UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

GESTÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES: FORMULAÇÃO DE DIRETRIZES PARA O REÚSO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Solange da Silva Nunes Boni

Campinas, SP
2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

GESTÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES: FORMULAÇÃO DE DIRETRIZES PARA O REÚSO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Solange da Silva Nunes Boni

Orientadora: Profª Drª Marina Sangoi de oliveira Ilha

Tese de doutorado apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na Área de Concentração em Arquitetura e Construção.

Campinas, SP
2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

B641g

Boni, Solange da Silva Nunes
Gestão de água em edificações: formulação de diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis / Solange da Silva Nunes Boni. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Marina Sangoi de Oliveira Ilha.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. instalações hidraulicas e sanitarias. 2. Água - Consumo. 3. Água - Reutilização. 4. Edificações. I. Ilha, Marina Sangoi de Oliveira. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Water management in buildings: formulation of guidelines for the reuse water non potable
Palavras-chave em Inglês: Plumbing Systems, Water Consumption, Water Reuse, Buildings
Área de concentração: Arquitetura e Construção
Titulação: Doutor em Engenharia Civil
Banca examinadora: Orestes Marraccini Gonçalves, Vera Maria Cartana Fernandes, Simar Vieira de Amorim, Edson Aparecido Abdul Nour
Data da defesa: 31/08/2009
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

GESTÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES: FORMULAÇÃO DE DIRETRIZES PARA O REÚSO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Solange da Silva Nunes Boni

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha
Presidente e Orientadora- FEC/UNICAMP

Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
POLI/USP

Profª. Drª. Vera Maria Cartana Fernandes
UPF/RS

Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim
DECiv/UFSCar

Prof. Dr. Edson Aparecido Abdul Nour
FEC/UNICAMP

Campinas, 31 de Agosto de 2009

Dedicatória

A meus pais, José Carlos (in Memoriam) e Graça,
irmãos, Airton, Cláudia e Beth, dedico.

À Roni Boni e a Sophia,
pelo amor incondicional e incentivo constante,
ofereço.

Agradecimentos

A Deus, que me iluminou em todos os momentos e tornou possível a obtenção deste título, que representa mais uma etapa muito importante em minha vida.

A Profa. Dra. Marina Ilha, pelas sugestões e incentivo dado durante a elaboração deste trabalho.

A Roni Boni, pela agradável convivência, pelo carinho, companheirismo, apoio, incentivo constante em todos os momentos e por ter mudado a minha vida.

A Prefeitura do campus da Cidade Universitária "Zeferino Vaz" – UNICAMP e à Superintendência do Hospital das Clínicas, por terem apoiado e patrocinado as atividades do PRO-Água durante o desenvolvimento deste trabalho.

À equipe do PRO-Água, Alceu, Ana Paula, Cíntia, Gustavo, Kátia, Leila, Lia, João Paulo, José Henrique, Marcus, Renata, Roggers, Sérgio e Vítor, que através da dedicação, profissionalismo, paciência e amizade tornaram este trabalho possível.

À Equipe do LEPSIS (Laboratório de Ensino e Pesquisas em Sistemas Prediais) João Carlos, Laís, Liwana, Luciana, Marcus e Osvaldo pela confiança e amizade.

A todos amigos da Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, pelo agradável convívio.

Aos amigos da TESIS pelos incentivos e pelos momentos em que estive ausente.

Aos amigos Carla Sautchúk e Francisco Landi pela agradável convivência, pelos momentos de discussões técnicas e aprendizados constantes.

À Paula Landi pelo apoio essencial para que pudesse finalizar este trabalho.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

Resumo

Boni, Solange da Silva Nunes. Gestão de Água em edificações: Formulação de diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis. Campinas - SP, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

Várias medidas de conservação de água têm sido adotadas visando minimizar o consumo de água, utilizando este insumo de maneira sustentável e racional, além de proteger os recursos hídricos da poluição, por meio da geração de menor volume de esgoto. Dentre as linhas de ação dos programas de conservação de água em edifícios, destaca-se o reúso de água em atividades que possam prescindir da potabilidade. No entanto, para isso, é necessário o conhecimento dos diversos usos da água dentro de uma edificação, bem como determinar onde será possível utilizar este insumo, tendo como base um plano de gestão. Este trabalho propõe um conjunto de diretrizes para reúso de água para fins não potáveis em edificações, levando-se em consideração os riscos ocasionados com a utilização desta técnica. O método de pesquisa foi baseado em estudo de caso exploratório, de natureza fenomenológica, contando com duas fontes de evidências: observação direta e entrevista. O Fator motivador do trabalho é o subsídio de diretrizes para a substituição de água potável por efluentes tratado, de forma a reduzir o consumo da edificação. O trabalho contou um estudo de caso em uma edificação existente, ocorrendo em duas fases distintas: caracterização da edificação e da demanda de água não potável e caracterização da oferta de fontes alternativas e a avaliação dos custos envolvidos para a implantação do sistema de reúso de água. Foi realizada a análise dos estudos e proposta as diretrizes para reúso de água para fins não potáveis, dentro dos contextos estudados. As diretrizes formuladas estão baseadas na complexidade das ações que envolvem a implantação do sistema de reúso, verificando-se a necessidade de estabelecimento de códigos de práticas e normas para implantar o referido sistema.

Palavras Chave: Sistemas prediais, Consumo de água, Reúso de água, Edificações.

Abstract

Boni, Solange da Silva Nunes. Water management in buildings: Formulation of guidelines for the reuse water non potable. Campinas - SP, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

Various measures to conserve water have been taken to minimize water consumption, using this input for sustainable and rational way, and protect water resources from pollution through the generation of lower quantity of sewage. Among the lines of action programs for water conservation in buildings, is the use of alternative sources to the public in activities that can disperse the drinking. However, for this reason it is necessary to know the various uses of water within a building and determine where you can use this input, based on a management plan. This paper proposes a set of guidelines for reuse of non-potable water in buildings, taking into account the risks incurred by using this technique. The research method was based on exploratory case study, a phenomenological, with two sources of evidence: direct observation and interview. The motivating factor is the work of the subsidy guidelines for the replacement of drinking water by treated effluent, to reduce the consumption of the building. The work had two case studies, one in an existing building and the other in design, occurring in two distinct phases: construction and characterization of the demand for non-drinking water and characterization of alternative sources of supply and assessment of the costs involved for deployment of the system for reuse of water. We performed the analysis of the studies and proposed guidelines for reuse of non-potable water, within the contexts studied. The guidelines are formulated based on the complexity of actions involving the deployment of the system for reuse, there is a need to establish codes of practice and standards to implement the system.

Keywords: plumbing systems, water consumption, water reuse, Buildings.

SUMÁRIO

Resumo ... vi
Abstract ... vii
SUMÁRIO ... viii
Lista de Figuras ... x
Lista de Tabelas ... xi
Lista de Quadros ... xiii
Lista de Siglas e abreviaturas ... xiv
Lista de Símbolos ... xvi
1 INTRODUÇÃO ... 1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS ... 1
1.2 JUSTIFICATIVA ... 8
1.3 OBJETIVOS ... 10
1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA ... 10
1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA ... 11
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO ... 11
2 O USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA ... 10
2.1 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES ... 14
2.2 REÚSO DE ÁGUA ... 21
2.2.1 Água Cinza ... 23
2.2.2 Água Negra e Amarela ... 28
2.2.3 Água Branca ... 28
2.2.4 Componentes do sistema de reúso de água ... 35
2.2.5 Qualidade e tratamento da água de reúso de edificações ... 40
2.2.5.1 Presença de Microorganismos ... 41
2.2.5.2 Definição e classificação dos organismos patogênicos ... 45
2.2.5.3 Parâmetros de qualidade da água ... 48
2.2.5.4 Sistemas de tratamento para reúso de água ... 62
2.2.6 Análise de Risco ... 81
2.2.7 Experiências Existentes ... 83
2.2.7.1 Experiências no Japão ... 83
2.2.7.2 Experiências nos Estados unidos ... 87
2.2.7.3 Experiências na Suíça, Canadá, Inglaterra e Malásia ... 98
2.2.7.4 Experiência na Itália ... 99
2.2.7.5 Experiência na Austrália ... 100
2.2.7.6 Experiência na França ... 100
2.2.7.7 Experiência no Brasil ... 101
2.2.8 Considerações Finais ... 105
3 MÉTODO DE PESQUISA ... 107
3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA E A ESTRATÉGIA GERAL DA PESQUISA ... 107
3.2 DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA ... 108
3.2.1 Compreensão do problema ... 109
3.2.2 Desenvolvimento da pesquisa ... 110

3.2.3 Análise dos dados e reflexão final 110
3.3 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO 111
3.3.1 Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas 111
3.3.1.1 Caracterização da edificação 111
3.4 FERRAMENTAS, TÉCNICAS E MÉTODOS USADOS PARA A COLETA DE DADOS 120
3.4.1 Entrevistas e formulários 120
3.4.2 Observação direta 121
3.4.3 Análise dos documentos 121
4 RESULTADOS E ANÁLISES 122
4.1 ESTUDO DE CASO: HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (HC/UNICAMP) 122
4.1.1 Caracterização da demanda de água não potável 122
4.1.2 Caracterização da oferta de fontes alternativas de água 137
4.1.3 Levantamento dos requisitos para o sistema de tratamento de água de fontes alternativas 145
4.1.4 Avaliação dos custos e benefícios dos sistemas propostos e seleção de alternativas 154
5 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA REÚSO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS 157
5.1 DIRETRIZES PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE REÚSO DE ÁGUA 166
5.1.1 Caracterização da edificação e da demanda de água não potável 167
5.1.2 Caracterização da oferta de água para reúso 171
5.1.3 Avaliação dos custos e benefícios dos sistemas propostos e seleção de alternativas 174
5.1.4 Detalhamento do sistema de reúso 175
5.1.5 Elaboração do manual de uso e operação 181
5.1.6 Considerações Finais 182
6 CONCLUSÕES 192
REFERÊNCIAS 195
ANEXOS 202

Lista de Figuras

Figura 2.1	Esquemático dos subsistemas de tratamento para água cinzas	34
Figura 2.2	Esquemático dos subsistemas de tratamento para águas negras	35
Figura 3.1	Delineamento geral da pesquisa	107
Figura 3.2	Desenho esquemático dos setores que constituem o HC/UNICAMP	109
Figura 3.3	Lay out esquemático dos reservatórios superiores	110
Figura 3.4	Exemplos de equipamentos de uso específico de água (EUEA) do HC/UNICAMP	112
Figura 3.5	Patologias encontradas nos EUEA do 1º Pavimento – DND do HC/UNICAMP	114
Figura 3.6	Perdas encontradas no levantamento de campo efetuado no HC/UNICAMP	114
Figura 3.7	Lay out esquemático do sistema de purificação da água de diálise	115
Figura 3.8	Indicador de consumo de água do HC-UNICAMP (dias úteis e finais de semana e feriado)	117
Figura 4.1	Rotina de limpeza da DND – HC/UNICAMP	131
Figura 4.2	Atividade de limpeza da DND – HC/UNICAMP	132
Figura 4.3	Medição do destilador do 2º pavimento do HC/UNICAMP	137
Figura 4.4	Medição no “Hitachi” do 2º pavimento do HC/UNICAMP	137
Figura 4.5	Medição na bomba a vácuo do térreo do HC/UNICAMP	138
Figura 4.6	Porcentagens dos volumes de água utilizados pelo destilador	139
Figura 4.7	Porcentagens dos volumes de água utilizados pelos aparelhos de análises clínicas	140
Figura 4.8	Consumo do “Hitachi” no período de medição	141
Figura 5.1	Definição de nível de tratamento de água de fontes alternativas	161
Figura 5.2	Definição de nível de tratamento da água de fontes alternativas com menor grau de contaminação	161
Figura 5.3	Esquema das fases do planejamento do sistema de reúso de água	164
Figura 5.4	Esquema de instalação dos medidores nos equipamentos de uso específico – geração de águas brancas	171
Figura 5.5	Tratamento preliminar – reservatório de retenção com peneira	175
Figura 5.6	Tratamento primário – equalização de vazões e decantação	175
Figura 5.7	Tratamento secundário – balanceamento de massas	176
Figura 5.8	Tratamento terciário – filtração e desinfecção	176
Figura 5.9	Sistema de operação de ETE - automatizada	176
Figura 5.10	Espaço físico destinado a ETE para água de reúso	177

Lista de Tabelas

Tabela 1.1	Parâmetros de fontes alternativas avaliados pelos métodos de indicadores sustentáveis em edificações	8
Tabela 2.1	Exigências mínimas para uso de água não potável	18
Tabela 2.2	Principais elementos do planejamento de reuso de água em âmbito urbano	24
Tabela 2.3	Usos potenciais da água de reuso, restrições e preocupações associadas	25
Tabela 2.4	Índices de pureza para água de equipamentos de usos específicos	27
Tabela 2.5	Padrão de qualidade da água para habilitação multifamiliares	37
Tabela 2.6	Eficiência dos métodos de tratamento de água cinza	37
Tabela 2.7	Concentração de coliformes fecais na água cinza em função das características das edificações	41
Tabela 2.8	Doenças causadas pelos patogênicos presentes nos esgotos domésticos	42
Tabela 2.9	Principais parâmetros usados para caracterizar a qualidade do esgoto recuperado	55
Tabela 2.10	Classificação do uso da água recuperada no sul da Austrália	56
Tabela 2.11	Consumo anual de produtos químicos residenciais estrangeiras	56
Tabela 2.12	Grupo de compostos químicos encontrados em residências dinamarquesas	58
Tabela 2.13	Compostos químicos e as doenças originadas	59
Tabela 2.14	Classificação e parâmetros de qualidade para reúso de água	66
Tabela 2.15	Descrição dos tipos de tratamento para reuso de água e esgoto recuperado	77
Tabela 2.16	Categorias de reuso de esgoto municipal	78
Tabela 2.17	Desempenho médio do tratamento seqüencial para adsorção de carbono e cal ativada tratada em esgoto	82
Tabela 2.18	Tipos de reúso e porcentagens de volumes utilizados – Japão	82
Tabela 2.19	Aplicações dos efluentes das estações de tratamento de esgoto – Japão	82
Tabela 2.20	Padrões de qualidade de água de reúso – Japão	83
Tabela 2.21	Padrão de qualidade para reúso recreacional - Japão	83
Tabela 2.22	Processos de tratamento de esgoto – Japão	84
Tabela 2.23	Parâmetros e tratamentos para reúso urbano irrestrito	89
Tabela 2.24	Parâmetros e tratamentos para reúso urbano restrito	90
Tabela 2.25	Parâmetros e tratamentos para reúso recreacional irrestrito	91

Tabela 2.26	Parâmetros e tratamentos para reúso recreacional restrito	92
Tabela 2.27	Parâmetros e tratamentos para reúso potável indireto	93
Tabela 2.28	Caracterização das águas cinzas de edifícios residenciais	100
Tabela 2.29	Caracterização das águas cinzas de banheiros de complexo esportivo	101
Tabela 2.30	Caracterização das águas cinzas de banheiros de edifício residencial	102
Tabela 3.1	Total de equipamentos de uso específico no HC/UNICAMP	110
Tabela 3.2	Total de equipamentos de uso específico no HC/UNICAMP	112
Tabela 3.3	Condição de operação dos tubos de alimentação dos EUEA do HC/UNICAMP	113
Tabela 3.4	Condição de operação dos EUEA do HC/UNICAMP	113
Tabela 4.1	Aparelhos/equipamentos sanitários do HC/UNICAMP	121
Tabela 4.2	População fixa (funcionários) do HC/UNICAMP	122
Tabela 4.3	Número de leitos do HC/UNICAMP – população flutuante	122
Tabela 4.4	Caracterização dos setores do HC/UNICAMP em função das atividades predominantes	124
Tabela 4.5	Número de banheiros em condições de uso – HC/UNICAMP	134
Tabela 4.6	Ocorrência de EUEA utilizados na medição piloto	138
Tabela 4.7	Consumo de água do destilador	139
Tabela 4.8	Consumo de água do aparelho de análise clínica	139
Tabela 4.9	Caracterização dos destiladores instalados no HC/UNICAMP	142
Tabela 4.10	Qualidade da água de descarte do destilador monitorado	144
Tabela 4.11	Qualidade da água de descarte do aparelho de análises clínica monitorado	144
Tabela 4.12	Qualidade da água de descarte da bomba de vácuo	145
Tabela 4.13	Resumo dos volumes estimados e medidos	152
Tabela 5.1	Exemplos de parâmetros de água tratada para reúso em edifícios	162
Tabela 5.2	Classificação do esgoto doméstico	183
Tabela 5.3	Legislações brasileiras que regulamentam a utilização de reúso de água em edifícios	185

Lista de Quadros

Quadro 5.1	Questões relevantes para implementação de sistema de reúso de água em edificações	156

Lista de Siglas e abreviaturas

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CEPAL	Comissão Econômica para América Latina e o Caribe
CT	Coliformes totais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEM	Divisão de Engenharia e Manutenção
DND	Departamento de Nutrição e Dietética
DN	Diâmetro Nominal
DPC	Divisão de Patologia Clínica
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EUEA	Equipamentos de Uso Específico de Água
FEC	Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
HC	Hospital das Clínicas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LEPSIS	Laboratório de Ensino e Pesquisa em Sistemas Prediais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde

NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial de Saúde
PCA	Programa de Conservação de Água
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
PURA	Programa de Uso Racional da Água
PVC	Policloreto de Vinila
UFG	Universidade Federal de Goiás
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
URA	Uso Racional de Água
UV	Ultravioleta
USEPA	U.S. Environmental Protection Agency
VMP	Valor Máximo Permitido

Lista de Símbolos

H_2S	Gás Sulfídrico
PO^{-3}_4	Fosfato
N_2	Nitrogênio
NH_4	Amônia
NO_3	Nitrato
NO_2	Nitrito
OD	Oxigênio Dissolvido
NaOH	Hidróxido de Sódio
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
pH	potencial hidrogeniônico
SST	Sólidos suspensos totais
SS	Sólidos suspensos
UT	Unidade de Turbidez
Q Máx.	Vazão Máxima

1 INTRODUÇÃO

Neste Capítulo é apresentada a contextualização do trabalho, as justificativas da pesquisa e os objetivos da tese. São também apresentados o resumo do método de pesquisa e a estrutura do trabalho.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A preocupação com relação aos recursos hídricos remonta de longa data, vindo de encontro a problemas cada vez mais crescentes e comuns enfrentados pelas sociedades modernas, haja visto o crescimento das cidades, o grande desenvolvimento industrial ocorrido durante as últimas décadas e o aumento demasiado da demanda e produção de bens de consumo que utilizam em sua cadeia produtiva tal insumo.

Até a década de 70, a discussão sobre os recursos hídricos restringia-se praticamente aos meios técnicos e acadêmicos. Esta preocupação atingiu a sociedade civil e tornou-se mais efetiva a partir dos avanços conseguidos por meio da *Conferência das Nações Unidas sobre a Água* em Mar del Plata - Argentina, em março de 1977 (**CEPAL, 1998**).

Em janeiro de 1992, na *Conferência Internacional sobre a Água e o Meio Ambiente: Temas de Desenvolvimento para o Século 21* realizada em Dublin - Irlanda, foi chamada a atenção para novos enfoques sobre a avaliação, o desenvolvimento e o gerenciamento de recursos hídricos, cujas recomendações são baseadas nos seguintes princípios: gerenciamento dos recursos hídricos com abordagem holística (sistêmica); desenvolvimento e gerenciamento de recursos hídricos participativo, envolvendo usuários, planejadores e políticos, em todos os níveis; centralização do papel da mulher na provisão, no gerenciamento e na defesa da água e; o reconhecimento da água como um bem econômico (**BANCO MUNDIAL, 1998**).

Recomendações complementares foram apresentadas na *Conferência Internacional sobre a Água e Desenvolvimento Sustentável,* realizada em março de 1998 em Paris – França, a qual fortaleceu as ações até então estabelecidas nestas últimas duas décadas, inspirando mudanças na forma de se gerir o recurso água e principalmente as relações sobre o seu reconhecimento como um patrimônio público, como um recurso estratégico e com valor econômico, inspirados na necessidade de gestão integrada. Em março de 2000, foi realizado em Haia - Holanda, o *Segundo Fórum Mundial sobre a Água*, organizado pela Comissão Mundial sobre Água. Durante esse evento, a Comissão apresentou seu relatório e uma estratégia de ação, ambos fundamentados nos princípios de Dublin, orientando para a inovação tecnológica e institucional do setor (**BANCO MUNDIAL, 2000**).

Segundo o ***Capítulo 4 da Agenda 21*****,** deve-se dar uma atenção especial à demanda de recursos naturais gerada pelo consumo insustentável, bem como ao seu uso eficiente, coerentemente com o objetivo de reduzir ao mínimo o esgotamento desses recursos e de reduzir a poluição e o desperdício.

No ***Capítulo 18,*** encontra-se a recomendação de que deve ser assegurada a manutenção de uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, bem como, deve-se desenvolver tecnologias inovadoras e serem aperfeiçoadas as tecnologias nativas para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição.

O referido capítulo propõe sete áreas de programas para o setor de água doce, dentre os quais alguns dos itens destas áreas citam objetivos específicos para a gestão da oferta e da demanda de água, como pode-se citar:

- Desenvolvimento de fontes novas e alternativas de abastecimento de água;

- Promoção da conservação da água por meio de planos de aproveitamento da água e de minimização do desperdício para todos os usuários, incluindo o desenvolvimento de mecanismos de economia de água;
- Identificação das potenciais fontes de água, de forma a elaborar a planos para a sua proteção, conservação e uso racional;
- Estimulo e promoção do uso de águas servidas devidamente tratadas e purificadas na agricultura, aqüicultura, indústria e outros setores;
- Realização de campanhas de conscientização para estimular o público a usar a água racionalmente.

Além disso, o ***Capítulo 18*** incentiva o desenvolvimento de fontes novas e alternativas de abastecimento de água, tratar a água como um bem social, econômico e sustentador da vida, considerando mecanismos de manejo da demanda e implementando meios de conservação e reutilização da água.

Nos últimos anos, a gestão dos recursos hídricos vem sendo um dos maiores desafios lançados aos governantes, sendo este panorama, uma situação preocupante mundialmente. Para se evitar a escassez hídrica, os países devem praticar um manejo de água mais eficiente, introduzir o reúso, impedir a poluição e promover a conservação.

No Brasil, a preocupação com os recursos hídricos data de 1934, com a instauração do primeiro marco legal - *O Código das Águas*, que condicionou as premissas de gestão desse insumo, muitas das quais ainda hoje balizam as diretrizes adotadas na Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei N°. 9433, de janeiro de 1997, também conhecida como Lei das Águas.

Segundo Asano (1998), os usos benéficos derivados do esgoto tratado municipal e industrial, associados com o aumento da pressão nos recursos hídricos têm provocado o aparecimento de temas tais como recuperação de esgoto, reciclagem e reúso de água como componentes integrantes do gerenciamento dos recursos hídricos.

As premissas estabelecidas têm como objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrão de qualidade adequado aos respectivos usos. No entanto, muito antes de serem estabelecidas normas de orientação à Política Nacional do setor hídrico, o Estado de São Paulo promulgava, em dezembro de 1991, a Política Estadual de Recursos Hídricos, assim como seus critérios e princípios, estabelecidos na Lei N° 7663 (**BANCO MUNDIAL, 2000**).

Uma das soluções para a escassez hídrica, ao lado de ações de uso racional, é o uso de águas residuárias, que têm sido praticado em várias partes do mundo. Segundo Setti (1995), o reúso intencional de água deverá ser cada vez mais considerado no planejamento e na exploração de novos mananciais, devendo ser resultado de um programa bem planejado para complementar ou substituir o uso da água potável em atividades menos nobres e não ser, simplesmente, de natureza oportunista.

A qualidade da água utilizada e o objeto específico de reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados, e os custos de operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores econômicos, sociais e culturais.

O reúso da água reduz o volume de esgoto, atenuando os impactos ambientais ocasionados pelo volume de esgoto produzido e que não possui tratamento, além de auxiliar no combate à escassez hídrica **(LEHR, 1986)**.

De modo geral, com a política do reúso, importantes volumes de água potável são poupados, usando-se água de qualidade inferior, geralmente efluentes secundários pós-tratados, para atendimento daquelas finalidades que podem prescindir da potabilidade.

Cabe ressaltar que alguns países estrangeiros, os quais implementaram sistemas de reúso de água, utilizam parâmetros específicos dependentes do tipo de utilização e qualidade das águas residuárias. Estes parâmetros são estabelecidos pelos próprios países ou regiões, baseados nas diretrizes impostas pela organização mundial de saúde **(NOGALES ESCALERA, 1995)**.

Os fatores padrão para o estabelecimento de critérios de reúso de água incluem proteção à saúde, política pública, experiência de reúso, viabilidade técnica e econômica. A aceitação de águas cinzas para qualquer uso particular depende da qualidade física, química e microbiológica da água **(CROOK e SURAMPALLI, 1996; MUJERIEGO e ASANO, 1999)**. Entre os fatores que afetam a qualidade da água de reúso estão a qualidade da água da fonte, processos de tratamento e tratamento efetivo, confiabilidade do tratamento e o planejamento dos sistemas de operação e distribuição.

As normas de qualidade de água que regem as descargas nos corpos d'água devem ser específicas do local de implantação dos sistemas de reúso e dependentes do tipo de sistema receptor da descarga **(LAZARUS e DRAKE, 19--)**. As variáveis qualitativas e quantitativas significativas devem ser selecionadas e monitoradas com freqüência e duração adequadas a cada caso em particular.

A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada por meio de indicadores tais como o índice de coliformes termotolerantes, bem como pela contagem do número total de bactérias enterotróficas, conforme a sua natureza.

Em vários países o reúso de águas residuárias já é uma realidade, motivado por diferentes fatores. Regulamentações foram desenvolvidas nesses locais, de forma a garantir o uso seguro desse tipo de água, sem riscos à saúde.

A aplicação de reúso de esgoto dominante no mundo inteiro é para a irrigação de terras agrícolas, parques, e campos de golfe. Porém, houve um progresso considerável nas aplicações de águas recuperadas nos ambientes urbanos como em descarga de bacias sanitárias, resfriamento de sistemas de ar condicionado e em combate a incêndio.

Conforme Medeiros (19--), o Governo Federal deveria iniciar, juntamente com os Governos Estaduais, processos de gestão para estabelecer bases políticas, legais e institucionais para o reúso de água. Não se admite, em tempos atuais, segundo o autor, que uma política de gestão integrada de recursos hídricos não contemple o reúso desse insumo.

Além disso, o autor também comenta que baseado nas propostas de iniciativas de políticas de reúso de água, a Secretaria de Recursos hídricos/MMA, dispõe de um projeto cujo objetivo é a investigação de reúso de água no Brasil. Este estudo propõe a identificação das tecnologias, definição de diretrizes para o estabelecimento de normas gerais que poderão vir a servir de suporte à institucionalização e legalização do reúso agrícola.

Com relação às experiências em reúso de águas residuárias no Brasil, sabe-se que estas são pontuais, não existindo procedimentos institucionalizados com alguma forma

de planejamento ou controle. A utilização de sistemas de reúso no país é, em sua grande maioria, a exemplo dos demais países, destinada à irrigação. Além disso, existem alguns casos isolados de aproveitamento em processos industriais, os quais normalmente não estão disponíveis na bibliografia. Atualmente, poucos centros de pesquisas estão desenvolvendo trabalhos relacionados ao uso de águas cinzas de banheiros e cozinhas residenciais, sendo que seu incremento seria de grande contribuição para o desenvolvimento de regulamentações, normas e leis no país.

Verifica-se que este assunto é de grande polêmica e interesse, mas ainda está muito incipiente, devendo-se investir na implementação de projetos piloto nas diversas modalidades de reúso, com o intuito de fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática, adaptados às condições e características brasileiras, antes que práticas deste tipo de sistema sejam difundidas e implantadas de maneira descontrolada e irresponsável.

O reúso da água é tecnicamente viável, mas pode gerar problemas relacionados com a contaminação, por isso cuidados devem ser tomados para o seu emprego e a forma de reservação, levando-se em consideração a sua separação da água potável, evitando-se a conexão cruzada.

Essa separação e demais cuidados relacionados aos sistemas de reúso de água devem ser garantidos quando da elaboração dos sistemas hidráulicos prediais, uma vez que na fase de projetos pode-se otimizar o uso deste insumo (gestão da demanda) como na utilização de diferentes fontes de água (gestão da oferta).

O conceito de desenvolvimento sustentável foca principalmente na redução dos recursos, sendo atualmente aplicados métodos de avaliação em edificações com o intuito de verificar as atividades sustentáveis. No quesito água são avaliadas ações

conservadoras como implantação de tecnologias economizadoras, sistemas de medição individualizada, bem como utilização de fontes alternativas.

Peixoto (2008) apresenta um resumo das atividades relacionadas com a implantação de fontes alternativas de água em edificações, as quais são avaliadas pelos métodos de avaliação sustentáveis. A Tabela 1.1 apresenta o método e as atividades.

Tabela 1.1: Parâmetros de fontes alternativas avaliados pelos métodos de indicadores sustentáveis em edificações.

Método de avaliação	Atividade avaliada referente ao uso de fontes alternativas de água
SBTool	Redução do volume de águas cinzas encaminhado ao sistema coletor de esgoto através da implantação de sistemas de reúso
Leed	Utilização de efluente tratado para irrigação de forma a reduzir o volume de água potável
HQE	Utilização de efluente tratado em atividades que prescidam de água potável de forma a reduzir o consumo de água “nobre”
CASBEE	Redução do volume de esgoto gerado e direcionado a rede coletora, através de sistema de reúso

Fonte: **Peixoto, 2008.**

1.2 JUSTIFICATIVA

O uso de fontes alternativas pode se constituir em uma importante medida para a conservação de água potável em edificações. Porém, para a adequada utilização desses sistemas, deve ser desenvolvido um conjunto de ações voltadas para o projeto, execução e, principalmente, uso, operação e manutenção desses sistemas, de modo a não comprometer a saúde dos usuários.

Da pesquisa bibliográfica verifica-se a existência de estudos que contemplam o potencial de utilização de sistemas de reúso, em termos percentual de economia de água potável, cujos resultados indicam uma variação entre 3% a 29% de redução no consumo (**RAPOPORT, 2004; NASCIMENTO, 2007**). Começam a surgir também

trabalhos no país sobre a avaliação do risco associado ao emprego desses sistemas, os quais consideram como sendo os principais riscos aqueles associados aos microrganismos patogênicos, por colocarem em risco à saúde dos usuários (**ASANO, 1998; COHIM, 200-; BORGES, 2003; EPA, 2004; GONÇALVES R. F. et. al, 2006; dentre outros**).

Em função da necessidade de um gerenciamento de diferentes itens na fase de uso e operação, é imprescindível a existência de um sistema de gestão. Assim, considera-se que o emprego de sistemas de reúso deva ficar restrito às edificações que atendam a este requisito.

Porém, mesmo em edificações com sistema de gestão existem atividades a serem desenvolvidas de modo a garantir o desempenho adequado do sistema de reúso de água, tendo em vista, inclusive, o fato de que não existe ainda normalização brasileira relativa ao assunto em questão.

A partir disso, este trabalho tem como desafio estudar as questões envolvidas no emprego de água de reúso em edificações, tendo como escopo de estudo aquelas que possuem sistema de gestão, e, mais especificamente, as classificadas como grande consumidoras de água. Nessa categoria de edificações, além do uso de água para consumo humano, higienização pessoal e uso ambiental, existem freqüentemente equipamentos de uso específico de água (EUEA).

Assim, com o desenvolvimento dessa tese pretende-se responder a seguinte questão de pesquisa: quais os cuidados ou pré-requisitos para a implantação de sistemas de reúso de água em edificações grandes consumidoras e que possuam sistema de gestão desse insumo na fase de uso e operação?

A partir dessa questão principal, pretende-se responder as seguintes questões intermediárias:

1. Quais os critérios para a seleção de fontes alternativas para uso não potável na categoria de edificação selecionada?
2. Como definir a necessidade e nível de tratamento para a água de reúso?
3. Deve-se utilizar todo e qualquer efluente disponível nas edificações?

1.3 OBJETIVOS

A partir das questões de pesquisa que o motivaram, este trabalho tem como objetivo geral formular diretrizes para a implantação de sistemas de reúso de água em edificações com sistema de gestão da água na fase de uso e operação. Os objetivos específicos são:

a) Apresentar os requisitos de desempenho para sistemas de reúso de água;
b) Listar as questões a serem respondidas ao longo das etapas que constituem a avaliação do potencial de utilização dos sistemas de reúso e as informações a serem obtidas no levantamento documental e cadastral em edificações existentes;
c) Avaliar a possibilidade de extrapolação das diretrizes propostas para outros sistemas de fontes alternativas de água como sistemas de aproveitamento de água pluvial.

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

As principais delimitações da pesquisa estão relacionadas ao fato de que as diretrizes propostas foram formuladas a partir do desenvolvimento de dois estudos de caso em edificações grandes consumidoras de água, sendo uma existente e a outra em projeto: um hospital-escola e um supermercado. Nesse sentido, características de outras tipologias de edificações e respectivos usos da água não foram considerados.

1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA

A Estratégia de pesquisa adotada nesta tese foi o estudo de caso. A pesquisa compreendeu o desenvolvimento de 3 etapas. Na primeira etapa foi definido o escopo do trabalho a partir da revisão bibliográfica desenvolvida. A segunda etapa foi dividida em duas partes: desenvolvimento de estudo de caso exploratório, em uma edificação existente – hospital-escola e formulação das diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis em edificações dessa categoria. A fase final do trabalho compreendeu a análise dos resultados e as reflexões sobre a proposta efetuada.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento do trabalho, realizou-se inicialmente uma revisão bibliográfica para a fundamentação teórica e criação de uma base conceitual sobre assunto.

O Capítulo 1 aborda sucintamente a contextualização do trabalho, as justificativas da pesquisa e os objetivos da tese. O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica enfocando os seguintes temas: questão ambiental da água, distribuição do consumo da água nas edificações, conservação da água em edificações, definição dos diversos tipos de reúso e qualidade e tratamento da água.

O Capítulo 3 apresenta a descrição detalhada do método de pesquisa utilizado, incluindo a estratégia de pesquisa, o delineamento e a descrição das etapas do estudo e as fontes de evidência. No Capítulo 4 são descritos os resultados e análises obtida no estudo de caso realizado no hospital-escola.

O Capítulo 5 apresenta a proposição de diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis e as considerações gerais relacionada à proposta efetuada. E, finalmente, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões e as sugestões para o desenvolvimento de estudos futuros.

2 O USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA

As grandes massas de água já foram consideradas reservatórios inesgotáveis, capazes de fornecer água pura e de receber e absorver quantidades ilimitadas de rejeitos provenientes da atividade humana. Este pensamento conduziu a sérios danos ambientais, conforme pode ser visto pela escassez de água em alguns rios e pela poluição de outros (**COSTA e SANTOS, 1999**).

Estes autores ressaltam que devem existir normas próprias para cada tipo de uso, verificando-se a necessidade de instrumentos legais e essenciais ao equilíbrio da oferta e da demanda para garantir o desenvolvimento sustentável.

Segundo Reis (2002), a sustentabilidade ecológica, econômica e a social consistem nas três dimensões necessárias para o desenvolvimento da sociedade humana.

Ou seja, o desenvolvimento sustentável implica em “melhoria da qualidade de vida dos seres humanos, nos níveis urbanos e arquitetônicos, dentro da capacidade do ecossistema global. Projetos habitacionais sustentáveis implicariam na melhoria da qualidade de vida dos residentes através do uso adequado dos recursos naturais locais...” (**OKTAY apud REIS, 2002**).

A partir do conceito de desenvolvimento sustentável foram realizados vários debates e estudos e, dentro da construção civil, constatou-se que o principal desafio é a redução do consumo de recursos mediante as seguintes ações:

- Promoção da eficiência em energia;
- Redução do consumo de água potável de alta qualidade; e,
- Seleção de materiais com bom desempenho ambiental.

A redução do consumo de água potável de alta qualidade implica tanto na adoção de medidas que visem o uso racional, tais como redução de pressão nos pontos de consumo, uso de tecnologias economizadoras, manutenção eficiente, de forma a possibilitar a detecção e conserto de vazamentos, entre outros, como também no emprego de fontes alternativas (“abastecimento descentralizado”) para usos que prescindam de água potável e setorização da medição com a gestão da demanda.

O paradigma existente no país, ao longo das últimas décadas, é a resolução dos problemas relacionados à disponibilidade de água focando apenas no aumento da oferta, buscando novas fontes de água limpa e expandindo a captação de fontes existentes.

Nesse sentido, Gleick (2003) ressalta que a abordagem do problema da escassez de água deve envolver o planejamento e gerenciamento da demanda.

Segundo Leal e Hermann (1999), para garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade necessárias para abastecimento dos diferentes usos antrópicos e aos ecossistemas e para viabilizar qualquer proposta de desenvolvimento sustentável, deve-se combater a cultura da abundância, do desperdício e da degradação deste insumo no país como um todo.

O Brasil apresenta uma das mais extensas e densas redes hidrográficas perenes do mundo, apesar dos períodos de seca dos rios do Nordeste (**REBOUÇAS, 2004**). Porém, problemas como o abastecimento de água e a falta de saneamento básico afetam a disponibilidade deste insumo no país.

Segundo Agência Nacional das Águas (2009), existem vários rios no país em que a demanda já alcançou 40% da oferta, o que se torna ainda mais grave quando se sabe que esta disponibilidade não é imediata, pois muitos desses rios apresentam grandes índices de poluição.

A referida autora destaca a porcentagem do consumo total de água que ocorre nas cidades. Apesar da média nacional indicar que 46% do consumo ocorre na irrigação, existem regiões em que o consumo urbano se iguala ou ultrapassa o consumo no campo.

Assim, a disponibilidade de água para a realização das diferentes atividades nas cidades se constitui em grande desafio, inclusive em um país como o Brasil, que possui cerca de 13% da água doce superficial do mundo e 57% da América do Sul.

E a adoção de medidas no âmbito dos edifícios, reduzindo os volumes de água potável consumidos assumem grande importância nessa empreitada.

2.1 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES

Segundo Larsson (2001) existe um interesse global em melhorar o desempenho dos edifícios, através da redução do uso de recursos escassos e dos custos de operação e manutenção, levando-se em consideração os hábitos culturais e climáticos e as exigências funcionais de cada edifício.

Várias medidas de conservação de água têm sido adotadas visando minimizar o consumo deste insumo nas edificações.

Segundo Gonçalves e Oliveira (1997), a conservação de água em edifícios apresenta vários benefícios, dentre os quais se destacam: aumento do número de usuários atendidos com a mesma oferta de água; redução de investimentos na busca da água originada longe dos centros urbanos; preservação dos recursos hídricos disponíveis; redução do pico de demanda através da otimização de equipamentos e tubulações; diminuição do volume de águas residuárias, implicando redução de investimentos em

seu tratamento; além da redução da demanda de energia elétrica no sistema de fornecimento, coleta e tratamento de esgoto.

O Uso Racional de Água (URA) consiste na otimização em busca do menor consumo de água possível mantidas, em qualidade e quantidade, as atividades consumidoras. Assim, o enfoque é na gestão da demanda.

Existem diferentes estudos sobre a implantação de medidas de uso racional de água em edificações de diferentes tipologias (escolas, hospitais, residências unifamiliares, edifícios comerciais e residenciais multifamiliares, aeroportos, entre outros) no país.

Os resultados obtidos indicam economias de até 80%, principalmente em edificações sem uma manutenção adequada.

As ações de uso racional devem sempre preceder a oferta de fontes alternativas, de modo a se otimizar a relação entre a demanda e a oferta nas edificações.

A Conservação de Água para fins desse trabalho, consiste na otimização da demanda somada à implementação de ofertas alternativas de água, empregando água de qualidade não potável para fins menos nobres. Ou seja, existe o enfoque tanto na demanda como na oferta de água no âmbito das edificações.

As ações que visem essa gestão conjunta podem ser agrupadas sob a denominação de Programa de Conservação de Água (PCA). Assim, um PCA consiste em uma sistemática de ações a serem implementadas em uma edificação, a partir de uma avaliação sistêmica do uso da água, para a otimização do uso e a utilização de fontes diversas de água, considerando os diferentes níveis de qualidade necessários, de acordo com um Sistema de Gestão apropriado.

A implantação de um PCA pode gerar os seguintes benefícios (**SAUTCHÚK, 2004**):

- Economia gerada pela redução do consumo de água;
- Economia criada pela redução dos efluentes gerados;
- Economia de outros insumos, tais como energia;
- Redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação;
- Aumento da disponibilidade de água;
- Agregação de valor ao “produto e/ou serviço”;
- Redução do efeito da cobrança pelo uso da água;
- Melhoria da visão da organização da sociedade – responsabilidade social.

A referida autora afirma que para o desenvolvimento e implantação de um PCA deve-se fazer um planejamento sistêmico para que os objetivos traçados sejam obtidos.

Em função deste planejamento, faz-se necessário, avaliar a demanda e a oferta de água, levando-se em consideração o sistema hidráulico, usuários e atividades consumidoras de água.

A partir desta análise poderão ser implementadas as linhas de ações do PCA, quais sejam:

- Implantação de sistema de medição;
- Realização das campanhas de sensibilização dos usuários;
- Substituição de equipamentos convencionais por economizadores de água; e,
- Aproveitamento de uso fontes alternativas.

Essa autora agrupa as atividades que compõem um PCA nas seguintes etapas:

1: Avaliação Técnica preliminar

2: Avaliação da demanda de água

3: Avaliação da oferta de água;

4: Estudo de viabilidade Técnica e Econômica

5: Detalhamento Técnico

6: Implantação do sistema de gestão de água

A análise da demanda deve levar em consideração as seguintes atividades:

- Análise documental;
- Caracterização da qualidade da água especifica para cada uso contido na edificação;
- Garantia de vazão e pressão apropriadas nos diversos pontos de consumo;
- Avaliação das possibilidades mais apropriadas de equipamentos hidráulicos e componentes;
- Setorização do consumo de água;
- Traçados otimizados;
- Locação dos sistemas hidráulicos considerando a facilidade de acesso;
- Atendimento às normas técnicas brasileiras de projetos, materiais e componentes.

Caso a edificação não disponha de um sistema de medição de consumo da água, deve-se planejar a implementação desta setorização, visando a gestão eficiente da demanda de água nos sistemas prediais. Além disso, a setorização auxilia na quantificação dos volumes dos efluentes disponíveis pelas diversas fontes alternativas, possibilitando o melhor planejamento das ações a serem tomadas para a implementação do sistema de reciclagem, reaproveitamento e/ou reúso. Porém, em alguns casos a medição setorizada não pode ser realizada, sendo recomendado estimar o consumo com base em pesquisa bibliográfica sobre o tema em questão.

Para um melhor entendimento, pode-se dizer que a medição setorizada consiste na instalação de medidores em unidades que compõem um conjunto maior, dotado de um

medidor principal, para que se possa medir o consumo individualmente de cada unidade e não apenas do conjunto. Esta instalação é realizada com o intuito de se obter uma melhor informação a respeito do consumo de água, possibilitando a quantificação do consumo de uma determinada área, edifício ou equipamento (**TAMAKI e GONÇALVES, 2003**).

Para a efetiva implementação da medição setorizada, deve-se realizar um planejamento que contemple as atividades a serem realizadas, os recursos disponíveis e diretrizes específicas da instalação.

No caso das edificações novas, a implantação do sistema de medição setorizada deve ser considerada na fase de projeto, levando-se em consideração os seguintes fatores:

- Dimensionamento dos hidrômetros e tubulações, devido às perdas de carga;
- Localização adequada dos medidores, de modo a facilitar a manutenção;
- Emprego de tecnologia apropriada para a aquisição e transmissão dos dados;
- Custos envolvidos para a implantação;
- Desenvolvimento de manual técnico de operação do sistema para auxílio da etapa de gestão.

A análise da oferta de fontes alternativas, por sua vez, deve levar em consideração os seguintes fatores (**SAUTCHÚK et. al, 2005**):

- Avaliar as possíveis fontes de água, variáveis para cada empreendimento;
- Considerar os níveis de qualidade da água necessários, as tecnologias existentes, cuidados e riscos associados à aplicação e a gestão necessária;
- Verificar a possibilidade de abastecimento por meio da concessionária (água potável e água de reúso);
- Verificar a possibilidade de captação direta e tratamento necessário;
- Verificar a possibilidade do uso de águas subterrâneas, usos específicos e tecnologias de tratamento necessárias;

- Estimar o volume de reserva de água de chuva e possíveis usos;
- Verificar forma de segregação dos efluentes gerados;
- Verificar as possibilidades de reúso, aplicações e tecnologias necessárias;
- Estimar o volume de efluente minimizado após a incorporação de cada uma das ações anteriormente citadas;
- Analisar a logística de operação;
- Analisar os custos de operação, e;
- Avaliar os investimentos necessários.

O uso de fontes alternativas de abastecimento de água deve considerar os custos envolvidos na implantação e gestão do sistema a ser implantado, garantido a qualidade necessária a cada uso específico, resguardando a saúde pública dos usuários internos e externos.

São vários os cuidados que devem ser tomados com a implantação de um sistema alternativo, como nomear um responsável pela gestão qualitativa e quantitativa deste insumo, bem como, evitar os riscos de contaminação a pessoas, produtos e danos de equipamentos.

Ressalta-se a importância da perfeita identificação do sistema, bem como sua independência com os demais sistemas hidráulicos da edificação.

A seleção da fonte alternativa a ser empregada passa pela estimativa da oferta e dos custos envolvidos. Além disso, a caracterização da demanda, com a quantificação e levantamento das exigências mínimas para o uso de água não potável são fatores determinantes nesse processo.

