cada morador leva para tomar banho?** (anotar o tempo em minutos, por dia)

	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
MORADOR 1							
MORADOR 2							
MORADOR 3							
MORADOR 4							
MORADOR 5							
MORADOR 6							

**15. Alguém faz a barba no seu apartamento? Se sim, onde se costuma fazer a barba?**

No lavatório (pia)

No chuveiro

Outro. Qual? \_\_\_\_\_

Ninguém faz a barba neste apartamento

Se a barba é feita no lavatório, é utilizado água corrente para fazê-la?  sim  não

• **Quantas vezes por semana é costume fazer a barba em seu apartamento?**

uma vez por semana  a cada quinze dias  uma vez por mês  outro: \_\_\_\_\_

E quanto tempo em minutos, para fazer cada barba? \_\_\_\_\_

**16. Se você possui animais, onde você costuma dar banho nele(s)?**

box do chuveiro

lavatório do banheiro

banheira

tanque

outro. Qual? \_\_\_\_\_

E com que frequência é costume dar banho nele (s)?

uma vez por semana  a cada quinze dias  uma vez por mês  outro: \_\_\_\_\_

**17. Você possui máquina de lavar louça?**  sim  não

Se sim, quantas vezes ela é utilizada por semana? \_\_\_\_\_

A água da máquina escoa junto com a pia da cozinha ou separado?  junto  separado

\* Quanto tempo em média você demora para lavar a louça na pia da cozinha, por vez? (favor marcar a do almoço e a do jantar)

	Usa água corrente*	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
Almoço	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não							
Jantar	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não							

\* **Obs.** Água corrente significa deixar a torneira aberta o tempo todo.

**18. Você possui máquina de lavar roupa?** ( ) sim ( ) não

Se sim, quantas vezes ela é utilizada por semana? \_\_\_\_\_

**Sua máquina de lavar roupa é de:**

( ) 4 kg ( ) 5 kg ( ) 6 kg ( ) 7 kg ( ) 8 kg ( ) outro: \_\_\_\_\_

**Qual é o volume da sua máquina de lavar, em litros/ciclo?** \_\_\_\_\_

**Quantas vezes por semana você lava roupas no tanque por semana?** \_\_\_\_\_

E quanto tempo em média você leva para lavar a roupa no tanque? \_\_\_\_\_ minutos.

**19. Em seu apartamento possui:** (colocar aqui o número total de todo o apartamento)

( ) chuveiros (s)

( ) banheira (s)

( ) lavatório (s)

( ) vaso sanitário (s)

( ) pia (s)

( ) tanque (s)

**20. Sobre o edifício:**

• **Possui jardim ou gramado?** ( ) sim ( ) não

Se sim, como ele é irrigado?

( ) mangueira

( ) regador

( ) outro. Qual? \_\_\_\_\_

( ) não é irrigado

E com que frequência?

( ) uma vez por semana ( ) a cada quinze dias ( ) uma vez por mês ( ) outro: \_\_\_\_\_

• **Possui garagem?** ( ) sim ( ) não

Se sim, como é feita a limpeza dela?

( ) mangueira com esguicho

( ) mangueira com água corrente

( ) balde e pano

( ) outro. Qual? \_\_\_\_\_

E com que frequência é costume limpá-la?

( ) uma vez por semana ( ) a cada quinze dias ( ) uma vez por mês ( ) outro: \_\_\_\_\_

• **Possui escada(s), calçada(s) e/ou corredor(es)?**

( ) sim ( ) não

Se sim, como é feita a limpeza destes?

( ) mangueira com esguicho

( ) mangueira com água corrente

( ) balde e pano

( ) outro. Qual? \_\_\_\_\_

E com que frequência é costume limpá-los?

( ) uma vez por semana ( ) a cada quinze dias ( ) uma vez por mês ( ) outro: \_\_\_\_\_

**Alguém no seu edifício costuma lavar o carro com a água do condomínio?**

( ) sim ( ) não

E com que frequência?