Nesse sentido, a Tabela 2.1 apresenta as exigências mínimas para uso da água não-potável em função das diferentes atividades a serem realizadas numa edificação.

Tabela 2.1: Exigências mínimas para uso de água não potável.

Atividade	Exigência
Água para irrigação, rega de jardim e lavagem de pisos	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas
	Não deve ser abrasiva e nem manchar superfícies
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para descarga em Bacias Sanitárias	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve ser abrasiva e nem manchar superfícies
	Não deve deteriorar os metais sanitários
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para refrigeração e sistema de ar condicionado	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve ser abrasiva e nem manchar superfícies
	Não deve deteriorar máquinas e nem formar incrustações
Água para lavagem de veículo	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve ser abrasiva e nem manchar superfícies
	Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para lavagem de roupa	Deve ser incolor e livre de algas
	Não deve ser turva e não deve apresentar mau cheiro
	Deve ser livre de partículas sólidas e de metais
	Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para uso ornamental	Deve ser incolor
	Não deve ser turva e não deve apresentar mau cheiro
	Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para uso em construção civil na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve alterar as características de resistência dos materiais
	Não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana

FONTE**: Sautchúk et. al (2005)**.

As principais fontes alternativas que vem sendo consideradas para o abastecimento das edificações são a água pluvial, a água de reúso e as águas subterrâneas.

Constitui escopo do presente trabalho os sistemas que empregam água de reúso como fonte alternativa de abastecimento. O aproveitamento de água pluvial e o uso de águas subterrâneas também se constituem em opções interessantes para a redução do consumo de água potável nas edificações e tem sido contempladas em outros estudos, tanto nacionais como internacionais.

2.2 REÚSO DE ÁGUA

Setti (1995) denomina como reúso de água o “aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original”.

Um caso particular do reúso de água é a reciclagem de água definida por “reúso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original” (**BREGA FILHO e MANCUSO, 2002**).

Prior (2000) apud Teixeira (2003) classifica a reciclagem, em função da parcela de recirculação, em três tipos, quais sejam:

1 - Reciclagem restrita: permite uma recirculação de cerca de 50 a 80% dos efluentes gerados e depende do tipo de tratamento empregado;

2 - Reciclagem ampla: permite uma recirculação de 80 a 95% dos efluentes gerados, por meio de técnicas de tratamento mais eficientes que as da reciclagem restrita;

3 - Reciclagem total (fechamento do circuito): objetiva a recirculação total (100%) dos efluentes gerados (como no caso de sistemas de ar condicionado). Este tipo de reciclagem requer o uso de tecnologias sofisticadas de tratamento, além de uma análise criteriosa da relação custo benefício.

Segundo Escalera (1995) são vários os tipos de reúso, considerando-se como fator de classificação a sua finalidade, sendo que cada um deles possui uma característica própria, relacionada à qualidade e aos riscos à saúde. Porém, ao se adotar um determinado tipo de reúso, deve-se cumprir os padrões de qualidade de água para que não se coloque em risco a saúde dos usuários, levando-se em consideração a aceitação social, a legislação pertinente, tecnologia para implementação e aspectos econômicos.

Diferentes fontes bibliográficas, tais como Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (1992); Crook, et al. (1994); Escalera(1995); Setti(1995); Brega Filho e Mancuso (2002) têm apresentado a seguinte classificação para os sistemas de reúso:

- ✓ **Direto:**

Caracterizado pela utilização direta do efluente tratado, ou seja, o efluente não sofre nenhum processo de depuração no meio ambiente até o local do seu reúso, podendo ser para fins potáveis ou não.

- ✓ **Indireto:**

Ocorre quando as águas residuárias municipais não tratadas são descarregadas diretamente num curso superficial, ocasionando processos de diluição, dispersão e autodepuração. Este tipo de reúso pode ser classificado em:

planejado: Quando se tem a intenção de aproveitar o efluente tratado, considerando-se os custos envolvidos, os riscos à saúde pública e os benefícios esperados, e;

não planejado: Quando não se tem a intenção de aproveitar o efluente tratado, porém este é utilizado de forma não controlada.

É importante ressaltar que ao se implementar um determinado tipo de reúso é necessário agregar uma política de sensibilização e de esclarecimentos dos futuros beneficiários, tendo em vista os riscos envolvidos e garantir a aceitação do sistema como um todo (**BREGA FILHO e MANCUSO, 2002**).

Basicamente, considera-se os seguintes tipos de reúso de água, em função da sua finalidade, os quais serão definidos na seqüência: agrícola; industrial; recarga de aqüíferos subterrâneos; para manutenção de vazões; ambiental e recreativo; aquacultura (ou aquicultura) e doméstico.

No reúso **doméstico**, tem-se o aproveitamento das águas residuárias residenciais provenientes dos usos domésticos que apresentem pouca matéria orgânica, como banho e higiene pessoal, lavagem de pratos e acessórios de cozinha, das pias e da lavanderia em descargas de bacias sanitárias, regas de jardim e outras atividades menos nobres. Pode-se dar em edifícios residenciais uni ou multi-familiares.

Alguns dos tipos de usos citados anteriormente necessitam da distribuição da água em caminhões, como por exemplo, a lavagem de ruas e outros de sistemas duplos de distribuição, com uma rede exclusiva para água de reúso.

Os sistemas duplos são usados como prevenção contra a disponibilidade da água de reúso para fins não potáveis, com a recomendação de que este tipo de água deva ter qualidade tal que não represente perigo à saúde, mesmo que seja ingerida.

2.2.1 Água Cinza

Em muitos casos, se o esgoto doméstico tratado não está contaminado com substâncias tóxicas, como esgotos industriais, eles podem ser devidamente tratados e reutilizados, reduzindo a demanda de água doce.

Segundo Santos e Mancuso (2003), existem diversas oportunidades de reutilização de água, devendo-se estimular estas técnicas, principalmente aquelas relacionadas com o reúso dos esgotos secundários de banheiros, usualmente denominadas *águas cinzas*.

Águas cinzas são definidas como o esgoto que não possui contribuição da bacia sanitária, ou seja, o esgoto gerado pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas e pias de cozinha em residências, escritórios comerciais, escolas, etc. (**ERIKSSON et al., 2002; NOLDE, 1999)**.

Santos, Zabrocki e Kakitani, (2002) ressaltam que a água de pia de cozinha deveria ser desconsiderada nessa categoria, por apresentar óleos, gorduras e graxas que são difíceis de retirar em processo de filtração e também por conter microorganismos.

Segundo Hespanhol (2008), as águas cinzas são divididas em:

- *claras*: excluem o esgoto proveniente da bacia sanitária e da pia de cozinha;
- *escuras*: excluem o esgoto proveniente da bacia sanitária.

Cita-se como usos comuns de água cinza as seguintes atividades:

- - descarga em bacias sanitárias e mictórios;
- - irrigação de jardins;
- - compensação de torre de resfriamento;
- - reposição de chafariz;
- - lavagem de pisos; etc.

Santos, Zabrocki e Kakitani, (2002) consideram que se em uma residência o chuveiro for utilizado uma vez ao dia durante 10 minutos e o lavatório cinco vezes ao dia, durante 30 segundos, produz-se um volume de água cinza de cerca de 75 Litros/dia, o qual poderia ser reutilizado no acionamento de 4 descargas em bacias sanitárias convencionais (12 Litros), restando ainda 27 Litros para outros fins.

Segundo Blum (2002), a utilização de água cinza para mictórios e descarga em bacias sanitárias é uma das possibilidades mais viáveis. Estima-se que cerca de 30% do consumo total das residências possa ser economizado pelo reúso de águas cinzas para descarga em bacias sanitárias.

A possibilidade de reúso de águas cinzas tem recebido uma atenção especial, pelo fato desta fração de esgoto ser menos poluída que o esgoto urbano, pela ausência de fezes, urina e papel higiênico. Conhecer as características deste tipo de água é importante para a avaliação das possibilidades de reúso, incluindo as necessidades para o pré-tratamento. Além disso, os aspectos relacionados à saúde têm que ser considerados, principalmente os microorganismos, e as perspectivas ambientais, tendo em vista a acumulação de compostos orgânicos.

Ressalta-se também que não se dispõe de padrões para os seus possíveis constituintes, uma vez que não se conhece suficientemente os efeitos da associação de duas ou mais substâncias e não se tem métodos definidos de análise para identificação e quantificação da geração de novos compostos (**BLUM, 2002; SANTOS e MANCUSO, 2003**).

Deve-se, portanto, realizar um planejamento preliminar, o qual fornecerá uma visão da viabilidade do reúso de água e a introdução do planejamento detalhado (**ASANO, 1998**). Um projeto eficaz oferece oportunidades para alcançar objetivos múltiplos de

recuperação de esgoto com requisitos de uso da água. A Tabela 2.2 apresenta os principais elementos do planejamento de reúso de água no âmbito urbano.

Tabela 2.2: Principais elementos do planejamento de reúso de água em âmbito urbano.

Fase do planejamento	Objetivo do planejamento
Avaliar o tratamento de esgoto e necessidade de disposição	Avaliar a quantidade de esgoto disponível para reúso e opções de disposição
Avaliar o abastecimento e demanda de água	Avaliar o uso predominante da água
Avaliar o mercado para água recuperada	Identificar o usuário potencial de água recuperada e associar com a quantidade de água e requisitos de qualidade.
Administrar a engenharia e fazer análise econômica	Determinar as necessidades de tratamento e distribuição de sistemas para os usuários
Desenvolver plano de implementação com análise financeira	Desenvolver estratégias, planos e opções financeiras para implementação de projetos.

FONTE**: Asano (1998)**.

Segundo Asano (1992), a recuperação de água vem apresentando maior visibilidade à medida que aumenta a demanda para o suprimento deste insumo, especialmente em áreas urbanas. Uma vez que podemos utilizar águas de menor qualidade para fins e usos determinados, estaremos contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água. Este autor propõe uma matriz de potenciais de água de reúso associada com as restrições e preocupações, os quais encontram-se apresentados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Usos potenciais da água de reúso, restrições e preocupações associadas.

Potencial de Reuso de água	Restrições e Preocupações
Agricultura e irrigação Irrigação de culturas Estufas Comerciais Parques Jardins de Escolas Separações de Autopistas Campos de golfe Cemitérios Cinturões Verdes Áreas Residenciais	Efeitos de sais em solos e plantações. Preocupação com a saúde pública, poluição de águas superficiais e de aqüíferos, aceitabilidade de colheitas e saúde pública.
Reuso Industrial Resfriamento Alimentação de *boiler* Processos Industriais Construção em Larga Escala	Corrosão, crescimento biológico e geração de resíduos, além de preocupações com a saúde pública.
Recarga de aqüífero	Potencial toxicidade por compostos químicos e patogênicos.
Recreacional e ambiental Lagos e lagoas Gestão de áreas alagadiças Aumento de vazão de córregos Pesqueiros Geração de neve	Preocupações de saúde pública e eutrofização.
Usos Urbanos Não-Potáveis Reserva de Incêndio Condicionamento de Ar Descarga de Bacias Sanitárias	Saúde pública, geração de resíduos, corrosão e crescimento biológico.
Reuso Potável Misturas na potabilização de água	Potencial toxicidade por compostos químicos, saúde pública e aceitação pública

Fonte: adaptado de **ASANO (1992).**

A reciclagem da água apresenta algumas vantagens, tais como a diminuição do descarte no sistema de esgoto sanitário e a economia de água potável (**TEIXEIRA, 2003**).

Cabe ressaltar que tanto o sistema de reúso como de reciclagem é tecnicamente viável dentro de uma edificação, desde que suas aplicações sejam planejadas e monitoradas.

2.2.2 Água Negra e Amarela

Água negra e amarela são definidas como o esgoto proveniente da bacia sanitária e mictório, compostos por fezes, urina e papel higiênico (**GONÇALVES, R. F. et. al, 2006**). Este tipo de água apresenta elevada carga orgânica e sólidos em suspensão. Este tipo de esgoto é constituído por 90% de carga de nitrogênio, 40% da carga de fósforo e 10% de DBO_5 e DQO.

2.2.3 Água Branca

Além das águas cinzas provenientes dos equipamentos sanitários, em algumas edificações existem usos das águas que não se destinam à higienização pessoal ou ambiental ou ao consumo humano, por meio de equipamentos/aparelhos que utilizam água em atividades específicas.

Nunes et al. (2004) definem equipamentos de uso especifico como sendo aqueles em que a água é utilizada para a realização de outras atividades, que não seja a de higienização pessoal. Essa definição engloba um número significativo destes equipamentos em laboratórios, ambientes hospitalares, entre outros ambientes específicos.

Como exemplo de equipamentos encontrados nestes ambientes podemos citar: destilador, autoclave, deionizador, bomba a vácuo, etc. Nesses equipamentos, o efluente a ser reciclado é o despejo gerado em um determinado processo, o qual pode ser reutilizado para determinadas atividades, antes de ser despejado na rede coletora de esgoto.

O Ministério da Saúde (**BRASIL, 2005**) recomenda utilizar água nos ambientes citados anteriormente com determinados graus de pureza que atendam às recomendações constantes na Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Índices de pureza para água de equipamentos de uso específicos.

Especificações	Unidade	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Condutividade Específica	OHMS/cm	Máx. 0,1	Máx. 2.0	Máx. 5.0
Resistência Específica	MOHMS/cm	Min. 10,0	Min. 0.5	Min. 0.2
Metais Pesados	mg/l	Máx. 0,01	Máx. 0,01	Máx. 0,01
PH	-	entre 6 – 6,7	entre 6 – 6,7	entre 6 – 6,7

Fonte: **Brasil (2005).**

Além disso, o referido documento apresenta três tipos de água purificada, que são:

- Tipo I – Preparo de soluções de referência, reconstituição de material liofilizado, etc.;
- Tipo II – Procedimentos sorológicos, microbiológicos, preparo de corantes, etc.;
- Tipo III – Lavagem de material de vidro.

Em seguida, são descritos alguns dos tipos de equipamentos de uso específico mais encontrados nos ambientes citados anteriormente.

Autoclave

É um equipamento utilizado para esterilização de materiais e utensílios diversos em laboratórios químicos, farmacêuticos, industriais, odontológicos e médicos em geral (**TECNAL, 2005**). A adaptação à tarefa específica é feita pelo fabricante do equipamento, quando definida as atribuições do mesmo. Existem diferentes tipos de autoclave para a esterilização de diferentes tipos de materiais, como as de:

- óxido de etileno ou formaldeído, destinadas à esterilização de materiais médico-cirúrgicos e odontológicos, sensíveis ao calor; e
- vapor saturado sob pressão, que consistem em vasos de pressão equipados com acessórios, que possuem duas câmaras concêntricas, cilíndricas ou retangulares, separadas por um espaço (camisa), no qual é introduzido vapor. São utilizadas para esterilização de materiais não sensíveis ao calor.

Em ambos os casos, a água gerada é, em geral, descartada para a rede pública, uma vez que possíveis contaminantes devem se encontrar inativados. Apesar disso, existe o problema de falta de uniformização do efluente gerado, uma vez que existe autoclavagem para material que chamaremos de “limpo” (aquele que já passou por uma prévia limpeza e/ou desinfecção e para material ainda “não-limpo” (aquele que, por exemplo, provêem diretamente de restos de cirurgia).

Além disso, alguns fabricantes de autoclave citam a possibilidade de reciclar a água de resfriamento, dita “não-contaminada”, que tem como objetivo resfriar componentes da autoclave, como a bomba de vácuo e os trocadores de calor do sistema (**GETINGE, 1998**).

Deionizador

É um equipamento que realiza a passagem da água por resinas de troca iônica para a liberação de íons (**TECNAL, 2005**). Por ser um processo mais caro, é utilizado quando se deseja alcançar águas com alto grau de pureza, como as de Tipo I. Quando a água processada não atinge o grau de pureza necessário (devido a problemas no equipamento), essa água deve passar novamente pelo processo de deionização até que a pureza seja atingida. Se não há uma preocupação já na fase de projeto de instalações com esse possível problema, em geral a água que não atingiu a pureza requerida é descartada para a rede, gerando o desperdício.

Banho-Maria

Equipamento utilizado em diversos tipos de análises laboratoriais, no aquecimento de soluções e amostras em geral, onde se necessite do uso de temperaturas até ebulição (**TECNAL, 2005**). A água utilizada nele deve ser deionizada. Não existe desperdício de água do mesmo, mantida a correta operação e/ou manutenção.

Evaporador Rotativo

É um equipamento aplicável em destilações de solventes orgânicos diversos, sob temperatura e pressão controladas e vácuo constante, composto de um sistema de balões e vidrarias para condensação do produto requerido e de um banho-maria necessário para aquecer o sistema (**TECNAL, 2005**). Também não existe desperdício de água do equipamento se o mesmo mantiver uma correta operação e/ou manutenção.

Trompa de Vácuo

É um dispositivo de vidro ou metal que se adapta à torneira de água, cujo fluxo arrasta o ar, produzindo "vácuo" no interior do recipiente ao qual está ligado (que, em geral, é uma vidraria denominada Kitassato), para fins de filtração (**VOGEL, 1981**). O desperdício de água consiste no fato do método utilizar fluxo de água para a geração de vácuo. Essa água apenas entra no processo para a geração de vácuo, e vai direto para a rede coletora de esgoto. Um problema pertinente que deve ser levado em conta é que pode haver refluxo de líquidos no processo. Outro problema é a possibilidade de se estar trabalhando com um filtrado com ponto de ebulição baixo, do qual uma parte pode evaporar e seus gases se misturam, o que contaminaria a água que sai da trompa para descarte.

Destilador

Antes de definir destilador é importante descrever o processo de destilação. Há muitas definições do termo destilação, dadas pela literatura. Tanto que foram criados adjetivos, como "simples" ou "fracionada".

De uma forma geral, pode-se definir destilação como "um termo coletivo para o processo - em que misturas líquidas são separadas por evaporação e condensação de um vapor de saída" (**KRELL, 1982**). Em termos puramente físicos, a destilação não precisa envolver separações, pois pode ocorrer em um líquido puro.

Segundo Shinskey (1984) o principal objetivo da destilação é separar uma dada amostra de produtos mais úteis ou puros. Neste trabalho, o produto considerado é a água destilada, líquido essencial para procedimentos laboratoriais, como solvente de inúmeras soluções e lavagem de vidrarias ou resfriamento de equipamentos.

Os termos de “destilação simples” e “destilação fracionada” se referem apenas ao modo de operação. A destilação simples envolveria apenas um aquecimento até a ebulição de um líquido a uma dada temperatura. Enquanto a destilação fracionada envolve o aquecimento da mistura a variadas temperaturas, sendo que em cada uma delas ocorre a separação de um produto diferente. Neste estudo foram considerados apenas os casos de destilação simples, sendo a mais apropriada para sistemas de reciclagem dentro da edificação (**KRELL, 1982**).

O destilador é um equipamento para purificação de água destinada para uso em laboratório. O princípio de funcionamento começa quando a água que entra em uma caldeira é pré-aquecida e entrando então em ebulição. Posteriormente, esta água é condensada mediante um processo de resfriamento. A água condensada é então coletada e denominada água destilada, pois passou pelo processo de destilação. Cabe ressaltar que a água gerada no processo de resfriamento, em geral, é descartada para a rede pública.

Para a produção de água destilada parte-se da composição físico-química da água advinda pela rede de abastecimento da edificação, a qual atende à Portaria nº 518 (**MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004**).

Pelas normalizações vigentes no país e segundo as especificações requeridas pelos fabricantes de equipamentos específicos, quando essa água não atingir o grau de purificação necessário, este insumo é descartado para a rede coletora de esgoto.

O desperdício é detectado quando se verifica que essa água purificada é descartada muitas vezes, pois a mesma apresenta padrões de potabilidade, de acordo com a legislação vigente e poderia, pelo menos, ser usada para fins menos nobres que o consumo humano.

Destilador de Nitrogênio

Equipamento desenvolvido para determinação do nitrogênio contido em uma amostra. Em geral, possui uma caldeira interna de geração de vapor que leva a um processo de digestão da amostra, sendo acompanhado pelo método de Kjeldahl para a determinação do Nitrogênio (**TECNAL, 2005**). Não existe desperdício de água, pois a mesma só entra na forma de vapor para aquecer a amostra.

Bomba de Vácuo

Para a geração de vácuo existe a necessidade de uso de vários processos, seja para uso conjunto em equipamentos ou para deslocar líquidos ou gases em rede. Para isso, faz-se o uso de bombas de vácuo que, em geral, são monoblocos que podem produzir alternadamente vácuo ou ar comprimido, abrindo-se simplesmente uma válvula e fechando-se outra e vice-versa. A maioria dos sistemas usa água como fluido motriz da bomba (**CROLL, 2005**) e o desperdício reside no fato que a mesma entra na bomba e sai diretamente para a rede, às vezes com o mesmo padrão com o que veio da rede pública de abastecimento. O sistema deve prever a “utilização de duas bombas de funcionamento alternado para uso normal e, em caso de emergência, em paralelo” (**BRASIL, 1995**).

Conforme apresentado neste item, verifica-se que alguns equipamentos de uso específico podem gerar grandes volumes de água em seus processos, os quais geralmente, são desperdiçados. Portanto, visando minimizar este desperdício de água, verificou-se a possibilidade de implantação de sistemas de reciclagem de água.

Algumas pesquisas realizadas nos laboratórios de universidades brasileiras comprovaram que os equipamentos de uso específicos de água podem gerar grande desperdícios da mesma com qualidade quase potável. Entre eles pode-se citar os estudos realizados por Nascimento et al (2007) e Tamaki et al (2007).

Nascimento et al (2007) avaliou o potencial de reúso de efluentes de sistemas de destilação da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás (UFG) para a irrigação de horta de plantas medicinais. Foram realizadas entrevistas para conhecer os fatores que os levaram à decisão de implantar o referido sistema, bem como, foi realizada uma pesquisa de campo aos empreendimentos citados contemplando diferentes tipologias de edifícios. Também foram realizados estudos de caso em dois edifícios onde funcionavam as Faculdades de Farmácia e Odontologia.

O estudo avaliou o consumo de água e os efluentes gerados por destiladores por três meses e as conclusões foram:

- Potencial de reúso de 1219 L/dia, com desperdício de 3,1% ao mês, considerando-se 21 dias úteis;
- O volume desperdiçado de 25,6 m³/mês poderia irrigar uma área de 610 m²;
- Com relação aos parâmetros físico-químicos os valores estavam dentro dos limites estabelecidos pela NBR 13969 (1997) e Portaria nº518 (**MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004**);
- Para os parâmetros bacteriológicos foi registrado um valor de 2632 UFC/mL superior ao permitido de 500 UFC/mL, somente no reservatório de reúso. Este problema poderia ser resolvido com desinfecção pontual.

Tamaki et al (2007) realizaram um estudo de caso na Universidade de São Paulo, dentro do Programa de Uso Racional da Água (PURA), o qual caracterizou os hábitos e a racionalização das atividades que consomem água, incluindo-se os locais de usos específicos de água.

Dentro desta etapa, os autores buscaram a minimização dos desperdícios de água em processos de purificação. Com isso, verificou-se, em alguns laboratórios da universidade, soluções pontuais de reaproveitamento da água de resfriamento, como encaminhamento do insumo para reservatório externo à edificação ou reservatório embaixo de bancada para usos em irrigação.

Com estas verificações foram elaborados procedimentos para utilização dos destiladores ensaiados de forma que os usuários regulassem a entrada de água nos referidos equipamentos.

Como procedimento experimental adotado promoveu-se a variação da vazão de entrada da água, os volumes de água destilada e de resfriamento, o tempo decorrido, as temperaturas e a qualidade da água.

Como resultados, o estudo mostrou que:

- Para a maioria dos destiladores avaliados, a vazão da água destilada é constante e independe da vazão de entrada no equipamento. Neste caso, pode-se fazer uma regulagem na vazão de entrada, que é variável;
- A temperatura da água de resfriamento aumenta com a redução da água de entrada, tomando-se como precaução a não utilização do equipamento no limite inferior;
- A temperatura da água destilada apresentou pouca variação permanecendo próxima dos 22ºC da água de entrada.

2.2.4 Componentes do sistema de reúso de água

Conforme já citado, o sistema de coleta de águas cinzas possui esgoto gerado pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas, bem como outros tipos de equipamentos.

O efluente armazenado é então filtrado ou tratado a uma qualidade compatível com a finalidade de uso. A rede de distribuição deverá ser totalmente independente da rede de água potável, de forma segura e distinta.

Os sistemas de tratamento podem ser divididos nos seguintes sub-sistemas (ver Figuras 2.1 e 2.2):

1- coleta e transporte;

2- tratamento;

3- sistemas de desinfecção;

4- sistema de armazenamento e distribuição.

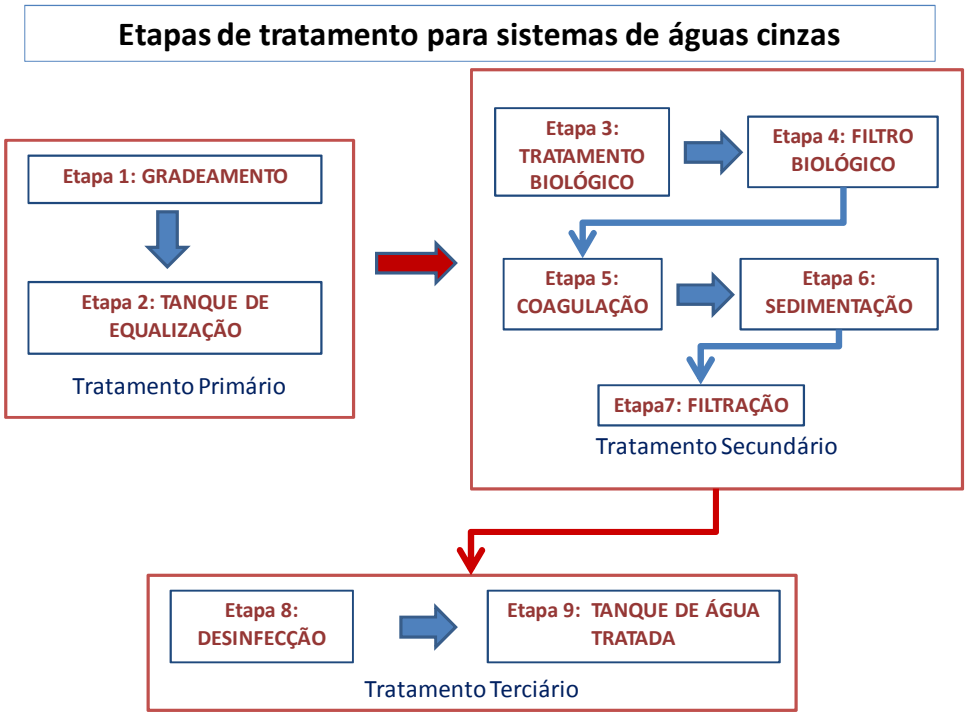


Figura 2.1: Esquemático dos subsistemas de tratamento para águas cinzas.

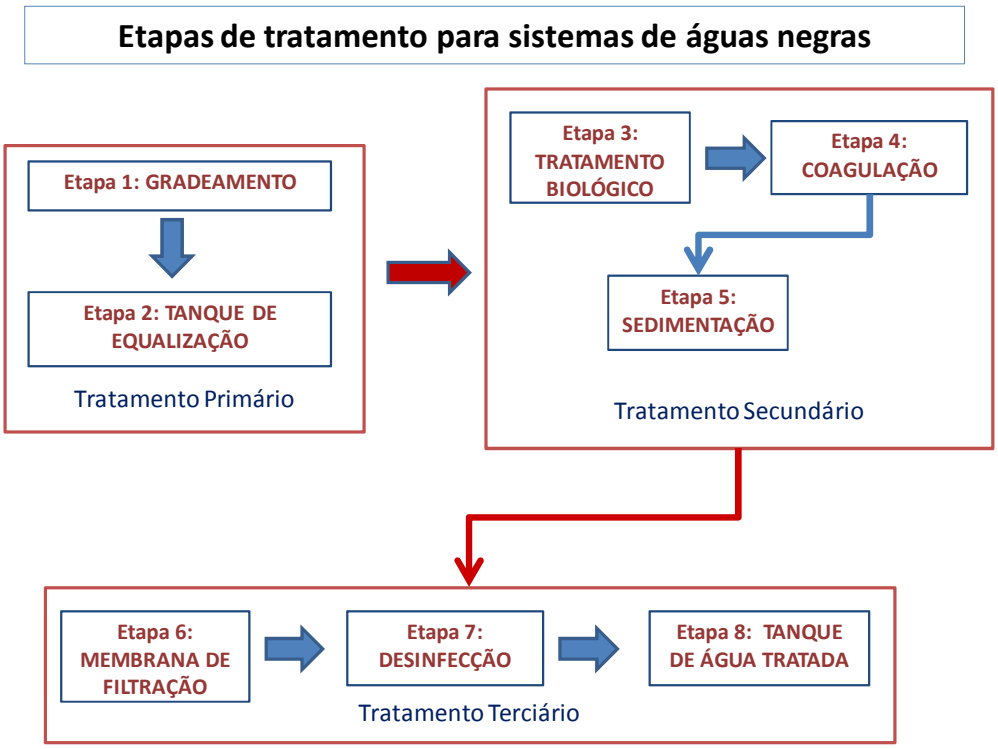


Figura 2.2: Esquemático dos subsistemas de tratamento para águas negras.

O sistema de coleta e transporte compreende a coleta do esgoto proveniente de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupas e banheira para um tanque de equalização, bem como a remoção do lodo decantado através de caminhão.

O sistema de tratamento consiste em:

- tratamento primário: armazenamento em tanque de equalização para diminuir a turbidez;
- tratamento secundário: sedimentação do lodo e tratamento biológico;
- tratamento terciário: podendo ser mediante o emprego de membrana de filtração e desinfecção por meio de carbono ativado ou com cloro.

No item 2.2.5 a qualidade e tratamento da água de reúso são abordados com maior detalhe.

O porte do sistema de tratamento varia conforme o tamanho das edificações, pois depende do número de pessoas e atividades que consomem água.

O tipo de tratamento depende da qualidade e do tipo de atividade. O tratamento mais adequado deve ser decidido em função do tipo de efluente gerado, bem como, dos tipos de uso.

Cabe ressaltar que a água cinza é potencialmente perigosa, por isto deve-se ter bastante cuidado quando o sistema estiver instalado. Um dos maiores perigos é a possibilidade da água cinza ser utilizada para fins inadequados ou ser realizada uma ligação inadvertidamente com o sistema de água potável.

Para evitar esta possibilidade, os sistemas de água cinza, bem como de água potável devem ser devidamente diferenciados, por meio de etiquetas, ou as tubulações devem ser executadas com materiais diferentes. Neste caso, a água cinza pode ser colorida com corante alimentar biodegradável.

Peixoto (2008) recomenda pintar a tubulação de água não potável na cor roxa e identificar este sistema com placas identificadoras a cada 3 metros. Além disso, a referida autora recomenda também que o efluente tratado seja pigmentado com azul de metileno, uma vez que este pigmento não mancha as louças sanitárias.

Outra medida importante seria o emprego de tubos e conexões que não pudessem ser acoplados com as tubulações do sistema de água potável, porém ainda não existem componentes que permitam essa alternativa no mercado nacional.

É também recomendado um treinamento para que as pessoas possam utilizar adequadamente os sistemas, bem como informar o funcionamento, a operação e a manutenção.

A Tabela 2.5 apresenta padrões de qualidade para habitação multifamiliares e a Tabela 2.6 apresenta a eficiência dos métodos de tratamento.

Tabela 2.5: Padrão de qualidade da água de reúso para habitação multifamiliares.

Parâmetro	Unidade	Referência
Odor	-	-
Cor	Unidade de cor (UC)	<10
Turbidez	Unidade de turbidez (UT)	<5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	<1.000
Sólidos Suspensos	mg/L	<5
pH	Unidade	5,8 – 8,5
DQO	mg/L	<20
DBO5	mg/L	<10
PO3-4	mg/L	<1
Contagem Pad. Bactérias Heterotróficas	UFC/mL	<100
Cloro Residual	mg/L	>0,2
COT	mg/L	<15

Fonte: **Frankel (2004)**.

Tabela 2.6: Eficiência dos métodos de tratamento da água cinza.

Processo	Percentual de remoção					
	Sólidos suspensos	DBO	DQO	Fosfatos (PO4)	Nitrogênio	Sólidos dissolvidos totais
Filtração	80	40	35	0	0	0
Coagulação/filtração	90	50	40	85	0	15
Cloração	0	20*	20*	0	0	0
Água tratada	95	95	90	15-60	50-70	80
Absorção (filtração por carbono)	0	60-80	70	0	10	5

* possibilidade de remoção adicional com supercloração e tempo de contato prolongado.

Fonte: **Frankel (2004)**.

2.2.5 Qualidade e tratamento da água de reúso de edificações

Existe uma série de problemas relacionados com o reúso de águas cinzas não tratadas adequadamente. O risco de propagação de doenças, devido à exposição a microrganismos contidos na água é um ponto crucial se a água for reutilizada, uma vez que o contato com a mesma pode ocorrer de diversas maneiras, tais como ingestão direta e ingestão de alimentos crus e verduras irrigadas com esta água e consumidas cruas (**BLUM, 2002; ERIKSSON et al., 2002**).

Além disso, Eriksson et al. (2002), ressaltam que o crescimento dos microrganismos dentro do próprio sistema é outra fonte importante de proliferação de doenças.

Segundo Blum (2002), os principais critérios que direcionam um programa de reúso relacionados com a qualidade da água produzida são:

- o reúso não deve resultar em riscos sanitários à população;
- o reúso não deve ocasionar prejuízos ao meio ambiente;
- a fonte da água que será submetida a tratamento para posterior reúso deve ser quantitativa e qualitativamente segura; e
- a qualidade da água deve atender às exigências relacionadas aos usos a que ela se destina.

As características da água cinza dependem primeiramente da qualidade da água de abastecimento; segundo, do tipo de rede de distribuição para água potável e para água cinza; e, terceiro, das atividades realizadas. Os componentes presentes na água variam de fonte para fonte, onde os estilos de vida, costumes, instalações e usos de produtos químicos são variáveis importantes. Além disso, existe o risco de degradação química e biológica de componentes químicos dentro da rede de transporte de esgoto e durante a sua armazenagem (**BLUM, 2002**).

Por este motivo, deve-se levantar os constituintes presentes nos esgotos, devido ao risco sanitário provocado por substâncias químicas orgânicas e inorgânicas e microrganismos. Esses organismos representam risco sanitário tanto pelo tipo de prejuízo à saúde, como pelo curto tempo de resposta entre a infecção e o desenvolvimento da doença.

Esgotos tratados podem ser reutilizados eficientemente, desde que os sistemas de tratamentos sejam adequados para reúso e removam principalmente microrganismos patogênicos e matéria orgânica.

Para Asano et al. (1996) os principais parâmetros relacionados à qualidade da água recuperada a serem analisados são os microbiológicos devido a preocupação com a proteção da saúde pública. Além disso, este autor destaca a importância das características da qualidade da água recuperada e principalmente que não seja esteticamente desagradável.

A saúde pública é protegida pela redução da concentração de patogênicos na água recuperada, controlando especificamente os constituintes químicos, e/ou limitando a exposição pública, o contato, a inalação e a ingestão com a água recuperada (**CROOK, et al., 1994**).

2.2.5.1 Presença de Microorganismos

Segundo Amorim (2001), a água contaminada ou poluída ocasiona as doenças de veiculação hídrica, as quais são diferentes das doenças de transmissão hídrica, aquelas em que a água atua como veículo do agente infeccioso e também doenças de origem hídrica, causadas por substâncias químicas presentes na água em concentrações inadequadas.

Em casos de reúso, os microrganismos devem ser primeiramente considerados para garantir que a sua presença não represente risco significativo para a saúde dos usuários. O controle dos microrganismos depende do monitoramento da qualidade da água através dos diversos processos de tratamento.

Para isso, é necessário diferenciar os processos biológicos dos microorganismos, que podem ser agrupados, conforme a natureza do metabolismo predominante, em aeróbios e anaeróbios. Os processos aeróbios são aqueles em que os microrganismos usam oxigênio dissolvido na água em seus processos respiratórios. Os processos anaeróbios são aqueles em que os microrganismos apresentam o mecanismo da respiração intra-molecular na ausência de oxigênio.

A avaliação da qualidade sanitária da água do ponto de vista microbiológico, visando a prevenção de doenças de veiculação hídrica é realizada com o emprego de bactérias coliformes, que são divididas em **coliformes totais e coliformes termotolerantes**:

- **Coliformes totais**: bastonetes GRAM-negativos aeróbios e anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C. O grupo inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal como diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas. Por isso, sua contaminação na água é menos representativa;
- **Coliformes termotolerantes**: têm a mesma definição dos coliformes totais, restringindo-se aos membros capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 44,5-45,5°C. Essa definição objetivou selecionar os coliformes originários do trato gastrointestinal. Sabe-se que este grupo inclui pelo menos 4 gêneros; dos quais o Enterobacter, o Citrobacter e a Klebsiella não são de origem fecal e o gênero Escherichia se multiplica no ambiente livre. Por este motivo, a indicação de **Escherichia coli** como contaminação fecal é a mais representativa.

O índice de *Escherichia coli* é comumente usado como indicador de contaminação fecal por meio do seu teor na água cinza. Além disso, alguns vírus como o enterovírus, podem se espalhar através das fezes contaminando a água.

Segundo Eriksson et al (2002), vírus patogênicos, bactérias, protozoários e helmintos escapam dos corpos de pessoas infectadas em suas excretas e podem ser transmitidos para outras vias de exposição do esgoto. Estes microrganismos podem ser introduzidos nas águas cinzas pela descarga da bacia sanitária, higienização de bebês e crianças, troca e lavagem de fraldas, bem como lavagem de vegetais não cozidos e limpeza de carnes cruas.

Watercasa (2001) apud Santos, Zabrocki e Kakitani (2002), apresenta as concentrações de coliformes fecais em edificações com sistema de reúso de água cinza, cujos resultados são reproduzidos na Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Concentração de coliformes fecais na água cinza em função das características das edificações.

Características das edificações	Valores médios de concentração de coliformes fecais
Com crianças (0-12 anos)	$4{,}99 \times 10^3$
Sem crianças	$4{,}25 \times 10^3$
Reservatório enterrado	$1{,}82 \times 10^4$
Reservatório apoiado	$6{,}43 \times 10^2$
Com animais	$2{,}12 \times 10^3$
Sem animais	$3{,}34 \times 10^4$

Fonte: Santos, Zabrocki e Kakitani (2002).

Os principais grupos de patogênicos encontrados nos esgotos são: bactérias, protozoários, helmintos e vírus. A Tabela 2.8 apresenta as doenças causadas pelos vários gêneros e espécies pertencentes a esses grupos.

Tabela 2.8: Doenças causadas pelos patogênicos presentes nos esgotos domésticos.

PATOGÊNICO	DOENÇA
Bactérias	
Shigella (4 spp)	Shigelose (disenteria bacilar)
Salmonella typhi	Febre tifóide
Salmonella (1700 serótipos)	Salmonelose
Vibrio cholerae	Cólera
Escherichia coli (enteropatogênica)	Gastroenterite
Yersinia enterocolitica	Yersiniose
Leptospira (spp)	Leptospirose
Legionella	Doença do legionário
Campylobacter jejune	Gastroenterite
Protozoários	
Endamoeba histolytica	Amebíase (disenteria amebiana)
Giardia Lamblia	Giardiase
Balantidium coli	Balantisíase (disenteria)
Cryptosporidium	Cryptosporidíase, diarréia, febre
Helmintos	
Ascaris lumbricóides	Ascaríase
Ancylostoma duodenale	Ancilostomíase
Necatur americanus	Necatoríase
Ancylostoma (spp)	Larva migrans cutânea (“bicho geográfico”)
Strongiloides stercoralis	Strongiloidíase
Trichuris trichura	Tricuríase
Taenia (spp)	Teníase
Enterobius vermicularis	Enterobíase
Echinococcus granulosus	Hydatídose
Vírus	
Enterovírus (72 tipos-polio, echo, coxsackie, novos enterovírus)	Gastroenterite, anomalias cardíacas, meningite, outras doenças
Virus da Hepatite A	Hepatite infecciosa
Adenovírus (47 tipos)	Doenças respiratórias, infecções de olhos
Rotavírus (4 tipos)	Gastroenterite
Parvovírus (3 tipos)	Gastroenterite
Agente Norwalk	Diarréia, vômito, febre
Astrovírus (5 tipos)	Gastroenterite
Calicivírus (2 tipos)	Gastroenterite
Coronavírus	Gastroenterite

Fonte: **Blum (2002); Eriksson et al. (2002); EPA (2004)**.

Outros parâmetros podem ser também de interesse, principalmente em locais onde pessoas extremamente suscetíveis à infecções (como idosos, HIV-positivo e pessoas

transplantadas) podem estar expostos ao reúso de águas cinzas. Além disso, pessoas que podem ter tido contato com fontes contagiosas, tais como refugiados, imigrantes que tenham visitado seus países nativos e/ou pessoas que viajaram para locais com problemas de saúde especial, podem carregar outros patogênicos quando retornam desses locais.

Adicionalmente, traços de urina podem estar presentes em águas cinzas de banheiros. A urina é geralmente estéril e inofensiva, mas algumas infecções podem originar patógenos transmitidos por este líquido. As principais infecções causadas pela urina são a febre tifóide (*Salmonella typhi*) e a leptospirose *(Leptospira*).

A ocorrência e concentração de microrganismos patogênicos no esgoto dependem de uma série de fatores, os quais incluem as fontes de contribuição no esgoto, a saúde geral da população contribuinte, a existência de doenças transmissíveis na população e a capacidade dos agentes infecciosos sobreviverem fora de seus hospedeiros em condições ambientais (**CROOK, 1998**).

2.2.5.2 Definição e classificação dos organismos patogênicos

Qualquer microrganismo é patogênico em potencial, porém apenas um número limitado de espécies podem provocar doenças (**AMORIM, 2001**).

Segundo Crook (1998), o potencial de transmissão de doenças infecciosas por meio de agentes patogênicos é o risco mais comum associado com o reúso não potável de esgoto tratado. O agente infeccioso que pode estar presente no esgoto não tratado pode ser classificado em três grandes grupos: bactérias, protozoários e helmintos, e vírus.

Crook (1998) e Amorim (2001) comentam sobre os principais organismos patogênicos encontrados no esgoto, conforme descrito a seguir.

Bactérias

São microrganismos de aproximadamente 0,2 a 10 μm de comprimento. Como as bactérias patogênicas estão presentes nas fezes dos indivíduos infectados, então, o esgoto pode conter uma larga variedade e concentração de bactérias. A bactéria patogênica mais comum encontrada no esgoto é a Salmonella, que causa a febre tifóide. Outras bactérias do esgoto não tratado são Vibrio cholera, Mycobacterium tuberculosis, Clostridium, Lepstopira e Yersinia.

Conforme destacado anteriormente, a Escherichia, juntamente com o gênero Enterobacter e Klebisiela constituem o grupo dos coliformes fecais, um importante indicador de contaminação fecal na água.

Uma atenção especial deve ser dada às bactérias capazes de induzir infecções externas no corpo, ou seja, infecções causadas apenas por um simples contato com as águas contaminadas, não necessitando de ingestão deste insumo, como por exemplo, Pseudonomas aeruginosa e Staphylococus aureus. Portanto, quando a água destina-se a atividades de contato primário, como recreação, deve-se ter um cuidado maior com a presença destas bactérias.

Fungos

Os fungos encontrados nas águas poluídas têm origem no solo, uma vez que os verdadeiros fungos aquáticos não se adaptam às águas poluídas. Para que os fungos cresçam e se multipliquem, é necessário que as águas poluídas sejam ricas em matéria orgânica.

Vírus

São parasitas intracelulares capazes de se multiplicar somente em células hospedeiras. Os tamanhos variam de 0,01 a 0,3 μm. Os vírus entéricos mais importantes são: *enterovírus* (*polio, echo* e *coxsackie*), *Norwalk vírus*, *rotavírus, reovírus, calicivirus, adenovírus* e *vírus da hepatite* A. O *reovírus* e o *adenovírus* são conhecidos por causarem doenças respiratórias, gastroenterites e infecções nos olhos. O *Norwalk vírus* e o *rotavírus* causam diarréia.

Para sobreviver e se multiplicar, é necessário que os vírus estejam parasitando uma célula hospedeira viva. Portanto, em águas contaminadas, com material fecal, podem ser encontrados vírus entéricos, sendo que alguns podem apresentar uma maior resistência à cloração, levando a sua eliminação por adsorção por carvão ativado.

Para Asano (1998), os vírus entéricos, do ponto de vista de saúde pública, são os grupos mais críticos de organismos patogênicos, devido à possibilidade de infecção pela exposição em baixas doses.

Protozoários

São cistos parasitas maiores que as bactérias e variam de 2 a 60 μm. Eles não se reproduzem no ambiente, porém são capazes de sobreviver no mesmo, por muitos anos, em condições ideais.

Os protozoários estão divididos em vários grupos, incluindo os esporozoários, amebas e protozoários flagelados e ciliados. Alguns protozoários são patogênicos e podem ser encontrados na água como *Acanthomoeba castellani*, *Naegleria fowleri*, *Anabaena flos-aquae*, *Microscystis aeruginosa*, *Alphanizomenon flos-aquae*, *Schizothrix calcicola*, *Giardia lamblia* e *Entamoeba hystolítica*.

Cabe ressaltar que a cloração não elimina os cistos, devendo ser eliminados na floculação e filtração.

Helmintos

Ascaris lumbricoides, Taenia saginata e *solium* são os helmintos mais comuns. Os ovos e larvas destes helmintos apresentam-se aproximadamente na faixa de 10 a 100 μm, são resistentes ao ambiente e podem sobreviver aos procedimentos de desinfecção. Porém, os ovos podem ser removidos através de processos de tratamento de esgoto, tais como sedimentação, filtração ou lagoas de estabilização.

Algas

As águas sujeitas à proliferação de algas azuis (cianofíceas) têm se mostrado nocivas ao homem, podendo ocasionar gastroenterite. As cianofíceas (cianobactérias) são microrganismos procariontes, cujas células costumam ficar agregadas em colônias e dependem da oferta de luz, fósforo e nitrogênio (poluentes orgânicos). As principais cianobactérias são *microcistinas*, *cilindrospermopsina* e *saxitonas*.

As toxinas produzidas pelas cianobactérias apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral, podendo ocasionar febre, dor abdominal, náuseas e vômitos. A morte devido a sua ingestão é causada por lesão hepática ou do sistema nervoso.

2.2.5.3 Parâmetros de qualidade da água

Para se avaliar a presença de organismos patogênicos na água, é necessário determinar a presença ou ausência de um organismo e de sua população, que estejam indicando a contaminação na água (**AMORIM, 2001**). Não existe um indicador ideal de qualidade sanitária de água, mas alguns organismos que aproximam-se das exigências referidas. Cabe ressaltar que a ausência de um determinado patógeno na água não exclui a presença de outros.

Existem diversos parâmetros indicadores que podem auxiliar na avaliação da qualidade da água. Estes parâmetros traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas (**PEREZ, et al., 2000**), sendo que cada um deles tem importância diferenciada, conforme será observado na seqüência.

a) Características físicas das águas

Segundo Piveli (19--), os parâmetros físicos têm a função de fornecer indicações preliminares importantes para a caracterização da qualidade química da água. Os principais parâmetros físicos são:

Cor: está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos. A importância de seu controle está relacionada com a repulsa psicológica do consumidor pela associação com a descarga de esgotos. Cabe ressaltar que a cor é um atributo estético da água, não estando relacionada necessariamente com problemas de contaminação, sendo, portanto padrão de potabilidade.

Turbidez: é o grau de redução de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água, devido à presença de sólidos em suspensão. A turbidez também indica padrão de potabilidade, sendo portanto, um parâmetro de qualidade estética das águas.

Ressalta-se que os parâmetros cor e turbidez não são normalmente utilizados para a caracterização de águas residuárias, dando-se preferência às medidas diretas das concentrações de sólidos em suspensão e dissolvidos. Por outro lado, o uso do parâmetro turbidez é mais expressivo para águas de abastecimento do que a concentração de sólidos em suspensão.

Sólidos: correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Diversas são as frações de sólidos, dentre elas: sólidos totais, em suspensão, voláteis, fixos e sedimentáveis.

No controle de poluição das águas e de caracterização dos esgotos, a determinação das concentrações das diversas frações de sólidos resulta na distribuição das partículas com relação ao tamanho e à natureza. Portanto, a determinação das frações de sólidos são mais interessantes para águas poluídas do que para águas limpas.

Temperatura: condição ambiental importante para o controle da qualidade de água. O aumento deste parâmetro ocasiona o aumento da velocidade das reações e a diminuição da solubilidade de gases dissolvidos na água. Além disso, pode favorecer o desenvolvimento de bactérias e, em águas supersaturadas, induzir a precipitação (calcite).

Sabor e Odor: uma das principais fontes de odor nas águas é a decomposição biológica da matéria orgânica. Outra fonte de sabor e odor nas águas de abastecimento é a presença de fenóis, metais, acidez ou alcalinidade, cloretos, etc.

Eriksson et al. (2002) ressaltam que partículas de alimentos, fluidos (sangue) de animais crus, partículas de terra e fibras em pias de cozinha, cabelos em lavatórios são exemplos de fontes de material sólido em águas cinzas. Medidas de turbidez e de sólidos suspensos geram informações sobre o teor de partículas e colóides que induzem o entupimento de instalações como as tubulações usadas para transporte ou filtros de areia usados para tratamento. Embora a quantidade de sólidos esperada deva ser menor do que no esgoto combinado, o risco de entupimentos não deve ser desconsiderado. A razão é que a combinação de colóides e surfactantes (detergentes)

podem causar estabilização da fase sólida, devido à absorção dos surfactantes na superfície coloidal.

b) Características químicas das águas

Os parâmetros químicos se devem à presença de substâncias dissolvidas, as quais são importantes devido às conseqüências sobre os organismos consumidores (**MOREIRA, 2001**). Para Piveli (19--) os parâmetros químicos mais importantes são:

pH: representa a atividade do hidrogênio na água, de forma logaritimizada, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e posteriormente acrescida do hidrogênio proveniente de outras fontes. O pH é condição importante em saneamento, por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas.

Acidez: é a capacidade quantitativa de reagir com uma base forte até um valor designado de pH, devido à presença de ácidos fortes, ácidos fracos e sais que apresentam caráter ácido. Este parâmetro não se constitui em qualquer tipo de padrão, sendo controlado pelo valor do pH.

Alcalinidade: é a capacidade de neutralizar ácidos. Seus principais componentes são os sais do ácido carbônico (bicarbonatos e carbonatos, e hidróxidos), além dos sais de ácidos fracos inorgânicos que são desconsiderados por serem pouco representativos e os ácidos orgânicos (acético, butírico, propionico) resultantes principalmente do metabolismo anaeróbio. Este parâmetro não representa risco potencial à saúde pública, não se constituindo, portanto, em padrão de potabilidade, sendo limitado, assim como a acidez, pelo valor do pH.

Dureza: é a medida da capacidade de precipitar o sabão, ou seja, de transformar os sabões em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote.

É causada pela presença de cálcio e magnésio e outros cátions como ferro, manganês, zinco, alumínio, hidrogênio, etc, associados a ânions carbonatos e sulfatos, nitratos, silicatos e cloretos. Os compostos que conferem dureza são: bicarbonato de cálcio, bicarbonato de magnésio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio.

c) Compostos Orgânicos nas águas

Alguns parâmetros têm a função de estimar o conteúdo de maneira orgânica das águas, dentre os quais se destacam (**PIVELI, 19--; PEREZ, et al., 2000**):

A *demanda bioquímica de oxigênio (DBO)*, que representa o potencial de matéria orgânica biodegradável nas águas naturais ou em esgotos sanitários e efluentes industriais, que poderá ocorrer devido à estabilização destes compostos, podendo trazer níveis de oxigênio abaixo dos permitidos. É um importante parâmetro na composição dos índices de qualidade das águas.

A *demanda química de oxigênio (DQO)*, que consiste em uma técnica utilizada para a avaliação do potencial de matéria redutora de uma amostra. A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários, sendo muito utilizada em conjunto com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos.

O *carbono orgânico total*, cuja análise é aplicável especialmente para a determinação de pequenas concentrações de matéria orgânica.

O *oxigênio dissolvido*, revela a possibilidade de manutenção de vida dos organismos aeróbios. O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve na água, devido à diferença de pressão parcial. Por este motivo, o oxigênio dissolvido (OD) é o principal elemento no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais, que são:

Águas eutrofizadas: aquelas em que ocorre a fotossíntese de algas, ou seja, aquelas onde a decomposição dos compostos orgânicos lançados levam à liberação de sais minerais no meio, especialmente nitrogênio e fósforo, utilizados como nutrientes pelas algas;

Águas poluídas: aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido o seu consumo na decomposição de compostos orgânicos);

Águas limpas: aquelas que apresentam elevada concentração de oxigênio dissolvido, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação.

O primeiro parâmetro utilizado para quantificar a presença de matéria orgânica em águas foi a concentração de sólidos voláteis. Em seguida, foi introduzido o teste da demanda bioquímica de oxigênio, pelo fato dos resultados das análises do primeiro parâmetro serem imprecisas para diversas aplicações. Apesar de ser importante, a análise da DBO é demorada, além de causar problemas de imprecisão, portanto foi introduzida a análise da demanda química de oxigênio (DQO) (**MOREIRA, 2001**).

Ressalta-se que a DBO representa melhor a característica da matéria orgânica sob o aspecto ambiental, no que se refere à biodegradabilidade, portanto, deve-se criterioso quando da substituição da DBO pela DQO.

A matéria orgânica de origem animal ou vegetal presente nos despejos é geralmente uma combinação de carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio. Os principais grupos destes compostos que estão presentes nos despejos são carboidratos, proteínas, gorduras e os produtos de sua decomposição.

A descarga de esgotos é a principal fonte de matéria orgânica nas águas naturais. Em esgoto predominantemente doméstico, 75% dos sólidos em suspensão e 40% dos sólidos dissolvidos são de natureza orgânica. Estes compostos são constituídos principalmente de carbono, hidrogênio e oxigênio, além de nitrogênio, fósforo, enxofre, ferro, etc. Os principais grupos de substâncias orgânicas encontradas nos esgotos são carboidratos (25 a 50%), proteínas (40 a 60%) e óleos e graxas (10%). Também são encontrados, em menor quantidade, compostos sintéticos, tais como detergentes, pesticidas, fenóis, etc. (**MOREIRA, 2001**).

As *proteínas* são os principais constituintes do organismo animal, ocorrendo em menor extensão nas plantas. Todos os gêneros alimentícios contêm proteínas. Elas são estruturalmente complexas e instáveis, estando sujeitas a diversas formas de decomposição. Existem proteínas solúveis e insolúveis na água. São formadas quimicamente pela ligação de um grande número de aminoácidos. Todas as proteínas contém carbono, hidrogênio e oxigênio, mas distinguem-se por apresentarem cerca de 16% de nitrogênio e constituem, conjuntamente com a uréia, as principais fontes de nitrogênio nos esgotos. Na maioria dos casos, o fósforo, o enxofre e o ferro também estão presentes.

Os *carboidratos* encontram-se amplamente distribuídos na natureza, incluindo os açúcares, amidos, celulose e fibras de madeira. Contém carbono, hidrogênio e oxigênio. Alguns são solúveis em água, como os açúcares e outros são insolúveis, como os amidos. Os açúcares tendem a se decompor, produzindo álcool e gás carbônico. Os amidos são mais estáveis, mas são convertidos em açúcar; a celulose é o carboidrato mais resistente à decomposição.

Os *óleos e graxas* são ésteres de álcool ou glicerina com ácidos graxos. Os glicerídeos de ácidos graxos, que são líquidos à temperatura ambiente, são chamados de óleos e os sólidos são chamados de graxas. Quimicamente são muito parecidos, constituídos

de carbono, hidrogênio e oxigênio em proporções variáveis. Estão presentes nos alimentos, não sendo facilmente decompostos biologicamente. São atacados pelos ácidos minerais, resultando na formação de glicerina e ácidos graxos.

Na presença de álcalis (NaOH, por exemplo), a glicerina é liberada e são formados sais alcalinos de ácidos graxos denominados sabões, que são estáveis. Os sabões comuns são formados pela saponificação de gorduras com o NaOH. São solúveis em água, mas na presença dos constituintes da dureza, os sais de sódio são trocados por sais de cálcio e magnésio, também chamados de sabões minerais, que são insolúveis e se precipitam.

Os *detergentes* ou *ácidos tensoativos* são grandes moléculas ligeiramente solúveis em água, que causam o fenômeno de formação de espumas nas águas naturais. Já os fenóis são produzidos industrialmente e podem ser oxidados biologicamente quando presentes em concentrações relativamente baixas.

Segundo Moreira (2001), a formação de espumas é um inconveniente quando se agita a água. Além de destacar a importância deste parâmetro na caracterização das águas clarificadas por receberem contribuição de substâncias tensoativas (fenóis e detergentes), provenientes de higiene pessoal, lavagem de roupas e limpeza doméstica.

A autora ressalta a toxicidade do fenol e a inconveniência da sua presença em águas submetidas ao tratamento com cloro, devido ao aparecimento de gosto e cheiro desagradável, provenientes da mistura entre as substâncias.

Segundo Eriksson et al. (2002), existem compostos orgânicos que podem estar presentes nas águas cinzas, constituindo um grupo heterogêneo de compostos. Eles se

originam de produtos químicos usados nas residências, como detergentes, sabões, xampus, perfumes, preservativos, tintas e limpadores. O autor destaca também que o esgoto da cozinha é composto de lipídios (óleos e gorduras), chás, cafés, amidos solúveis e açúcares, enquanto que o esgoto produzido na lavanderia contém diferentes tipos de detergentes, alvejantes e perfumes.

Segundo Asano (1998), a caracterização da qualidade da água é necessária para avaliar a segurança química e biológica do uso do esgoto recuperado para várias aplicações e também para garantir a eficácia das tecnologias de tratamento. Os parâmetros de qualidade da água que são usados para avaliar o esgoto recuperado são baseados nas práticas atuais do tratamento de água e esgoto. A Tabela 2.9 apresenta os principais parâmetros de qualidade da água recuperada.

Tabela 2.9: Principais parâmetros usados para caracterizar a qualidade do esgoto recuperado

Parâmetro	Importância no esgoto recuperado	Limite aproximado no esgoto tratado	Meta no esgoto recuperado[1]
Indicador Orgânico			10
DBO_5	Substrato orgânico para crescimento microbiológico	10-30 mg/L	
COT	Medida de carbono orgânico	1-20 mg/L	
Substância particulada			
Sólidos suspensos totais (SST)	Medida de partículas em esgoto relacionadas com contaminação, microbiológicos e turbidez; podendo interferir na desinfecção	<1 em 30 mg/L	<1 em 10 mg/L
Turbidez	Medida de partículas em esgoto, pode ser correlacionado com SST	1 em 30 UT	0,1 em 10 UT
Orgânicos patogênicos	Medidas de riscos de saúde devido vírus enteric, bactéria patogênica e protozoários	**Organismo coliforme**: <1 em 10^4/100 mL **Outros patogenos:** depende da tecnologia de tratamento	<1 em 2000 mL
Nutrientes			
Nitrogênio	Nutriente para irrigação, podendo também contribuir para o crescimento microbiológico	10 em 30 mg/L	<1 em 30 mg/L
Fósforo	Fonte nutriente para irrigação, podendo também contribuir para o crescimento microbiológico	0,1 em 30 mg/L	<1 em 20 mg/L

[1] A meta de tratamento depende da aplicação específico do reúso

Fonte: **Asano** (**1998).**

Kayaalp (1996) apresenta alguns tipos de tratamento para parâmetros físico-químicos e microbiológicos para águas de reúso utilizadas no sul da Austrália (ver Tabela 2.10).

Tabela 2.10: Classificação do uso da água recuperada no sul da Austrália

Classe	Usos	Parâmetro microbiológico	Parâmetro Fisíco-químico	Tipo de tratamento
A	Recreacional - contato primário Residencial: - Jardins - Descarga de bacias - Lavagens de carro - Lavagens de muros e Corredores Irrestrito: - Acesso público	<10 para 100 ml Considerar vírus e parasitas intestinais	Turbidez: 2-5 UT DBO: 20 mg/L SS <10 mg/L Salinidade se usado para irrigação – se a planta tolerar	Tratamento Secundário e Terciário: filtração e desinfecção
B	Recreação restrita Irrigação: - parques e jardins com nenhum acesso público durante irrigação	<1000 para 100 ml Considerar vírus e parasitas intestinais	DBO: 20 mg/L SS <10 mg/L Salinidade se usado para irrigação – se a planta tolerar	sedimentação primária mais lagoa ou tratamento secundário

Fonte: **Kayaalp (1996)**.

A Tabela 2.11 apresenta o consumo de alguns produtos químicos em residências de alguns países, os quais podem ser encontrados nas águas cinzas.

Tabela 2.11: Consumo anual de produtos químicos em residências estrangeiras.

Produto químico	País	População (milhões)	Ano	Consumo anual (10^6 Kg)	Consumo (Kg/pessoa/ano)
Detergente industrial e residencial	Dinamarca	5,3	1998	105	19,8
Detergente residencial	Suécia	8,9	1998	4,4	0,5
Detergente de lavanderia	Dinamarca	5,3	1998	40	7,5
Detergente de lavanderia	Finlândia	5,2	1999	27	5,2
Detergente de lavanderia	Noruega	4,4	1998	23	5,2
Detergente de lavanderia	Suécia	8,9	1998	49	5,5

Fonte: **Eriksson et al**. (2002).

Continuação da Tabela 2.11:

Tabela 2.11: Consumo anual de produtos químicos em residências estrangeiras.

Produto químico	País	População (milhões)	Ano	Consumo anual (10^6 Kg)	Consumo (Kg/pessoa/ano)
Detergente de lavanderia	USA	272,9	1999	1000	3,7
Xampu e condicionador	Dinamarca	5,3	1998	12	2,3
Xampu	Suécia	8,9	1998	12-10	0,9-1,1
Sabão	Suécia			8	0,9
Amaciante	Europa	-	-	-	6,0

Fonte: **Eriksson et al.** (2002).

Da análise da Tabela 2.11, percebe-se algumas diferenças de usos entre os países. Por exemplo, um dinamarquês usa 2,3 Kg de xampu e condicionador por ano, enquanto que um sueco utiliza entre 0,9 e 1,1 Kg desses produtos por ano.

A seleção de compostos relevantes para caracterização das águas cinzas baseia-se na análise daqueles que são potencialmente encontrados nos produtos químicos residenciais combinados com a sua identificação para os danos ambientais. A Tabela 2.12 apresenta um grupo de compostos químicos mais utilizados nas residências dinamarquesas, os quais estão presentes no esgoto.

Foram listadas cerca de 900 substâncias orgânicas químicas, as quais foram divididas em 14 diferentes grupos classificados de acordo com as suas funções. Todos os produtos químicos usualmente utilizados em residências contém vários compostos de diferentes grupos. Alguns destes compostos poderiam ser localizados em mais de um grupo, sendo agrupados conforme a função dominante do composto.

Tabela 2.12: Grupo de compostos químicos encontrados em residências dinamarquesas.

Grupo de compostos	Número de substâncias no grupo
Misturas/Vários	238
Perfumes e essências	197
Preservativos	79
Detergentes aniônicos	73
Solventes	67
Detergentes Não-iônicos	65
Detergentes Catiônicos	34
Amaciantes	29
Emulsivos	28
Tinturas	26
Detergentes anfóteros	20
Alvejantes	16
Enzimas	4

Fonte: **Eriksson et al.** (2002).

O maior composto na lista é representado pelos surfactantes usados nos detergentes e produtos higiênicos. Os solventes são usados para dissolver compostos. Alguns compostos foram colocados no grupo mistura/vários.

Segundo Blum (2002), os compostos químicos presentes nos esgotos urbanos classificam-se em orgânicos e inorgânicos, porém os esgotos de origem doméstica não contêm substâncias inorgânicas em teores que impeçam seu uso em diversas finalidades após um tratamento adequado. O autor apresenta alguns compostos químicos cuja presença acima do limite determinado em água potável gera doenças crônicas, conforme mostra a Tabela 2.13.

Tabela 2.13: Compostos químicos e as doenças originadas.

Composto Químico	Órgãos afetados
Inorgânicos	
Arsênio	Pele, sistema nervoso
Asbestos	Pulmão (RC)
Bário	Distúrbios gastrointestinais
Berílio	Ossos e pulmões
Cádmio	Fígado, rins, ossos e circulação
Cromo total	Fígado, rins e circulação
Cobre	Distúrbios gastrointestinais
Cianetos	Baço, cérebro, fígado
Fluoretos	Ossos (fluorose)
Chumbo	Rins, sistema nervoso (RC)
Mercúrio	Rins, sistema nervoso central
Níquel	Fígado, coração, sistema nervoso
Nitratos	Metemoglobinemia
Nitritos	Metemoglobinemia
Selênio	Rins, sistema nervoso
Tálio	Fígado, rins, cérebro, intestinos
Ácidos haloacéticos (*)	(RC)
Clorito (*)	(RC)
Bromato (*)	Fígado, rins, sistema nervoso (RC)
Orgânicos sintéticos	
Dioxima	(RC)
2,4,5 – TP (Silvex)	Fígado, rins
2,4 – D	Fígado, rins, sistema nervoso
Acrilamida	Sistema nervoso (RC)
Alacloro	(RC)
Aldicarb	Sistema nervoso
Orgânicos sintéticos	
Atrazina	Fígado, rins, pulmões, coração (RC)
Carbofuran	Sistemas nervoso e reprodutivo
p-Diclorobenzeno	(RC)
o-Diclorobenzeno	Fígado, rins, sangue
Estireno	Fígado, sistema nervoso
Tetracloroetileno	(RC)
Vinil cloreto	(RC)
Xilenos	Fígados, rins, sistema nervoso
THM (*)	Anemia hemolítica
Clorominas	Anemia hemolítica

RC: Risco de câncer;

(*) subprodutos de desinfecção.

Fonte: **Blum** (2002).

2.2.5.4 Sistemas de tratamento para reúso de água

As medidas de segurança necessárias para implementação de um programa de reúso incluem (**BLUM, 2002**):

- aplicação de tratamento compatível com a qualidade dos efluentes brutos;
- garantia de que o sistema de tratamento produzirá água com qualidade e quantidade exigidas; e
- adequabilidade do projeto, instalação e operação do sistema de distribuição.

Portanto, para se implantar um sistema de tratamento de água de reúso deve-se identificar a qualidade mínima exigida para os tipos de usos pretendidos, o que exige o conhecimento das características ou parâmetros de qualidade, os quais já foram definidos nos itens anteriores deste capítulo. Alguns países possuem estes parâmetros definidos através de diretrizes, normas e leis. Eriksson et al., (2002) apresenta um resumo de parâmetros para quatro diferentes tipos de águas cinzas, estudados por diversos autores, os quais são reproduzidos nos Anexos A a D.

Cabe ressaltar que no Brasil ainda não existem diretrizes ou normas para caracterização de águas cinzas. Porém, a Lei nº 9.433 (**BRASIL, 1997**) que institui a política nacional de recursos hídricos, cita em seus objetivos a garantia de disponibilizar água para à atual e às futuras gerações, em padrões adequados aos respectivos usos.

A Resolução nº 54 (**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005**) estabelece modalidade, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água em todo o território nacional. A referida resolução adota algumas definições importantes como:

- produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;
- distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso;

- usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

A referida resolução cita também a utilização de reúso de água em edificações, porém não estabelece as diretrizes, os critérios e os parâmetros específicos.

Além disso, também ficou estabelecido que a atividade de reúso de água seja informada ao órgão gestor de recursos hídricos, para fins cadastrais, devendo conter:

- identificação do produtor, distribuidor ou usuário;
- localização geográfica da origem e destinação da água de reúso;
- especificação da finalidade da produção e do reúso de água; e,
- vazão e volume diário de água de reúso produzida, distribuída ou utilizada.

A NBR 13969 (**ABNT,1997**) aborda a utilização de efluentes tratados com qualidade não potável em atividades como irrigação dos jardins, lavagens de pisos e de veículos, descarga de bacias sanitárias, etc. Além disso, a norma cita que o sistema de reúso deve ser planejado definindo-se os usos previstos do esgoto tratado, o volume a ser reutilizado, o grau de tratamento necessário, o sistema de reservação e distribuição, bem como, o manual de operação e treinamento dos responsáveis.

A Tabela 2.14 apresenta os parâmetros recomendados pela NBR 13969 em função do tipo de uso.

Tabela 2.14: Classificação e parâmetros de qualidade para reúso de água.

Classe	Tipo de Uso	Parâmetro	Valor de referência	unidade	Tratamento Proposto
1	Lavagem de carro e usos com contato direto	Turbidez	<5	UT	Tratamento aeróbio, filtração e cloração
		Coliforme fecal	<200	NMP/100 mL	
		Sólidos dissolvidos totais	<200	mg/L	
		pH	6,0 – 8,0	-	
		Cloro residual	0,5 – 1,5	mg/L	
2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins	Turbidez	<5	UT	Tratamento biológico aeróbio, filtração e desinfecção
		Coliforme fecal	<500	NMP/100 mL	
		Cloro residual	<0,5	mg/L	
3	Descarga em bacias sanitárias	Turbidez	<10	UT	Cloração[1] Tratamento aeróbio, filtração e desinfecção[2]
		Coliforme fecal	<500	NMP/100 mL	

[1] - Por recomendar o uso do efluente descartado pela Máquina de lavar roupas.

[2] – para casos gerais.

Fonte: **ABNT, 1997.**

Cabe ressaltar que a maioria dos estudos utilizam os parâmetros apresentados na Portaria nº 518 (**MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004**), apesar destes parâmetros serem destinados a potabilidade da água para consumo humano.

Segundo Crook (1998), o monitoramento da qualidade da água envolve decisões como: seleção dos parâmetros de qualidade, limites de concentração, freqüência de coleta da amostra, etc. No esgoto recuperado, é praticamente impossível monitorar todos os produtos químicos e organismos patogênicos. Portanto, deve-se monitorar os indicadores mais importantes, como por exemplo, os vírus, devido a sua capacidade de iniciar uma infecção em baixos níveis de concentração. Estes organismos podem ser

removidos, destruídos ou inativados através de filtração e desinfecção, conforme será destacado nos próximos itens.

Segundo Mujeriego e Asano (1999), os tratamentos de esgoto convencionais e avançados consistem em uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos para remover sedimentos, sólidos suspensos e dissolvidos, matéria orgânica, metais, nutrientes e patogênicos do esgoto, e a maioria do esgoto recuperado e tecnologias de reúso são essencialmente derivados desses tratamentos.

Avaliando-se as tecnologias de recuperação de esgotos, deve-se principalmente levar em consideração a confiabilidade operacional de cada unidade de processo e a capacidade do sistema de tratamento fornecer água recuperada que satisfaça os critérios de reúso de água já estabelecidos. Em certos casos, processos e operações de tratamento adicional podem ser exigidos, como por exemplo remoção de contaminantes químicos e remoção ou inativação dos patogênicos microbiológicos.

A promoção de tecnologias de recuperação de esgoto, como adsorção de carbono ativado, oxidação avançada e osmose reversa podem gerar água de alta qualidade e o produto obtido é então designado **água repurificada**. Atualmente, pode-se, tecnicamente, produzir esgoto recuperado com qualquer qualidade desejada.

Depois dos processos de tratamento biológico convencional (tanques de oxidação), tratamentos avançados ou terciários podem ser aplicados para remover contaminantes suspensos e dissolvidos, nutrientes, metais específicos, e outros constituintes nocivos.

Como os organismos patogênicos estão associados com partículas, a filtração é um processo efetivo para reduzir a concentração de patogênicos em esgotos, e produzir um pré-tratamento eficiente para a desinfecção. A filtração é especificada como um processo de tratamento em muitas aplicações, devido o seu efeito favorável na

remoção de partículas e de desinfecção. Se a água for tratada por carbono ativado, troca de íons, ou osmose reversa, a filtração é usada para reduzir sólidos.

A desinfecção é um componente essencial na recuperação de esgoto e sistemas de tratamento de reúso. O objetivo do processo de desinfecção é inativar e/ou destruir organismos patogênicos. As práticas de desinfecção química estão baseadas na adição de agentes de desinfecção como cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta, para que seja controlado o gosto e o odor além de oxidar o Ferro, o Manganês e H_2S.

O tipo mais comum de sistema de desinfecção é o uso de cloro em dosagens que variam de 5 a 15 mg/L, com um tempo de contato recomendado de 30 minutos a 2 horas. Para reúso da água, é importante remover o cloro residual, pois sua combinação com a amônia pode produzir compostos químicos como cloraminas, que apesar de bactericidas podem gerar sabor na água. Esta remoção pode ser feita pela adsorção de carbono ativado.

Segundo Asano (1998), o aumento da implementação de projetos de reúso de água em várias regiões dos Estados Unidos tem facilitado a evolução de novas alternativas. Com sistemas e aplicações de tratamento sendo testados e com o desenvolvimento de parâmetros de projeto, as barreiras técnicas para implementação de sistemas de reúso são reduzidas.

Para este autor, os avanços na eficácia e a confiabilidade das tecnologias de tratamento de esgoto têm melhorado a qualidade de produção do esgoto recuperado, o qual serve como fonte de água suplementar, além de proteger a qualidade da água e diminuir os riscos de poluição.

Ressalta ainda a necessidade do desenvolvimento de tecnologias confiáveis de baixo custo nos países em desenvolvimento, principalmente em regiões áridas, para que

estes países usem outras fontes de abastecimento de água e possam proteger as existentes.

O tratamento eficaz de esgoto para satisfazer os objetivos de qualidade da água para aplicações de reúso e para proteger a saúde dos usuários é um elemento crítico desse sistema.

Existem diferentes níveis de tratamento de esgoto: preliminar, primário, secundário, terciário e avançado. A desinfecção é freqüentemente usada no final do tratamento para controlar os organismos patogênicos antes de distribuir ou armazenar o esgoto recuperado.

Os sistemas de esgoto recuperado, reciclagem e reúso de água são derivados das tecnologias usadas no tratamento convencional de esgoto e de água potável.

O grau de tratamento exigido no tratamento individual da água nos sistemas de esgoto recuperado varia segundo a aplicação específica do reúso associado com a qualidade da água necessária. Sistemas de tratamento simples envolvem processos de separação sólido/líquido e desinfecção, enquanto que sistemas de tratamento mais complexos envolvem combinações de processos físicos, químicos e biológicos, com o emprego de métodos de barreiras múltiplas de tratamento para remoção de contaminantes.

A Tabela 2.15 apresenta algumas tecnologias apropriadas para os sistemas de esgoto recuperado e reúso de água.

Tabela 2.15: Descrição dos tipos de tratamento para reúso de água e esgoto recuperado

PROCESSO	DESCRIÇÃO	APLICAÇÃO
Separação líquido/sólido		
SEDIMENTAÇÃO	Sedimentação por gravidade de substância particulada, flocos químicos e precipitação	Remove partículas do esgoto que são maiores que 30μm. Tipicamente usado como tratamento primário e após o processo biológico secundário.
FILTRAÇÃO	Remove partículas através da passagem da água por areia ou outro meio poroso	Remoção de partículas do esgoto que são maiores que 3μm. Tipicamente usadas depois da sedimentação (tratamento convencional) ou seguido de coagulação/floculação
Tratamento Biológico		
TRATAMENTO AERÓBIO BIOLÓGICO	Metabolismo biológico do esgoto através de microrganismos em uma bacia de aeração ou processo de biofilme (filtro argiloso)	Remoção de matéria orgânica suspensa e dissolvida do esgoto.
REMOÇÃO DE NUTRIENTE BIOLÓGICO	Combinação de processos aeróbios e anaeróbios para otimizar a conversão dos orgânicos e nitrogênio amônia em nitrogênio molecular(N_2) e remover fósforo.	Redução de teor de nutrientes do esgoto recuperado.
Tratamento avançado		
DESINFECÇÃO	Inativação de organismos patogênicos usando químicos oxidantes, raios ultravioleta, químicos corrosivos, calor ou processos de separação física (membranas)	Proteção da saúde pública através da remoção de organismos patogênicos
CARBONO ATIVADO	Processo pelo qual contaminantes são fisicamente absorvidos na superfície do carbono ativado	Remoção de compostos orgânicos hidrophobic
AIR STRIPPING	Transferência de amônia e outros constituintes voláteis da água para ar	Remoção de nitrogênio amônia e alguns voláteis orgânicos do esgoto

FONTE: **Asano (1998).**

Continuação da Tabela 2.15:

Tabela 2.15: Descrição dos tipos de tratamento para reúso de água e esgoto recuperado

PROCESSO	DESCRIÇÃO	APLICAÇÃO
	Tratamento avançado	
TROCA DE ÍON	Permuta de íon entre resina e água usando vazão de reator	Eficácia na remoção de cátions como cálcio, magnésio, ferro, amoníaco e ânions como nitrato.
PRECIPITAÇÃO E COAGULAÇÃO QUÍMICA	Uso de sais de ferro ou alumínio, poliletrolise e/ou ozônio para promover desestabilização das partículas coloídes do esgoto recuperado e a precipitação do fósforo	Formação de fósforos precipitados e floculação de partículas para remoção através de sedimentação e filtração.
FILTRAÇÃO DE MEMBRANA	Microfiltração, nanofiltração e ultrafiltração	Remoção de partículas e microrganismos da água
OSMOSE REVERSA	Sistema de membrana para separar íons de solução baseados no diferencial da pressão osmótica reversa	Remoção de sais dissolvidos e minerais de solução; é também eficiente na remoção de partículas

FONTE: **Asano (1998).**

a) Níveis de Tratamento

Tratamento Primário

Refere-se ao processo inicial do tratamento de esgoto para remoção de matéria particulada.

O tratamento primário convencional é eficaz para remoção de matéria particulada maior que 50μm do esgoto. Em geral, cerca de 50% dos sólidos suspensos e 25 a 50% de DBO_5 são removidos do esgoto não tratado. Nutrientes, metais e microrganismos que estão associados com particulados em esgoto podem também ser removidos neste processo. Cerca de 10 a 20% de nitrogênio orgânico e cerca de 10% de fósforo são removidos.

A remoção eficiente do processo de tratamento primário pode ser aumentada pela incorporação de coagulação/floculação antes da sedimentação e/ou através de filtração após a sedimentação.

Tratamento Secundário

Inclui uma forma de processo de tratamento biológico duplo com separação líquido/sólido. Processos biológicos são planejados para fornecer metabolismo microbiológico eficiente de substratos dissolvidos ou suspensos do esgoto. O biofilme microbial interage com o esgoto usando crescimento suspenso ou membrana.

Como exemplos de processos de crescimento suspenso pode-se citar: lodos ativados, lagoas aeradas e lagoas de estabilização. E como exemplos de biofilmes pode-se citar: filtros, contactores biológicos giratórios e bioreatores.

Uma porção de matéria orgânica biodegradável em esgoto fornece energia e nutrientes para manter o crescimento microbiológico, enquanto o restante é oxidado para dióxido de carbono, água e outros produtos finais.

O sistema de tratamento biológico convencional, chamado de lodos ativados, consiste de um reator biológico aeróbio duplo com sedimentação secundária para remover e produzir biomassa concentrada originada da transformação de constituintes de esgoto orgânico. O efluente do processo secundário convencional contêm níveis de sólidos suspensos e DBO5 na faixa de aproximadamente 10 a 30mg/L. Dependendo do processo de operação, cerca de 10 a 50% do nitrogênio orgânico é removido durante tratamento secundário convencional e o fósforo é convertido em fosfato (PO^{-3}_4). Biossólidos produzidos durante tratamento secundário são tratados por digestão aeróbia e anaeróbia, compostagem, ou outras tecnologias de processamento de sólidos. Algumas remoções de patogênicos, traços elementos e contaminantes orgânicos dissolvidos ocorrem em conjunto com o tratamento biológico e separação física.

O projeto de um processo secundário depende da capacidade de instalação de tratamento exigido, objetivo do tratamento e a necessidade para remover nutrientes e tratamento avançado. Lagoas aeradas e de estabilização podem operar efetivamente sem tratamento primário anterior e são freqüentemente usadas em pequena escala. Lodos ativados e sistemas de biofilme são normalmente projetados para operar depois do tratamento primário e são aplicáveis para instalações amplas de processos biológicos que podem ser projetados para obter níveis alternativos de desempenho para remoção de sólidos suspensos, constituintes orgânicos biodegradáveis e nutrientes.

Para muitos sistemas de reúso e esgoto recuperado, o tratamento secundário pode fornecer remoção adequada de matéria orgânica do esgoto. O tratamento secundário pode ser suplementado através de filtração, para remoção adicional de partículas e desinfecção.

Para alguns pesquisadores americanos, o tratamento secundário com desinfecção é aceitável em aplicações de reúso onde o risco de exposição pública com a água recuperada é baixo. Porém, em vários estados norte-americanos, o tratamento terciário é o recomendado para água recuperada em sistemas duplos de distribuição e em aplicações de reúso irrestrito não potável (**CROOK, et al, 1994**).

Além disso, estes pesquisadores ressaltam que a desinfecção com cloro ajuda a garantir a qualidade da água em tubulações, porém, ressaltam que a volatização da desinfecção pode apresentar problemas aos usuários se a água recuperada é usada em residências.

Tratamento Terciário

Em geral, o tratamento terciário refere-se à remoção adicional de colóides e sólidos suspensos através de coagulação química e filtração por meio granular. Tratamento avançado refere-se a mais completa remoção de constituintes específicos, bem como

de amônia ou nitratos, através da troca de íons ou remoção de sólidos dissolvidos totais por osmose reversa.

Processos de tratamento terciário ou avançado são normalmente biológicos.

Coagulação química e floculação

Processos de coagulação/floculação envolvem a adição de produtos químicos para esgoto para remover partículas agregadas, melhorando a separação sólido/líquido através de sedimentação e filtração.

Os coagulantes químicos inorgânicos são sais metálicos, como alumínio (sulfato de alumínio), cloro férrico e sulfato férrico. Os sais hidrolizados em água reagem com as superfícies das partículas resultando em desestabilização das partículas. Polieletrolitros orgânicos são também usados em conjunto com químicos coagulantes inorgânicos para melhorar o processo efetivamente.

A dosagem de coagulantes químicos usados dependem das características do esgoto e do processo projetado e a faixa de 1 a 50 mg/L de coagulantes inorgantes e 0,5 a 10 mg/L de polieletrolitos orgânicos. Ozonização da água pode servir para melhorar efetivamente a coagulação .

A floculação é um processo usado depois da coagulação para agregar partículas desestabilizadas em flocos que são de faixa de tamanho ameno para remoção através da sedimentação ou filtração. Partículas de floculação são eliminadas através da passagem da água por um sistema misturado, que promove a colisão interpartículas e a agregação de partículas.

Os custos dos produtos químicos são as principais despesas operacionais associadas com a coagulação/floculação e portanto, o controle cuidadoso da dosagem química é importante.

Filtração por meio granular

A filtração é um processo de separação do sólido/líquido que é eficaz para remoção de partículas suspensas maiores que 3 μm. O esgoto é conduzido através de uma coluna de meio granular e partículas são removidas através da colisão, intercepção e retenção física, sendo as partículas acumuladas em meio filtrante.

Conforme destacado anteriormente, os organismos patogênicos são associados com partículas, a filtração é eficaz na redução da concentração de patógenos no fluxo de esgoto e fornece um excelente pré-tratamento para desinfecção. A filtração é o processo de tratamento exigido em muitas aplicações de reúso, para remover a matéria particulada que pode comprometer desinfecção.

Se a água será tratada através de carbono ativado, troca de íons ou osmose reversa, a filtração é usada como um pré-tratamento, para reduzir o lodo particulado.

Desinfecção

É um componente essencial do tratamento para quase todas as aplicações de esgoto recuperado e reúso. O objetivo do processo de desinfecção é destruir organismos patogênicos. O principal grupo de organismos patogênicos inclui bactérias, vírus, amebas e protozoários, tais como *Giardia lamblia e Cryptosporidium parvum*.

A desinfecção é, tipicamente, um dos processos finais de tratamento. Práticas de desinfecção química são baseadas na adição de um forte componente químico oxidante como cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio ou bromo. Químicos oxidantes,

particularmente ozônio, podem também ser eficazes na redução de odor e cor em esgoto e na melhoria da biodegradação de compostos orgânicos.

A radiação ultravioleta é um processo alternativo para a desinfecção. Outros métodos para redução de teor microbiológico de esgoto recuperado incluem exposição de organismos patogênicos para ambientes alcalinos como tratamento com cal. Alternativamente, métodos físicos podem ser projetados para remoção de microrganismos, tais como filtração em meio granular ou sistemas de membrana de filtração.

O tipo mais comum de sistema de desinfecção em esgoto recuperado é a desinfecção com cloro em dosagens típicas na faixa de 5 a 20 mg/L com tempo máximo de contato de duas horas. A declorinação, se necessária, é aplicada depois da adequação do tempo de contato do cloro ter sido obtido. A adsorção de carbono ativado é também eficaz para remoção de cloro residual.

A desinfecção com radiação ultravioleta (UV) vem ganhando espaço como alternativa para processos químicos de desinfecção em esgoto recuperado e aplicações de reúso. O desempenho da desinfecção UV é influenciado por meio da turbidez da água, sólidos suspensos e a intensidade da radiação UV.

A filtração é utilizada depois do sistema UV para reduzir a concentração de particulados e melhorar a eficiência da desinfecção.

Remoção de Nutrientes

A necessidade da remoção de nutrientes depende essencialmente do destino do esgoto tratado. Os nutrientes primários são nitrogênio e fósforo. Excesso de nutrientes em esgoto pode estimular o crescimento de algas em reservatórios, fluidos e instalações de armazenamento.

Sistemas de tratamento de remoção de nutrientes podem ser projetados para remover nitrogênio e/ou fósforo do esgoto. Em esgoto não tratado, o nitrogênio pode existir na forma particulada ou dissolvida e em vários estados oxidados. Amônia e nitrogênio orgânico são as formas dominantes de nitrogênio associados ao esgoto não tratado.

Durante o tratamento biológico, o nitrogênio orgânico é transformado para nitrogênio amônia e fornece uma fonte de nitrogênio para crescimento microbiológico. Em conjunto com este crescimento, alguns dos nitrogênios podem ser microbiologicamente oxidados para nitrito e nitrato em processo aeróbio.

A conversão biológica de nitrogênio para nitrato é conhecida como nitrificação. Nitrato pode ser convertido para nitrogênio molecular (N_2) através de um processo biológico conhecido como desnitrificação na ausência de oxigênio molecular. O resultado combinado da nitrificação-desnitrificação é a remoção de nitrogênio do esgoto.

O fósforo pode se apresentar sobre três formas diferentes nas águas, que são ortofosfato, fosfato orgânico e polifosfato ou fosfato condensado. O polifosfato não é muito importante por sofrer hidrólise e converte-se rapidamente em ortofosfatos.

A remoção de fósforo é realizada através da conversão de fósforo solúvel para fósforo particulado que pode ser removido pela sedimentação e/ou filtração. Fósforo particulado pode ser formado através de precipitação química como fosfato de cálcio usando tratamento com cal ou usando ferro ou sais de alumínio para formar ferro ou fosfato alumínio precipitado.

Em muitos casos, a remoção biológica de nitrogênio e fósforo está associada ao sistema de tratamento para remoção do nutriente biológico. A troca de íons é outra opção para remoção de nitrogênio. O processo de troca de cátions pode ser usado para remover amônia (NH_{-4}); alternativamente processos de troca de ânions podem ser usados para remover nitrato (NO_{-3}) e nitrito (NO_{-2}).

Processos de membrana

Este processo inclui microfiltração, ultrafiltração e nanofiltração, osmose reversa e eletrodiálise.

A microfiltração é eficaz para remover partículas e pode ter custo competitivo com a filtração com grânulos médios convencional. A remoção de macromoléculas e partículas maiores que 0,1 μm pode ser obtida usando ultrafiltração enquanto que nanofiltração e osmose reversa são aplicados para remoção de íons dissolvidos de líquidos.

Membranas têm múltiplas aplicações, sendo a vida útil dependente de condições que evitem o entupimento, o crescimento de películas de camadas finas ou a existência de interações químicas. Assim, o sucesso da operação do processo de membranas é dependente do pré-tratamento apropriado e da prevenção contra o crescimento de películas na superfície da membrana, evitando entupimentos.

O uso de produtos químicos oxidantes fortes pode danificar integramente a membrana. Opções de pré-tratamento incluem filtração para remover partículas grosseiras, controle de películas e adição de produtos químicos. Pós-tratamento inclui estabilização da água para prevenir corrosão.

Adsorção

Adsorção de carbono ativado é eficaz na remoção de compostos orgânicos hidrofóbicos da superfície e fontes de água subterrânea. Compostos com baixa solubilidade da água, tais como solventes orgânicos e solventes orgânicos clorados são adsorvidos. Compostos solúveis em água e compostos abundantes são removidos mais facilmente através de oxidação ou ultrafiltração.

Em muitos casos, testes (avaliação isotérmica, adsorção dinâmica) são necessários para determinar a aplicabilidade do carbono ativado para satisfazer algum objetivo específico do tratamento.

Os sistemas de tratamento de esgoto municipal são tipicamente projetados para satisfazer a qualidade da água baseado na $DBO_{5,20}$, sólidos suspensos totais, coliforme fecal ou total, níveis de nutrientes e cloro residual. Para monitorar a qualidade da água potável, são utilizados os seguintes parâmetros: coliformes, turbidez, minerais dissolvidos, desinfecção e contaminantes orgânicos e inorgânicos (**ASANO, 1998**).

Para realizar o alto grau de tratamento e segurança exigida para reúso potável, um tratamento seqüencial de processos e unidades de operação avançadas deve ser implementado, incluindo clarificação da cal, remoção de nutrientes, recarbonatação, filtração, adsorção do carbono ativado, desmineralização por osmose reversa, e desinfecção com cloro, ozônio e radiação ultravioleta. Estes tratamentos podem ser realizados de maneira isolada ou combinada, desde que atendam às normas de água potável.

Vale destacar que vestígios de presença de componentes orgânicos fazem do reúso potável direto uma alternativa aplicável somente em situações extremas.

As alternativas seqüenciais de tratamento usadas para reúso potável incluem remoção de nutrientes por cal forte e carbono ativado granular, com ou sem osmose reversa. As alternativas do tratamento com cal forte e adsorção de carbono, seguido pela desinfecção estão sendo aplicados para recuperar água antes do reúso potável indireto.

O processo de osmose reversa é normalmente aplicado para evitar sólidos dissolvidos nos sistemas. Já o carbono ativado granular seguido por osmose reversa é muito eficaz na remoção de grande número de poluentes.

A energia elétrica exigida na osmose reversa, junto com os custos de substituição da membrana e controle anti-abalroamento fazem deste um tratamento alternativo muito caro, só aplicável em áreas onde disponibilidade da água é baixo e o custo para sua obtenção é alto. Porém as tecnologias avançadas de desenvolvimento e fabricação da membrana tem diminuído o custo de substituição e manutenção da membrana. (**ASANO, 1998**).