( ) uma vez por semana ( ) a cada quinze dias ( ) uma vez por mês ( ) outro: \_\_\_\_\_

**21. Sobre a Reutilização de Água:**

· **Você aceitaria utilizar** uma água que foi descartada (do chuveiro, por exemplo) e depois tratada, para fins não nobres (como lavagem de pisos e de carros, irrigação de jardins, descarga da bacia sanitária, etc.) em seu edifício? (    ) sim      (    ) não

Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

· **E para os mesmos fins da pergunta anterior, você utilizaria a água da chuva?**

(    ) sim      (    ) não

Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

· **Você aceitaria ter em seu apartamento** (no tanque, por exemplo) duas torneiras identificadas, uma de água potável (para beber) e outra de água não potável para fins não nobres (como limpezas em geral)? (    ) sim      (    ) não

Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

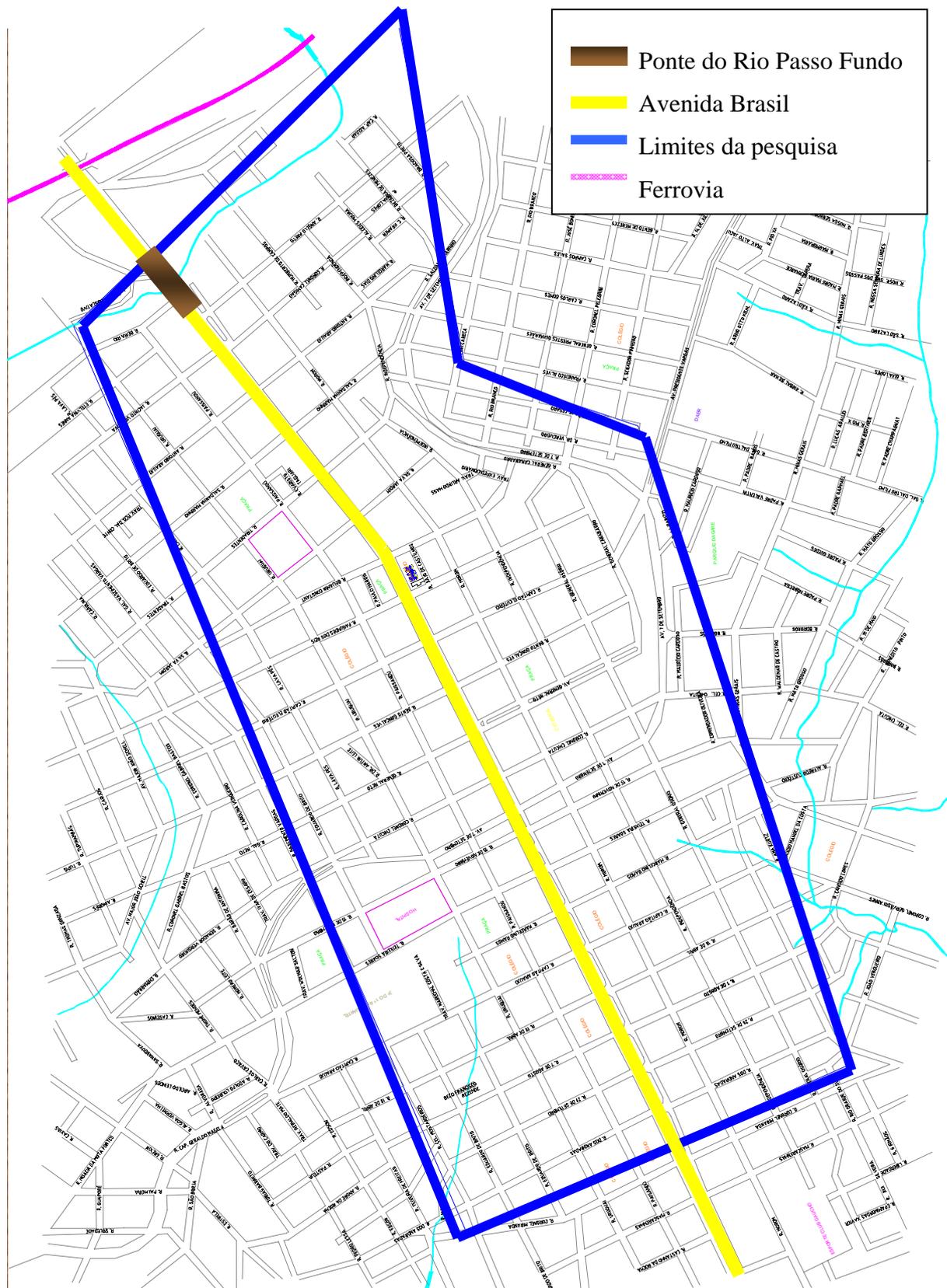
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ANEXO C

## MAPA DA REGIÃO CENTRAL DE PASSO FUNDO



**ANEXO D****RESULTADOS DAS ANÁLISES DA ÁGUA CINZA DOS  
CHUVEIROS E LAVATÓRIOS**