Cabe ressaltar que em áreas que possuem sistemas duplos de abastecimento (uma rede com água potável e outra com esgoto recuperado), é necessária a adoção de planos de prevenção para que não ocorra o refluxo na rede, evitando-se a contaminação do sistema de água potável (**CROOK, 1998**).

Segundo esse mesmo autor, nos estados, dos EUA, onde o esgoto recuperado é utilizado nas áreas urbanas, são estabelecidas diretrizes e critérios diferenciados dos níveis de tratamento e desinfecção, devido à possibilidade de contato desta água com o público.

Além disso, em edifícios onde a água de reúso é utilizada para descarga de bacias sanitárias e combate à incêndio, exige-se o controle de conexões cruzadas, apesar do público não ter um contato direto com este insumo. As agências reguladoras exigem que, neste caso, a água de reúso esteja livre de patógenos, evitando-se a contaminação do público, caso haja contato não intencional (**CROOK, 1998**).

Em muitos estados norte-americanos exige-se um alto grau de tratamento e desinfecção no sistema duplo de distribuição, principalmente nos locais de cruzamento de conexões entre as linhas de água potável e água recuperada.

A Tabela 2.16 apresenta alguns parâmetros de tratamentos para reúso, bem como alguns exemplos de sua aplicação.

Tabela 2.16: Categorias de reúso de esgoto municipal

Categorias de reúso de esgoto	Metas de tratamento	Exemplo de aplicações
Uso urbano		
Irrestrito	Secundário, filtração, desinfecção DBO5: <10mg/L; Coliformes fecais: ND/100mL; Turbidez: <2UT; Cl2 residual: 1mg/L; pH 6 a 9.	Irrigação de jardins: parques, playgrounds, pátio de escolas, combate à incêndio, construção, fontes ornamentais, usos em edifícios: descarga de bacia e ar condicionado.
Irrigação com acesso restrito	Secundário e desinfecção DBO5: <30mg/L; TSS: <30mg/L; Coliformes fecais: <200/100mL; Cl2 residual: 1mg/L; pH 6 a 9.	Irrigação de áreas onde o acesso público é raro e controlado: auto-estrada; campos de golfe; cemitérios; áreas residenciais; áreas verdes
Uso Recreativo		
Irrestrito	Secundário, filtração, desinfecção DBO5: <10mg/L; Turbidez: <2UT; Coliformes fecais: ND/100mL; Cl2 residual: 1mg/L; pH 6 a 9.	Nenhuma limitação de contato com o corpo: lagos e lagoas usados para nadar.
Reúso ambiental	Níveis de tratamento específicos; pH; Oxigênio dissolvido; Coliformes; Nutrientes	Uso de esgoto recuperado para criação de solos filtrantes artificiais, aumento de solos filtrantes naturais e abastecer fluxo do rio
Reúso industrial	Secundário e desinfecção DBO5: <30mg/L; TSS: <30mg/L; Coliformes fecais: <200/100mL	Águas que constituem sistema de resfriamento; águas de processo, água de alimentação de caldeira, atividades de construção e águas de tanques
Reúso potável	Aquelas exigidas para água potável	No reservatório municipal de abastecimento de água

Fonte: **Mujeriego e Asano (1999)**

A Tabela 2.17 apresenta os níveis de concentração e a remoção média para os diversos constituintes do esgoto, mediante o tratamento com cal ativada tratada e adsorção de carbono.

Tabela 2.17: Desempenho médio do tratamento seqüencial para adsorção de carbono e cal ativada tratada em esgoto.

Constituinte	Remoção média (%)	Média de confiabilidade			Concentração média do efluente
		10%	50%	90%	
DBO	100	100	100	89	0
DQO	100	100	100	97	0
SST	100	100	99	87	0
NH3-N	100	97	81	48	0
Fósforo	100	100	100	99	0
Óleo e graxa	97	100	98	73	2
Arsênio	61	93	63	0	0,003
Cádmio	98	100	98	87	0,0002
Cromo	100	100	98	84	0
Cobre	98	100	99	98	0,002
Chumbo	99	100	98	78	0,001
Mercúrio	23	31	18	0	0,028
Selênio	7	26	12	0	0,006
Zinco	98	100	95	58	0,008
TOC	100	100	98	83	0
Turbidez	100	100	100	95	0
Cor	93	100	94	56	5
Espuma	92	I.D.	84	I.D	0,17
TDS	95	I.D.	I.D	I.D	129

Fonte: **Mujeriego e Asano (1999)**

Mujeriego e Asano (1999) concluíram que o desenvolvimento de tecnologias acessíveis e seguras para produzir fontes confiáveis de água com qualidade através de processos de recuperação de esgoto devem envolver pesquisas mais avançadas envolvendo alguns tópicos como:

- Avaliação dos riscos de saúde associados com as substâncias orgânicas vigentes;
- Melhorias no monitoramento acessível para avaliar a qualidade microbiológica;
- Aplicação dos processos de membrana para produzir água recuperada de alta qualidade;
- Avaliação dos efeitos do armazenamento de água recuperada em qualidade de água; e

- Avaliação do destino dos contaminantes microbiológicos, químicos e orgânicos em água recuperada.

2.2.6 Análise de Risco

Conforme já ressaltado nos itens anteriores, a implantação de qualquer sistema de reúso de água pressupõe a garantia da segurança da saúde dos usuários. Por este motivo, deve-se sempre avaliar os riscos associados.

Borges (2003) apresenta os tipos de riscos associados à saúde dos usuários, quais sejam:

- tecnológicos: caracteriza situações acidentais e efeitos imediatos à saúde humana;
- ambientais: são causados por ações relacionadas diretamente com a poluição ambiental e a exposição a produtos químicos tóxicos os quais levam a efeitos crônicos;
- naturais: causados por fenômenos naturais, cujo efeito pode ser imediato ou de longo prazo.

Os riscos relacionados aos sistemas de reúso estão associados a presença de compostos a base de matéria orgânica, nitrogênio, enxofre, metais pesados e principalmente aqueles causados por microrganismos patogênicos (**GONÇALVES, R. F. et al., 2006**).

Por este motivo, os modelos de avaliação de riscos para reúso de água para fins não potáveis são baseados nos parâmetros microbiológicos. Com isto, estes parâmetros são os mais restritivos de todas as legislações pesquisadas. O Anexo E apresentam parâmetros de concentração dos microrganismos patogênicos, bem como, o tempo de sobrevivência.

Bazzarella (2005) apresenta duas formas de avaliação dos riscos relacionados à saúde, quais são:

- *Avaliação quantitativa de risco (AQR):* é utilizada quando a contagem de patógenos, a exposição da população e os dados de dose infecciosa são conhecidos. Esta avaliação permite o cálculo teórico de riscos extremamente baixos que a comunidade está exposta com a prática do reúso.
- *Riscos imputáveis* (RI): consideram cadeias epidemiológicas, fatores físicos e sociais que afetam a probabilidade de desenvolvimento de doenças como resultado à exposição à água de reúso.

A transmissão de doenças associadas com a contaminação de sistemas de reúso de água devem ser investigadas mesmo quando estes sistemas incluem a desinfecção como tratamento final.

Os estudos de exposição da população relacionados a reúso de água não potável devem ser limitados em função de aspectos como: mobilidade e tamanho da população e dificuldade em determinar o nível de exposição de cada usuário (**ASANO, 1998**). O referido autor recomenda estudos por um período de 15 anos entre a primeira exposição e doenças relacionadas com câncer, após a implantação de sistemas de reúso para fins não potáveis.

A avaliação de riscos microbiológicos relacionados com a baixa exposição com patógenos devem levar em consideração modelos analíticos para estimar a intensidade de exposição humana e a probabilidade de resposta com a exposição.

Asano (1998) apresenta quatro passos para avaliação do risco microbiológico, que são: identificação do risco, identificação da resposta à dose, avaliação da exposição e caracterização do risco.

A análise do risco exige severas suposições como: dose mínima de infecção dos patógenos selecionados, quantidade de água de reúso ou ingestão de patógenos,

inalação ou contato humano e probabilidade de infecção baseado em modelos de avaliação.

A Tabela 2.8 e 2.13 apresentaram, respectivamente, os principais patógenos e os compostos químicos nocivos a saúde humana,bem como as doenças relacionadas.

2.2.7 Experiências Existentes

Algumas experiências de aplicações de reúso agrícola e em irrigação de jardins estão disponíveis em muitas partes do mundo, com um número crescente de projetos direcionados ao reúso para propósitos recreativos e residenciais.

Nesse item são apresentadas as diferentes experiências realizadas relativas ao reúso de água nos seguintes países: Japão; Estados Unidos, Canadá, Suíça, Inglaterra, Malásia, Itália, Austrália, França e Brasil.

2.2.7.1 Experiências no Japão

Segundo Asano et al. (1996), as práticas de reúso e recuperação de água no Japão tiveram início em 1951, com um trabalho experimental para abastecimento industrial. O uso do efluente tratado foi a opção escolhida porque a qualidade da água do rio estava deteriorada, tornado-se inviável para uso. O uso de água subterrânea também não era economicamente viável, devido ao bombeamento excessivo pelas indústrias, causando intrusão de água salgada e rebaixamento do lençol freático.

Dentre os volumes de reúso de água utilizados no país, o referido autor apresenta um levantamento das porcentagens entre os vários usos, o qual é reproduzido na Tabela 2.18.

Tabela 2.18: Tipos de reúso e porcentagens de volumes utilizados – Japão.

Tipo de Reúso	Porcentagem de volume por ano
Remoção de neve derretida	6%
Uso urbano não potável e descarga de bacia sanitária	8%
Irrigação agrícola	13%
Uso industrial	41%
Água ambiental e aumento de vazão	32%
Total	**100 x 10^6 m³/ano**

Fonte: adaptado de **Asano et al. (1996).**

No Japão, a maior parte da água residuária recuperada em edificações é utilizada para descarga em bacias sanitárias, sendo o restante aplicado em sistemas de aquecimento, lagos e fontes artificiais, limpeza de piso e abastecimento de hidrantes (**SOARES et al., 1997**).

Segundo Sewage Works Engineering (2001), existem cerca de 800 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) no Japão, que descarregam aproximadamente 10 bilhões de m³ de efluentes por ano, sendo que 85 delas utilizam o esgoto para os fins de reúso já mencionados anteriormente. A Tabela 2.19 apresenta as ETE cujo esgoto tem um tratamento diferenciado, bem como sua finalidade.

Tabela 2.19: Aplicações dos efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto – Japão.

Cidade	Taxa de reciclagem (m³/dia)	Usuários	Aplicação
Hitachi	50	Parque Esportivo	Descarga de bacias e sprinklers
Ashiya	300	Parque	Sprinkler (somente no verão)
Lizuka	130	Centro público	Lavagem de carros
Tokyo	540	Supermercados, Estação de trem	Lavagem
	2.150	11 edifícios	Descarga de bacias
Nagoya	94	Parques	Ornamentação
Fukuoka	166	Centro público, edifício público	Descarga de bacias

Fonte: **Sewage Works Engineering (2001)**.

Os padrões de qualidade da água para reúso em descarga de bacias, chuveiros automáticos para combate a incêndios e ornamentação são apresentados na Tabela 2.20.

Tabela 2.20: Padrões de qualidade de água para reúso – Japão.

	Características	Descarga de bacias	Chuveiros automáticos	Ornamentação
Padrão da qualidade	Número de coliformes (n°./mL)	Menor que 10	Não detectado	Não detectado
	Cloro residual – combinado (mg/L)	conservado	Mais que 0,4	-
Objetivo da qualidade	Aparência	Não ofensivo	Não ofensivo	Não ofensivo
	Turbidez (grau)	-	-	Menor que 10
	DBO (mg/L)	-	-	Menor que 10
	Odor	Não ofensivo	Não ofensivo	Não ofensivo
	pH	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6

Fonte: **Sewage Works Engineering (2001)**.

Em 1990, o comitê de tratamento avançado de esgoto propôs um novo padrão de qualidade de água de reúso para usos recreacionais, conforme apresentado na Tabela 2.21.

Tabela 2.21: Padrão de qualidade para reúso recreacional – Japão.

Características	Para uso ornamental*	Para uso de lazer**
Número de coliformes (n°./mL)	≤ 1.000	≤ 50
DBO (mg/L)	≤ 10	≤ 3
pH	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6
Turbidez (grau)	≤ 10	≤ 3
Odor	Não ofensivo	Não ofensivo
Temperatura (grau)	≤ 40	≤ 10

* No uso recreacional, o contato humano com o esgoto recuperado é impedido;
** No uso de lazer, o contato parcial do corpo humano com o esgoto recuperado é permitido.
Fonte: **Sewage Works Engineering (2001).**

A Tabela 2.22 apresenta os processos avançados de tratamento do esgoto empregado nas ETES que utilizam efluentes tratados para reúso.

Tabela 2.22: Processos do tratamento de esgoto – Japão.

Parâmetros	Tratamento
Sólidos suspensos	Filtração (granular e membrana)
	Tela de proteção
Orgânicos, cor e odor	Adsorção de carbono ativado
	Ozonização
Amônia – Nitrogênio	Cloração (breakpoint)
	Troca de íon
	Nitrificação
Nitrogênio Total	Nitrificação e desnitrificação
Inorgânico	Osmose reversa
	Troca de íon
	Eletrodialise

Fonte: **Sewage Works Engineering (2001).**

Asano et al. (1996) citam dois exemplos de reúso e recuperação de esgoto em Tóquio e Fukuoka, as quais são comentados a seguir.

Devido à alta concentração populacional e atividades empresariais no limitado espaço de Tóquio, procurou-se inicialmente uma solução para transportar água de bacias distantes, o que se verificou não ser viável economicamente. Para solucionar o problema, foram implantados programas de conservação de água, cuja implementação foi facilitada por um aumento na estrutura tarifária nas cobranças de água e esgoto, aumentando a tarifa de água significativamente com o aumento do consumo.

Para promover a recuperação e reúso de esgoto, foi exigido que os edifícios novos possuíssem sistemas duplos de abastecimento de água. A média do consumo de água, para alguns edifícios comerciais em Tóquio, era de 10 L/m² por dia, sendo o maior uso nas descargas de bacias sanitárias, ou seja, cerca de 40% do consumo total dos grandes edifícios.

Em Tóquio, a água de reúso é utilizada na lavagem de trens, em indústrias, na descarga de bacias sanitárias, em estações de incineração de lixos, entre outros.

Já na cidade de Fukuoka, a Assembléia Municipal apresentou o plano de conservação de água, em fevereiro de 1979, procurando garantir um abastecimento estável de água para o futuro, o qual consistiu em:

- promover a conservação de água em aparelhos sanitários, tais como as bacias sanitárias (redução do volume de 13-15L para 8-10 L/descarga); válvulas e reguladores;
- prevenir e/ou reduzir perdas e vazamentos nas tubulações de distribuição;
- aplicar o reúso para descarga de bacias sanitárias e rega de jardins e
- conscientizar e educar o público para a conservação de água.

Destas ações, o reúso de água vem se tornando uma importante opção para a cidade, fornecendo uma nova fonte de abastecimento de água.

Em Junho de 1980, doze edifícios públicos foram abastecidos com água recuperada, com um volume de 400 m³/dia para descargas de bacias sanitárias. Seguindo o sucesso do projeto inicial, a linha de abastecimento foi estendida para incluir vários edifícios grandes, públicos e privados. O volume aumentou para 4.500 m³/dia em agosto de 1995, sendo que a meta era atingir 8.000 m³/dia.

O sucesso da implementação do reúso nas cidades japonesa teve a alta qualidade da água recuperada como fator chave na aceitação pública.

2.2.7.2 Experiências nos Estados unidos

Para a *Environmental Protection Agency* (EPA), dos Estados Unidos, os fatores chave no estabelecimento de água recuperada e critérios de reúso incluem proteção à saúde, políticas públicas, experiências passadas com reúso e economias. Enquanto não se tinham registros de surtos de doenças resultantes do uso de esgoto recuperado nos Estados Unidos, verificavam-se conseqüências desfavoráveis na saúde das pessoas,

associadas com o reúso natural ou esgotos tratados inadequadamente em outros países. Os padrões e diretrizes existentes são dirigidos principalmente à proteção da saúde pública e, baseados, geralmente, no controle de organismos patogênicos. Padrões e diretrizes para reúso potável indireto também se referem aos constituintes químicos (**CROOK, et al., 1994**).

Segundo os referidos autores, existem questões específicas relatadas nos regulamentos e diretrizes de reúso e esgoto recuperado, tais como:

- Inclusão de processo de tratamentos exigidos nas normas;
- Necessidade de monitorar vírus e parasitas;
- Determinação do organismo indicador;
- Seleção de parâmetros de qualidade da água recuperada para serem monitorados;
- Limites dos parâmetros e freqüência de amostragem;
- Investigação do valor epidemiológico;
- Avaliação dos modelos de riscos de uso para determinar os riscos de saúde e como uma ferramenta determina os requisitos apropriados de qualidade da água para reúso não potável; e
- Aceitação dos riscos de saúde e reúso potável.

Os parâmetros físicos (pH, cor, temperatura e matéria particulada) e os constituintes químicos (cloro, sódio e metais pesados) são limites recomendados. Os riscos de saúde associados com os agentes microbiológicos são mais difíceis de avaliar. Isto é refletido largamente nas diferentes exigências da água recuperada e diretrizes entre os estados.

Nenhum estado tem regulamentações que protegem todo os usos potenciais de água recuperada, mas os estados tem amplas e severas regulamentações ou diretrizes que determinam os requisitos para uma larga faixa dos usos finais do reúso. Alguns estados têm regulamentações ou diretrizes que focalizam tratamento do efluente através do

solo, enfatizando tratamento adicional ou disposição do efluente, podendo ser usado em irrigação agrícola, campos de golfe ou áreas de acesso público. A ausência de critérios estaduais para aplicações de reúsos específicos não necessariamente proíbem estas aplicações, pois muitos estados avaliam os tipos específicos de uso isoladamente.

Segundo a Environmental Protection Agency (2004), vinte e cinco estados americanos possuíam alguma forma de regulamentação de reúso, dezesseis possuíam apenas diretrizes e nove não possuíam nada nesse sentido.

As regulamentações existentes dividem o reúso em:

1. urbano irrestrito – irrigação de áreas cujo acesso público não é restritivo, como parques, playgrounds, escolas, jardins, residências, área externa de edifícios comerciais, descarga de bacias sanitárias, sistema de ar condicionado, combate à incêndio, lavagem de veículos, construção, fontes ornamentais e estética ambiental;

2. urbano restrito – irrigação de áreas cujo acesso público pode ser controlado, como campo de golfes, cemitérios e rodovias médias. Em alguns estados, a irrigação de campos de golfe é colocado na categoria de reúso irrestrito.

3. agrícola em alimentos comestíveis – irrigação de alimentos comestíveis que são destinados para consumo humano diretamente como árvores frutíferas e cereais;

4. agrícola de alimentos não comestíveis – irrigação de forragens, pastos, fibras, sementes, viveiros e gramas;

5. recreacional irrestrito – onde as atividades recreacionais tem contato com a água;

6. recreacional restrito – onde as atividade recreacionais não tem contato com a água como pesca, velejamento;

7. ambiental – usado para criar wetlands artificial, realçar wetlands naturais e manter as vazões dos rios;

8. industrial – usado em instalações industriais, principalmente em torres de resfriamento, caldeiras e processos;

9. Recarga água subterrânea – usado para recarga de aqüíferos;

10. reúso potável indireto – descarga intencional de efluente tratado em águas superficiais ou subterrâneas, os quais serão usados como fontes de água potável.

A seguir são apresentados os estados americanos que possuem regulamentações ou diretrizes relativas ao reúso de água, segundo Environmental Protection Agency (2004).

- **Regulamentações**: Alaska, Arizona, Califórnia, Colorado, Delaware, Flórida, Idaho, Ilhinois, Indiana, Iowa, Michigan, Missouri, Montana, Nebraska, Nevada, Carolina do Norte, Oklahoma, Oregon, Carolina do Sul, Tenessee, Texas, Utah, Vermont, Oeste da Virgínia, Wisconsin e Wyoming;
- **Diretrizes**: Alabama, Arkansas, Georgia, Hawai, Kansas, Maryland, Massachusetts, New Jersey, Novo México, Nova York, Dakota do Norte, Ohio, Pensilvânia, Dakota do Sul e Washington.

Os seguintes estados americanos não possuíam uma regulamentação específica, mas sim algum caso isolado: Connecticut, Kentucky, Louisiana, Maine, Minnesota, Mississipi, New Hampshire, Rhode Island e Virginia

Alguns estados americanos fazem mais exigências para tratamentos e qualidades da água, conforme o tipo de reúso. As Tabelas 2.23 a 2.27 apresentam os limites mínimos exigidos, bem como, os tratamentos para reúso urbano restrito e irrestrito, reúso recreacional restrito e irrestrito e reúso potável indireto.

O reúso urbano irrestrito envolve usos de águas onde a exposição do público é provável, por isso, necessita-se de alto grau de tratamento, conforme indicado na Tabela 2.23.

Tabela 2.23: Parâmetros e tratamentos para reúso urbano irrestrito.

Estado	Tratamento	DBO_5	Sólidos Suspensos Totais	Turbidez	Coliformes
Arizona	Secundário, filtração e desinfecção	Não especificado	Não especificado	2 a 5 UT	Fecal – não detectável (média) 23/100 mL (Max.)
Califórnia	Oxidação, coagulação, filtração e desinfecção	Não especificado	Não especificado	2 a 5 UT	Total – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max. em 30 dias)
Florida	Secundário, filtração e desinfecção	20 mg/L	5 mg/L	Não especificado	Fecal – detecção abaixo em 75% da amostra 25/100 mL (Max.)
Havaí	Oxidação, filtração e desinfecção	Não especificado	Não especificado	2 UT	Fecal – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max.)
Nevada	Secundário e desinfecção	30 mg/L	Não especificado	Não especificado	Fecal – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max.)
Texas	Não especificado	5 mg/L	Não especificado	3 UT	Fecal – 20/100 mL (média) 75/100 mL (Max.)
Washington	Oxidação, coagulação, filtração e desinfecção	30 mg/L	30 mg/L	2 a 5 UT	Fecal – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max.)

Fonte: **EPA (2004).**

Em geral, todos os estados que utilizam este tipo de reúso exigem tratamento secundário e prévia desinfecção. Porém, a maioria dos estados exige tratamentos adicionais como oxidação, coagulação e filtração.

Nenhum estado apresenta limites seguro de patogenos, entretanto o estado da Florida exige monitoramento de *Giárdia* e *Crysptosporidium* com amostragem freqüente baseados na capacidade de tratamento da planta.

O reúso urbano restrito envolve o uso de efluentes tratados onde a exposição do público é controlada.

O tratamento exigido não pode ser tão rigoroso como o exigido para reúso urbano irrestrito, conforme apresentado na Tabela 2.24.

Tabela 2.24: Parâmetros e tratamentos para reúso urbano restrito.

Estado	Tratamento	DBO_5	Sólidos Suspensos Totais	Turbidez	Coliformes
Arizona	Secundário, filtração e desinfecção	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Fecal – 200/100 mL (média) 800/100 mL (Max.)
Califórnia	Secundário, oxidação e desinfecção	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Total – 23/100 mL (média) 240/100 mL (Max. em 30 dias)
Florida	Secundário, filtração e desinfecção	20 mg/L	5 mg/L	Não especificado	Fecal – detecção abaixo em 75% da amostra 25/100 mL (Max.)
Havaí	Oxidação e desinfecção	Não especificado	Não especificado	2 UT	Fecal – 23/100 mL (média) 200/100 mL (Max.)
Nevada	Secundário e desinfecção	30 mg/L	Não especificado	Não especificado	Fecal – 23/100 mL (média) 240/100 mL (Max.)
Texas	Não especificado	20 mg/L	Não especificado	3 UT	Fecal – 200/100 mL (média) 800/100 mL (Max.)
Washington	Oxidação e desinfecção	30 mg/L	30 mg/L	2 a 5 UT	Fecal – 23/100 mL (média) 240/100 mL (Max.)

Fonte: **EPA (2004).**

A maioria dos estados exigem tratamento secundário ou biológico seguida de prévia desinfecção. O estado da Flórida exige tratamento adicional com filtração e coagulação. Já o Texas não especifica o tipo de tratamento, limitando apenas os parâmetros.

Assim como no reúso urbano irrestrito, os estados não apresentam limites seguro de patógenos, sendo somente o estado da Florida a exigir monitoramento de *Giárdia* e *Crysptosporidium*.

O reúso recreacional irrestrito envolve o uso de efluentes tratados, pois são águas onde a exposição do público é provável, por isso, necessita-se de alto grau de tratamento (ver Tabela 2.25).

Tabela 2.25: Parâmetros e tratamentos para reúso recreacional irrestrito.

Estado	Tratamento	DBO_5	Sólidos Suspensos Totais	Turbidez	Coliformes
Arizona	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento
Califórnia	Oxidação, coagulação, clarificação, filtração e desinfecção	Não especificado	Não especificado	2 a 5 UT	Total – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max. em 30 dias)
Florida	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento
Havaí	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento
Nevada	Secundário e desinfecção	30 mg/L	Não especificado	Não especificado	Fecal – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max. em 30 dias)
Texas	Não especificado	5 mg/L	Não especificado	3 UT	Fecal – 20/100 mL (média) 75/100 mL (Max.)
Washington	Oxidação, coagulação, filtração e desinfecção	30 mg/L	30 mg/L	2 a 5 UT	Fecal – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max.)

Fonte: **EPA (2004).**

Somente quatro dos sete estados citados apresentam regulamentação ou diretriz pertinentes ao reúso recreacional irrestrito.

Nenhum dos estados apresenta limites seguro de patógenos para este tipo de reúso.

O reúso recreacional restrito envolve o uso de efluentes tratados onde a exposição do público é controlada.

Somente um dos estados citados não apresenta regulamentação pertinente. A maioria dos estados exige apenas tratamento secundário com desinfecção. E o Texas é o único estado que não especifica tratamento, conforme apresentado na Tabela 2.26.

Tabela 2.26: Parâmetros e tratamentos para reúso recreacional restrito.

Estado	Tratamento	DBO_5	Sólidos Suspensos Totais	Turbidez	Coliformes
Arizona	Secundário, filtração e desinfecção	Não especificado	Não especificado	2 a 5 UT	Fecal – não detectável (média) 23/100 mL (Max.)
Califórnia	Secundário, oxidação e desinfecção	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Total – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max. em 30 dias)
Florida	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento
Havaí	Oxidação, filtração e desinfecção	Não especificado	Não especificado	2 UT	Fecal – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max. em 30 dias)
Nevada	Secundário e desinfecção	30 mg/L	Não especificado	Não especificado	Fecal – 200/100 mL (média) 23/100 mL (Max.)
Texas	Não especificado	20 mg/L	Não especificado	Não especificado	Fecal – 200/100 mL (média) 800/100 mL (Max.)
Washington	Oxidação e desinfecção	30 mg/L	30 mg/L	2 a 5 UT	Fecal – 2.2/100 mL (média) 23/100 mL (Max.)

Fonte: **EPA (2004).**

Nenhum dos estados apresenta limites seguro de patógenos para este tipo de reúso.

O reúso potável indireto envolve o uso de efluente tratado para recarga de águas superficiais, os quais serão utilizados para abastecimento público ou recarga de aqüífero.

A Tabela 2.27 apresenta os tipos de tratamentos e os parâmetros exigidos para este tipo de reúso nos sete estados já citados.

Tabela 2.27: Parâmetros e tratamentos para reúso potável indireto.

Estado	Tratamento	DBO_5	Sólidos Suspensos Totais	Turbidez	Coliformes
Arizona	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento
Califórnia	Determinado conforme o caso				
Florida	Tratamento avançado, filtração e desinfecção	20 mg/L	30 mg/L	Não especificado	O mínimo possível
Havaí	Determinado conforme o caso				
Nevada	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento
Texas	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento	Sem regulamento
Washington	Oxidação, coagulação, filtração, osmose reversa e desinfecção	5 mg/L	5 mg/L	0,1 a 0,5 UT	Total – 1/100 mL (média) 5/100 mL (Max.)

Fonte: **EPA (2004).**

Para este tipo de reúso, os estados da Flórida e Washington também monitoram os seguintes parâmetros:

- **Nitrogênio Total:** ambos os estados limitam este parâmetro em 10 mg/L;
- **Carbono orgânico Total:** o estado da Flórida limita ao máximo de 5 mg/L e Washington limita em 1 mg/L.

Os requisitos de qualidade e tratamento da água recebem uma maior atenção nas regulamentações estaduais. Os estados que têm regulamentações ou diretrizes de reúso de água têm padrões limites para qualidade da água e/ou exigências de tratamento mínimo. Os parâmetros mais comuns para os quais os limites de qualidade da água são impostos são DBO, turbidez, SST, coliformes totais e fecais, tempo de contato do cloro e cloro residual.

Critérios de reúso e água recuperada tendem a se tornar mais completos e, em alguns casos, mais conservadores com o aumento do número de projetos de reúso nos estados. Uma maior atenção é dada para propiciar o controle adequado para garantir que a saúde pública não seja comprometida.

Em 2004, a USEPA publicou um documento entitulado “Diretrizes para reúso de água” (Guidelines for water reuse) com dados técnicos significativos. As diretrizes incluem recomendações de processos de tratamento de esgoto, limites de qualidade da água recuperada, freqüências de monitoramento, distâncias e recuos, e outros controles para várias aplicações de reúso de água. As diretrizes sugeridas para tratamento de esgoto e qualidade da água recuperada são apresentadas no Anexo F.

Tanto o tratamento de esgoto como os limites de qualidade da água recuperada são recomendados pelos seguintes motivos: critérios de qualidade de água envolvendo parâmetros que não estão caracterizados adequadamente para qualidade da água recuperada; combinação de tratamento e qualidade conhecidos e exigidos para produzir água recuperada de qualidade aceitável, eliminando a necessidade de monitorar a água final para certos constituintes; custos; freqüência de uso; e em alguns casos, monitoramento para microorganismos patogênicos para não comprometer a proteção da saúde; e necessidade de tratamento confiável.

As diretrizes da USEPA forneceram informações gerais e específicas, como tratamento e requisitos de qualidade da água, para reúso potável indireto. Como a USEPA não recomendava o reúso potável direto, suas diretrizes não apresentavam nenhuma informação para tal uso.

O primeiro sistema duplo de distribuição dos Estados Unidos, usando esgoto para abastecimento não potável, foi construído em 1926, no povoado de Grand Canyon. Apesar de ter sido um caso especial, o sistema foi um sucesso, necessitando ser

ampliado muitas vezes devido ao crescimento populacional do povoado (**CROOK et al., 1994**).

Este sistema foi ampliado em 1989 utilizando tratamento secundário seguido de filtração e é utilizado para rega de jardins, descarga de bacias sanitária em acomodações turísticas, caldeiras para abastecer locomotivas a vapor, irrigação de campos escolares, lavagem de veículos e outros propósitos não potáveis.

Conforme Environmental Protection Agency (1992a), a cidade de Saint Petersburg, EUA, é reconhecida como sendo a pioneira em reúso de água urbana. Para interromper as descargas de efluentes na Baía de Tampa, foi adotado, em 1977, uma política de "descarga zero" na cidade e, em 1978, começou a ser distribuída água recuperada para usos não potáveis nessa cidade, através de um sistema duplo de distribuição. O autor ressalta que, naquela época, Saint Petersburg operava um dos maiores sistemas de reúso urbano do mundo, abastecendo águas cinzas para mais de 7.000 residências e edifícios comerciais.

Segundo Whitney e Bennett (1999), a cidade de Santa Barbara, EUA, utilizou a água residuária como plano de emergência para garantir a demanda no período de estiagem. As águas coletadas dos chuveiros, torneiras e máquinas de lavar roupa eram utilizadas para a irrigação de jardins. O sistema, de modo geral, teve uma grande receptividade dos usuários, bem como auxiliou os órgãos na regulamentação de legislação de reúso de água.

Segundo Crook e Surampalli (1996), na Califórnia e Flórida, onde o reúso de água é bem estabelecido e reconhecido, as leis e regulamentações existentes encontram-se sob certas condições, que são: a fonte de águas recuperadas deve estar disponível e ser adequada; ser fornecida para o usuário a um custo razoável e ter o consentimento do departamento de saúde afirmando que a água não será prejudicial.

2.2.7.3 Experiências na Suíça, Canadá, Inglaterra e Malásia

Conforme Crettaz et al. (1999), a Suíça também utiliza sistemas de águas pluviais e residuárias como alternativas para a redução do consumo de água em descargas de bacias sanitárias. As vantagens e desvantagens deste sistema estão sendo observadas para auxiliar na elaboração de legislações de reúso de água em sistemas hidráulicos prediais.

Segundo Soroczan (1998), reúso de água era uma prática comum na indústria canadense, não sendo, porém muito estendido ao setor agrícola. No setor residencial, por sua vez, este conceito ainda não era muito utilizado. Vários projetos estão sendo executados para reutilizar águas residuárias das máquinas de lavar roupas e chuveiros.

Na Inglaterra, os estudos realizados abordavam os seguintes aspectos: redução de tarifadas associadas a economia no consumo de água; aceitação dos usuários para os sistemas de reúso de água em suas residências e principalmente a necessidade da qualidade da água de reúso em atividades que não fossem para o consumo humano, com o objetivo de não colocar em risco a saúde dos usuários (**HOWARTH e SAYERS, 1999**).

Em algumas circunstâncias, há diferentes possibilidades para o uso de fontes alternativas. A cidade de Majuro, na Malásia, é um bom exemplo disso. A pista de decolagem do aeroporto desta cidade é usada como armazenagem de água pluvial. O suprimento é de aproximadamente 75% do abastecimento público de água, sendo esta filtrada e tratada antes de chegar no sistema de abastecimento público (**EXPERT GROUP MEETING, 1999**).

2.2.7.4 Experiência na Itália

Com a dificuldade de atender a demanda de água com recursos convencionais (água superficial e subterrânea), a Itália encontrou nas fontes não convencionais um recurso indispensável (**BARBAGALLO, CIRELLI e INDELICATO, 2001**).

Desde os anos 70, os estudos de planejamento da água têm sido levados para várias regiões da Itália, incluindo Sicília, Calábria e Emilia Romagna. Alguns desses projetos tiveram objetivos suspensos, devido à necessidade de obras relevantes, custos elevados de construção e previsão otimista de aproveitamento de esgotos.

Neste país, o esgoto municipal é potencialmente o mais utilizado, devido aos seguintes fatores:

- confiabilidade no fornecimento (somente sendo influenciável pela seca);
- sua distribuição (nas áreas de interior, eles são freqüentemente disponíveis próximo às regiões agrícolas);
- sua composição (compostos tóxicos e concentrações de sais são geralmente toleráveis em várias áreas e produtos agrícolas); e,
- propagação de plantas de tratamento (impostos pelas regulamentações de disposição de efluentes).

O reúso de água é permitido somente na forma de descarga no solo para agricultura, tendo em vista um aumento na produção agrícola, respeitando as restrições impostas na qualidade da água fornecida.

Esta exigência é feita para que os impactos ambientais do sistema de reúso sejam avaliados. Em particular, é feito um monitoramento das características qualitativas do esgoto.

Apesar da lei não permitir o reúso para outros fins que não seja o agrícola, tem-se discutido bastante a utilização de esgotos para fins públicos, devido a grande

quantidade de estações de tratamento. Em algumas cidades, permite-se que esta água seja utilizada para proteção ambiental e combate à incêndio.

2.2.7.5 Experiência na Austrália

Devido o aumento populacional e preocupação com a conservação dos recursos hídricos, as autoridades australianas permitiram o reúso de águas cinzas para descarga de bacias sanitárias e irrigação de jardins e gramados, por acreditarem na redução do potencial de água potável para estes fins (**JEPPESEN, 1995**).

O referido autor esclarece que, em uma avaliação preliminar, a diferença entre águas cinzas e águas negras não é correta, uma vez que as águas cinzas também apresentam uma alta concentração de bactérias fecais indicadoras.

Para irrigação de jardins e gramados, a separação de águas cinzas do contato humano foi obtido através de irrigação subterrânea e restrita para áreas não habitadas.

Como a descarga em bacias sanitárias não pode ser totalmente separada do contato humano, acarretando em riscos de saúde, surgiu a preocupação com a inadequação ou qualidade inferior na manutenção no sistema de tratamento doméstico local, devido o crescimento de microrganismos na água da caixa acoplada e no fecho hídrico da bacia, sendo necessário um alto grau de tratamento para obter águas cinzas livres de patógenos.

A partir deste estudo, tiveram início as discussões das diretrizes e regulamentações sobre reúso de água naquele país.

2.2.7.6 Experiência na França

Segundo Faby, Brissaud e Bountox (1999), os regulamentos sobre reúso de água na França começaram a ser elaborados em 1989 pelo Ministério da Saúde, sendo as diretrizes publicadas em 1991.

Em 1992, a Lei francesa exigia que cada cidade definisse as zonas servidas pelo reúso de água, como era feito o tratamento, a reservação e a disposição. Em 1994, foi estabelecido em um decreto que efluentes tratados poderiam ser usados para fins agrícolas, porém somente se os sistemas já estivessem funcionando e sem oferecer nenhum risco ambiental e de saúde pública.

Com a idéia de que o reúso era uma alternativa viável para disposição de efluentes tratados, esta prática foi incentivada em 1995, exigindo-se o tratamento terciário para estes efluentes e seguindo-se as categorias estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

A implantação do sistema de reúso também deveria seguir os critérios estabelecidos pelo Ministério de Agricultura Francês, quais sejam: o contato direto teria que ser reduzido tanto para irrigação de áreas agrícolas como para áreas públicas; os chuveiros automáticos utilizados para irrigação deveriam estar a mais de 100m de residências e áreas esportivas e recreacionais e áreas de acesso público deveriam ser irrigadas com gotejamento subterrâneo.

Os tratamentos exigidos pelo governo francês para sistemas de reúso também deveriam seguir as recomendações da OMS, sendo obrigatório o uso de tecnologias de desinfecção.

2.2.7.7 Experiência no Brasil

Santos e Zabrocki (2003) caracterizaram as águas cinzas de chuveiros e lavatórios de 30 edifícios residenciais, localizados na cidade de Curitiba. A Tabela 2.28 apresenta os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados.

Tabela 2.28: Caracterização das águas cinzas de edifícios residenciais

Parâmetros	Concentrações			Valor de referência
	Mínima	Média	Máxima	VMP1
Temperatura(ºC)	21,5	24	27	-
Cor (Hz)	9,0	52,30	300	-
Turbidez (UT)	1,97	37,35	189	5
pH	6,7	7,2	8,5	6,0 a 8,6
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,67	4,63	5,92	-
Cloro Livre (mg/L)	0,0	0,0	0,8	2
Cloro Total (mg/L)	0,0	0,0	1,0	-
Fósforo Total (mg/L)	1,72	6,24	38,49	1
DBO (mg/L)	16,67	96,54	286,93	≤200
Coliforme Total (MPN/100 ml)	5,1	11.106	1,6.108	-
Coliforme Fecal (MPN/100 ml)	2,0	1.106	1,6.107	≤300

[1] Valor Máximo Permitido segundo Portaria MS 1469/2000.

FONTE: adaptado **Santos e Zabrocki (2003).**

Os autores recomendam a remoção da matéria orgânica, ocasionado pela DBO e remoção de sólidos suspensos gerados pela elevada Turbidez e altas concentrações de coliformes total e fecal, e consequentemente, recomenda-se a desinfecção.

Fonini, Fernandes e Pizzo (2004) coletaram amostras de águas cinzas originadas em lavatórios e chuveiros de um complexo esportivo universitário, localizado no campus II da Universidade de Passo Fundo no Rio Grande do Sul, com o objetivo de caracterizar o efluente para futuras utilizações nas descargas de bacias sanitárias, reposição da piscina, fins de higienização de ambientes e irrigação. Os resultados das análises podem ser verificados na Tabela 2.29.

Tabela 2.29: Caracterização das águas cinzas de banheiros de complexo esportivo

Parâmetros	Banheiro Masculino	Banheiro Feminino	Valor de Referência
	Média	Média	VMP[1]
PH	8,4	8,8	6 - 9,5
DBO5	20,3	96	-
DQO	44,6	234	-
Turbidez	0,8	1,3	5
Cor	Ausente	Ausente	Ausente
Odor	Ausente	Ausente	Ausente
Sólido Suspenso	54	87	-
Dureza	122	130	500
Coliformes totais	<200	23000	-
Zinco	0,03	0,10	5
Cobre	0,23	0,19	1
Ferro	0,33	0,1	0,3
Manganês	0	0	0,1

[1] Valor Máximo Permitido segundo Resolução Conama 20.

FONTE: **Fonini, Fernandes e Pizzo (2004)**.

Fiori, Fernandes e Pizzo (2004) selecionaram um edifício residencial para caracterizar águas cinzas originadas nos banheiros. Inicialmente foi feita uma classificação dos nove apartamentos em estudo, resultando na seguinte divisão: Amostra 1 – apartamentos com crianças; Amostra 2 – apartamentos com animais; e Amostra 3 – apartamentos sem crianças e sem animais. A coleta foi realizada no meio e no fim do banho de cada usuário, através de um dispositivo inserido na caixa sifonada. A Tabela 2.30 apresenta os resultados das análises laboratoriais.

Tabela 2.30: Caracterização das águas cinzas de banheiros de edifício residencial

Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Valor de referência VMP[1]
Vazão média dos chuveiros (L/s)	0,058	0,074	0,049	-
Vazão média dos lavatórios (L/s)	0,078	0,067	0,093	-
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	$1,1x10^4$	$1,7x10^4$	$3,6x10^5$	≤300
Coliformes totais (NMP/100 mL)	$>1,6x10^5$	$>1,6x10^5$	$>1,6x10^5$	
Óleos e graxas	18,2	14,8	26,7	≤30
PH	7,11	6,91	7,10	6,0 a 8,6
DBO (mg/L)	258	174	384	≤200
DQO (mg/L)	470	374	723	≤450
Sólidos suspensos (mg/L)	180	100	188	≤200
Alcalinidade (mg/L)	6,7	5,0	8,2	250
Surfactantes (mg/l)	2,18	1,46	3,42	2,0
Contagem bacteriológica (UFC/ml)	$8,5x10^5$	$3x10^5$	$8,5x10^6$	
Cloretos (Cl-mg/L)	26,9	14,7	29,4	250
Nitrato (NO-3-Nmg/L)	27,5	1,52	4,09	10
Nitrito (NO-2-Nmg/L)	<0,003	0,027	0,489	1
Fósforo total (mg/L)	0,43	0,31	1,79	1
Turbidez (UT)	340,7	373,2	297,2	5
Dureza total (CaCO3mg/L)	5,7	13,6	10,7	500
Condutividade (µs/cm)	125,9	105,8	222	2000

[1] Valor Máximo Permitido segundo Portaria MS 1469/2000.

FONTE: **Fonini, Fernandes e Pizzo (2004)**.

Os autores verificaram também a presença de E. coli nas três amostras.

Da análise das tabelas apresentadas anteriormente, verifica-se que:

- ✓ Para o complexo esportivo verifica-se que não houve variação em nenhum parâmetro apresentado.

- ✓ Para o edifício residencial verifica-se, tanto para os apartamentos com e sem crianças:
  - alto teor de matéria orgânica representado pela DBO, o que pode gerar sabor e odor;

- elevado teor de surfactantes o que ocasiona formação de espumas;
- elevada concentração de nitrato, é uma preocupação por ser tóxico e causar metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças;
- presença de detergentes superfosfatados (composto por moléculas orgânicas) e matéria fecal, comprovado pelo alto teor de fósforo;
- elevada Turbidez, o que comprova a presença de sólidos em suspensão.

Deste resultado pode-se verificar a necessidade de remoção de matéria orgânica, sólidos em suspensão e cuidados para a não formação de espumas. Recomenda-se também uma desinfecção no sistema de reúso a ser implantado.

2.2.8 Considerações Finais

O reúso de água para fins não potáveis caracteriza-se pela utilização de efluentes domésticos tratados em atividades que admitem qualidade de água inferior a potável (**HESPANHOL, 2008**). Este tipo de reúso pode ser aplicado nos seguintes casos:

- Irrigação de parques e jardins de diversas tipologias, desde as residenciais até as comerciais e públicas;
- Reserva de proteção contra incêndio;
- Sistemas decorativos aquáticos;
- Lavagens de veículos;
- Lavagens de pisos e praças;
- Descarga em bacias sanitária;
- Limpeza de tubulações de esgoto e água pluvial;
- Controle de poeira;
- Construção civil.

Dependendo da aplicação, o acesso s áreas que utilizam água de reúso deve ser controlado ou não e depende efetivamente dos custos e problemas operacionais

envolvidos, uma vez que os sistemas de reúso de águas cinzas devem ser totalmente independentes do sistema de água potável.

Percebeu-se pela bibliografia exposta que a redução do consumo de água potável implica na adoção de medidas que visem o uso racional deste insumo, bem como no emprego de fontes alternativas para usos que prescindam de potabilidade.

Para isso, deve-se planejar e gerenciar a demanda a fim de garantir o abastecimento, de forma sustentável e evitando-se o desperdício e a degradação do insumo.

Ressalta-se que as ações de uso racional devem sempre preceder a oferta de água. Caso isso não seja possível, o uso de fontes alternativas pode ser colocado em prática de maneira responsável garantindo a saúde dos usuários através de tratamento, as tecnologias disponíveis e os custos envolvidos.

Inserido neste contexto, o presente trabalho apresenta uma formulação de diretrizes visando à gestão de água em edificações com uso de efluentes para fins não potáveis.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo são apresentados a estratégia e o delineamento da pesquisa. São também descritas as etapas de trabalho, incluindo as ferramentas e técnicas de coletas e análise de dados e as fontes de evidências utilizadas no trabalho.

3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA E A ESTRATÉGIA GERAL DA PESQUISA

O presente trabalho tem como estratégia geral de pesquisa um estudo de caso com base exploratória, cuja coleta de dados consistiu na condução de um estudo piloto (**BRESSAN, 2000**).

Segundo Gil (2002), um estudo de caso consiste num "*estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos de pesquisa*".

A metodologia apresentada é de natureza fenomenológica por constar de dados qualitativos com informações quantitativas e por apresentar questões do tipo "como" e "por que", além de não exigir controle sobre eventos comportamentais, por não se poder manipular os comportamentos relevantes (**YIN, 2005**).

Para este estudo de caso contou-se com duas fontes de evidências, sendo elas: observação direta dos acontecimentos estudados e entrevistas com as pessoas envolvidas nos acontecimentos.

Para Yin (2005) a essência de um estudo de caso é "*tentar esclarecer uma decisão ou conjunto de decisões, ou seja, motivo pela qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados*".

Inserido nesse contexto, a partir do estudo de caso desenvolvido, levantou-se dados para formular diretrizes de "como" e "por que" utilizar fontes alternativas para fins não potáveis, tendo como objeto de estudo o Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (HC/UNICAMP) e um supermercado em fase de projeto.

O fator motivador para o desenvolvimento do presente trabalho é subsidiar diretrizes para a substituição de água potável por efluentes tratados, reduzindo o consumo deste insumo, em atividades com fins não potáveis, garantindo a qualidade a cada uso específico, resguardando a saúde pública dos usuários internos e externos, uma vez que a normalização brasileira ainda não contempla todos os requisitos necessários para a implantação de sistema alternativo de reúso de água.

Cabe ressaltar que este estudo fez parte de uma das etapas do Programa de conservação de água desenvolvido pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Ensino e Pesquisa em Sistemas Prediais da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (LEPSIS-FEC/UNICAMP).

3.2 DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas distintas, conforme indicado na Figura 3.1: (a) definição do escopo, (b) desenvolvimento e (c) análise dos resultados e reflexão final. Ressalta-se que a partir da revisão bibliográfica, fez-se uma definição do escopo da pesquisa.

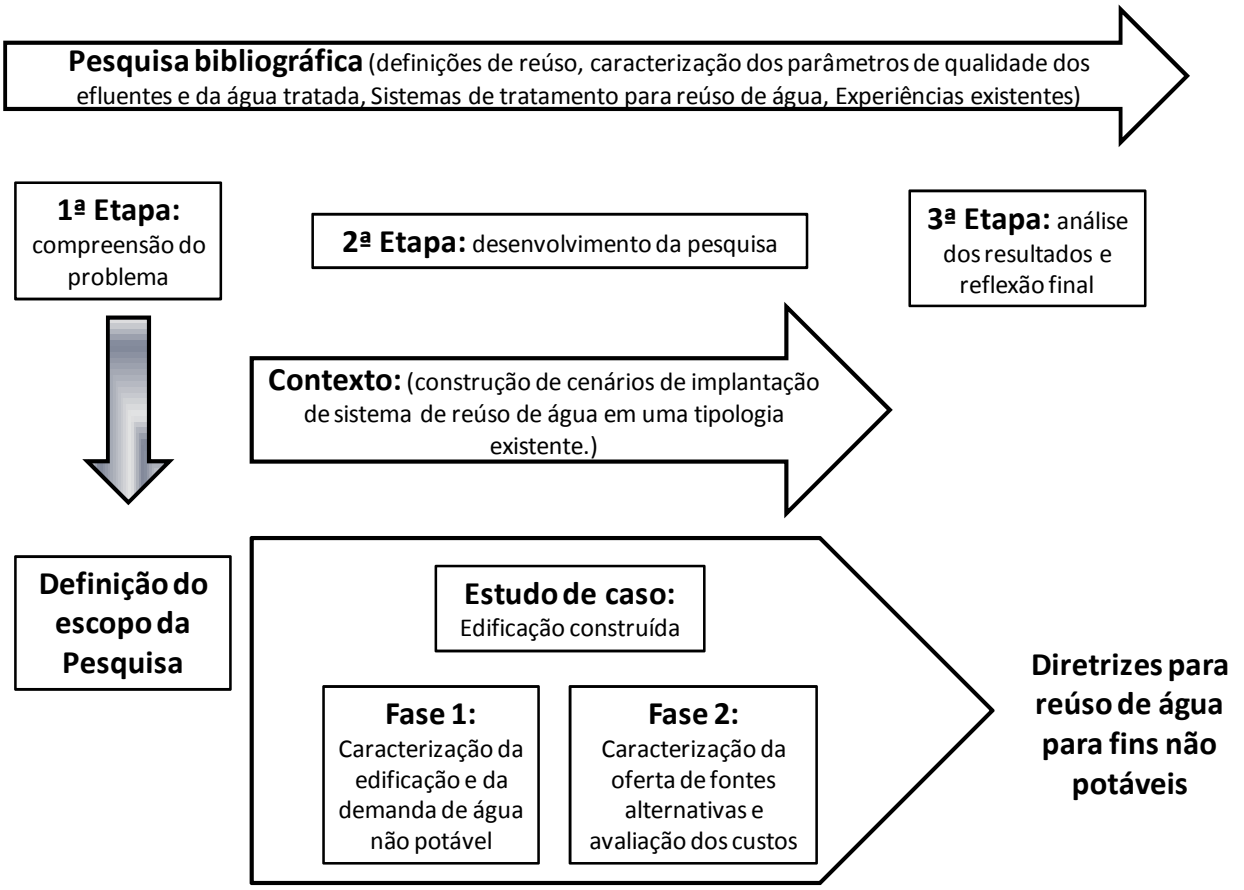


Figura 3.1: Delineamento geral da pesquisa.

3.2.1 Compreensão do problema

A etapa de compreensão inicial do problema teve como objetivo a definição inicial do escopo da pesquisa, por meio da identificação do problema e da formulação das questões iniciais de pesquisa.

Após a realização da pesquisa bibliográfica, foi desenvolvido o estudo de caso no Hospital das Clínicas da UNICAMP (HC/UNICAMP), realizado no período de Julho de 2003 a Dezembro de 2005, tendo como objetivo compreender os requisitos necessários para a implantação de sistemas de reúso de água neste tipo de edificação.

3.2.2 Desenvolvimento da pesquisa

A segunda etapa, denominada de desenvolvimento da pesquisa, consistiu na construção de cenários de implantação de sistemas de reúso em uma tipologia existente.

Esse desenvolvimento se deu em duas fases distintas, sendo elas:

1. caracterização da edificação e da demanda de água não potável;
2. caracterização da oferta de fontes alternativas e a avaliação dos custos envolvidos para a implantação do sistema propriamente dito.

No estudo realizado no HC/UNICAMP caracterizou-se a unidade-caso, a elaboração dos instrumentos de coleta, coleta de dados propriamente dita e avaliação e análise dos dados.

Além disso, aplicaram-se os passos determinados após o estudo realizado no hospital, com o intuito de verificar a aplicabilidade em edificação que a ser construída, de forma a auxiliar na reflexão sobre a implantação de sistemas de reúso de água.

3.2.3 Análise dos dados e reflexão final

Após a etapa de desenvolvimento da pesquisa, foi realizada a análise do estudo, com o intuito de propor as diretrizes para reúso de água para fins não potáveis, dentro dos contextos estudados.

3.3 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

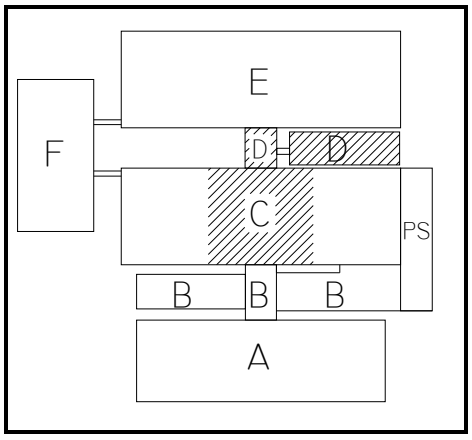
3.3.1 Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas

O Estudo de caso no Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (HC/UNICAMP) foi realizado dentro do programa de Conservação de Água desenvolvido de Julho de 2003 a Dezembro de 2005, denominado PRO-Água/HC.

3.3.1.1 Caracterização da edificação

O HC/UNICAMP possui uma área construída de 98.690m² e 31.145m² de área livre. A edificação é composta por seis pavimentos, distribuídos em blocos e, estes, em noventa e um setores, compostos por salas e/ou ambientes diversos. A Figura 3.2 apresenta um esquemático dos blocos que compõem o referido hospital e a Tabela 3.1 caracteriza os diversos setores que constituem os referidos blocos. As letras constantes nessa figura representam os blocos que constituem o hospital.

O trabalho iniciou-se com um levantamento documental, através da análise preliminar de todos os documentos relativos à caracterização da edificação em estudo.



Legenda: As letras representam os setores que constituem o HC/UNICAMP.

Figura 3.2: Desenho esquemático dos setores que constituem o HC/UNICAMP.

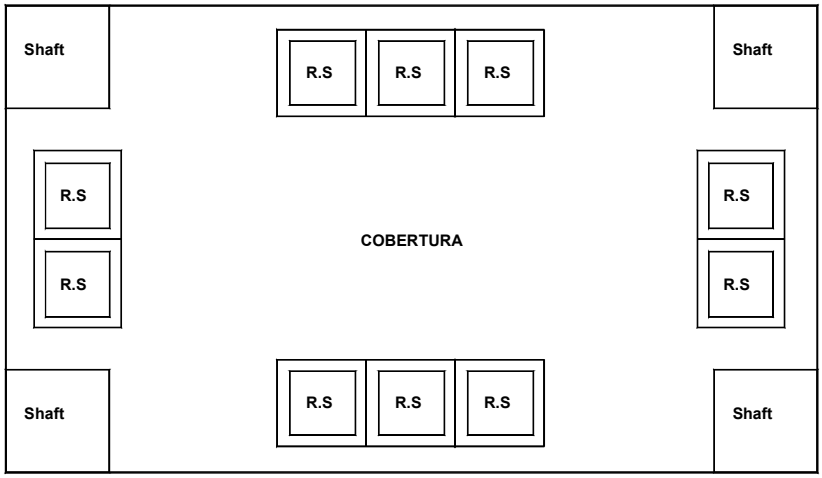
Tabela 3.1: Caracterização dos blocos do HC/UNICAMP.

Bloco	Atividade	Pavimentos
A	Ambulatórios	2 e 3
B	Pronto socorro, Radiologia, Centro cirúrgico ambulatorial e Procedimentos especializados	2 e 3
C	Enfermarias	3,4,5 e 6
D	Caixa d'água e elevadores, interligação entre os blocos E e C	1,2,3,4,5 e 6
E	Áreas de apoio técnico e administrativa, enfermarias, centro cirúrgico, UTI e Central de material	1,2,3,4,5 e 6
F	Laboratórios e superintendência	1 e 2
PS	Pronto Socorro	-

Fonte: Lima, 2007.

O sistema de reservação do hospital é feito de forma indireta por meio de reservatórios superiores (ver Figura 3.3), com capacidade para 500.000 litros e reservatórios inferiores com capacidade de 550.000 litros. A reserva de incêndio é de 300.000 litros. Cabe ressaltar que a limpeza dos reservatórios é realizada a cada 6 meses.

As tubulações de abastecimento são de aço galvanizado. Quando necessária a substituição, estão sendo empregadas tubulações de PVC ou cobre, dependendo do caso.



Legenda: R.S.: Reservatório Superior.

Figura 3.3: *Lay out* esquemático dos reservatórios superiores.

Após efetuado o diagnóstico do perfil de consumo de água do hospital, foi-se a campo com o intuito de avaliar a demanda e a oferta de água nesta edificação.

Inicialmente foi efetuada a análise das plantas arquitetônicas do HC, disponibilizadas pelo setor da Divisão de Engenharia e Manutenção (DEM). Baseado em uma divisão por setor a equipe entrou em todos os ambientes autorizados para efetuar o levantamento cadastral e de patologias dos equipamentos que utilizam água.

Os materiais utilizados para a investigação foram as plantas dos ambientes, formulários de observação, equipamentos' de medição de tempo e vazão; ferramentas; equipamentos de proteção e segurança individual (EPI's) e câmera fotográfica digital.

No caso dos equipamentos de uso específico, o levantamento consistiu na verificação da marca, modelo e montagem, do estado de conservação e da condição de operação do aparelho e seus componentes. Também foi observada a freqüência de uso e os volumes de água utilizados e descartados, bem como suas características.

Além disso, foi desenvolvido um banco de dados para proceder a análise qualitativa e quantitativa dos equipamentos encontrados nos setores inspecionados.

Dentre os equipamentos considerados de uso específico (EUEA) encontrados no Hospital das Clínicas da UNICAMP podem ser citados: destiladores, deionizadores, lavadora de bandejas, básculas, panelas de pressão, reservatório de diluição, autoclaves, deionizadores, máquinas de diálise, equipamentos de análises clínicas, entre outros.

A Figura 3.4 apresenta alguns destes equipamentos e a Tabela 3.2 apresenta a quantidade de EUEA encontrados no HC/UNICAMP na data do levantamento em campo.

Reservatório de diluição –Almoxarifado

Básculas com 3 panelas – Nutrição

Destilador

Destilador-Deionizador

Figura 3.4: Exemplos de equipamentos de uso especifico de água (EUEA) do HC/UNICAMP.

Tabela 3.2: Total de Equipamentos de uso específico no HC/UNICAMP.

Pavimento	Quantidade EUE
1	36
2	67
3	24
4	14
5	13
6	11
Total	**165**

As Tabelas 3.3 e 3.4 apresentam as condições de operação dos tubos de alimentação e dos equipamentos propriamente ditos na data do levantamento em campo. Dentre os equipamentos cadastrados, 114 são filtros e bebedouros, ou seja, equipamentos que não apresentam possibilidade de reciclagem de água e, portanto estes equipamentos foram retirados das análises posteriores.

Tabela 3.3: Condição de operação dos tubos de alimentação dos EUEA do HC/UNICAMP.

Condição de Operação	PAV1	PAV 2	PAV 3	PAV 4	TOTAL
Satisfatório	8	33	0	2	**43**
Inexistente	0	0	0	0	**0**
não verificado	0	0	0	0	**0**
vazando no tubo	3	2	0	0	**5**
vaza no registro	1	0	0	0	**1**
vaza no registro fechado	1	0	0	0	**1**
em desuso	0	0	1	0	**1**
Total instalado	**13**	**35**	**1**	**2**	**51**

Tabela 3.4: Condição de operação dos EUEA do HC/UNICAMP.

Condição de Operação	PAV 1	PAV 2	PAV 3	PAV 4	TOTAL
Satisfatório	10	33	0	2	**45**
vaza no equipamento	0	1	0	0	**1**
vaza no tubo de alimentação	3	1	0	0	**4**
em desuso	0	0	1	0	**1**
Total instalado	**13**	**35**	**1**	**2**	**51**

PAV - Pavimento

A Figura 3.5 apresenta algumas das patologias encontradas no departamento de nutrição e dietética (DND) do HC/UNICAMP e a Figura 3.6 apresenta as perdas encontradas no levantamento cadastral.

Figura 3.5: Patologias encontradas nos EUEA do 1° Pavimento – DND do HC/UNICAMP.

Figura 3.6: Perdas encontradas no levantamento em campo efetuado no HC/UNICAMP.

Além disso, também foram levantadas informações sobre os seguintes equipamentos:

Torres de resfriamento

As torres de resfriamento do HC/Unicamp apresentavam uma vazão de água de 500 m³/h e volume de 13 m³. O uso das torres é diário, durante 24 horas, sendo sua utilização restringida somente à casa de máquinas para os condensadores.

Equipamentos de hemodiálise

Toda água utilizada nos equipamentos de diálise do HC/UNICAMP passa por um sistema de purificação conforme apresentado esquematicamente na Figura 3.7.

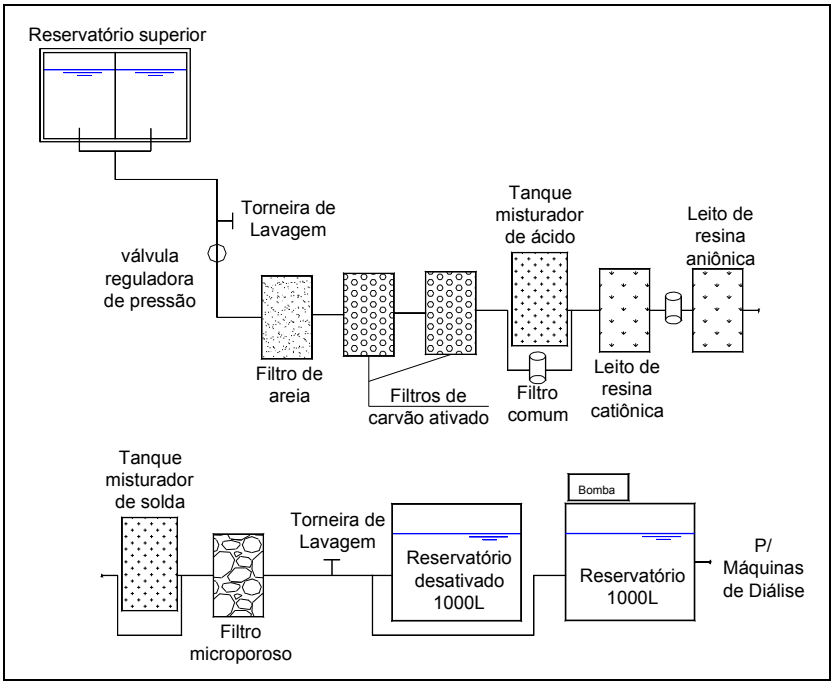


Figura 3.7: *Lay out* esquemático do sistema de purificação da água de diálise.

Conforme apresentado na Figura 3.7, o sistema de purificação é composto por filtros de areia, filtros de carvão ativado e por filtros comuns, além de possuir leitos de resina aniônica e catiônica e por misturadores de ácido e solda, cuja regeneração é feita a cada 15 dias.

A função dos filtros comuns é a de reter resíduos e impurezas, caso os filtros de carvão ativado e/ou leito catiônico se rompam. A desinfecção da água é feita com hipoclorito de sódio.

Uma vez por mês são feitas análises desta água, caso esta água não atenda aos padrões de pureza estabelecidos pela ANVISA, a mesma é descartada na rede pública. Os reservatórios também são lavados 1 vez/mês.

O sistema de purificação está localizado no 3° pavimento, exatamente acima da sala de hemodiálise.

O levantamento cadastral possibilitou o conhecimento das diversas fontes alternativas bem como das possibilidades de uso em algumas atividades como, por exemplo, torre de resfriamento, lavagens de piso, limpeza em geral, rega de jardins, etc. Para identificá-las foi necessário levantar os procedimentos efetuados nestas atividades em cada unidade estudada de forma a comparar as porcentagens de uso com o consumo total do hospital quando da análise da demanda de água.

A Figura 3.8 apresenta o indicador de consumo de água do HC – UNICAMP entre os períodos de setembro de 2002 a junho de 2003. Esses valores foram determinados considerando-se as leituras realizadas pela equipe da DEM (Divisão de Engenharia e Manutenção) no hidrômetro mecânico instalado no abastecimento do HC e o número médio de leitos funcionantes no período em análise.

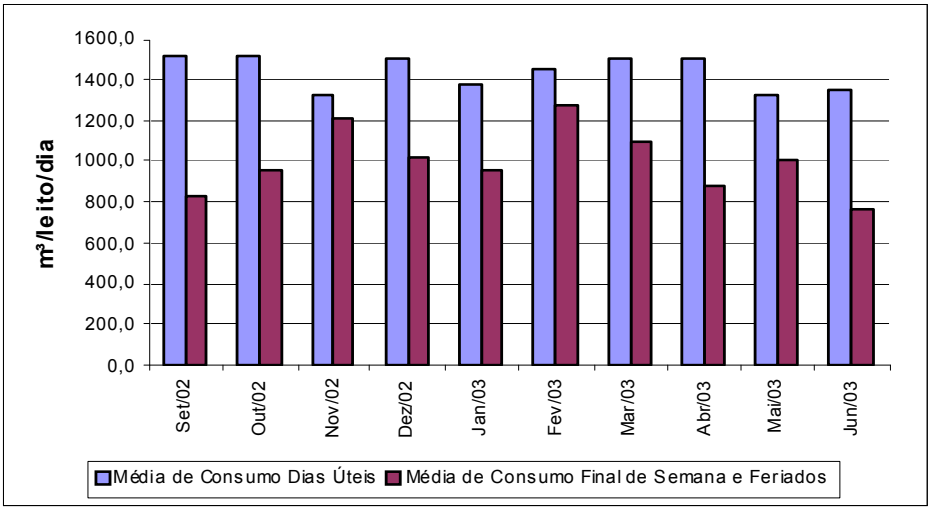


Figura 3.8: Indicador de consumo de água do HC-UNICAMP (dias úteis e finais de semana e feriados)

Fonte: **Lima (2007).**

Da análise da Figura 3.8, verifica-se que:

- Consumo médio nos dias úteis era de 1.444 litros/dia/leito funcionante[1];
- Nos finais de semana e feriados, o consumo reduz para cerca de 1.209,6 litros/dia/leito funcionante;
- Em média, o consumo nos dias úteis é cerca de 20% superior do que nos finais de semana e feriados.

Nesse período, o hospital teve um consumo médio de 448,91 m³/dia e consumo médio mensal de 13.467,3 m³/mês. O número de leitos funcionantes era de 401, sendo a média do consumo de 1.326,8 litros/dia/leito funcionante.

[1] Leito funcionante é o agente consumidor do hospital, o qual é definido em função da tipologia e das atividades desenvolvidas no edifício.

Ressalta-se que, até setembro de 2002, o HC/UNICAMP não possuía nenhum controle do consumo de água. A partir desta data, foi iniciado o levantamento dos dados pela equipe da DEM.

3.4 FERRAMENTAS, TÉCNICAS E MÉTODOS USADOS PARA A COLETA DE DADOS

Ao realizar o estudo de casos foram utilizadas várias fontes de evidências para a coleta de dados (**YIN, 2005**). Estas fontes de evidências ajudaram com o problema de validação do constructo e da confiabilidade da pesquisa.

3.4.1 Entrevistas e formulários

Foram empregados no presente estudo os seguintes instrumentos de coleta de dados: **formulários**, onde os pesquisadores que constituíram a equipe de levantamento, a partir de uma lista de verificação, anotavam as observações feitas em campo e **entrevistas estruturadas** onde os usuários entrevistados respondiam às questões formuladas pela equipe, a qual era responsável pela anotação das respostas obtidas.

Os formulários foram empregados no levantamento das patologias no sistema predial de água nos pontos de consumo existentes. Tanto os formulários e como as entrevistas foram utilizadas para o levantamento dos hábitos de limpeza dos ambientes nas atividades que envolviam o uso doméstico e no uso de equipamentos de uso específicos nos setores que constituem o hospital. Os formulários e as entrevistas utilizadas na pesquisa encontram-se no anexo L.

As entrevistas e o preenchimento dos formulários foram realizados por alunos de graduação dos cursos de Engenharia Civil e de Arquitetura e Urbanismo, sendo eles pesquisadores do Laboratório de Ensino e Pesquisa em Sistemas Prediais da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (LEPSIS-FEC/UNICAMP).

Com as entrevistas foram levantadas informações relativas à caracterização das atividades, bem como a sua forma de realização na Divisão de Nutrição e Dietética e de limpeza geral do hospital.

3.4.2 Observação direta

As observações diretas são caracterizadas pela realização de visita de campo para fornecer informações adicionais sobre o local de estudo (**YIN, 2005**). As observações podem ser resultados de atividades formais ou informais de coleta de dados, podendo ser desenvolvidas rotinas como parte do protocolo de estudo de caso, avaliando-se a incidência de certos tipos de comportamento durante certos períodos de tempo no campo.

No caso do presente trabalho, as observações foram realizadas para verificar as condições de operação dos sistemas prediais de água fria e dos equipamentos de uso específicos de água, conforme já citado no item 3.3

3.4.3 Análise dos documentos

Os documentos para um estudo de caso são coletados durante a realização do estudo, de forma que os dados possam ser prontamente recuperáveis para inspeção ou nova leitura.

A análise documental foi utilizada em todas as etapas da pesquisa, por meio de utilização de diversos documentos como: projetos, memorial descritivo, documentos de especificações, banco de dados, dentre outros.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo são apresentados os resultados dos estudos de casos realizados no Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas.

Inicialmente foi efetuada uma investigação preliminar contemplando todas as tipologias apresentadas, bem como a investigação do potencial das fontes alternativa e finalizando, foi efetuada uma avaliação detalhada da fonte escolhida para a construção do cenário de implantação do sistema de reúso.

4.1 ESTUDO DE CASO: HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (HC/UNICAMP)

4.1.1 Caracterização da demanda de água não potável

O uso de água em hospitais tem características específicas muito diversas, principalmente quando se considera a variedade e a complexidade dos procedimentos em torno do paciente. A água está presente em uma grande parcela destes procedimentos, tanto de forma direta, por meio do consumo da água para bebida e higiene pessoal (lavagem de mãos, banho, escovação de dentes) como indireta, na lavagem e preparo de alimentos, higienização de artigos a serem processados, lavagem de mãos da equipe médica e de enfermagem, serviços de laboratório, hemodiálise, limpeza e higienização de superfícies, entre outros.

A análise da demanda de água foi realizada de três formas:

1ª – estimativa dos volumes consumidos, adotando-se premissas como o número de acionamentos, freqüência de uso, vazão dos equipamentos, etc. e em função da população atendida;

2ª – medição “in loco” contendo recipiente graduado de coleta de água e cronômetro; e,

3ª - medição setorizada piloto em um dos EUEA da edificação em estudo.

As Tabelas 4.1 a 4.3 apresentam o número de aparelhos/equipamentos sanitários existentes, população fixa e a população flutuante representada pelo número de leitos funcionantes, respectivamente.

Tabela 4.1: Aparelhos/equipamentos sanitários do HC/UNICAMP.

Bloco / Pav.	Lavatório	Bacia Sanit.	Chuveiro	Ducha	Torneira	Pia / Cuba	Mictório	Total
A - 2º	101	46	--	--	--	20	12	179
A - 3º	101	39	--	--	--	8	4	152
BC - 2º	86	57	--	--	--	34	4	181
BC - 3º	14	12	--	--	--	6	5	37
C - 4º	55	27	18	18	18	20	--	156
C - 5º	77	43	36	36	36	15	--	243
C - 6º	81	43	36	36	36	15	--	247
DE - 1º	30	17	6	--	--	19	2	74
DE - 2º	82	34	25	--	--	47	2	190
DE - 3º	12	10	6	--	--	6	5	39
DE - 4º	76	42	38	36	37	29	--	258
DE - 5º	74	40	36	36	37	15	--	238
DE - 6º	78	40	36	36	37	15	--	242
F - 1º	31	22	40	--	--	3	6	102
F - 2º	21	19	--	--	--	54	2	96
F - 3º	--	--	--	--	--	--	--	0
Total	919	491	277	198	201	306	42	2434

Verifica-se da análise da Tabela 4.1 que existe uma grande diferença entre a somatória no número total de chuveiros e duchas com o número de lavatórios. Essa diferença de 444 aparelhos/equipamentos sanitários deve-se ao fato que os lavatórios são encontrados em consultórios e em alguns banheiros os quais não foram instalados os chuveiros e duchas.

Ressalta-se que as torneiras citadas na Tabela 4.1 apresentam as seguintes funções:

- Lavatório – considerou-se como sendo todas as torneiras instaladas nos lavatórios instalados em banheiros, ou outros ambientes, os quais são destinados exclusivamente para higienização pessoal como lavar as mãos, escovar os dentes e fazer a barba;
- Chuveiro – foram considerados apenas os aparelhos que utilizam como fonte de aquecimento da água a eletricidade por meio de uma serpentina;
- Ducha – foram considerados os aparelhos que utilizam como fonte de aquecimento de água um aquecedor e necessitam de misturadores para controle da temperatura da água;
- Torneira – foram consideradas as torneiras destinadas ao uso de limpeza geral, como lavagem de pisos e paredes, irrigação de jardins, etc.
- Pia/cuba – considerou-se como sendo todas as torneiras instaladas nas pias de cozinha e destinadas ao preparo de alimentos.

Tabela 4.2: População Fixa (funcionários) do HC/UNICAMP.

ANO	Funcionários						
	HC	Funcamp	Residentes	PS		Total - HC	Total - PS
				HC	Funcamp		
2001	1882,50	882,25	417,00	122,83	34,42	3181,75	155,25
2002	1875,08	804,17	440,33	135,67	34,42	3119,58	170,08
2003	2015,33	747,33	442,50	134,50	33,83	3205,17	168,33

Nota: Funcamp – Fundação de Desenvolvimento da UNICAMP; PS – Pronto-socorro.

Tabela 4.3: Número de leitos do HC/UNICAMP – população flutuante.

Ano	Leitos		
	Capacidade	Taxa de Ocupação (%)	Funcionantes
2001	399	86,67	345,80
2002	399	86,81	346,39
2003	401	85,17	341,54

A população do hospital foi caracterizada da seguinte forma (**LIMA, 2007**):

- Fixa: composta pelos funcionários do hospital;
- Flutuante: composta pelos pacientes que ocupam leitos funcionantes e pacientes e acompanhantes dos ambulatórios.a

Lima (2007) agrupa os setores do HC/UNICAMP em função das atividades predominantes, cujas categorias consideradas foram:

- doméstico e higienização especial[2]: GRUPO A;
- doméstico: GRUPO B;
- especializado: GRUPO C.

Os setores que pertencem ao GRUPO A realizam atividades com fins terapêuticos, os quais não possuem leitos, e relacionados à internações, os quais possuem leitos.

Os setores que pertencem ao GRUPO B realizam atividades administrativas, as quais suprem as necessidades do hospital e que não necessitam de nenhum procedimento especializado de higienização.

Os setores que pertencem ao GRUPO C realizam atividades que necessitam tanto de procedimentos especializados como de higiene pessoal. Pode-se citar como atividades que necessitam de procedimentos especializados aquelas que envolvem análises químicas, pesquisas laboratoriais, exames, etc.

[2] Procedimento capaz de impedir ou reduzir a possibilidade de passagem de germes em qualquer hipótese (BRASIL, 1995 apud Lima, 2007).

A Tabela 4.4 apresenta um resumo da predominância das atividades em cada um dos grupos apresentados, bem como a população predominante considerada no presente trabalho.

Tabela 4.4: Caracterização dos setores do HC/UNICAMP em função das atividades predominantes

Grupo	Nome/Uso	Predominância da Atividade	População predominante
A	Uso Doméstico e higienização Especial	Setores ambulatoriais	flutuante
		Setores da Enfermaria	flutuante
B	Uso doméstico	Setor de agendamento e serviço social	Fixa
		Serviços Internos	Fixa
C	Uso especializado	Procedimentos especializados	flutuante
		Laboratórios	Fixa
	Uso doméstico	Nutrição	Fixa

Fonte: Adaptado de **Lima, 2007**.

Tendo em vista a variabilidade do número de consultas nos ambulatórios e o fato que o registro é feito a cada setor que o usuário passa, podendo acarretar em uma super estimativa da população, considerou-se apenas o número de leitos funcionantes como população flutuante.

Lima (2007) indica que o tempo médio de internação é de 6,8 dias. Portanto está sendo considerado que os 345 leitos estão ocupados durante 30 dias em média, por mês.

Vale destacar que a população fixa nos finais de semana foi considerada 20% menor que a dos dias de semana, sendo este critério adotado por verificar-se que o consumo nos dias de semana é 20% superior que nos finais de semana.

Sendo assim, para estimativa do consumo adotou-se as seguintes premissas:

- população fixa de 3168 pessoas nos dias de semana, obtida a partir da média aritmética dos três últimos anos apresentados na Tabela 4.2;

- população fixa de 2534 pessoas nos finais de semana;

- população flutuante de 345 leitos, sendo considerado 2 pessoas para cada leito ocupado: 1 paciente e 1 acompanhante. Sendo assim, a população flutuante considerada é de 690 pessoas/dia.

Para a estimativa do padrão de utilização dos aparelhos sanitários foram formuladas algumas hipóteses, baseado na norma NBR 5626/98 (**ABNT, 1998**) e no estudo de outros autores, os quais encontram-se no anexo J.

Além disso, utilizou-se algumas informações apresentadas na pesquisa realizada por Lima (2007) uma entrevista realizada com 1094 usuários do HC/UNICAMP. Desta amostra verificou-se a predominância do sexo feminino, ou seja, 741 pessoas entrevistadas eram mulheres, por serem mais receptivas, segundo opinião da referida autora. Sendo assim, 67,7% da população entrevistada é do sexo feminino e 32,3% é do sexo masculino.

Além disso, a pesquisa apresenta os seguintes resultados:

Uso dos banheiros:

- todas as pessoas entrevistadas, consideradas população fixa, utilizam o banheiro 4 vezes ao dia, independente do sexo;
- todas as pessoas entrevistadas, consideradas população flutuante, utilizam o banheiro 1 vez ao dia, independente do sexo.

Uso dos chuveiros e duchas:

Cabe ressaltar que o uso de duchas e chuveiros está restrito aos pacientes dos leitos, seus acompanhantes e funcionários. Com isso, verificou-se que apenas 12,18% dos entrevistados disseram que utilizam estes aparelhos/equipamentos sanitários 1 vez ao dia.

Uso dos lavatórios:

Do total de pessoas entrevistadas apenas 62,41% da população flutuante e 99,79% da população considerada fixa disseram utilizar este aparelho/equipamento sanitário.

A partir das informações apresentadas, o presente trabalho formulou as seguintes premissas para a estimativa da demanda do consumo de água:

A. Banheiros:

a) Bacia Sanitária:

- número de usos: 100% da população fixa (3.168 pessoas) utilizando 2 vezes ao dia nos dias de semana, 80% da população fixa (2.534 pessoas) utilizando 2 vezes ao dia nos finais de semana e 100% da população flutuante (690 pessoas) utilizando apenas 1 vez ao dia;
- vazão de norma: 1,70 L/s (bacia sanitária com válvula de descarga);
- duração do uso: 5 segundos (informação obtida da pesquisa realizada por **Ywashima, 2005** – ver anexo J).

Consumo estimado nos dias de semana: 59,72 m³/dia x 22 dias = 1.313,86 m³/mês;

Consumo estimado nos finais de semana: 48,95 m³/dia x 8 dias = 391, 54 m³/mês.

Sendo assim, o consumo total estimado é de 1.705,4 m³/mês.

b) Chuveiro e ducha:

- número de usos (população fixa): considerou-se que 12,18% dos funcionários (385,86 pessoas) tomam banho 1 vez ao dia nos dias de semana. Nos finais de semana, o número de funcionários reduz-se em 20%, sendo assim somente 308,69 pessoas tomam banho 1 vez ao dias nos finais de semana;
- número de usos (população flutuante): todos os pacientes internados (345 pessoas) tomam banho 1 vez ao dia e 12,18% (42 pessoas) dos acompanhantes tomam banho 1 vez ao dia;
- vazão de norma: 0,1 L/s para chuveiro;
- vazão de norma: 0,2 L/s para duchas;
- duração do uso: 7 minutos por banho (informação obtida da pesquisa realizada por **Ilha, 1991**).

Da análise da Tabela 4.1, verifica-se que existem 475 chuveiros e duchas instalados no HC/UNICAMP, sendo que 198 são duchas e 277 são chuveiros. Com isso, percebeu-se que dos 475 aparelhos instalados, 58% são chuveiros.

Sendo assim, foi considerada como premissa que 58% da população fixa e 58% da população flutuante tomam banho utilizando a vazão de chuveiro.

Consumo estimado nos dias de semana:

População fixa: 9,4 m³/dia + 13,6 m³/dia = 23 m³/dia x 22 dias = 506 m³/mês;

População flutuante – pacientes internados: 8,4 m³/dia + 12,2 m³/dia = 20,6 m³/dia x 22 dias = 453,2 m³/mês;

População flutuante – acompanhantes: 1,02 m³/dia + 1,48 m³/dia = 2,5 m³/dia x 22 dias = 55 m³/mês;

Consumo estimado nos finais de semana:

População fixa: 7,52 m³/dia + 10,9 m³/dia = 18,42 x 8 dias = 147,36 m³/mês.

População flutuante – pacientes internados: 8,4 m³/dia + 12,2 m³/dia = 20,6 m³/dia x 8 dias = 164,8 m³/mês;

População flutuante – acompanhantes: 1,02 m³/dia + 1,48 m³/dia = 2,5 m³/dia x 8 dias = 20 m³/mês;

A partir disso, resulta um consumo estimado de 1.346,36 m³/mês.

c) Lavatório:

- Número de usos: 99,79% da população fixa (3161,35 pessoas) utilizando 2 vezes ao dia nos dias úteis, 80% da população fixa (2534 pessoas) utilizando 2 vezes ao dia nos fins de semana e 62,41% da população flutuante (430,63 pessoas) utilizando 1 vez ao dia;
- vazão de norma: 0,15 L/s;
- duração do uso: 16 segundos.

Segundo Ilha (1991) a duração média de uso do lavatório é de 32s, sendo a maioria deste tempo gasto para barbear. Como esta atividade é considerada demorada, adotou-se como premissa metade deste tempo para atividades de lavar mãos e/ou escovar dentes.

Consumo estimado nos dias de semana: 16,2 m³/dia x 22 dias = 356,4 m³/mês;

Consumo estimado nos finais de semana: 13,2 m³/dia x 8 dias = 105,6 m³/mês.

A partir destas premissas, o consumo estimado é de 462 m³/mês.

d) Mictório:

- número de usos: 32,3% da população fixa (1023,26 pessoas) e flutuante (222,87 pessoas) são do sexo masculino, sendo que a população fixa utiliza o banheiro 2 vezes ao dia e a população flutuante utiliza o banheiro 1 vez ao dia. Além disso, nos finais de semana a população fixa é reduzida em 20%, conforme já explicado anteriormente.

Cabe ressaltar que da análise da Tabela 4.1, verifica-se que o HC/UNICAMP possui apenas 42 mictórios instalados, o que representa 7,88% do total de 533 aparelhos/equipamentos sanitários (bacias sanitárias + mictórios) destinados à mesma função.

Com isso, com relação a população tem-se as seguintes premissas:

- população fixa: do total de 1024, 26 homens apenas 80,63 homens utilizam o mictório nos dias úteis e 64,5 homens utilizam o aparelho/equipamento sanitário durante os finais de semana;
- população flutuante: do total de 222,87 homens apenas 17,56 utilizam o referido aparelho/equipamento sanitário.
- vazão de norma: 0,3 L/s;
- duração do uso: 75 segundos (informação obtida da pesquisa realizada por Deca apud Lobato, 2005 – ver anexo J).

Consumo estimado nos dias de semana: 4,03 m³/dia x 22 dias = 88,66 m³/mês;

Consumo estimado nos finais de semana: 3,3 m³/dia x 8 dias = 26,4 m³/mês.

Portanto, o consumo estimado é de 115,06 m³/mês.

B. Cozinha e refeitório:

Estes ambientes fazem parte da Divisão de Nutrição e Dietética (DND) localizada no 1º pavimento do Hospital das Clínicas da Unicamp.

Para a estimativa do consumo de água nestes ambientes foi realizado um levantamento *in loco* por integrantes da Equipe do PRO-Água.

a) Pias de cozinha e torneiras de uso geral:

A cozinha da DND funciona todos os dias da semana, incluindo-se sábados e domingos, das 6:00 às 22:00h.

A limpeza geral deste setor é realizada duas vezes por dia, uma em cada turno, com água corrente e sabão. Caso o piso de um determinado local dos ambientes que compõem a DND esteja sujo antes ou depois da limpeza geral, a referida área é isolada e também limpa com água e sabão. Além disso, verificou-se que as paredes da cozinha e refeitório são limpas uma vez por semana, também com água corrente e sabão.

No levantamento *in loco* coletou-se apenas o volume gasto com limpeza de pisos, fogões, panelas a vapor, chapas, etc., cujos dados obtidos foram:

- o tempo que a torneira ligada à mangueira fica aberta para a limpeza do piso da cozinha e do refeitório é igual a 15 minutos, em média, para cada ambiente;
- o tempo que a torneira ligada à mangueira ficava aberta para a lavagem do fogão, das chapas e das panelas a vapor, da cozinha e da copa, é de 7 minutos para cada ambiente;
- o lavador de bandejas leva cerca de 3 segundos para lavagem de 70 bandejas;
- utiliza-se 2 baldes de 20L cada para a lavagem das esteiras;
- leva-se em média 12 segundos para encher um vasilhame de 6 litros.

Com estas informações, estima-se a um volume consumido igual a 83 m³/mês.

Como não foi possível levantar todas as informações, como por exemplo: volume de água utilizado para pré-lavagem das bandejas, para lavagem das panelas e utensílios, para lavagem dos panos e utilizado para a cocção dos alimentos, considerou-se ainda um indicador de 16L/refeição para acrescentar ao volume já estimado.

Sabendo-se que são preparadas 2.000 refeições por dia, chegou-se a um volume de 960 m³/mês. Portanto, o volume estimado total consumido na DND é de 1.043 m³/mês. A Figura 4.1 ilustra a rotina de limpeza da DND do HC/UNICAMP.

Figura 4.1: Rotina de limpeza da DND - HC/UNICAMP.

Verifica-se pelas imagens apresentadas na Figura 4.1 que o uso da água é intenso, sendo a forma de utilização deste insumo, neste setor eram sempre a mesma em todas às vezes os quais foram realizados os levantamentos de campo. Os seja, os questionários de observação e as entrevistas não interferiram nos procedimentos de limpeza realizados pelos funcionários para a limpeza dos ambientes e utensílios.

A Figura 4.2 ilustra a limpeza da área externa, das panelas a vapor e demais panelas, bem como um vazamento existente em uma torneira da pia da cozinha.

Figura 4.2: Atividades de limpeza da DND - HC/UNICAMP.

C. Demais ambientes

No HC, a limpeza é realizada por uma empresa terceirizada especializada, sendo utilizados três tipos de procedimentos para a higienização dos ambientes:

- **Limpeza Terminal**: procedimento de limpeza e desinfecção de todas as áreas, possui periodicidade mensal ou quinzenal e utiliza lavagem mecanizada, sendo a que mais utiliza água;
- **Limpeza concorrente**: realizada diária ou semanalmente, com máquina ou pano e água em balde;
- **Limpeza de manutenção**: é a que menos utiliza água, consiste em apenas tirar o pó, complementando, se necessário, com pano e água em balde.

A estimativa do consumo de água para a limpeza dos ambientes é dificultada pela inexistência de medição setorizada. Assim para esta atividade estimou-se o volume consumido considerando-se as seguintes premissas:

- limpeza terminal em todo o hospital, excluindo-se banheiros e DND;
- limpeza concorrente na DND, cujo volume já foi estimado, e nos banheiros;
- limpeza de manutenção em todo o hospital, excluindo-se banheiros e DND;
- vazão de 0,2L/s para torneiras de uso geral;
- duração de 5 minutos com a torneira aberta para lavagem dos banheiros e de 10 minutos para a lavagem dos vestiários, somente nos dias úteis;
- duração de 6 horas para limpeza terminal.

A Tabela 4.5 apresenta o número de banheiros no HC/UNICAMP.

Tabela 4.5: Número de banheiros em condições de uso – HC/UNICAMP

Pavimento	Ambiente	Quantidade
1°	Banheiros	22
	Vestiários	2
2°	Banheiros	139
	Vestiários	6
3°	Banheiros	58
	Vestiários	2
4°	Banheiros	62
5°	Banheiros	81
6°	Banheiros	81

Pela Tabela 4.5, verifica-se que o hospital possui 443 banheiros e 10 vestiários.

Com estas informações, estimou-se os seguintes volumes:

- 585 m³/mês para limpeza dos banheiros;
- 8,7 m³/mês para limpeza dos vestiários;
- 27 m³/mês para limpeza geral dos ambientes.

O volume total estimado para estas atividade foi de 620,7 m³/mês. Porém, cabe ressaltar que não foi possível estimar o volume consumido com a limpeza de manutenção, uma vez que esta atividade é realizada o dia inteiro por diversas equipes.

Além disso, existem outras atividades de lavagem de utensílios dentro do hospital, realizadas por funcionários da área médica, como por exemplo, higienização de frascos para realização de exames.

Na Divisão de Patologia Clínica (DPC) uma das atividades consumidoras de água é a lavagem de frascos para realização de exame de urina, cujo consumo foi estimado baseado em observação *in loco*:

- limpeza de cerca de 90 frascos por dia;

- frascos colocados em um recipiente de 50 L durante 3 dias;
- troca da água por 5 vezes durante os 3 dias;
- lavagem em água corrente durante 20 segundos por frasco, sendo lavados 10 frascos em 3 minutos;
- consumo de 2 litros em 7 segundos.

O consumo estimado para esta atividade foi de 14 m³/mês. Cabe destacar que existem diversas atividades deste tipo.

D. Áreas ajardinadas

Há uma extensa área ajardinada contornando o HC/UNICAMP com espécies variadas. Aparentemente, a política do Campus é a de não utilizar espécies que necessitem de rega planejada. Mesmo assim, é prática corrente a utilização de carros pipa acoplados a tratores que não deixam a grama ficar muito seca nas grandes estiagens que ocorrem em Campinas/SP.

Devido à utilização de caminhões pipa, a estimativa do consumo para esta atividade foi desconsiderada.

4.1.2 Caracterização da oferta de fontes alternativas de água

As fontes alternativas analisadas foram:

- Água Branca: efluente descartado pelos EUEA;
- Água cinza proveniente de lavatórios e chuveiros; e,
- Água negra.

- **Efluente descartado pelos EUEA**

Conforme citado anteriormente, os equipamentos de uso específico se encontram em grande quantidade nos ambientes laboratorial e hospitalar, consumindo grandes volumes de água.

Para comprovar o desperdício, a investigação experimental desenvolvida contemplou o levantamento do volume descartado de modo a identificar o potencial de conservação de água, tanto com o conserto de vazamentos nestes pontos de consumo (gestão da demanda) como pela reciclagem da água (gestão da oferta).

A partir de uma investigação preliminar selecionou-se um setor do hospital para a realização de um estudo piloto de estimativa do volume descartado. Os critérios utilizados para a seleção do referido setor foram:

- quantidade de EUEA;
- qualidade da água descartada;
- viabilidade de implantar um sistema de reciclagem dentro do próprio setor.

O setor selecionado no HC/UNICAMP para a realização do estudo piloto foi a Divisão de Patologia Clínica (DPC). Neste setor são realizadas atividades de análises, exames e pesquisas laboratoriais, havendo um número significativo de EUEA, principalmente destiladores.

A medição setorizada foi realizada em um destilador de parede (ver Figura 4.3), por existirem diversos EUEA deste tipo no hospital. Além disso, foi efetuada a medição em dois aparelhos de análises clínicas da marca Hitachi (ver Figura 4.4), por seu grande descarte de água e foi considerado também um sistema de bombas de vácuo, que gera grande volume de água descartada (ver Figura 4.5). Todos os EUEA citados encontravam-se em estado satisfatório de conservação e operação na data do

levantamento de campo. A Tabela 4.6 apresenta as quantidades destes aparelhos no hospital.

Tubulação de alimentação – destilador

Tubulação de descarte - destilador

Figura 4.3: Medição no destilador do 2° pavimento do HC/UNICAMP.

Aparelho de análises Clínicas - marca Hitachi

Tubulação de descarte na rede

Figura 4.4: Medição no “Hitachi” do 2° pavimento do HC/UNICAMP.

Tubulação de descarte – bomba a vácuo

Tubulação de descarte – bomba a vácuo

Figura 4.5: Medição na bomba a vácuo do Térreo do HC/UNICAMP.

Tabela 4.6: Ocorrência dos EUEA utilizados na medição piloto.

Pavimento	Destilador de Parede	Destilador de Bancada	Hitachi	Bomba de Vácuo
1°	1	0	0	2
2°	6	2	2	0
3°	0	0	0	0
4°	1	1	0	0
5°	0	0	0	0
6°	0	0	0	0

Os consumos do destilador e da bomba a vácuo foram monitorados durante 3 dias úteis, já o consumo do aparelho de análises clínicas foi monitorado durante 12 dias. Vale destacar que os aparelhos de análises clínicas funcionam todos os dias da semana durante 24 horas e o destilador funciona das 8:00 até 12:00h nos dias úteis.

Nas Tabelas 4.7 e 4.8 são apresentados os resultados do monitoramento piloto realizados no destilador e nos equipamentos de análises clínicas. Nas Figuras 4.6 e 4.7 são apresentadas as porcentagens referentes aos volumes utilizados e volumes descartados pelo destilador nos três dias de monitoramento e pelo aparelho de análises clínicas nos 12 dias monitorados.

Tabela 4.7: Consumo de água do destilador.

Ponto de Medição: Destilador	Volume Medido (litros)
Tubulação de abastecimento	2921
Tubulação de descarte	2424
Água destilada	497

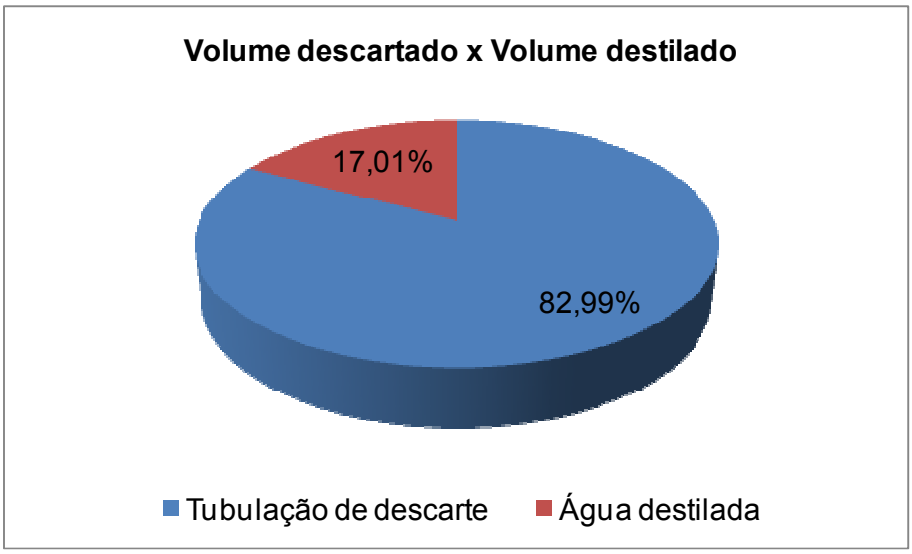


Figura 4.6: Porcentagens dos volumes de água utilizados pelo destilador.

Tabela 4.8: Consumo de água do Aparelho de Análises Clínicas.

Ponto de Medição: Aparelho de análise clínica	Volume Medido (litros)
Tubulação de abastecimento	213.010,74
Tubulação de descarte	188.976,86
Água utilizada	24.033,88

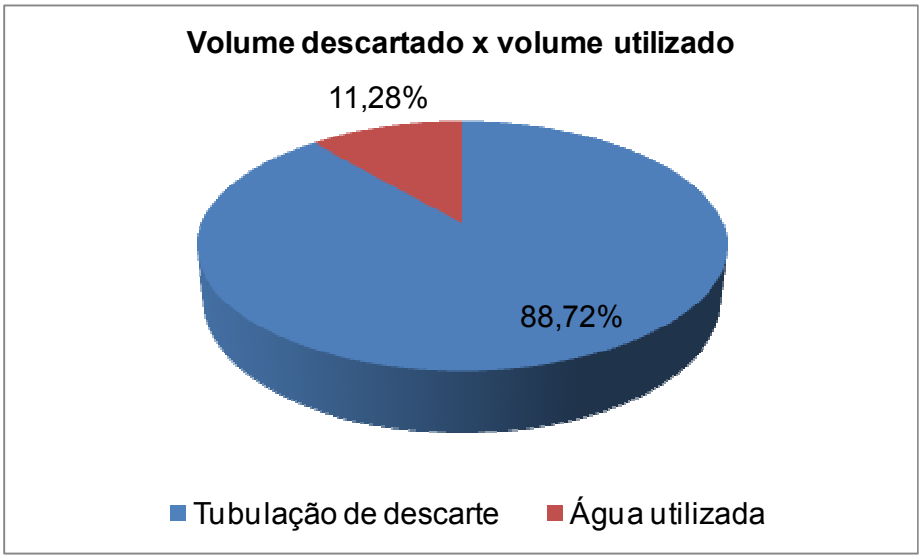


Figura 4.7: Porcentagens dos volumes de água utilizados pelos aparelhos de Análises Clínicas.

Da análise das Tabelas 4.7 e 4.8 verifica-se que:

- o destilador descarta cerca de 808 L/dia para destilar 165,67 L/dia, ou seja, isso corresponde a um volume descartado de 17,78 m³/mês, considerando-se apenas 22 dias de funcionamento no mês;
- o equipamento da marca hitachi descarta cerca de 15.748,07 L/dia, para utilizar somente 2002,82 L/dia, o que representa aproximadamente a 472,4 m³/mês de água desperdiçada.

O volume total descartado pela bomba a vácuo foi de cerca de 52.954,5 Litros, o que corresponde, em média, a 17.651,5 Litros/dia, ou seja, 529,52 m³/mês. Este valor representava cerca de 3,9% do consumo total do hospital na época do levantamento em campo.

Da análise das Figuras 4.6 e 47, destaca-se que:

- o destilador desperdiça cerca de 85% de água em seu processo; e
- os aparelhos de análises clínicas desperdiçam cerca de 90% de água.

Portanto, pode-se dizer que, o destilador desperdiçava cerca de 0,08% do consumo total do hospital e os equipamentos de análises clínicas cerca de 3,72% do consumo total da edificação.

A Figura 4.8 mostra os volumes diários consumidos e desperdiçados pelos dois equipamentos de análises clínicas. Cabe ressaltar que estes aparelhos não são utilizados simultaneamente.

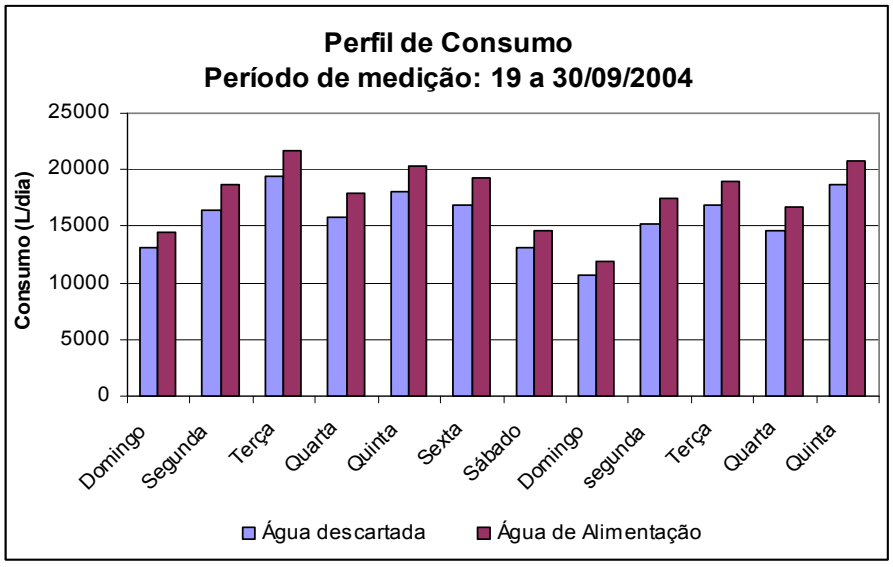


Figura 4.8: Consumo do "Hitachi" no período de medição.

Para os demais EUEA não foi possível realizar o monitoramento do consumo, portanto fez-se uma estimativa do volume de água destilada produzida e o volume de água desperdiçada no processo de resfriamento, cujos valores estão apresentados na Tabela 4.9.

Para calcular o volume de água desperdiçada no processo de resfriamento, considerou-se uma vazão de descarte de 3,6 Litros/hora, cuja medição foi realizada por um técnico da Central de Destilação do Instituto de Química da UNICAMP. Os dados de

marca/modelo, freqüência de uso, período de funcionamento e volume de água destilada produzida foram obtidos a partir das informações levantadas *in loco*.

Segundo dados de catálogo, a maioria dos destiladores gasta 12 minutos para produzir 1 Litro de água. Porém, vale destacar que alguns fabricantes consideram este desempenho somente se o filtro estiver trabalhando em condições adequadas. Caso contrário, esse tempo se eleva para 15 minutos. Neste trabalho, foi considerado que todos os filtros estavam operando adequadamente.

Além disso, considerou-se, também, para esta estimativa, um cenário conservador, uma vez que o valor da vazão de descarte considerado neste trabalho foi o menor valor pesquisado em bibliografias.

Tabela 4.9: Caracterização dos destiladores instalados no HC/UNICAMP.

Pav.	Setor	Freqüência de uso	Período de funcionamento estimado	Volume de água	
				Destilada (L/semana)	Desperdiçada estimada (L/mês)
1º	Anatomia Patológica	1x/semana	4 horas/semana	20	58
2º	Oftalmologia	todo dia – ½ período	4 horas/dia	100	288
2º	Centro Cirúrgico	diário	10 horas/dia	250	720
2º	Gastro Pediatria	4x/semana	4horas/dia	80	231
2º	Anatomia Patológica	1x/semana	4 horas/semana	20	58
2º	Divisão Patologia Clinica	diário	24 horas/dia	600	1728
		diário	4 horas/dia	100	288
		1x/semana	12 horas/dia	60	173
		3x/semana	4 horas/dia	60	173
4º	Laboratório	2x/semana	4 horas/dia	40	116

Destaca-se que os períodos de funcionamento apresentados na Tabela 4.9 foram informados pelos usuários. Os fabricantes desses equipamentos citam que o período mínimo de funcionamento é de 4 horas/dia considerando-se a obtenção de 20 Litros de água destilada.

Da análise da Tabela 4.9, verifica-se que o volume mensal de água desperdiçada no processo de resfriamento foi de cerca de 3,83 m³, ou seja, 0,03% do volume total consumido no hospital. O funcionamento dos destiladores foi considerado somente durante os dias úteis da semana.

Além disso, verificou-se no levantamento de campo realizado nos EUEA algumas outras perdas, como na lavagem das panelas de pressão, os quais eram desperdiçados cerca de 8.000 L/dia com a limpeza destes utensílios, ou seja, além de serem lavadas com água e sabão as panelas também eram enchidas até a sua totalidade para que a fervura da água completassem a limpeza. Esta perda representava cerca de 1,78% do consumo mensal do hospital.

4.1.3 Levantamento dos requisitos para o sistema de tratamento de água de fontes alternativas

Para verificar a possibilidade de reciclagem do volume descartado dos equipamentos monitorados, foram efetuadas análises física, química e microbiológica das águas brancas. As Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 apresentam os resultados referentes à qualidade da água de descarte do destilador, dos aparelhos de análises clínicas e da bomba de vácuo, usados no monitoramento.

Tabela 4.10: Qualidade da água de descarte do destilador monitorado.

Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos	Unidades	Análises da Amostra	Referência Portaria 518 GM *V.M.P.
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L $CaCO_3$	27	Não especificado
Alcalinidade Hidróxido	mg/L $CaCO_3$	0	Não especificado
Alcalinidade Carbonato	mg/L $CaCO_3$	0	Não especificado
Cloro Livre	mg/L Cl_2	< 0,1 **(OBS)**	Min. 0,2 – Max. 5,0
Cloro Total	mg/L Cl_2	< 0,1	Não especificado
Condutividade 21ºC	µS/cm	162	Não especificado
Cor	UH	3	15
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	76	500
Ferro	mg/L Fe	0,06	0,3
Fluoreto	mg/L F	0,7	1,5
Nitrogênio Amoniacal	mg/L N	0,26	Não especificado
PH	-	7,3	6,0 a 9,5
Temperatura	º C	20	Não especificado
Coliformes Totais	-	Ausência	Ausência
Coliformes Termotolerantes e *E. coli*	-	Ausência	Ausência
Contagem Pad. Bactérias Heterotróficas	UFC/ml	3 x10	500

V.M.P. (Valores Máximos Permitidos)
Obs. Água não clorada.

Tabela 4.11: Qualidade da água de descarte do aparelho de análises clínicas monitorado.

Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos	Unidades	Análises da Amostra	Referência Portaria 518 GM *V.M.P.
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L $CaCO_3$	30	Não especificado
Alcalinidade Hidróxido	mg/L $CaCO_3$	0	Não especificado
Alcalinidade Carbonato	mg/L $CaCO_3$	0	Não especificado
Cloro Livre	mg/L Cl_2	< 0,1 **(OBS)**	Min. 0,2 – Max. 5,0
Cloro Total	mg/L Cl_2	< 0,1	Não especificado
Condutividade 21ºC	µS/cm	174	Não especificado
Cor	UH	2	15
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	84	500
Ferro	mg/L Fe	0,4	0,3
Fluoreto	mg/L F	0,4	1,5
Nitrogênio Amoniacal	mg/L N	0,29	Não especificado
PH	-	7,4	6,0 a 9,5
Temperatura	º C	21	Não especificado
Coliformes Totais	-	Ausência	Ausência
Coliformes Termotolerantes e *E. coli*	-	Ausência	Ausência
Contagem Pad. Bactérias Heterotróficas	UFC/ml	1	500

V.M.P. (Valores Máximos Permitidos).
Obs. Água não clorada.

Tabela 4.12: Qualidade da água de descarte da bomba de vácuo

Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos	Unidades	Análises da Amostra	Referência Portaria 518 GM *V.M.P.
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L $CaCO_3$	33	Não especificado
Alcalinidade Hidróxido	mg/L $CaCO_3$	0	Não especificado
Alcalinidade Carbonato	mg/L $CaCO_3$	0	Não especificado
Cloro Livre	mg/L Cl_2	< 0,4	Min. 0,2 – Max. 5,0
Cloro Total	mg/L Cl_2	< 0,5	Não especificado
Condutividade 21ºC	µS/cm	160	Não especificado
Cor	UH	2	15
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	75	500
Ferro	mg/L Fe	0,1	0,3
Fluoreto	mg/L F	0,4	1,5
Nitrogênio Amoniacal	mg/L N	0,03	Não especificado
PH	-	7,7	6,0 a 9,5
Temperatura	º C	21	Não especificado
Coliformes Totais	-	Ausência	Ausência
Coliformes Termotolerantes e *E. coli*	-	Ausência	Ausência
Contagem Pad. Bactérias Heterotróficas	UFC/ml	1	500

V.M.P. (Valores Máximos Permitidos)

Da análise das tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 verifica-se que:

- A água descartada pela bomba a vácuo, pelo destilador e pelo aparelho de análises clínicas é própria para o consumo humano, porém verifica-se a necessidade de se analisar os seguintes parâmetros:
    - o cloro livre e o cloro total[3], pois dependendo do tipo de uso a ser destinada está água, recomenda-se cloração com cloro residual combinado, indicada para casos onde a rede de distribuição é longa, pois o cloro livre, por se mais instável, é consumido antes de chegar aos pontos mais desfavoráveis de consumo ou em águas contendo fenóis. Nestes casos, pode-se formar os clorofenóis, após a cloração, os quais desenvolvem sabor e odor na água tratada.

[3] É a soma das concentrações de cloro residual livre e do cloro residual combinado

Cabe ressaltar que quando a água apresentar amônia deve-se clorar com cloro residual livre.

- alcalinidade bicarbonato, pois pode aparecer em águas eutrofizadas[4], podendo provocar elevação de pH, de forma a atingir 10 unidades. Além disso, a alcalinidade associa-se a dureza[5], sendo responsável pela precipitação de carbonatos, o que pode provocar a formação de incrustações nas tubulações e de corrosão em tubulações de ferro fundido.
- condutividade por indicar características corrosivas da água. A condutividade pode ser elevada à medida que sólidos dissolvidos são adicionados na água.

- No aparelho de análises clínicas verifica-se também que a quantidade de ferro (o que pode ser explicado por um filtro ou resina já suja, necessitando manutenção). Ressalta-se que o ferro, apesar de não ser um agente tóxico, apresenta problemas para o abastecimento por gerar cor e sabor à água, podendo provocar manchas em roupas e utensílios sanitários. Além disso, o ferro pode se depositar nas tubulações, como também pode gerar ferro bactérias, o que provoca a contaminação biológica da água na rede de distribuição.

Cabe ressaltar que os parâmetros de qualidade da água tiveram como referência a Portaria nº 518, que estabelece os padrões de qualidade da água potável. Portanto, considera-se que esta água pode ser utilizada para atividades de usos não potáveis, uma vez que a portaria em referência é bem restritiva por se tratar de consumo humano.

Após a identificação dos pontos com potencial de reciclagem de água, análise quantitativa e caracterização do efluente gerado nestes pontos faz-se uma priorização dos pontos com potencial de reciclagem, através do grau de dificuldade e/ou facilidade

[4] Ocorrem florações de algas.
[5] É a medida da capacidade de precipitar sabão na água. Nas águas que as possuem os sabões se transformam em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote.

para sua implantação. O levantamento cadastral possibilitou o conhecimento de onde há maior concentração de equipamentos, ou onde estão os maiores consumidores de água, sua perda diária e se há possibilidade de planejamento de ações de redução do desperdício da água descartada nos EUEA.

Com base na análise das informações levantadas foram consideradas duas alternativas para a reciclagem das águas brancas:

1- Sistema coletivo de armazenamento de água

A parcela de água de abastecimento dos equipamentos de uso específico que não é utilizada nos diversos processos é descartada direto para a rede de esgoto. Em vários casos este insumo apresenta padrões de potabilidade, segundo Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, conforme constatado por meio de análise laboratorial. Propõe-se reunir as águas brancas desperdiçadas nos diversos aparelhos para utilizá-las em atividades como rega de jardim, limpeza de ambientes e vidrarias.

No entanto, para esta utilização verifica-se a necessidade de construir um sistema de reciclagem, o qual deve ser constituído por:

- Reservatório de armazenamento: a ser dimensionado de acordo com o volume de águas brancas, o qual deverá ser posicionado em local apropriado em função dos novos usos;
- Tubulação de alimentação: levará a água antes descartada até o reservatório;
- Tubulação de abastecimento: levará a água armazenada até os pontos de consumo.

2- Sistema individualizado de armazenamento de água

Alguns laboratórios estão isolados fisicamente dos demais, sendo difícil o encaminhamento da água descartada para um reservatório central. Assim pode-se

propor a criação de pequenos reservatórios no próprio local para uso do laboratório em atividades realizadas neste próprio ambiente.

Vale destacar a necessidade de identificar a água reservada como proveniente de reciclagem para o usuário. Para tanto, propõe-se confeccionar adesivos e/ou adição de corante, compatível com a atividade a ser realizada e o treinamento dos usuários.

O treinamento para os usuários visa a transmissão de conhecimentos com a finalidade de promover um envolvimento efetivo do usuário na atividade de reciclagem de água proposta, além de permitir a aquisição de habilidades que o auxiliem no uso adequado do sistema. Este é um mecanismo relevante na otimização dos objetivos empreendidos no trabalho de reciclagem, pois o usuário, a partir do conhecimento adquirido, torna-se um gestor e fiscalizador da solução implementada.

Para tanto, a população dos edifícios deve se familiarizar com as seguintes características:

- Forma de funcionamento do sistema – explicação técnica de como se reserva e redistribui o efluente.
- Modo de operação do sistema – como e para quais atividades pode-se utilizar a água reciclada.
- Benefícios envolvidos na sua utilização - relacionar essas ações à conservação de água, questão fundamental na atualidade, destacando a contribuição na sustentabilidade ambiental através da diminuição do desperdício. Vale destacar também a economia financeira obtida com a reciclagem de água.

- **Água Cinza proveniente de chuveiros e lavatórios**

Para a estimativa do efluente oriundo de chuveiros, duchas e lavatórios foram considerados a demanda de água destes aparelhos/equipamentos sanitários já

apresentados anteriormente neste capítulo, bem como a perda de 20% no sistema de esgoto.

A NBR 9649 (**ABNT, 1986**) recomenda utilizar coeficiente de retorno de 80 % (ou seja, os 20% de perda citados) quando não tiverem dados locais.

Neste caso, o volume estimado de esgoto proveniente destes aparelhos/equipamentos foi de:

- Chuveiros e duchas: 1.346,36 m³/mês;
- Lavatórios: 462 m³/mês.

Com isso, o volume total de efluente estimado do HC/UNICAMP para estes equipamentos, já considerando-se a perda de 20%, é de 1.808,36 m³/mês, ou seja, 60,28 m³/dia.

De posse do volume diário do efluente buscou-se no mercado tecnologias compactas para tratamento, de modo a facilitar a instalação da estação de tratamento devido à limitação dos espaços. No anexo I encontra-se o orçamento da tecnologia proposta para tratamento desta alternativa.

Os tipos de tratamento propostos foram:

Empresa 1:

Propõe o tratamento de efluentes biodegradáveis, através de:

- Pré-tratamento composto por tanque de equalização, gradeamento e caixas de areia;
- Tratamento secundário: reator biológico aeróbio, controlando apenas pH e DBO.

O tanque de equalização tem a função de absorver os picos de vazão e alimentar o sistema em caso de vazões pequenas.

Além disso, o tratamento inclui a remoção de óleos e graxas, com a execução de gorduras.

O sistema de filtração proposto reduzirá os sólidos em suspensão e eventuais microrganismos através da instalação de filtros de areia. O sistema de desinfecção será por meio de cloração com pastilhas.

Empresa 2:

Propõe os seguintes tratamentos:

- Primário: composto por tanque de equalização para controle da vazão;
- Secundário: com tratamento através de lodos ativados para eliminação de material orgânico dissolvido (controle de DBO e DQO);
- Terciário: composto por sistema de filtração com filtros de areia e carvão e sistema de desinfecção com cloração

Cabe ressaltar que dependendo do volume de efluentes produzidos, as empresas de estação de tratamento de efluentes (ETE) compactas consultadas não recomendam o uso de seus equipamentos somente com água cinza, por comprometerem a eficiência do equipamento. Essa restrição se deve ao valor da vazão de entrada nos equipamentos, que é de 10 m³/dia, no mínimo.

- **Água Negra**

A estimativa do volume de águas negras também está baseada na estimativa da demanda de água, considerando-se a perda de 20% no sistema de esgoto. Portanto, o volume estimado de esgoto é de 10.773,84 m³/mês, ou seja, 359,13 m³/dia.

Com este efluente disponível, recomenda-se a utilização de uma estação de tratamento de efluentes (ETE) compacta e com alto desempenho, onde o tratamento é biológico,

no qual os microorganismos crescem fixados em um meio suporte móvel, formando um biofilme.

Este tipo de tratamento requer uma intensa atividade biológica, com alto tempo de retenção celular e alta concentração de biossólidos, ocasionando uma grande remoção de carga orgânica e carga nitrogenada.

Os tipos de tratamento realizados por esta ETE são:

1. Tratamento Primário: gradeamento, separador- caixa de gordura, tanque de pré-sedimentação e equalização;
2. Tratamento Secundário: reator biológico com decantador lamelar.

Ressalta-se que após o tratamento secundário verifica-se a necessidade de um sistema terciário para desinfecção da água. Além disso, é necessário também coletar os resíduos armazenadas no tanque de pré-sedimentação com o emprego de caminhão, apesar da baixa geração do lodo. O Anexo I apresenta o descritivo técnico do referido sistema de tratamento.

A operação do sistema de tratamento proposto é realizada por meio de 1 operador, não necessitando de produtos químicos. Porém, ressalta-se a necessidade de monitoramento do efluente tratado pelo menos 1 vez por semana por se tratar de um complexo hospitalar, onde o foco de contaminação é alto e a preservação da saúde humana deve ser criteriosamente resguardada.

Vale destacar também que no mercado existem outros tipos de estações compactas com outras tecnologias de tratamento.

No caso do HC/UNICAMP, o grande problema de uso deste tipo de fonte alternativa é o espaço necessário para a instalação da ETE, como também, as grandes intervenções a serem realizadas para mudança do sistema hidráulico predial existente.

4.1.4 Avaliação dos custos e benefícios dos sistemas propostos e seleção de alternativas

Esta etapa consiste na composição dos dados gerados na avaliação da demanda e da oferta de água, por meio da elaboração de diferentes configurações possíveis para a edificação em estudo.

As alternativas desenvolvidas deverão ser avaliadas de forma a possibilitar a melhor compatibilização de eficiência técnica e financeira. A partir da(s) alternativa(s) escolhida(s), deve-se incorporar a solução adotada na concepção dos projetos dos sistemas prediais, bem como fazer a compatibilização com os demais sistemas.

Para a elaboração dos cenários, fez-se necessário estimar os volumes demandados e ofertados, os quais são apresentados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13: Resumo dos volumes estimados e medidos.

Atividade/ Aparelho sanitário/ EUE	Consumo demandado (m³/mês)	Consumo ofertado estimado (m³/mês)	Consumo ofertado medido (m³/mês)
Descarga de bacia sanitária	1.705,4		
Uso de lavatório	462		
Uso de duchas e chuveiros	1.346,36		
Descarga de mictórios	115,06		
Cozinha e refeitório - DND	1.043		
Limpeza de banheiros	585		
Limpeza de vestiários	8,7		
Limpeza geral	27		
Lavagem de frascos	14		
Destilador	-	3,83	17,78
Hitachi	-	-	472,4
Bomba à Vácuo	-	-	529,5

Devido à complexidade das intervenções com obras civis, detalhamento de projetos e o conhecimento da tarifa praticada atualmente pelo HC/UNICAMP, não foi possível realizar o estudo de viabilidade combinando-se os diferentes cenários, uma vez que é necessário fazer o comparativo entre o valor praticado e o economizado, de forma a verificar se as economias obtidas e o período de retorno com as soluções implementadas.

Porém, conforme apresentado anteriormente, verifica-se que existem algumas opções viáveis como a coleta de efluentes descartados pelo EUEA e armazenamento do volume descartado pelo Hitachi para que sejam destinados para a limpeza da DND, assim como para lavagem de piso de outros ambientes, desde que as intervenções necessárias não elevem os custos com as obras e intervenções dos ambientes.

Os custos com a ETE compacta são da ordem de:

- Águas cinzas, para vazão de projeto de 60,28m³/dia: empresa 1 - R$ 88.320,00[6] e empresa 2 – R$ 151.800,00
- Águas negras: R$ 291.780,00 para vazão de projeto de 359,13 m³/dia.

Com relação aos tratamentos propostos ressalta-se que ambas as empresas controlam apenas os parâmetros químicos, cuja função é caracterizar a qualidade da água, através da:

- classificação da água por seu conteúdo mineral por meio dos íons presentes;
- determinação do grau de contaminação, permitindo determinar a origem dos principais poluentes;
- caracterização dos picos de concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes.

Os parâmetros analisados pelas empresas, conforme propostas em anexo, são:

[6] Custos levantados no mercado nacional.

- pH – contribui para a precipitação elementos químicos tóxicos como os metais pesados e por exercerem efeitos sobre a solubilidade de nutrientes, influindo diretamente nos tratamentos biológicos;
- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) – é a quantidade necessária para oxidar a matéria orgânica por meio de decomposição. É um parâmetro importante para verificar a eficiência das estações de tratamento, uma vez que controlam a poluição das águas por matéria orgânica;
- DQO (Demanda Química de Oxigênio) – é a quantidade necessária para oxidar a matéria orgânica através de agente químico. É indispensável na caracterização do esgoto por observar a biodegradabilidade de despejos;
- Óleos e graxas – substâncias orgânicas raramente encontradas em águas naturais. A pequena solubilidade destes parâmetros constitui num fator negativo quanto à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos, por diminuírem a área de contato entre a superfície da água com o ar atmosférico, impedindo a transferência do oxigênio da atmosfera para a água. No processo de decomposição reduzem o oxigênio dissolvido elevando a matéria orgânica (DBO e DQO).

Percebe-se que as empresas consultadas preocupam-se apenas com o tratamento secundário, porém ressalta-se que os modelos de avaliação de risco, conforme já citados no item 2.2.6 do capítulo 2, para reúso de água são baseados nos parâmetros microbiológicos e que são os mais restritivos conforme a pesquisa bibliográfica.

Com isso, verifica-se que as tecnologias de tratamento para reúso de água ainda são falhas, devendo-se complementar com tratamento terciário mais eficiente de forma a minimiza a exposição dos usuários com os organismos patógenos causadores de doenças.

5 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA REÚSO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

O presente trabalho tem como objetivo principal a formulação de diretrizes para a implantação de sistemas de reúso de água em edificações com sistema de gestão da água na fase de uso e operação.

Nesse contexto, para que os sistemas prediais hidráulicos sejam projetados, executados, operados e mantidos, deve-se atender as exigências dos usuários, focando-se sistemicamente no uso e levando-se em consideração o conceito de desempenho (**GRAÇA E GONÇALVES, 1986**)

O sistema de reúso de água em uma edificação é parte integrante dos sistemas hidráulicos prediais, os quais pode-se definir como:

- Sistema hidráulico predial: tem a função de distribuir água para o edifico, coletar os efluentes produzidos destinando-os a um local adequado. È composto por sistema de distribuição e coleta (**PEIXOTO, 2008**);
- Sistema de reúso de água: tem a função de coletar o efluente descartado (seja águas brancas, águas cinzas ou negras), bem como, destiná-lo para tratamento e redistribuir ao edifícios em pontos de consumo, os quais as atividades de uso não necessitam de água considerada potável, como rega de jardim, lavagem de pisos e descarga em bacias sanitárias.

Para que este tipo de sistema seja implantado, uma série de questões fundamentais devem ser levantadas, conforme apresentado no Quadro 5.1.

Quadro 5.1: Questões relevantes para implementação de sistema de reúso de água em edificações.

NATUREZA DO PROBLEMA: • Quais são os volumes de reúso produzidos e qual é a distribuição sazonal? • Onde o reúso será produzido e quais são suas características? • Quais são as alternativas de disposição possíveis?
VIABILIDADE LEGAL: • Que usos podem ser feitos do reúso, de acordo com a legislação existente disponível? • Se não existem legislações estaduais ou federais, que usos podem ser feitas dentro das diretrizes da Organização Mundial da Saúde?
VIABILIDADE TÉCNICA: • A qualidade do reúso tratado são adequadas para o uso de água em edificações? • Quais são as características das atividades que irão receber água de reúso? • Estas atividades podem ser modificadas, conforme o reúso? • A demanda de água é compatível com a variação sazonal do reúso disponíveis? • Será utilizada alguma técnica para aplicação de água de reúso? Qual? • Existem problemas adicionais de saúde ou meio ambiente que devem ser considerados?
VIABILIDADE POLÍTICA E SOCIAL: • Quais foram, no passado, as reações políticas a problemas de saúde e ambientais que, eventualmente, tenham ocorrido em possível conexão com o uso de efluentes tratados? • Qual é a atitude de grupos de influência em áreas onde o reúso pode ser utilizado? • Quais são os benefícios potenciais do reúso para a população da edificação? • Quais são os riscos potenciais?
VIABILIDADE ECONÔMICA: • Quais são os custos de implantação do sistema de reúso de água (tratamento, transporte, operação, manutenção, etc.) • Quais são os benefícios econômicos do sistema de reúso de água?
VIABILIDADE OPERACIONAL: • Existe mão de obra e capacidade operacional adequadas para as atividades de operação e manutenção do sistema de reúso de água? • Caso contrário, quais são os programas que devem ser implementados?

FONTE: adaptado de **Hespanhol (2003).**

Resumidamente, pode-se dizer que no desenvolvimento do projeto e implantação de sistema de reúso de água em edificações deve-se levar em consideração aspectos como:

- levantamento dos possíveis riscos de contaminação no sistema predial de água potável;

- levantamento dos parâmetros de qualidade de água tanto do sistema de reúso para definição do tratamento como dos diversos tipos de uso;

- diferenciação do sistema de reúso do sistema de água potável, de modo que seja realizada a rápida identificação pelos usuários de cada sistema;

- garantia de funcionamento dos sistemas de reúso de água, mediante complementação com o sistema de água potável;

- garantia de separação absoluta do sistema de reúso de água do sistema de água potável, de modo a evitar os possíveis riscos de contaminação;

- elaboração de plano de gestão para garantir a adequada operação e manutenção do sistema de reúso de água, bem como, controlar a qualidade da água do referido sistema.

Ou seja, conforme já citado, os requisitos de desempenho do sistema de reúso de água devem considerar todas as etapas que compreendem a sua geração, como: desenvolvimento do projeto, execução do sistema propriamente dito, manutenção e gestão ao longo de toda a vida útil da edificação.

A etapa de projeto é de fundamental importância, pois é nesta fase que as patologias podem ser prevenidas. Portanto, é fundamental o atendimento dos requisitos de desempenho do sistema de reúso de água desde a etapa de projetos, apresentando-se os detalhes construtivos de modo a auxiliar a execução e evitando-se patologias quando o edifício estiver em operação, além de facilitar a manutenção deste sistema.

Com isso, deve-se definir os requisitos de desempenho dos sistemas de reúso, os quais representam tecnicamente as exigências dos usuários. Portanto, resumidamente, pode-se citar:

- *Volume de água*: a água reusada deve ser entregue no ponto de utilização com quantidade suficiente, contando-se para isso, caso seja necessário, com a complementação por meio do sistema de água potável;

- *Disponibilidade de água*: possibilitar que a água seja entregue no ponto de utilização sempre que necessário;

- *Adequabilidade do uso da água*: suprir de água reusada o ponto de utilização de forma conveniente, diferenciando o sistema de fonte alternativa dos demais sistemas de modo a evitar a contaminação da água potável;

- *Controle de quantidade de água*: possibilitar o controle da quantidade de água reusada mediante o emprego de componentes de segurança (exemplo: separação atmosférica) e separação absoluta em relação aos demais sistemas. Pode-se diferenciar o sistema de reúso pintando as tubulações de cores diferenciadas e utilizando equipamentos/aparelhos de acesso restrito;

- *Acessibilidade*: garantir que o sistema de reúso seja acessado por pessoa capacitada e autorizada para facilitar a operação e manutenção e restringir/impedir o acesso de pessoas não autorizadas;

- *Segurança contra extravasão*: garantir que o excesso de água reusada seja extravasado, quando necessário, de forma a não contaminar o sistema de água potável;

- *Ruído*: restringir o ruído produzido pelo funcionamento do sistema de reúso;

- *Vibrações*: restringir a ocorrência de vibrações produzidas pelo funcionamento do sistema de reúso;

- *Odores*: restringir a ocorrência de odores indesejáveis provenientes do sistema de reúso (desde a coleta, reservação, tratamento e distribuição).

Na etapa de projeto é realizada a concepção e o desenvolvimento do sistema de reúso de água, que devem levar em consideração as necessidades dos usuários (empreendedor + usuários finais) quanto ao desempenho, custos, exposição e operação na fase de uso dos referidos sistemas.

Neste caso, o traçado dos sistemas de reúso exige um total cuidado, uma vez que o projeto de sistemas prediais apresentado deve estar claro para o executor, de forma que a edificação projetada diferencie completamente os dois tipos de sistemas de distribuição, ou seja, um de água potável e outro de efluente tratado. Além disso, o projeto também deve diferenciar claramente o sistema de coleta dos efluentes, apresentado o esgoto a ser direcionado para a rede coletora e o efluente a ser direcionado para a estação de tratamento.

Ou seja, a concepção do projeto determinará a qualidade do sistema de reúso, bem como auxiliará a execução destes sistemas. Exemplos de atividades que devem ser desenvolvidas nessa fase são:

a) caracterização do empreendimento. Neste caso, é de fundamental importância a informação se o empreendimento contará com equipe de gestão para manutenção;

b) estimativa da demanda de água não potável: total e por atividade ou aparelho/equipamento sanitário;

As atividades a serem desenvolvidas com a água de reúso determinam as características que a mesma deve ter, de modo a subsidiar a definição do tratamento a ser dado a ela.

c) estimativa do volume de esgoto produzido: total e por atividade ou aparelho/equipamento sanitário.

d) estimativa da oferta de águas cinzas e negras;

e) realização de estudo de viabilidade técnica e econômica, por meio de combinação de cenários, e levando-se em consideração informações como:

- seleção dos materiais a serem utilizados. A especificação dos materiais e tecnologias deve ser com bastante critério, pois isso reflete diretamente no uso e operação do sistema de reúso, tendo-se como conseqüência direta os custos envolvidos, tanto de implantação como de manutenção e gestão;
- seleção da(s) tecnologia(s) a ser(em) utilizada(s). Neste item deve ser considerada a qualidade desejada do efluente para que seja especificado o nível de tratamento adequado;
- verificação da separação absoluta com o sistema de água potável, com a garantia da não contaminação dos demais sistemas por conexão cruzada.

De posse das características do efluente a ser coletado e da qualidade da água desejada, pode-se definir o nível de tratamento, conforme apresentado na Figura 5.1.

Figura 5.1: Definição de nível de tratamento da água de fontes alternativas.
Fonte: **EPA (2004).**

Para efluentes considerados limpos ou ligeiramente poluídos, como por exemplo, água água branca, os níveis de tratamento podem ser minimizados, conforme apresentado na Figura 5.2.

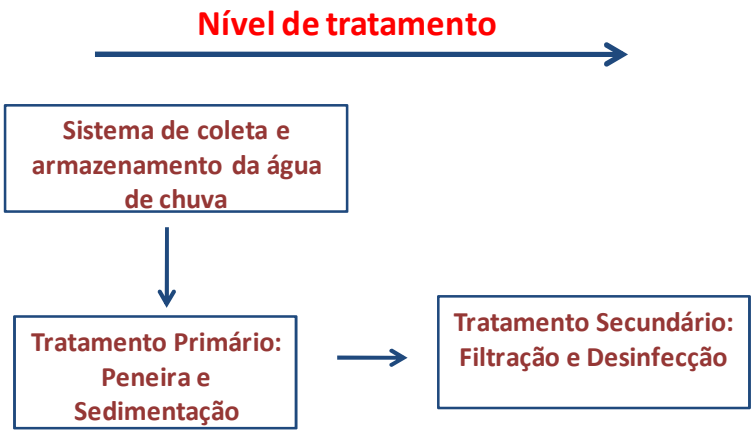


Figura 5.2: Definição de nível de tratamento da água de fontes alternativas com menor grau de contaminação.
Fonte: **GONÇALVES, R. F. et al, (2006).**

Na etapa de execução deverá ser garantido o atendimento às especificações e ao projeto, de modo que sejam minimizadas as patologias e os vazamentos, bem como garantir que nas etapas de uso e operação, a saúde dos usuários seja resguardada e a manutenção seja facilitada.

Por fim, deve-se garantir o adequado monitoramento e o controle do sistema por pessoas capacitadas e que os riscos de contaminação sejam minimizados. Além disso, deve-se também atender padrões de qualidade para os diversos tipos de uso, como por exemplo, baixa turbidez, cor reduzida e ausência de odor quando utilizada em descargas de bacias sanitárias.

A Tabela 5.1 apresenta exemplo de parâmetros de qualidade de água para uso em descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, rega de jardins, lavagem de roupas e veículos.

Tabela 5.1: Exemplos de parâmetros de água tratada para reúso em edifícios.

Parâmetros	Unidade	Concentrações
Coliformes fecais	NMP/100mL	Não detectáveis
pH	-	6,0 – 9,0
Cor	UH	≤ 10
Turbidez	NTU	≤ 2
Odor e aparência	-	Não desagradáveis
Óleos e graxas	mg/L	≤ 1
DBO	mg/L	≤ 10
Compostos orgânicos voláteis	-	Ausentes
Nitrato	mg/L	< 10
Nitrogênio amoniacal	mg/L	≤ 20
Nitrito	mg/L	≤ 1
Fósforo total	mg/L	≤ 0,1
Sólido suspenso total	mg/L	≤ 5
Sólido dissolvido total	mg/L	≤ 500

FONTE: **Sautchuk et al. (2005).**

Dos parâmetros apresentados na Tabela anterior, cabe ressaltar que:

- o controle da carga orgânica biodegradável (DBO) evita a proliferação de microrganismos e odor desagradável devido processo de decomposição, o qual pode ocorre nas tubulações do sistema de distribuição e nos reservatórios;

- o controle dos compostos orgânicos voláteis evita os odores desagradáveis, quando há aumento de temperatura;

- o controle de nitrogênio e fósforo evita a proliferação de algas e a formação de filmes biológicos que podem ocorrer em tubulações, equipamentos/aparelhos sanitários, reservatórios, tanques, etc.;

- o controle dos sólidos dissolvidos totais é recomendado principalmente quando o uso a ser dado à água tratada seja para lavagem de roupas e veículos.

A metodologia apresentada tem como objetivo avaliar as possíveis fontes re reúso de água em edifícios relacionando as questões técnicas, econômicas e sociais desde o planejamento do projeto até a implantação do sistema propriamente dito.

5.1 DIRETRIZES PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE REÚSO DE ÁGUA

A Figura 5.3 apresenta um resumo das fases envolvidas no planejamento de sistemas de reúso de água em edificações.

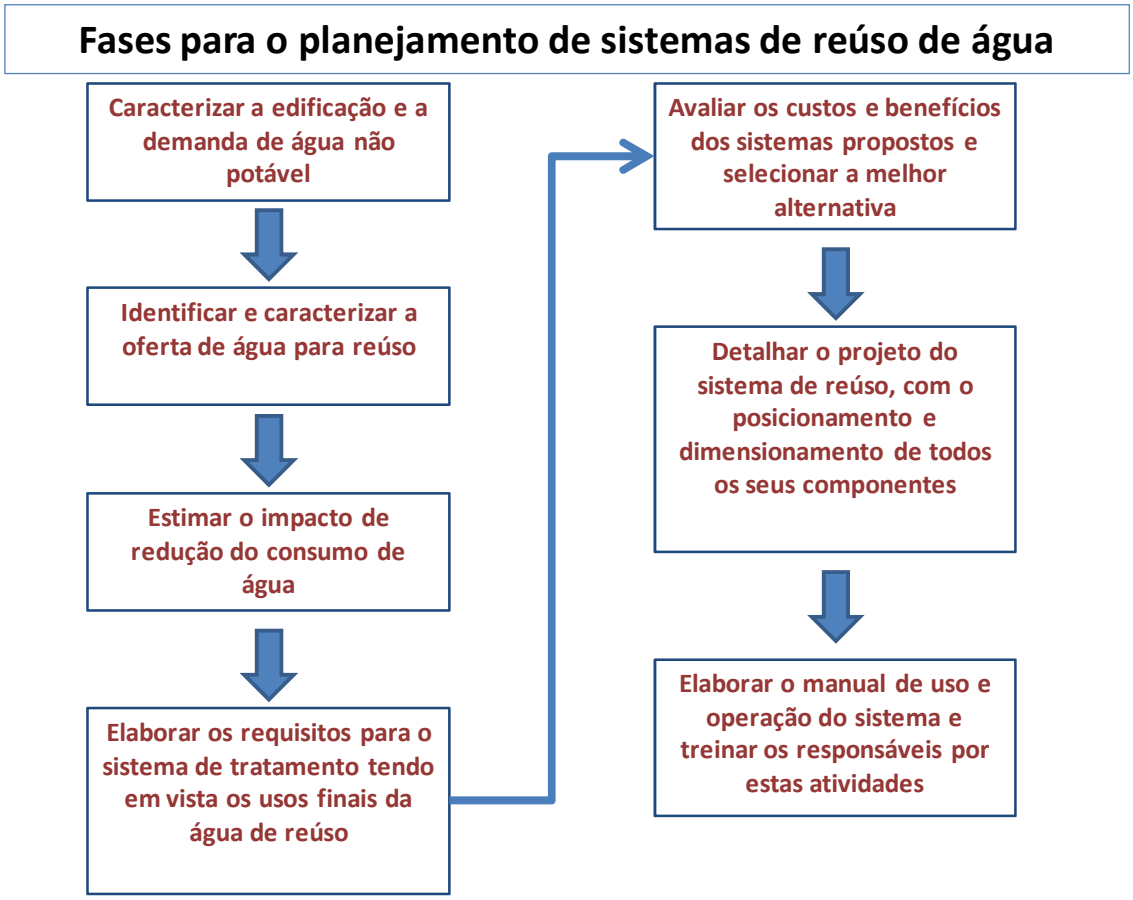


Figura 5.3: Esquema das fases do planejamento do sistema de reúso de água

Existe uma série de questões que deverão ser respondidas ao longo das etapas apresentadas na Figura 5.3, quais sejam:

- Quais fontes são adequadas para reúso?

- Quais são os possíveis locais com potencial de reúso/aproveitamento?

- Quais são os sistemas prediais envolvidos, seus benefícios e os custos com os projetos?

- Quais são os valores disponíveis para financiar o sistema de reúso de água?

- Como integrar o reúso de água com outros usos? Quais as considerações de saúde pública que estão associadas ao referido sistema e como estas considerações serão abordadas?

- Quais os impactos ambientais gerados pelo sistema de reúso de água?

- Qual a possibilidade de flexibilidade de cada cenário escolhido para possível expansão? Qual a quantidade de água potável que poderia ser substituída por água tratada oriunda de fontes alternativas?

- Qual nível de tratamento será necessário e qual o consumo de energia associado para cada opção estudada?

- Existe área disponível para a implantação das opções estudadas?

- Quais os custos envolvidos, as vantagens e desvantagens em cada opção estudada?

Os itens seguintes detalham as diretrizes propostas.

5.1.1 Caracterização da edificação e da demanda de água não potável

Esta etapa constitui-se basicamente da caracterização da edificação, a ser realizada conforme a natureza da mesma, existente ou a construir, bem como dos usos que prescindam de água potável.

Recomenda-se, no caso de edificações existentes, realizar uma investigação em campo, bem como um levantamento documental e cadastral. No caso de edificações a serem construídas, deve ser efetuado um levantamento documental.

As informações e atividades que constituem os referidos levantamentos são:

- Principal finalidade da edificação;
- Levantamento de áreas, como: área construída, área de jardins, áreas de lazer, áreas de térreo, áreas de subsolo, áreas molhadas, etc;

- Identificação de espaços disponíveis para possível instalação do(s) sistema(s) de tratamento(s);
- Levantamento e detalhamento, quando possível, da população fixa e flutuante;
- Levantamento dos ambientes sanitários;
- Levantamento dos usos da água (atividades, tipo de aparelho/equipamentos sanitários, freqüência de uso, tempo de utilização dos equipamentos sanitários, vazão média dos aparelhos/equipamentos sanitários, etc.);
- Estimativa do consumo da água individual por atividade, (edificações à construir ou que não possuam sistema de medição setorizada);
- Monitoramento e análise do consumo de água total por atividade, caso haja sistema de medição individualizada (edificações existentes);
- Levantamento do sistema de reservação (capacidade de armazenamento, tipo de abastecimento, tipo de reservação, conjunto moto bombas, etc.);
- Análise dos seguintes sistemas prediais: água fria, água quente, esgoto sanitário, água pluvial e combate a incêndio.

A população é caracterizada por população fixa e flutuante, os quais são definidas como:

- População fixa: pessoas usuárias do sistema com freqüência e permanência continua, tais como funcionários, docentes, alunos em geral, etc;
- População flutuante: pessoas que utilizam o sistema eventualmente, tais como usuários de hospitais, clientes de supermercado, etc.

No caso de edificações existentes, a estimativa do consumo total pode ser efetuada a partir do histórico de consumo de água:

1ª – por meio das contas da(s) concessionária(s), para um período de 12 meses, de forma a verificar o comportamento do consumo neste período;

2ª – por meio de dados obtidos por medição setorizada de água ou leitura visual do hidrômetro durante um período mínimo de 15 dias.

Para edificações a construir pode-se estimar o consumo de água por meio de fórmulas empregadas por concessionárias (se existir) como pela fórmula do consumo diário consolidada na bibliografia:

$$CD = C \times P$$

Em que:

CD = Consumo diário total (L/dia)

C = Consumo diário “per capita” (L/dia) – estimado de acordo com a edificação em estudo;

P = população do edifício (pessoas)

De sua vez, a análise do consumo por atividade permite o conhecimento da utilização da água no sistema. A partir deste diagnóstico é possível apresentar um plano de ações específicas para cada atividade, considerando-se as características do sistema avaliado.

Em edificações existentes, dependendo do grau de setorização da medição, esta atividade pode ser facilitada ou não. Se existirem apenas medidores centrais, a estimativa da distribuição do consumo se assemelha ao procedimento a ser adotado em uma edificação à construir, cujo detalhamento é apresentado na seqüência.

Para a estimativa do consumo de água nos aparelhos/equipamentos necessita-se das seguintes informações:

- número de acionamentos e/ou usos;
- tempo de uso;
- freqüência de uso; e
- vazão unitária.

A título de ilustração, apresenta-se em anexo alguns valores dessas grandezas disponíveis na bibliografia nacional. Para a estimativa das vazões, na ausência de dados, considerar os valores recomendados na NBR 5626 (**ABNT, 1998**).

Em edificações existentes, dependendo das características dos equipamentos, estes dados podem ser determinados por meio de um monitoramento do uso.

Cabe ressaltar que no caso de bacias sanitárias, deve ser verificado o volume de descarga, previsto em função do tipo de aparelho a ser instalado (ou existente).

Para a estimativa do volume de água consumido na irrigação paisagística são necessárias as seguintes informações:

- volume utilizado para rega de jardins, de preferência por m²;
- área a ser irrigada; e,
- Freqüência de rega.

Para a estimativa do consumo de água para a lavagem de piso necessita-se das seguintes informações:

- tempo de uso;
- vazão unitária (mesmo procedimento citado para a estimativa de vazão de equipamentos/aparelhos sanitários).

Para a estimativa do volume perdido na piscina é necessário conhecer:

- a taxa de evaporação em cm/m²/dia, e
- a área total da piscina.

Cabe ressaltar que a análise de fontes de reúso de água deve ser sempre precedida de medidas de uso racional, tais como: conserto de vazamentos, instalação de

componentes economizadores, sensibilização dos usuários, as quais, contudo, não constituem escopo do presente trabalho. Existem bibliografias consagradas em gestão da demanda, como por exemplo: Oliveira (1999); Oliveira (2003), Sautchuk (2004); Sautchuk et al. (2005); dentre outras.

5.1.2 Caracterização da oferta de água para reúso

Para a avaliação da oferta de água, deve-se relacionar as possíveis fontes de água, as quais são variáveis para cada empreendimento. Esta análise também deve considerar os níveis de qualidade da água exigidos, as tecnologias existentes, os cuidados e riscos associados à aplicação de "água menos nobre" para "fins menos nobres", bem como a gestão necessária durante a vida útil da edificação.

No caso de água cinza, recomenda-se considerar apenas o efluente gerado pelos lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas, pois o efluente oriundo de pias de cozinha possui grande concentração de matéria orgânica.

Para a estimativa do volume do efluente gerado pelos equipamentos citados, deve-se considerar os volumes estimados a partir das premissas estabelecidas na análise da demanda de água, uma vez que, nesse caso, a própria demanda de água de alguns aparelhos representa a oferta de água.

Não existem muitas publicações que forneçam dados para esta estimativa, porém cita-se duas bibliografias, como base de leitura: Lobato (2005) e Gonçalves, R. F. et. al (2006).

Para a estimativa do efluente gerado na edificação (água cinza +água negra) recomenda-se adotar a equação consagrada na bibliografia:

Volume do esgoto = Consumo diário x coeficiente de retorno

O coeficiente de retorno varia de 0,5 a 0,9, porém a NBR 9649 (**ABNT, 1986**) recomenda usar 0,8, caso não se tenha valores obtidos em campo.

Para empreendimentos compostos com mais de uma edificação recomenda-se fazer a estimativa do efluente gerado para cada uma das tipologias que compõem este empreendimento.

Para a estimativa do volume de água branca são necessárias as seguintes informações:

- o volume de descarte de cada um dos equipamentos, que pode ser obtido por medição (em edificações existentes) ou por meio de informações fornecidas pelo fabricante;
- o tempo de descarte; e,
- a freqüência de uso de cada um dos equipamentos levantados.

Em edificações existentes, os volumes descartados poderão ser obtidos por meio de medição setorizada, sendo necessária a instalação de pelo menos dois hidrômetros, um na tubulação de alimentação de água e outro na de descarte. A Figura 5.4 apresenta um esquema da instalação de medidores para o monitoramento do consumo de água em equipamentos de uso específico.

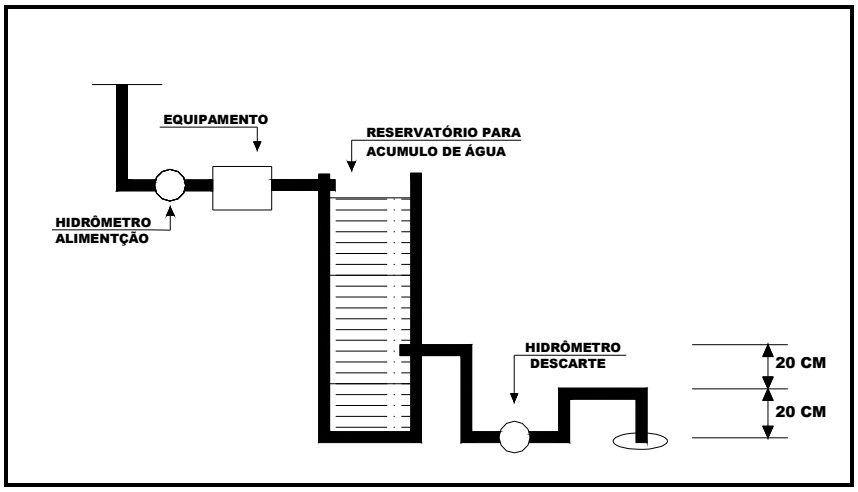


Figura 5.4: Esquema da instalação dos medidores nos equipamentos de uso específico – geração de águas brancas.

Para a caracterização da qualidade do efluente descartado propõe-se a análise dos seguintes parâmetros para a tipologia em estudo:

Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos	Unidades
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L $CaCO_3$
Cloro Livre	mg/L Cl_2
Cloro Total	mg/L Cl_2
Cor	UH
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$
Ferro	mg/L Fe
Fluoreto	mg/L F
Nitrogênio Amoniacal	mg/L N
PH	-
Temperatura	º C
Coliformes Totais	-
Coliformes Termotolerantes e *E. coli*	-
Contagem Pad. Bactérias Heterotróficas	UFC/ml

Cabe ressaltar que para os parâmetros ferro, fluoreto e nitrogênio amoniacal a análise pode ser realizada eventualmente. Com relação a dureza total destaca-se que não é

obrigatório o seu monitoramento, porém dependendo do tipo de uso do efluente descartado, este parâmetro é importante por indicar o desperdício de sabão.

No caso de hospital recomenda-se também o monitoramento da Legionella, salmonella e do coli fergus (indicador de vírus).

5.1.3 Avaliação dos custos e benefícios dos sistemas propostos e seleção de alternativas

Esta etapa consiste na composição dos dados gerados na avaliação da demanda e da oferta de água, por meio da elaboração de diferentes configurações possíveis para a edificação ou empreendimento em estudo.

As alternativas desenvolvidas deverão ser avaliadas de forma a possibilitar a melhor compatibilização de eficiência técnica e financeira.

Cada um dos cenários elaborados deve ser comparado com o sistema convencional, ou seja, sem nenhuma utilização de fonte alternativa de água.

Além disso, para a elaboração dos cenários recomenda-se considerar as seguintes premissas:

- Estimativa dos custos com água e esgoto, separadamente, em função da tarifa praticada pela concessionária local;
- Levantamento dos custos com aquisição de equipamentos (bombas, quadros elétricos, torneiras, etc.) e sistemas de tratamento necessários;
- Levantamento dos custos com tubulações que não seriam necessárias no sistema convencional, bem como, custos com reservação e conexões;

- Estimativa do volume de água potável economizado e custos baseados na tarifa da concessionária local (economia obtida);
- Avaliação econômica dos sistemas propostos, considerando-se indicadores tradicionalmente empregados, tais como o valor presente líquido, o período de retorno atualizado, a taxa interna de retorno, entre outros.

Recomenda-se fazer um resumo de todos os cenários elaborados para melhor compreensão e entendimento dos custos envolvidos, bem como, da economia obtida e da viabilidade econômica.

5.1.4 Detalhamento do sistema de reúso

De posse dos cenários estudados, faz-se a classificação das melhores opções em função dos custos e da viabilidade técnica.

Nesta fase faz-se o detalhamento do sistema de reúso de água (coleta, armazenamento, tratamento e distribuição), levando-se em consideração todos os requisitos de projeto e já direcionando para a execução, uso e operação.

Além disso, deve-se também fazer uma avaliação detalhada dos aspectos ambientais, institucionais e sociais envolvidos.

Nesta etapa, as perguntas a serem respondidas são:

- Quais os requisitos específicos de qualidade de água para cada atividade? Que flutuações podem ser toleradas?

- Qual a demanda diária e sazonal para cada atividade?

- Como deverá ser distribuída a água tratada: por gravidade ou bombeamento? Qual(is) será(ao) o(s) volume(s) de reservação?

- Qual a localização do sistema de reservação e tratamento?

- Existe necessidade de complementação de água potável? Qual o volume necessário?

A partir da(s) alternativa(s) escolhida(s), deve-se incorporar a solução adotada na concepção dos projetos dos sistemas prediais, bem como fazer a compatibilização com os demais sistemas.

Além disso, as ferramentas para monitoramento do consumo de água, ou seja, a implantação de um sistema de medição do consumo, também deve ser incorporada na fase de concepção do projeto.

Considerando-se a composição básica do sistema de reúso apresentado no capítulo 3, tem-se:

a) Subsistema de coleta de água de fonte alternativa: Nesta etapa deve-se dimensionar todas as tubulações que direcionam o efluente a ser coletado para um sistema de armazenamento, quais sejam:

- Ramais de descarga e esgoto;
- Tubos de queda;
- Coluna de ventilação;
- Coletores e subcoletores;
- Condutores verticais;
- Condutores horizontais; e,
- Reservatório de retenção.

b) Subsistema de tratamento do efluente coletado: Esta etapa compreende a concepção e dimensionamento do sistema de tratamento, em função da qualidade do

efluente coletado e do tipo de atividade em que ele será utilizado após o tratamento, ou seja:

- Tratamento preliminar: remoção de sólidos grosseiros;
- Tratamento primário: remoção de sólidos sedimentáveis;
- Tratamento secundário: remoção biológica de sólidos suspensos e dissolvidos;
- Tratamento terciário: desinfecção.

Além disso, deve-se levar em consideração os espaços disponíveis para implantação do subsistema de tratamento. As Figuras 5.5 a 5.10 ilustram diferentes etapas de tratamento de águas negras/cinzas visando o reúso em edifício residencial.

Figura 5.5: Tratamento preliminar – reservatório de retenção com peneira.

Figura 5.6: Tratamento primário– equalização de vazões e decantação.

Figura 5.7: Tratamento secundário– balanceamento de massas.

Figura 5.8: Tratamento terciário– filtração e desinfecção.

Figura 5.9: Sistema de operação da ETE – automatizada.

Figura 5.10: Espaço físico destinado a ETE para água de reúso.

Verifica-se das figuras apresentadas que atualmente existem tecnologias compactas para tratar água de fontes alternativas.

c) Subsistema de abastecimento de água de reúso: Nesta etapa é definido o tamanho do reservatório, em função do volume a ser reservado, bem como, a necessidade de sistema de recalque e sucção. São componentes desse sistema:

- Reservatório(s) inferior(es);
- Tubulação de recalque;
- Tubulação de sucção;
- Registros;
- Válvulas de retenção;
- Sistema de bombeamento.

Caso tenha-se espaço físico suficiente pode-se posicionar o(s) reservatório(s) inferior(es) de água tratada ao lado da Estação de Tratamento de Efluentes, conforme apresentado na Figura 5.9.

d) Subsistema de distribuição de água de reúso: nesta fase é definida a necessidade de reservatórios superiores e verificada a garantia de pressão nos pontos de consumo. Considera-se elementos desse sistema:

- Reservatório(s) superior(es);
- Barrilete de distribuição;
- Registros;
- Colunas de distribuição;
- Válvula(s) redutora(s) de pressão.

Vale destacar que dependendo do tipo de uso da água este subsistema será incorporado ao subsistema de abastecimento de água, sendo alguns componentes descartados. Portanto cada projeto deverá ser avaliado individualmente a fim de se verificar quais subsistemas e componentes são de fato necessários.

e) Subsistema de suprimento com água potável para complementação, se necessário: após verificação de necessidade de complementação do sistema de fonte alternativa com água potável, define-se a forma de abastecimento do referido sistema com água da concessionária, sem que haja possibilidade de cruzamento dos sistemas, resguardando-se a saúde dos usuários. São componentes de sistema:

- Tubulação de alimentação de água potável;
- Registros;
- Válvula de retenção;
- Válvula solenóide.

Por fim, deve haver uma perfeita identificação do sistema de água não potável de forma a se evitar o uso indevido. Também devem ser empregados, sempre que possível, torneiras de acesso restrito nas fontes de consumo.

5.1.5 Elaboração do manual de uso e operação

O manual tem como objetivo recomendar práticas de como verificar as bombas, filtros, tubulações, válvulas, etc, para que o sistema seja mantido em condições ideais de funcionamento.

Os responsáveis pela operação e manutenção do sistema devem constatar toda semana que o sistema está operando de maneira adequada, levando-se em consideração as seguintes ações:

- Garantir o funcionamento de todos os equipamentos como válvulas, conexões, tubulações, bombas, etc;
- Garantir a não contaminação do sistema de água potável;
- Realizar a limpeza do sistema de reúso, quando necessário, ou contatar a empresa responsável por esta atividade;
- Controlar os limites estabelecidos dos parâmetros monitorados de forma a garantir a qualidade desejada, conforme a atividade de uso;
- Garantir que o acesso às tubulações de reúso sejam somente pelos responsáveis ao referido sistema.

Ressalta-se que o manuseio deste sistema deve ser sempre com equipamentos de proteção individual para que o(s) responsável(is) pela operação e manutenção do sistema de reúso possa garantir a saúde dos usuários, como também resguardar a sua própria saúde.

Cabe ressaltar que o presente trabalho é focado em reúso de água, porém as diretrizes apresentadas podem ser estendidas para outras fontes alternativas presentes nas edificações tais como a água pluvial.

5.1.6 Considerações Finais

Conforme citado nos capítulos anteriores, são consideradas fontes de reúso de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso, ou ainda, que fornecem água com composição diferente da água potável fornecida pela concessionária.

A falta de gestão do reúso de água pode colocar em risco o usuário e as atividades nas quais a água é utilizada, pelo uso inconsciente de água com padrões de qualidade inadequados.

Ou seja, utilizar água proveniente de reúso lhe confere a função de “produtor de água” e, portanto a responsabilidade pela gestão qualitativa e quantitativa deste insumo. Os cuidados específicos devem ser considerados para que não haja riscos de contaminação a pessoas ou produtos como também de dano a equipamentos.

Os sistemas hidráulicos deste tipo de fonte devem ser independentes e identificados, de modo que, para garantir bons resultados, deve-se seguir premissas como especificar torneiras de água não potável com acesso restrito; manter equipes capacitadas e de preferência especializadas; prever reservatórios específicos.

Destaca-se ainda que a normalização brasileira ainda não contempla todos os requisitos necessários para a implementação de sistema de reúso de água.

A implantação de um Programa de Conservação de Água contempla diversas ações voltadas para a gestão da demanda, tais como a instalação de sistema de medição e/ou a setorização da medição, a detecção e conserto de vazamentos, o uso de tecnologias economizadoras, ações que devem ser aliadas a um programa de sensibilização dos usuários para a conservação de água e para a gestão da oferta, com o estudo de fontes

alternativas, tais como o aproveitamento de água de chuva, o reúso de efluentes, águas subterrâneas, água de drenagem de terreno, entre outras fontes.

Baseado em pesquisa bibliográfica e levantamento de campo está sendo proposta uma metodologia para a implantação de um sistema que possibilite o reúso de água. A referida metodologia está constituída, resumidamente, pelas seguintes etapas:

- caracterizar a edificação, com o levantamento documental e cadastral de todos os pontos de consumo de água;

- implantar sistema de medição individualizada do consumo, quando inexistente, para possibilitar a estimativa dos volumes consumidos e, conseqüentemente, ofertados para reúso e/ou aproveitamento – cálculo da oferta;

- caracterizar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do efluente disponível para reúso e/ou aproveitamento;

- definir o nível de tratamento, em função da caracterização do efluente, de forma a evitar problemas de contaminação;

- analisar a demanda de água, em função do tipo de uso a ser dado para a água reciclada e o nível de tratamento adotado;

- analisar a oferta das diversas fontes de água dentro da tipologia em estudo;

- conceber e dimensionar os componentes do sistema de reciclagem, incluindo as tubulações e acessórios e os reservatórios;

- efetuar o estudo de viabilidade técnico-econômica da implantação do sistema de fontes alternativas de água; e,

- realizar treinamento para os usuários que farão a gestão do mesmo após a implantação do sistema de fontes alternativas de água.

Deve-se levar em consideração o desempenho dos sistemas e dos componentes, sendo que o ***conceito de desempenho de sistemas*** relaciona a sua compatibilização às exigências dos usuários, independentemente dos componentes a serem usados e o

conceito de desempenho dos componentes relaciona a durabilidade e capacidade dos mesmos, como parte do sistema.

Estes componentes devem exercer suas funções, bem como devem contribuir para que os sistemas permaneçam em funcionamento adequado, durante o período de utilização desejado.

Um dos requisitos mínimos no sistema de reúso de água é o fornecimento deste insumo com quantidade e qualidade adequada para uso por parte dos usuários.

Deve-se também efetuar a caracterização da qualidade da água com intuito de avaliar a segurança química e biológica do uso do esgoto recuperado à várias aplicações e também na garantia da eficácia das tecnologias de tratamento utilizadas.

Portanto, para se implantar um sistema de tratamento de água para reúso deve-se identificar a qualidade mínima exigida junto aos tipos de usos pretendidos, o que exige o conhecimento das características ou parâmetros de qualidade.

O monitoramento da qualidade da água envolve decisões como seleção dos parâmetros de qualidade, limites de concentração, freqüência de coleta da amostra entre outros. Assim, deve-se primeiramente levantar os constituintes presentes no esgoto, devido o risco sanitário gerado pela presença de substâncias químicas orgânicas, inorgânicas e microrganismos. Seqüencialmente deve-se estabelecer o tipo de tratamento necessário e a possibilidade de reaproveitamento em função do uso a ser dado para esta água.

Portanto, a qualidade da água de reciclagem depende dos diferentes tipos de uso dentro do edifício. A classificação do esgoto doméstico oriundo dos edifícios em quatro classes, conforme apresentado na Tabela 5.2, ajuda a definir o tipo de tratamento.

Tabela 5.2: Classificação do esgoto doméstico.

Classe	Tipo	Poluição
I	Limpo	água com qualidade (quase) potável
II	Ligeiramente poluído	concentração escassa de substâncias químicas
III	Poluído	Idem classe II + parte escassa de sólidos suspensos
IV	Intensamente poluído	alta concentração de substância química dissolvida e lixo

Fonte: **Terpstra (1999)**.

Esta classificação pode ser utilizada na seleção do esgoto gerado pelos equipamentos/aparelhos sanitários a serem inseridos no sistema de reúso. Uma vez feita a classificação e escolha do tipo de esgoto, devem ser indicados os parâmetros a serem analisados.

No Brasil não existem diretrizes e padrões para água de reúso, porém os parâmetros de qualidade para reúso de água podem ser comparados aos apresentados pela NBR 13969. Porém, a maioria dos estudos comparam os parâmetros aqueles apresentados na Portaria GM nº518 (**MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004**) e/ou Conama 357 (**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005**).

Cabe ressaltar que ao fazer a comparação com a Portaria nº 518, o grau de tratamento é alto e o risco de contaminação é baixo, sendo, portanto, o sistema avaliado com bastante rigor.

No caso dos Equipamentos de uso especifico de água (EUEA), o efluente desperdiçado sai com um determinado grau de pureza, fato este que pode ser constatado pela caracterização do efluente ao ser comparado com os valores limites da portaria nº518 (**MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004**).

Essa portaria regulamenta a qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade. É essa a Portaria que os órgãos de abastecimento de água devem seguir para atender à população e que nos mostra os parâmetros que devemos levar em conta para tal atividade.

Gonçalves et. al (2006) atenta para os graus de qualidade relacionados aos coliformes termotolerantes (CT) e a intensidade do contato da água reciclada com o usuário, que são:

- contato alto: CT < 10 UFC/100mL;
- contato médio: CT < 100 UFC/100mL;
- contato baixo: CT < 1000 UFC/100mL;
- contato restrito: CT < 10000 UFC/100mL;

Cabe ressaltar que estes parâmetros são importantes porque os modelos de avaliação de riscos para reúso não potável são baseados nos riscos microbiológicos, devido à segurança de saúde dos usuários.

Recomenda-se a detecção de cloro residual combinado em todo o sistema de distribuição, bem como o controle de agentes tensoativos, devendo seu limite ser ≤ 0,5 mg/L, pois o uso de fontes alternativas de água em edifícios destinados para descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, rega de jardins, lavagem de roupas e de veículos pode gerar problemas de sedimentação, que causa odores devido à decomposição de matéria orgânica, obstrução e presença de materiais flutuantes.

Os padrões ou diretrizes para água de fontes alternativas variam com o tipo de aplicação, o contexto regional e os riscos envolvidos. Ou seja, dependendo do projeto especificado, há diferentes necessidades de qualidade da água, tratamento e critérios confiáveis para operação.

Porém o ponto inicial para projetos de reúso de água e suas aplicações é a garantia da saúde dos usuários. Por este motivo, os parâmetros microbiológicos são os que recebem maior atenção para regulamentos de fontes alternativas, como monitoramento dos patógenos e de organismos indicadores específicos, de modo que os riscos de saúde sejam minimizados.

O tratamento para reúso de água é especificado para atender a qualidade mínima da água, devendo-se controlar parâmetros tais como sólidos suspensos (SST e turbidez), carga orgânica (DBO), indicadores biológicos (coliformes total ou fecal; E. Coli, helmintos, enterovírus, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e em alguns casos cloro residual.

Algumas cidades já exigem a utilizam de reúso de águas cinzas em edifícios residenciais. A Tabela 5.3 apresenta algumas destas leis municipais.

Tabela 5.3: Legislações brasileiras que regulamentam a utilização de reúso de água em edifícios

Cidade	Legislação
Curitiba/PR	Lei nº 10.785/03
Maringá/PR	Lei nº 6.345/03
Guarulhos/SP	Lei N° 6.385 de 2/6/2008

Verifica-se que as legislações que regulamentam o uso não apresentam nenhum critério nem requisito para os sistemas de reúso de água, sendo necessário que sejam regulamentadas as práticas de aplicação deste tipo de sistema, bem como, sejam determinados os limites de qualidade para este tipo de água.

Ressalta-se que qualquer projeto e implantação de sistemas de reúso de água deve objetivar, independentemente da tecnologia e finalidade de uso, a segurança da saúde dos usuários. Porém, isso não isenta a avaliação de viabilidade técnica, econômica e social.

Após a viabilidade da implantação do sistema de fonte alternativa de água, deve-se garantir que o sistema hidráulico que distribui a água proveniente de reúso seja totalmente independente do sistema que distribui a água da concessionária, desde o reservatório.

Os pontos de consumo devem ser claramente identificados e protegidos de modo que impeçam o uso inconsciente. Torneiras de acesso restrito deverão ser indicadas para pontos de utilização de água não da concessionária para a rega de jardins, por exemplo. Todo o sistema deve ser devidamente registrado para, entre outros, inibir o cruzamento de ligações em reformas futuras.

A utilização de reúso de água é válida e é uma ação a favor da conservação da água, mas deve ser efetivada com os cuidados necessários, a favor da saúde dos usuários e para evitar danos a equipamentos.

Para a avaliação da oferta de água devem ser relacionados os diferentes tipos de efluentes, os quais são variáveis para cada empreendimento, de acordo com a tipologia, com os usos e com a localização. A análise deve também considerar os níveis de qualidade da água necessários, as tecnologias existentes, cuidados e riscos associados e as atividades de gestão necessárias durante toda a vida útil da edificação.

O estudo de caso foi realizado no Hospital das clínicas da UNICAMP, tendo como objetivo compreender os requisitos necessários para a implantação de sistemas de reúso de água neste tipo de edificação. Com isso, pode-se diferenciar os procedimentos realizados no estudo de caso e as extrapolações feitas para a elaboração das diretrizes, quais sejam:

Procedimentos realizados no estudo de caso:

1 – Caracterização da edificação a partir de um levantamento documental e de campo

A caracterização da edificação levantou informações como áreas, composição dos setores e ambientes, número de usuários e agente consumidor, sistema de reservação, material das tubulações, consumo de água, quantitativo das áreas molhadas e ambientes sanitários, quantitativo dos aparelhos/equipamentos sanitários, bem como seu estado de conservação, as condições de uso e operação, a freqüência de uso, as perdas e patologias.

2 – Tratamento dos dados levantados e análises das informações obtidas

As análises realizadas permitiram o conhecimento do perfil de consumo em função do número de usuários e do agente consumidor, a estimativa de perdas e como o sistema hidráulico se encontrava.

3 – Caracterização da demanda de água não potável

Nesta etapa foi importante definir a população fixa e flutuante, bem como, a realização de uma caracterização das atividades predominantes em função das diferentes atividades consumidoras de água.

Buscou-se na bibliografia vazões dos diversos aparelhos/equipamentos existentes na edificação em estudo, bem como, a freqüência e a duração do uso em cada um dos aparelhos.

3 – Caracterização das fontes alternativas de água

Inicialmente buscou-se restringir o tipo de fonte alternativa a ser utilizada. Num primeiro momento, em função da facilidade do estudo piloto optou-se pela utilização de águas brancas.

O estudo piloto contemplou a medição in loco com recipiente graduado, medição setorizada e estimativa dos volumes descartados baseados nas informações dos fornecedores dos equipamentos de uso específico de água não medidos.

Na seqüência, foi realizada a caracterização da qualidade do efluente descartado e a possibilidade de implantar um sistema de reúso deste efluente.

Extrapolação dos procedimentos realizados no estudo de caso para a elaboração das diretrizes:

1 – Caracterização da edificação e da demanda de água não potável

Nesta etapa deve ser verificada a natureza da edificação, os diferentes usos e a estimativa do consumo em cada uma das atividades realizadas.

2 – Identificação e caracterização da oferta de água

Devem ser analisados todos os possíveis tipos de efluentes, suas características, bem como, os volumes descartados.

3 – Estimativa do impacto de redução

Esta etapa contempla uma avaliação da redução do volume de água potável substituído pelo reúso de água, bem como, no volume do efluente que deixou de ser descartado na rede coletora.

4 – Avaliação dos custos e benefícios dos sistemas propostos para selecionar a melhor alternativa

Deve ser realizada uma avaliação da demanda e da oferta através dos diferentes cenários em função dos custos de implantação. Neste caso, deve-se também

considerar os benefícios ambientais gerados pela redução do volume de esgoto lançado na rede coletora.

4 – Detalhamento do projeto de sistema predial

O detalhamento do projeto deve considerar tanto o sistema de água potável, como o de água não potável, bem como, o sistema de coleta do efluente a ser tratado e a disposição final dos efluentes descartados.

5 – Elaboração do manual de uso e operação do sistema e treinamento dos responsáveis pela gestão

Deve conter esclarecimentos aos usuários sobre a utilização dos diferentes sistemas (água potável e não potável), os riscos envolvidos, informações sobre a operação e manutenção para funcionamento dos sistemas evitando-se a contaminação, bem como, o monitoramento da qualidade da água.

6 CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve como principal objetivo propor diretrizes para reúso de água para fins não potáveis, tendo como foco edificações existentes.

A questão de pesquisa que norteou a realização do trabalho foi: como implantar um sistema de reúso de água estendendo-se para as fontes alternativas, indicando os níveis de tratamento, os custos envolvidos e a viabilidade de implantação.

Para a proposição das diretrizes foi realizado um estudo de caso ao longo da pesquisa, sendo em uma edificação existente – Hospital das Clínicas da UNICAMP.

O estudo de caso foi de caráter exploratório, sendo norteado pelas seguintes proposições:

- Caracterização da edificação e da demanda de água potável;
- Caracterização da oferta de água para reúso;
- Avaliação dos custos e benefícios dos sistemas propostos e seleção de alternativas;
- Detalhamento do sistema de fontes alternativas.

O estudo de caso realizado no HC/UNICAMP indicam que para a implantação de sistemas de reúso é de fundamental importância a realização das seguintes etapas:

- Caracterização da edificação por meio de levantamento de campo e cadastral, por meio de planilhas;
- Análise documental e de projeto;
- Levantamento dos procedimentos dos usuários por meio de observação direta, questionários e entrevistas;
- Análise de informações quantitativas e qualitativas;
- Seleção das unidades-caso com intuito de implantar os sistemas de reúso;
- Caracterizar os diversos tipos de sistema de tratamento em função dos usos finais;
- Determinar parâmetros de qualidade dos efluentes tratados em função dos usos finais;
- Implementar um sistema de gestão para resguardar a saúde dos usuários.

Verificou-se que implantar um sistema de reúso de água significa otimizar o consumo de água e minimizar o volume de efluente gerados, devendo-se também implantar um sistema de gestão apropriado em função da tipologia, de modo que os resultados obtidos mantenham-se constantes ou melhorados ao longo do tempo.

Para a viabilidade de implantação de um sistema de reúso de água, em qualquer que seja a edificação, é importante que esta ação seja entendida como adoção de uma política permanente de controle do consumo de água.

Na concepção propriamente dita dos sistemas de reúso, deverão ser incluídas premissas de projeto como:

- Garantia de vazão e pressão nos diversos pontos de consumo, de forma a eliminar os possíveis desperdícios, mesmo que esta água seja para atividades de fins não potáveis;
- Levar em consideração as especificações técnicas dos fornecedores de tecnologias de tratamento, conforme o estudo de viabilidade;

- Otimizar os traçados para qualquer tipo de sistema a ser implantado;
- Atender aos parâmetros de qualidade da água existentes na bibliografia consolidada, uma vez que o Brasil não possui legislação especifica para sistemas de reúso de água em edificações.

Resumindo, este trabalho propõe a caracterização dos efluentes gerados nas diversas atividades dentro das edificações, bem como estabelecer os parâmetros para que este efluente possa ser utilizado sem gerar riscos de contaminação aos usuários.

A formulação das diretrizes está baseada na complexidade das ações que envolvem a implantação do sistema de reúso, verificando-se a necessidade de fornecimento de subsídios para códigos de práticas e estabelecimento de normas, monitorando-se as diversas ações necessárias para implantar este tipo de sistema com manutenção estruturada e pessoas capacitadas.

Por fim, para desenvolvimento de trabalhos futuros sugere-se os seguintes estudos:

- determinação do volume do reservatório de reúso de água;
- medição da vazão dos diversos aparelhos/equipamentos sanitários para determinação real da demanda e da oferta, nas diversas regiões do país;
- verificação da freqüência de uso dos diversos aparelhos/equipamentos sanitários nas diversas regiões do país
- determinação dos limites de concentração dos efluentes descartados nos diversos equipamentos/aparelhos sanitários nas diversas regiões do país, de forma a auxiliar na definição do tipo de tratamento;
- determinação dos parâmetros e limites da qualidade da água reusada para os diversos usos não potáveis;
- subsídios para conscientização dos usuários do sistema de fontes alternativa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. 2009.

AMORIM, J. M; MACEDO, J. Doenças de origem hídrica e de origem alimentar. **Águas e águas**. ed. Varela. 2001. Cap. 10. 62 p.

ASANO, Takashi et Alli. Evolution of Tertiary Treatment Requirements in California. **Water Environment & Tecnology**. 1992.

ASANO, et. al. Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. **Water Science & Tecnnology**. Vol 34, n. 11, p. 219-226. 1996.

ASANO, T. Wastewater reclamation reuse. Volume 10. **Water Quality Management Library**. 1998. 1528 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Reuso da água - Nós construímos a qualidade de vida**. São Paulo. 1992. 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. **NBR 9649**. Rio de Janeiro. 1986. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalação Predial de Água Fria. **NBR 5626**. Rio de Janeiro. 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. **NBR 13969**. Rio de Janeiro. 1997. 60 p.

BADRIGHI, C. M.; Ilha, M. S. O. **Relatório de Iniciação cientifica**. Trabalho apresentado para a disciplina EC921A da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP. Campinas, SP. 2003. 36 p.

BANCO MUNDIAL. Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Publicação da Secretaria de Recursos Hídricos,** Brasil, 1998. 292 p.

BANCO MUNDIAL. O Banco Mundial e o setor água. **Publicação do Banco Mundial, Brasil**. Junho, 2000. 38 págs.

BARBAGALLO, S.; CIRELLI, G. L.; INDELICATO, S. Wastewater reuse in Italy. **Water Science & Tecnnology.** v. 43. n. 10. p. 43-50. 2001.

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações. 2005. 165 f. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal do Espírito Santo.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade.. **Reúso de Água**. ed. Manole. 2002 Cap. 5. 50 p.

BORGES, L. Z. Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos Recursos Hídricos. 2003. 103 f. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal do Paraná.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Série Saúde & Tecnologia – **Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde** – Instalações Prediais Ordinárias e Especiais. Brasília, 1995. 61p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Análise dos resultados da primeira avaliação externa da qualidade *(Aeq-1)* para o diagnóstico sorológico da Infecção pelo HIV-1. Disponível em: **http://www.aids.gov.br/udtv/laboratorio/cq.htm**. Acesso em 07 jun. 2005

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. Curso "Reuso de água" da ABES - **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária**. Campinas. Agosto, 2002. 11 p.

BRESSAN, F. O método do estudo de caso. **Revista Administração on-line: Prática, pesquisa, ensino - FECAP**. Volume 1. Número 1. Jan/Fev/Mar. 2000. http://www.fecap.br/adm_online/art11/flavio.htm acessado em 10 de junho de 2007.

CEPAL. **Recomendaciones de las reunioes internacionales sobre el agua: de Mar del Plata a París**. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 1998. 87 págs.

CIB – International Council for Reseach and Innovation in Building and Construction. **Agenda 21 para a construção sustentável**. São Paulo, 2000.131 págs.

COHIM, E. É seguro usar a água de chuva para banho?.200-. 2 págs.

COSTA, A. C. M; SANTOS, M. A. Gestão de Recursos Hídricos: Legislação e cidadania. **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos** - Água em quantidade e qualidade: o desafio do próximo milênio. Anais. Belo Horizonte, MG, Novembro de 1999.

CRETTAZ, et al. Life cycle assessment of drinking water and rain water for toilets flushing. **J Water SRT – Aqua**. v. 48, n. 3, p. 73-83, 1999.

CROLL. Sistemas de Vácuo. **Catálogo de Produtos**. Disponível em: <http://www.croll.com/_website/pr/pdf/port.pdf>. Acessado em: 11 jun. 2005.

CROOK, J. et. Al. Water Reuse. Project 92- WRE-1. **Water Environment Research Foundation**. 1994.

CROOK, J.; SURAMPALLI, R. Y. Water reclamation and reuse criteria in the U.S. **Water Science & Technology**. v.33, n. 10-11, p 451-462, 1996.

CROOK, J. Water reuse. **American Society of Plumbing Engineers**. Technical Proceedings of the 1998 ASPE Convention. Outubro. p 187-212, 1998.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Manual Guidelines for water reuse**. Washington, DC. September, 1992a

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse.** Washington, DC. September, 2004.

ERIKSSON, et al. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**. v.4, p. 85-104. 2002.

ESCALERA, O. A. N. Reuso direto das águas residuárias municipais tratadas: uma forma de conservação de água e disposição final. 1995. 226 f. **Dissertação** (**mestrado**) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

EXPERT GROUP MEETING. Managing Water for African Cities. Developing a strategy for urban demand management. África do Sul. Abril. 1999. 21 p. Disponível em: **http://www.um-urbanwater.net/programme/bpaper1.br** . acesso em: abril de 2002.

FABY, J. A.; BRISSAUD, F.; BONTOUX, J. Wastewater reuse in France: Water quality standards and wastewater treatment technologies. **Water Science & Technology**. v. 40. n. 4-5. p. 37-42. 1999.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. S. Avaliação do potencial de reúso de águas cinzas em edificações. **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo. Julho. 2004. 9 p.

FONINI, A.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. S. Estudo para a determinação da capacidade de aproveitamento das águas pluviais e das águas cinzas em um complexo esportivo universitário. **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo. Julho. 2004. 5 p.

FRANKEL, M. Pipping Systems Handbook. Capítulo 19: Nonpotable water systems. **Mcgraw-Hill Handbooks**. 2ª edição. Facility 2004.

GETINGE. **Manual Técnico da Autoclave**. Modelo GE2066, 1998.

GIL. A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª edição. Editora Atlas. 175 págs. 2002.

GLEICK, P. H. Water Use. 2003. **Annual Review of Environment and Resources**. 275-314págs

GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA, L. H.; Methodology for the development of institutional and technological water conservation program in buildings. In CIB – W62 Symposium Yokohama Japan. **Proceedings** Yokohama, November, 1997. 19 págs.

GONÇALVES, R. F. et. AL. Uso racional da água em edificações. **PROSAB** – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. ABES. Rio de Janeiro. 2006. 352 p.

GRAÇA, M. E. A.; GONÇALVES, O. M. Desempenho de sistemas sanitários prediais: conceitos fundamentais. **Revista Mackenzie**. 1986. 7 págs.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aqüíferos.. **Reúso de Água**. ed. Manole. 2003. Cap. 3. 58 p

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão dos recursos hídricos. **Estudos Avançados**. Págs 2008.

HOWARTH, D; SAYERS, D. Practical aspects of household graywater recycling. **CONSERV 99**. Monterey, Califórnia. Fevereiro, 1999. 13 p.

ILHA, M. S. O. Estudo de parâmetros relacionados com a utilização de água quente em edifícios residenciais. 1991. 185 f. **Dissertação (mestrado)** – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

JEPPESEN, B. Domestic Greywater re-use: Australia's challenge for the future. **Desalination**. v. 106, p. 311-315. 1996.

KAYAALP, N. M. Regulatory framework in South Australia and reclaimed water reuse options and possibilities. **Desalination**. v. 106, p. 317-322. 1996.

KRELL, Erich. **Handbook of Laboratory Distillation**. 2.ed., Berlin: Elsevier, 1982. 524p.

LARSSON, N. Canadian Green Building Strategies. 18th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. **Anais**. Florianopolis, SC, Brazil. November 2001.

LAZARUS, J.; DRAKE, P. G. Reuso del agua, calidade del agua y consideraciones sobre los derechos del agua. Santa. Nuevo Mexico, EUA, 19--. Disponível em: **<http://unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/lazarus.html.>**. Acesso em: 05 abril 2001.

LEAL, A. C.; HERMANN, H. Gestão dos Recursos Hídricos e a construção de cidades produtoras de água no próximo milênio. . XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - Água em quantidade e qualidade: o desafio do próximo milênio. **Anais**. Belo Horizonte, MG, Novembro de 1999.

LEHR, V. A. Grey Water. **American Society of Sanitary Engineering**. 1986. 5 p.

LIMA, L, C. Uso doméstico da água em hospitais: estudo de caso do hospital das clínicas da UNICAMP. 2007. 189 f. **Dissertação (mestrado)** –Universidade Federal do Paraná, Curitiba..

LOBATO, M. B. Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método Electre III. 2005. 260 f. **Dissertação (mestrado)** – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas

MEDEIROS, S. A. Bases para a estruturação das atividades de reuso de água no Brasil: estágio atual. II Encontro das Águas, 19--. **<http://www.iica.org.uy/p2-17-pon10.htm.>**. Acesso em: 05 abril 2001.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria MS n°518 de 25/03/2004. Secretaria de Atenção à Saúde. Disponível em: **http://portal.saude.gov.br/saude**. Acesso em: julho de 2004

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução n°357 de 17/03/2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

MOREIRA, M, D, D. Reciclagem de águas servidas em edifícios residenciais e similares. 2001. 208 f. **Dissertação (mestrado)** - Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MUJERIEGO, R; ASANO, T. The role of advanced treatment in wastewater reclamation and reuse. **Water Science & Tecnnology**. v. 40, n. 4-5, p. 1-9, 1999.

NASCIMENTO, F. S., et Al. Reúso de água efluente de sistema de destilação de laboratório de unidade acadêmica. **X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**. São Carlos. 2007. 11 p.

NASCIMENTO, F. S. Diretrizes para a concepção de sistemas de reúso de água em edificações. 2007. 119 f. **Dissertação (mestrado)** – Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

NOGALES ESCALERA, O. A. Reuso direto das águas residuárias municipais tratadas: uma forma de conservação de água e disposição final. 1995. 224 págs. **Dissertação (mestrado)** – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over tem years experience in Berlim. **Urban water.** v. 1 p.275-285. 1999

NUNES, et. Al. Considerações sobre a conservação de água em equipamentos de uso específico na Universidade Estadual de Campinas. **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável** e **X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo. 2004. 13 p.

OLIVEIRA, Lúcia Helena. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. 1999. 349 f. **Tese (Doutorado)** – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, Lúcia Helena; ILHA, Marina, Sangoi de Oliveira; et al. Metodologia modelo para o desenvolvimento de programas de conservação de água nos edifícios. Texto produzido para discussão no **II Workshop de Conservação de água nos edifícios**. São Paulo. Junho. 2003. 20 p.

PEIXOTO, L. Requisitos e critérios de desempenho para sistema de água não potável de edifícios residenciais. 2008. **Dissertação (Mestrado)** – Escola politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

PEREZ, Z. M. L, et al. A qualidade das águas. **Manuais Ambientais**. 2ª ed. Março, 2000. São Paulo.

PIVELI, R. P. Qualidade das águas. **Apostila do curso de pós graduação** PHD 5010 da Escola Politécnica da USP. São Paulo. 19--. 139 p.

PROENÇA, L. C; GHISI, E. Usos finais de água potável em um edifício de escritórios localizado em Florianópolis. X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais – SISPRED. **Anais**... São Carlos, SP, Agosto de 2007.

RAPOPORT, B. Águas Cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial. 2004. 119 f. **Dissertação (mestrado)** – Fundação Oswaldo Cruz da Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. Ed. escrituras. São Paulo, 2004. 207 págs.

REIS, A. Aparência, Qualidade e Habitação Sustentável. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC. **Anais**... Foz do Iguaçu, PR, Maio de 2002.

SANTOS, H. F.; MANCUSO, P. S. **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. Reúso de Água**. ed. Manole. 2003. Cap. 1, 19 p.

SANTOS, D. C; ZABROCKI. Greywater Characterization in Residential Buildings to assess it's Potential use. **CIB-W62**. Ankara, Turquia, 2003. p 107-117

SANTOS, D. C; ZABROCKI, L; KAKITANI, L. M. Utilização da água cinza para contribuir na promoção da sustentabilidade hídrica dos mananciais. **X SILUBESA** – **Encontro Nacional de Saneamento Básico Universidade do Minho Braga**. Portugal. 2002. 9 p.

SAUTCHÚK, C. A. Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações. 2004. 300 f. **Dissertação (mestrado)** - Escola politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo.

SAUTCHÚK, C. et. al. Conservação e Reúso da água em edificações. Junho, 2005. 151 f. **Manual** – **Sindicato das Construções (SINDUSCON**), São Paulo.

SETTI, M. B. C. Reúso de Água – Condições de contorno. 1995. 270 f. **Dissertação (mestrado)** – Escola politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo.

SEWAGE WORKS ENGINEERING. **Wastewater reuse and desinfection**. Japão. 2001. 14 p.

SHINSKEY, F. GREG. Distillation Control. 1984. McGraw Hill. 364 p. New York.

SOARES, et. al. Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações. **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 1997. 7 p

SOROCZAN, C. Case studies of water reuse technologies in Canadian residential buildings. **CIB-W62 Symposium**. Rotterdam. September, 1998. 8 p

TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais – Estudo de caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. **Boletim técnico** do Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da USP. 2003. 28 p.

TAMAKI, H. O., et Al. Minimização de desperdícios de água em processos de purificação de água – Estudo de caso: Universidade de São Paulo. X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. São Carlos. 2007. 12 p.

TECNAL. Equipamentos para Laboratório. Catálogos de Produtos. Disponível em: http://www.tecnallab.com.br/. Acessado em: 11 jun. 2005

TEXEIRA, P. C. Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem de água. 2003. 235p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP). Campinas, São Paulo.

TERPSTRA, P. M. J. Sustainable water usage systems: models for the sustainable utilization of domestic water in urban areas. **Water Science Technology**. v. 39. N. 5. P 65-72. 1999

VOGEL, A. I. **Análise Inorgânica Quantitativa**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 690p.

WHITNEY, A.; BENNETT, R. Monitoring Graywater Use: Threee Case Studies in California. **CONSERV 99**. Monterey, Califórnia. Fevereiro,. 1999. 7 p.

YASHIMA, L. A. Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análises de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo. . s.n. 2005. **Dissertação (Mestrado)** – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas

YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 3.ed. Bookman. Porto Alegre, 2005.

ANEXOS

Anexo A - Parâmetros das águas cinzas para Banheiros.

Anexo B - Parâmetros das águas cinzas para Pia de cozinha.

Anexo C - Parâmetros das águas cinzas para Lavanderia.

Anexo D - Parâmetros das águas cinzas para Fontes misturadas.

Anexo E – Microrganismos patogênicos associados aos riscos microbiológicos.

Anexo F – Diretrizes para reúso de água.

Anexo I – Descritivo técnico e custos dos equipamentos do sistema de reúso de água para o HC/UNICAMP.

Anexo J – Estimativa do consumo de água nos aparelhos/equipamentos sanitários existentes na bibliografia nacional.

Anexo L – Planilhas e questionários utilizados no levantamento de campo do HC/UNICAMP.

Caracterização das águas cinzas originadas em banheiros

Aparelho	Chuveiro	Banheiro	Chuveiro	Lavatório	Banho	Lavatório	Chuveiro	Chuveiro	Chuveiro	Banheira	Lavatório	Chuveiro	Chuveiro
Ano	**1976**	**1996**	**1998**	**1998**	**1999**	**1999**	**1999**	**1999**	**1999**	**1974**	**1974**	**1991**	**1991**
Volume (L)	**38**	**-**	**-**	**-**	**16**	**13**	**12**	**30-35**	**15-20**	**32**	**8**	**-**	**-**
Propriedades Físicas													
Temperatura (ºC)	29												
Cor		60-100											
Turbidez (NTU)		60-240	92	102								28-96	49-69
Sólidos Totais	250		631	558									
Sólidos Suspensos Totais	120				54	181	200						
Sólidos Voláteis Totais	190												
Sólidos Suspensos Volateis Totais	85												
Sólidos Suspensos		48-120	76	40									
Sólidos Voláteis			318	240									
Sólidos Suspensos Volateis					9	72	153						
Sólidos Sedimentáveis Totais													1260-137
Sólidos Sedimentáveis			559	520									
Propriedades Químicas													
pH		6,4-8,1	7,6	8,1									6,7-7,4
Copndutividade elética		82-250											
Alcalinidade		24-43											48-67
Dureza													43-52
DBO			216	252						192	236		
DBO_5	170	76-200											
DQO			424	433				100-200	113-633	282	383		
Carbono Orgânico Total	100		104	40									30-38
Carbono Inorgânico			26	20									
Óleos e graxas		37-78											
Cloro		9,0-18											
Nitrogênio total	17							5-10					

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Caracterização das águas cinzas originadas em banheiros

Aparelho	Chuveiro	Banheiro	Chuveiro	Lavatório	Banho	Lavatório	Chuveiro	Chuveiro	Chuveiro	Banheira	Lavatório	Chuveiro	Chuveiro
Ano	**1976**	**1996**	**1998**	**1998**	**1999**	**1999**	**1999**	**1999**	**1999**	**1974**	**1974**	**1991**	**1991**
Volume (L)	**38**	**-**	**-**	**-**	**16**	**13**	**12**	**30-35**	**15-20**	**32**	**8**	**-**	**-**
Nitrogênio Kjeldahl		4,6-20											
NH_4-N	2	<0,1-15	1,56	0,53	1,1	0,3	1,2			1,34	1,15	0,11-0,37	
NO_3-N	0,4		0,9	0,34	4,2	6	6,3			0,36	0,28		
Nitrito e Nitrato		<0,05-0,20											
Fósforo total	2	0,11-1,8						0,2-0,6					
PO_4-P	1		1,63	45,5	5,3	13,3	19,2			0,94	48,8		
Elementos básicos													
Al		<1,0											
B		<0,1											
Ca		3,5-7,9											
K		1,5-5,2											
Mg		1,4-2,3											
Na		7,4-18											
S		1,2-3,3											
Se		<0,001											
Si		3,2-4,1											
Metais Pesados													
As		0,001											
Cd		<0,01	0,00054										
Cu		0,06-0,12	0,111										
Fe		0,34-1,1											
Pb			0,003										
Zn		0,2-6,3	0,059										

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Caracterização das águas cinzas originadas em banheiros

Aparelho	Chuveiro	Banheiro	Chuveiro	Lavatório	Banho	Lavatório	Chuveiro	Chuveiro	Chuveiro	Banheira	Lavatório	Chuveiro	Chuveiro
Ano	**1976**	**1996**	**1998**	**1998**	**1999**	**1999**	**1999**	**1999**	**1999**	**1974**	**1974**	**1991**	**1991**
Volume (L)	**38**	**-**	**-**	**-**	**16**	**13**	**12**	**30-35**	**15-20**	**32**	**8**	**-**	**-**
Compostos Orgânicos													
Ácidos gordurosos													Detectado
Propriedades microbiológicas													
Número total de bactérias												10^{7}-$3x10^{8}$	
Coliformes totais	70-8200	500-$2,4x10^{7}$	$6x10^{6}$	$5x10^{4}$				10^{4}-10^{5}	10^{3}-10^{5}			10^{5}	>100
Coliformes fecais	1-2500	170-$3,3x10^{3}$	600	32				10^{1}-10^{3}	10^{1}-10^{3}			$6x10^{3}$	
Campylobacter spp		Ausente											Ausente
Cryptosporidia		Ausente											
Giardia		Ausente											
Salmonella		Ausente											

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em pias de cozinha

Aparelho	Pia	Lavadora louças	Lavagem mãos e pratos	Cozinha (64%), lavanderia e lavatório	Pia	Pia	Pia	Cozinha	Cozinha	Cozinha
Ano	**1976**	**1976**	**2000**	**1998**	**1998**	**1999**	**1974**	**1995**	**1995**	**1995**
Volume (L)	**19 para ambos**		**-**	**-**	**13**	**14**	**16**	**6**	**23**	
Propriedades Físicas	**mg L^{-1}**								**g**	
Temperatura (ºC)	27	38								
Sólidos Totais	2410	1500								
Sólidos Suspensos Totais	720	440				235				
Sólidos Voláteis Totais	1710	870								
Sólidos Suspensos Volateis Totais	670	370								
Sólidos Suspensos				185				4	7,8	3,1
Sólidos Suspensos Volateis						196				
Propriedades Químicas	**mg L^{-1}**								**g**	
pH				6,3-7,4						
Alcalinidade				20-340						
DBO				5	536		676			
DBO_5	1460	1040								
DQO					936		1380	25,6	3,8	15,3
Oxigênio dissolvido				2,2-5,8						
Carbono Orgânico Total	880	600								

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em pias de cozinha

Aparelho	Pia	Lavadora louças	Lavagem mãos e pratos	Cozinha (64%), lavanderia e lavatório	Pia	Pia	Pia	Cozinha	Cozinha	Cozinha
Ano	**1976**	**1976**	**2000**	**1998**	**1998**	**1999**	**1974**	**1995**	**1995**	**1995**
Volume (L)	**19 para ambos**		**-**	**-**	**13**	**14**	**16**	**6**	**23**	
Nutrientes	**mg L^{-1}**								**g**	
Nitrogênio total	74	40						0,37	0,36	0,31
Nitrogênio Kjeldahl				15,4-42,8						
NH_4-N	6	4,5		0,2-23	4,6	0,3	5,44	0,005	0,002	0,004
NH_3/NO_2			3,72							
NO_3-N	0,3	0,3			0,45	5,8	0,56			
Fósforo total	74	68						0,09	0,06	0,073
PO_4-P	31	32			15,6	26	12,7			
Fósforo			3,73	0,4-4,7						
Elementos básicos (mg L^{-1})										
Al								0,67	1,8	1,1
Ba								0,025	0,018	0,028
Ca								30	13	23
K								19	59	40
Mg								3,3	7,3	4,3
Na								180	92	29
Tot-S								14	13	
Metais Pesados (mg L^{-1})										
Ag								<0,002	<0,013	<0,002
As								<0,038	<0,038	<0,038
Cd					0,00052			<0,007	<0,007	<0,006
Co								<0,013	<0,013	<0,012
Cr								0,13	0,072	<0,025
Cu					0,05			0,26	0,14	0,068
Fe								1	0,6	1,2
Hg								<0,0003	<0,0003	0,00047

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em pias de cozinha

Aparelho	Pia	Lavadora louças	Lavagem mãos e pratos	Cozinha (64%), lavanderia e lavatório	Pia	Pia	Pia	Cozinha	Cozinha	Cozinha
Ano	**1976**	**1976**	**2000**	**1998**	**1998**	**1999**	**1974**	**1995**	**1995**	**1995**
Volume (L)	**19 para ambos**		**-**	**-**	**13**	**14**	**16**	**6**	**23**	
Mn								0,038	0,031	0,075
Ni								<0,025	<0,025	<0,025
Pb					0,005			<0,062	0,14	<0,063
Zn					0,096			0,21	0,12	1,8
Propriedades microbiológicas (100 mL)										
E. coli								$250x10^6$	$0,16x10^6$	$0,13x10^6$
								$40800x10^6$	$9,6x10^6$	$30x10^6$

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em Lavanderias

Aparelho	Lavagem roupas	Enxague roupas	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Enxágüe	Lavanderia
Ano	**1976**	**1976**	**1996**	**1998**	**1999**	**1974**	**1991**	**1991**	**1995**
Volume (L)	**40 para ambos os passos**		**-**	**17**	**28**	**-**	**-**	**34**	
Propriedades Físicas	**mg.L^{-1}**								**g (pd)$^{-1}$**
Temperatura (ºC)	32	28							
Cor			50-70						
Turbidez (NTU)			50-210	108			39-296	14-29	
Sólidos Totais	1340	410		658					
Sólidos Suspensos Totais	280	120			165				
Sólidos Voláteis Totais	520	180							
Sólidos Suspensos Volateis Totais	170	69							
Sólidos Suspensos			88-250	68					2,7
Sólidos Voláteis				330					
Sólidos Suspensos Volateis					97				
Sólidos Sedimentáveis				590					
Propriedades Químicas	**mg L^{-1}**								**g (pd)$^{-1}$**
pH			9,3-10	8,1					
Condutividade Elétrica			190-1400						
Alcalinidade			83-200						
DBO				472		282			
DBO_5	380	150	48-290						
DQO				725		725			12,8
Carbono Orgânico Total	280	100		110					
Carbono Inorgânico				25					
Óleos e graxas			8,0-35						
Cloro			9,0-88						

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em Lavanderias

Aparelho	Lavagem roupas	Enxágüe roupas	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Enxágüe	Lavanderia
Ano	**1976**	**1976**	**1996**	**1998**	**1999**	**1974**	**1991**	**1991**	**1995**
Volume (L)	**40 para ambos os passos**		**-**	**17**	**28**	**-**	**-**	**34**	
Nutrientes	**mg L^{-1}**								**g $(pd)^{-1}$**
Nitrogênio total	21	6							0,28
Nitrogênio Kjeldahl			1-40						
NH_4-N	0,7	0,4	<0,1-1,9	10,7	2	11,3	0,1-3,47	0,06-0,33	0,04
NO_3-N	0,6	0,4		1,6	2	1,26			
Nitrito e Nitrato			0,1-0,31						
Fósforo total	57	21	0,062-42						0,2
PO_4-P	15	4		101	21	171[a]			
Elementos básicos (mg L^{-1})									
Al			<1-21						1,5
B			<0,1-0,5						
Ba									0,019
Ca			3,9-12						14
K			1,1-17						5
Mg			1,1-2,9						3,1
Na			49-480						44
S			9,5-40						
Se			<0,001						
Si			3,8-49						
Metais Pesados (mg L^{-1})									
Ag									<0,002
As			0,001-0,007						<0,038
Cd		<0,01	0,00063					<0,038	
Co									<0,012
Cr									<0,025
Cu			<0,05-0,27	0,322					0,058
Fe			0,29-1						0,46
Hg									0,00029

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em Lavanderias

Aparelho	Lavagem roupas	Enxágüe roupas	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Lavanderia	Enxágüe	Lavanderia
Ano	**1976**	**1976**	**1996**	**1998**	**1999**	**1974**	**1991**	**1991**	**1995**
Volume (L)	**40 para ambos os passos**		**-**	**17**	**28**	**-**	**-**	**34**	
Mn									0,029
Ni									<0,028
Pb				0,033					<0,063
Zn			0,09-0,32	0,308					0,44
Propriedades microbiológicas (para 100 mL)									
Número total de bactérias							10^7-$3x10^8$	10^7-$3x10^8$	
Coliformes totais	85-890000	190-150000	$2,3x10^3$-$3,3x10^5$	$7x10^5$			199	56	
Coliformes fecais	9-16000	35-7100	110-$1,09x10^3$	728			126	25	
E. coli									$28,2x10^6$
Giardia			Ausente						
Salmonella			Ausente						

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em Fontes misturadas

Aparelho	Água de banho e louça	Lavanderia, cozinha e banheiro	água cinza	Chuveiro, lavatório e lavanderia	água cinza de reservatório	água cinza	Fossa séptica	Água cinza com urina
Ano	**1995**	**1995**	**1998**	**1998**	**1991**	**1993**	**1993**	**1997**
Volume (L)	**74**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**110**
Propriedades Físicas	**g**	**mg L^{-1}**						
Temperatura (ºC)				18-38				
Turbidez (NTU)		15,3-78,6			20-140		22->200	
Sólidos Suspensos	6,4	19,1-48					45-330	
Propriedades Químicas	**g**	**mg L^{-1}**						
pH		6,7-7,6		6,5-7,2	5-7		6,6-8,7	
Condutividade elétrica				até 20000			325-1140	
Alcalinidade					149-198			
Dureza					112-152			
DBO		119,8					90-290	
DQO	20,7		13-240					361
Oxigênio				0,4-4,6				
Cloro					3,1-12			
Sulfato					12-40		7,9-110	

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em Fontes misturadas

Aparelho	Água de banho e louça	Lavanderia, cozinha e banheiro	água cinza	Chuveiro, lavatório e lavanderia	água cinza de reservatório	água cinza	Fossa séptica	Água cinza com urina
Ano	**1995**	**1995**	**1998**	**1998**	**1991**	**1993**	**1993**	**1997**
Volume (L)	**74**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**110**
Nutrientes	**g (pd)$^{-1}$**	**mg L^{-1}**						
Nitrogênio total	0,54				0,6-5,2			18,1
Nitrogênio Kjeldahl							2,1-31,5	
NH_4-N	0,03			até 25	0,15-3,2		<1,0-25,4	
NO_3-N		1,8-3,0			0-4,9		<0,1-0,8	
Nitrito							<0,1	
Fósforo total	0,16						0,6-27,3	3,9
PO_4-P				até 30	4-35			
Al	1,7						0,100-3,550	
Ba	0,032						0,016-0,120	
Ca	21						11-35	
K	6,6							
Mg	6,6						5-19	
Na	21						29-230	
Metais Pesados (mg L^{-1})								
Ag	<0,002							
As	<0,038							
Cd	<0,006						<0,010	
Co	<0,012							
Cr	0,036						<0,01026	
Cu	0,056						0,018-0,390	0,23
Fe	1,4						0,094-4,370	
Hg	<0,0003						<0,001	
Mn	0,061						0,014-0,075	
Ni	<0,025						<0,015-0,027	
Pb	<0,063						<0,050-0,15	<0,05
Zn	0,14						<0,01-0,440	0,171

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Características das águas cinzas originadas em Fontes misturadas

Aparelho	Água de banho e louça	Lavanderia, cozinha e banheiro	água cinza	Chuveiro, lavatório e lavanderia	água cinza de reservatório	água cinza	Fossa séptica	Água cinza com urina
Ano	**1995**	**1995**	**1998**	**1998**	**1991**	**1993**	**1993**	**1997**
Volume (L)	**74**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**110**
Detergentes				detectado				
Propriedades microbiológicas (para 100 mL)								
Número total de bactérias								
Coliformes totais		$10^{7,2}$-$10^{8,8}$						
Coliformes fecais		$10^{5,4}$-$10^{7,2}$						
E. coli	$236x10^{6}$		<1-24000					
Enterococcus			9-270000					
Entamoeba histolytica						Ausente		
Salmonella						Ausente		
Shigella						Ausente		

Fonte: **ERIKSSON, et Al. (2002).**

Concentração dos microrganismos patogênicos no esgoto *in natura* e no efluente após tratamento secundário e não desinfectado.

Microrganismo	Concentração no esgoto in natura
Coliforme Fecal/ 100L	105
Enterococos/ 100L	10^4 até 10^5
Shigella/ 100mL	1 até 10^3
Salmonella/ 100mL	10^2 até 10^4
Helmintos/ 100mL	1 até 10^3
Enterovírus/ 100L	1 até $5x10^3$
Giardia/ 100L	0,39 até $4.9x10^4$
Cryptosporidium/ 100L	0,2 até $1.5x10^3$

Fonte: **EPA (2004).**

Microrganismo	Concentração no efluente com tratamento secundário em 100L
Coliforme Fecal	7,764
Enterococos	2,188
Enterovírus	20 até 650
Giardia	5 até 2,297
Cryptosporidium	140

Fonte: **EPA (2004).**

Tempo de sobrevivência dos microrganismos patogênicos

Microrganismo	Tempo de sobrevivência na água potável e no esgoto (dias)
Vírus	
Enterovírus[a]	<120 comumente <50
Bacteria	
Coliforme Fecal[b]	<60 comumente <30
Salmonella	<60 comumente <30
Shigella	<30 comumente <10
Vibrio cholerae	<30 comumente <10
Protozoários	
Enttamoeba histolytica	<30 comumente <15
Helmintos	
Ascaris lumbricóides	meses

[a] inclui pólio- e echo-

[b] coliformes fecais não são patógenos, mas freqüentemente é usado como organismo indicador.

Fonte: **EPA (2004).**

Parâmetros dos microrganismos patogênicos no esgoto não tratado e tratado.

Cidade	Microrganismo (100L)	Efluente não tratado		Efluente tratado	
		% encontrada	Valor médio	% encontrada	Valor médio
São Petersburgo	Enterovírus	100	1.033	8	0,01
	Cryptosporidium	67	1.456	17	0,75
	Giardia	100	6.890	25	0,49
Upper Occoquan	Enterovírus	100	1.100	0	0
	Cryptosporidium	100	1.500	8,3	0,037
	Giardia	100	49.000	17	1,1

Fonte: **EPA (2004).**

Diretrizes sugeridas para reúso urbano de água.

Tipo de reúso	Tratamento	Qualidade da água recuperada	Monitoramento da água recuperada	Comentários
Todo tipo de irrigação em jardins, lavagem de veículos, descarga de bacias sanitárias, sistema de combate a incêndio	Secundário[1], filtração[2] e desinfecção[3]	- pH = 6-9; - DBO_5 ≤ 10 mg/L; - Turbidez ≤ 2[4] - Coliforme fecal não detectado em 100 mL[5] - Cloro residual = 1 mg/L	- pH: semanlamente; - DBO_5: semanalmente; - Turbidez: continuo - Coliforme :continuo - Cloro residual: continuo	- Para irrigação, deve ter o controle do acesso público; - A água recuperada não deve conter níveis de patogênicos[6]; - A água recuperada deverá ser limpa e inodora; - Cloro residual de 5 mg/L na linha de distribuição é recomendado para reduzir odor, lodo e crescimento de bactérias.

[1] Tratamento secundário inclui carvão ativado, filtros de areia, reatores biológicos. O tratamento secundário produz efluente com DBO e SST não superior à 30 mg/L.
[2] O processo de filtração pode ser com filtros médios como areia e/ou antracito, microfiltros ou outro processo com membrana.
[3] Desinfecção significa destruição, inativação ou remoção do microrganismo patogênico através de processos físicos, químicos e biológicos. O uso do cloro como desinfectante não impede o uso de outros processos de desinfecção.
[4] A média de turbidez deverá ser baseado em um período de 24 horas, não devendo exceder em 5 em nenhum momento.
[5] O número de coliforme fecal não deve exceder 14/100mL em nenhuma amostra.
[6] É aconselhável caracterização da qualidade microbiológica da água recuperada para implantar um sistema de reúso.

Fonte: **EPA (2004).**

Descrição do sistema de tratamento proposto para reúso de água negra do HC/UNICAMP.

Ref.: **ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) COMPACTA *DBR*® – *3.000* – Lançamento**

I. SUMÁRIO EXECUTIVO

Projeto:	vazão de projeto: 359,13 m3/dia, conforme e-mail.
Demanda:	17,8 m^3/hora, durante 24h/dia.
Solução:	**Estação de Tratamento de Esgotos por Discos Biológicos Rotativos, decantação secundária, desinfecção final.**
Investimento:	**R$ 291.780,00** (duzentos e noventa e um mil, setecentos e oitenta reais)
Condição de Pagamento:	40% no pedido, 30% nos desenhos de implantação, 30% contra entrega dos equipamentos.

Incluí

- ✓ **ETE COMPACTA *DBR*®-3.000** – biorrotor apenas.
- ✓ Todos Equipamentos adicionais; listados no item 3 desta proposta.
- ✓ Desenho de Implantação com dimensões e pesos.
- ✓ Manuais de operação e manutenção.
- ✓ Informações técnicas para legalização da ETE junto aos órgãos ambientais.
- ✓ Impostos.

Não Incluí

- ⊗ Preparação, Nivelamento e Limpeza do terreno; Topografia e Sondagens, Canteiro de obras; Obras civis e Fundações.
- ⊗ Cabos e Fios elétricos, Painéis Elétricos, Sub-estações.
- ⊗ Tubulações e válvulas.
- ⊗ Automação.
- ⊗ Montagem eletro-mecânica da ETE.
- ⊗ Supervisão Técnica de Montagem, Partida da Planta, Treinamento de Operadores ou qualquer outra visita extra;
- ⊗ Consumíveis (lubrificantes e demais materiais de consumo);
- ⊗ Estudo de Autodepuração do Corpo Receptor, e Aprovação da ETE junto aos órgãos ambientais;
- ⊗ Laboratórios e análises químicas.
- ⊗ Frete;
- ⊗ Todo e qualquer item não claramente descrito como dentro do escopo de fornecimento.

Descrição técnica

1. PARÂMETROS DE PROJETO:

1.1. A **ETE COMPACTA *DBR*®-3.000** foi dimensionada para o tratamento de efluentes biodegradáveis, com seguintes características afluente e efluente:

PARÂMETROS	AFLUENTE ADMISSÍVEL	EFLUENTE PRODUZIDO
Vazão média:	≤ 427,2 m^3/dia	≤ 427,2 m^3/dia
pH:	entre 6 e 9.	entre 6 e 9.
DBO:	≤ 300 mg/L	≤ 30 mg/L;
Óleos e Graxas:	≤ 50 mg/ L	≤ 50 mg/ L
Nutrientes		não prevê remoção
Cor		pode apresentar cor

1.2. Para assegurar a eficiência do sistema conforme os parâmetros projetados, constituem obrigações essenciais da futura proprietária do sistema de tratamento:

a) instalar caixas de gordura nas instalações hidráulicas direcionadas à ETE com potencial presença de óleos e graxas, executando limpeza periódica, para a remoção das gorduras do sistema;

b) instalar gradeamento e caixas de areia, executando limpeza periódica, como forma de pré-tratamento do efluente;

c) assegurar o fornecimento contínuo de energia elétrica ao sistema;

d) assegurar a correta supervisão e manutenção do sistema, de acordo com as normas do manual **ALPINA** e cujo conteúdo a compradora declara ter pleno conhecimento e compreensão;

e) manter o local da instalação do sistema convenientemente isolado, nele permitindo acesso somente às pessoas autorizadas.

2. TECNOLOGIA PROPOSTA

2.1. **gradeamento:** em concreto e com limpeza manual, para retenção de sólidos grosseiros.

2.2. **caixa de areia:** em concreto e com limpeza manual, para retenção de sólidos grosseiros.

2.3. **tanque de equalização:** em concreto e enterrado, terá como função absorver os picos de vazão e alimentar o sistema de tratamento em momentos de pequena vazão. Internamente a esta unidade serão instaladas 2 (duas) bombas.

2.4. **ETE COMPACTA *DBR*®-3.000**: processo biológico aeróbio para a oxidação da matéria orgânica, que se dá através do biorrotor DBR instalado em reator de concreto;

Quantidade de biorrotores:	01	Área de placas:	7.200 m^2
Material de fabricação:	PVC	Peso dos biorrotores limpo/com biofilme:	13,3 / 39,5 ton
Dimensões do biorrotor com motor:	∅ 3,5 m x 12,6m	Eficiência específica:	80 a 90%

2.5. **decantador secundário**: em concreto, para separação de sólidos secundários;

2.6. **sistema de desinfecção:** por cloro, terá função de eliminar os microorganismos presentes para atingir qualidade de reúso, composto por:

a) 1 (um) dosador de cloro em pastilhas;

b) 1 (um) tanque de contato em concreto.

2.7. **leito de secagem**: em alvenaria, para desidratação de lodo.

III. CONDIÇÕES COMERCIAIS

3. ESCOPO DE FORNECIMENTO

3.1. Fornecimento de 1 (um) **BIORROTOR *DBR®* – *3.000;*** com eixo e estruturas de fixação dos discos fabricados em aço carbono SAE 1010/1020 e placas moldadas em plástico de engenharia com 3,50 m de diâmetro e proteção anti UV.

3.2. Fornecimento de 02 (dois) dispositivo para retenção de sólidos, fabricado com barras e/ou malhas de aço com espaçamento de 10 mm, com limpeza manual.

3.3. Fornecimento de 02 (duas) bombas submersas para instalação no tanque de equalização.

3.4. Fornecimento de 01 (um) dosador de cloro em pastilhas.

3.5. Fornecimento do Desenho de Implantação com dimensões e pesos; e, informações técnicas para legalização da ETE junto aos órgãos ambientais.

3.6. Fornecimento dos manuais de operação e manutenção do sistema DBR.

4. PREÇO

4.1. O preço dos itens listados acima será:

FORNECIMENTO	R$
01 (um) **BIORROTOR *DBR®*-3.000**, marca ALPINA e Desenho de Implantação.	274.620,00
Demais Equipamentos listados do item 3.2 a 3.4.	17.160,00
TOTAL	291.780,00

4.2. Preço EX WORKS ALPINA **(Posto fábrica São Bernardo do Campo/SP)**.

4.3. O valor poderá sofrer alterações com modificações tecnológicas.

4.4. O preço inclui taxas, contribuições, impostos incidentes, custos diretos e indiretos, imprevistos, lucros, ônus fiscais e previsões para despesas eventuais, exceto aqueles explicitamente mencionados e qualificados. Caso haja alteração nas alíquotas inclusas no preço, entre a data da oferta e a data do faturamento, a **ALPINA** informará à CONTRATANTE a fim de que tal alteração seja refletida no preço.

Descrição do sistema de tratamento proposto para reúso de água cinza do HC/UNICAMP – Empresa 1.

Ref.: **ESTAÇÃO DE TRATAMENTO (ET) COMPACTA *AEROX®* – *200* – Reúso de Águas Cinzas**

I. SUMÁRIO EXECUTIVO

Projeto:	vazão de projeto: 48,75 m3/dia, conforme e-mail.
Demanda:	2,8 m^3/hora, durante 24h/dia.
Solução:	**Estação de Tratamento de Águas Cinzas por Discos Biológicos Rotativos, filtração e desinfecção final.**
Investimento:	**R$ 88.320,00** (oitenta e oito mil, trezentos e vinte reais).
Condição de Pagamento:	40% no pedido, 30% nos desenhos de implantação, 30% contra entrega dos equipamentos.
Retorno do Investimento:	Considerando a vazão nominal da ET (2,8 m^3/h), o custo de água e esgoto na Região Metropolitana de São Paulo, o custo de implantação e manutenção da estação de tratamento; **o retorno do investimento é obtido em menos de 01 (um) ano.**

Incluí

- ✓ **ET COMPACTA *AEROX®*-200** – reator biológico aeróbio
- ✓ Todos Equipamentos adicionais; listados no item 3 desta proposta.
- ✓ Desenho de Implantação com dimensões e pesos.
- ✓ Manuais de operação e manutenção.
- ✓ Informações técnicas para legalização da ET junto aos órgãos ambientais.
- ✓ Impostos.

Não Incluí

- ⊗ Preparação, Nivelamento e Limpeza do terreno; Topografia e Sondagens, Canteiro de obras; Obras civis e Fundações.
- ⊗ Cabos e Fios elétricos, Painéis Elétricos, Sub-estações.
- ⊗ Tubulações e válvulas.
- ⊗ Automação.
- ⊗ Montagem eletro-mecânica da ET.
- ⊗ Supervisão Técnica de Montagem, Partida da Planta, Treinamento de Operadores ou qualquer outra visita extra;
- ⊗ Consumíveis (lubrificantes e demais materiais de consumo);
- ⊗ Estudo de Autodepuração do Corpo Receptor, e Aprovação da ET junto aos órgãos ambientais;
- ⊗ Laboratórios e análises químicas.
- ⊗ Frete;
- ⊗ Todo e qualquer item não claramente descrito como dentro do escopo de fornecimento.

Descrição técnica

1. PARÂMETROS DE PROJETO:

1.1. A **ET COMPACTA *AEROX*®-200** foi dimensionada para o tratamento de efluentes biodegradáveis, com seguintes características afluente e efluente:

PARÂMETROS	AFLUENTE ADMISSÍVEL	ÁGUA DE REÚSO PRODUZIDA
Vazão média:	≤ 67,2 m^3/dia	≤ 67,2 m^3/dia
pH:	entre 6 e 9.	entre 6 e 9.
DBO:	≤ 150 mg/L	≤ 20 mg/L;
Óleos e Graxas:	≤ 50 mg/ L	≤ 50 mg/ L
Nutrientes		não prevê remoção
Cor		pode apresentar cor

1.2. Para assegurar a eficiência do sistema conforme os parâmetros projetados, constituem obrigações essenciais da futura proprietária do sistema de tratamento:

a) instalar caixas de gordura nas instalações hidráulicas direcionadas à ET com potencial presença de óleos e graxas, executando limpeza periódica, para a remoção das gorduras do sistema;

b) instalar gradeamento e caixas de areia, executando limpeza periódica, como forma de pré-tratamento do efluente;

c) assegurar o fornecimento contínuo de energia elétrica ao sistema;

d) assegurar a correta supervisão e manutenção do sistema, de acordo com as normas do manual **ALPINA** e cujo conteúdo a compradora declara ter pleno conhecimento e compreensão;

e) manter o local da instalação do sistema convenientemente isolado, nele permitindo acesso somente às pessoas autorizadas.

2. TECNOLOGIA PROPOSTA

2.1. **tanque de equalização:** em concreto e enterrado, terá como função absorver os picos de vazão e alimentar o sistema de tratamento em momentos de pequena vazão. Internamente a esta unidade serão instalados:

a) 1 (um) cesto com limpeza manual, para retenção de sólidos grosseiros;

b) 2 (duas) bombas.

2.2. **ET COMPACTA *AEROX*®-200**: reator biológico aeróbio para a oxidação da matéria orgânica;

Quantidade de reatores:	01	Alt. da entrada e saída de efluente:	0,9 m
Material de fabricação:	PRFV	Altura total dos reatores:	2,20 m
Volume útil total dos reatores:	2,3 m^3	Altura útil dos reatores:	1,10 m
Área de placas:	560 m^2	Peso dos reatores vazios/cheios:	3,6 / 18,0 ton
Dimensões do reator com motor:	2,24m x 5,20m	Eficiência específica:	80 a 90%

2.3. **sistema de filtração:** reduzir sólidos em suspensão e eventuais microorganismos. Este sistema será composto por:

a) 1 (um) poço de recalque: para recalque ao filtro;

b) 1 (uma) bomba;

c) 1 (um) filtro.

2.4. **sistema de desinfecção:** por cloro, terá função de eliminar os microorganismos presentes para atingir qualidade de reúso.

III. CONDIÇÕES COMERCIAIS

3. ESCOPO DE FORNECIMENTO

3.1. Fornecimento de 1 (uma) **ET COMPACTA *AEROX®* – *200;*** com reator em PRFV, eixo e estruturas de fixação dos discos fabricados em aço carbono SAE 1010/1020 e placas moldadas em plástico de engenharia com 1,80 m de diâmetro e proteção anti UV.

3.2. Fornecimento de 01 (um) dispositivo para retenção de sólidos, fabricado com barras e/ou malhas de aço com espaçamento de 10 mm, com limpeza manual.

3.3. Fornecimento de 02 (duas) bombas submersas para instalação no tanque de equalização.

3.4. Fornecimento de 01 (um) poço de recalque - tanque de 700 litros.

3.5. Fornecimento de 01 (uma) bomba submersível, para recalque ao filtro.

3.6. Fornecimento de 01 (um) filtro de areia ou tipo bolsa.

3.7. Fornecimento de 01 (um) dosador de cloro em pastilhas.

3.8. Fornecimento do Desenho de Implantação com dimensões e pesos; e, informações técnicas para legalização da ET junto aos órgãos ambientais.

3.9. Fornecimento dos manuais de operação e manutenção do sistema DBR.

4. PREÇO

4.1. O preço dos itens listados acima será:

FORNECIMENTO	R$
01 (uma) **ET COMPACTA *AEROX®*-200**, marca ALPINA e Desenho de Implantação.	**68.780,00**
Demais Equipamentos listados do item 3.2 a 3.7.	**19.540,00**
TOTAL	**88.320,00**

4.2. Preço EX WORKS ALPINA (**Posto fábrica São Bernardo do Campo/SP**).

4.3. O valor poderá sofrer alterações com modificações tecnológicas.

Descrição do sistema de tratamento proposto para reúso de água cinza do HC/UNICAMP – Empresa 2.

PROPOSTA TÉCNICA

1. OBJETO

A presente proposta tem como objetivo descrever as características técnicas da estação de tratamento de águas cinzas.

O descarte do efluente na saída da estação biológica atenderá aos requisitos solicitados CONAMA 397/08 a nível federal.

2. REFERÊNCIAS

As empresas e as agências governamentais estão sempre em busca de soluções com baixo custo, para o atendimento de altos padrões de qualidade no uso e tratamento de água.

Os valores para a aquisição, instalação, operação e manutenção de uma Estação de Tratamento influenciam na seleção do processo/equipamento a ser implementado. A INFINITYTECH, em parceria com a empresa Dynamic Aqua Science, possui um Sistema Biológico de alta velocidade, o “High Speed Bio Tec System”, para ajudá-lo a suprir de forma econômica a sua necessidade de tratamento de efluentes doméstico/industrial.

A presente proposta foi baseada, entre outros, nas seguintes premissas:

- Literatura técnica específica em sistemas de tratamento de efluente sanitário;
- Experiência da INFINITYTECH e de sua parceira Dynamic Aqua Science em projeto, implantação, operação e manutenção de sistemas de tratamento de efluentes sanitários e industriais;
- Dados fornecidos pela empresa.

3. DADOS BÁSICOS DO PROJETO

Para o empreendimento são previstos os seguintes dados de projeto:

Totalizando uma vazão de reuso: 50 m^3/dia

3.1. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE BRUTO

Segue características estimadas do afluente que chega à estação de tratamento.

DBO_5 (Demanda Biológica de Oxigênio)	250 mg/L
Sólidos Suspensos Totais (SST)	250 mg/L
Óleos e Graxas (vegetal/animal)	< 30 mg/L
Amônia (Nitrogênio Amoniacal)	30 mg/L
pH	5 a 9
Temperatura	15 a 30°C

A Estação sendo cotada foi desenvolvida para obter um efluente padrão médio de DBO/SST(Sólidos Suspensos) 30mg/l e nitrogênio amoniacal<20mg/L na saída.

Para o atendimento desta condição, sugerimos (1) sistema DAS/EEC High-Speed 4CON3CR60. A estação vem completa, sendo a sua operação totalmente automatizada

3.2. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE TRATADO

O projeto prevê atendimento ao CONAMA 397/08 a nível federal .

A estação dimensionada foi desenvolvida para obterem um efluente padrão médio de DBO 30 mg/L e SST (Sólidos Suspensos Totais) 30 mg/L na saída.

Padrão final de Qualidade do Efluente:

DBO_5 (Demanda Biológica de Oxigênio)	< 60 mg/L
Sólidos Suspensos Totais (SST)	60 mg/L
Óleos e Graxas (vegetal/animal)	< 20 mg/L

4. CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO

A unidade de tratamento foi concebida para conferir ao efluente sanitário dos acampamentos auto grau de depuração, tendo em vista que após o tratamento descrito nos itens seguintes, o efluente tratado atenderá aos padrões de lançamento supracitados e poderá ser reutilizado após passagem por tratamento terciário.

O processo adotado é suportado por experiências similares existentes em outras unidades já implantadas.

4.1. PARÂMETROS BÁSICOS DE DIMENSIONAMENTO

Para o atendimento desta condição, foi concebida a unidade de tratamento 01 (um) sistema DAS/EEC High-Speed 4CON3CR60, completo e com sua operação automatizada.

Tempo de armazenamento de lodo = 60 dias

Ressaltamos que o efluente oriundo de copa/cozinha deverá passar por caixa de gordura antes de ser encaminhado para o sistema biológico.

Segue foto de modelo similar ao proposto:

Ressaltamos que o efluente deverá passar por caixa de gordura e gradeamento (não inclusos) antes de ser encaminhado para o sistema biológico.

4.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO BIOLÓGICO

O Sistema de Tratamento de Efluentes DAS/EEC utiliza a tecnologia de Leito Móvel (Moving Bed Process) aliado ao processo de biodegradação aeróbia, com aeração contínua dos reatores através de compressores radiais.

O Reator de Leito Móvel atua como um robusto sistema de eliminação do material orgânico dissolvido, removendo conseqüentemente uma grande parte da contaminação orgânica.

O reator de biodegradação é construído com 02 estágios integrados, proporcionando eficiência acima de 90%. O bioreator degrada por oxidação a matéria orgânica dissolvida, produzindo dióxido de carbono que é liberado para o ar, água que se incorpora ao sistema e biomassa que é utilizada como lodo ativado. Uma BioMedia dentro do reator, constituindo-se em milhares de suportes plásticos livres e flutuantes, promovem uma extensa superfície de contato que serve simultaneamente para hospedar microorganismos e acumular o lodo bioativado.

O reator é preenchido com a BioMedia (Suportes Plásticos – Leito Móvel) entre 33% a 67% do seu volume, dependendo da eficiência desejada de projeto, ou

para suportar altas cargas orgânicas. Os suportes plásticos oferecem uma superfície de 500 m^2/m^3 do reator para desenvolvimento dos microorganismos.

4.3. TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO SECUNDÁRIO E SISTEMA DE RETORNO DE LODO

O efluente biodegradado é conduzido para o estágio de clarificação, onde os sólidos em suspensão sedimentam pela ação da gravidade. O efluente é conduzido por sistema de vasos comunicantes através de uma passagem inferior para a área de sedimentação, promovendo a clarificação final do efluente. Nos casos em que se necessite de alta eficiência de clarificação, a sedimentação poderá ser aumentada com a adição de polímeros auxiliares.

A bomba de retorno de lodo é ativada periodicamente através de um temporizador, com a sucção orientada a partir do estágio de sedimentação. A bomba envia o líquido/lodo para o reservatório primário de lodo.

Quando necessário, o lodo é retirado por caminhão autovácuo para tratamento externo, normalmente a cada 02 (dois)/03 (três) meses.

5. OPERAÇÃO DO SISTEMA

A – CONTROLE DA VAZÃO

O efluente primário contido no tanque de recepção/equalização é bombeado para o primeiro bioreator. O fluxo é automaticamente controlado por um indicador de nível e válvula de atuação, sendo monitorado por um medidor de vazão eletrônico.

B – CONTROLE DA QUALIDADE DO EFLUENTE

As amostras podem ser coletadas e analisadas quanto ao atendimento legal da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio) ou NH_4-N (Nitrogênio Amoniacal). A DQO devido à facilidade de determinação pode ser utilizada para o controle da operação da estação, estabelecendo-se uma relação entre a DQO e a DBO.

6. ESCOPO DO FORNECIMENTO

O Sistema Compacto de Tratamento Biológico DAS/EEC High-Speed 4CON3CR60 é completamente automatizado e pode operar com 60 hz 220/380/440 volts.

O Projeto do Sistema é composto por 01 (um) - Sistema Compacto de Tratamento Biológico DAS/EEC High-Speed completamente automatizado. O

sistema pode operar com 60 Hz 220/380/440 volts. Este sistema é transportado totalmente pré-montado e é testado e inspecionado antes da entrega.
Seguem componentes principais do sistema:

- Estrutura principal com tanque cilíndrico em resina isoftálica, apoiada sobre berços em aço carbono pintados em epóxi
- Painel de controle para operação automática do sistema.
- AMB Bio Media (Suportes plásticos) com vinte (20) anos de garantia.
- Sistema de distribuição de ar em aço galvanizado e inox, com válvulas de regulagem de fluxo. Aeração com bolhas grossas sem risco de entupimento.
- Compressor radial.
- Bomba submersível de alimentação (opcional quando o equipamento estiver instalado sob o nível do solo)
- Bomba submersível em inox para retorno do lodo.
- Sistema de desinfecção (opcional).

6.1. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Equipamento	Especificações	Unidade	4CON3CR60
Tanque/Container	Comprimento Total	mm	4000
	Largura Total	mm	2440
	Altura Total	mm	2900
Peso de Embarque	Peso seco	Kg	1800
Peso em Operação	Estação com água	Kg	26000

No caso de instalação sob o nível do solo, deverá ser executado uma base de concreto nivelada para assentamento do equipamento, uma elevatória com gradeamento e bomba submersível para envio do efluente para a máquina e opcionalmente calha Parshall (medição da vazão).

Este sistema é transportado totalmente pré-montado e é testado e inspecionado antes da entrega.

Será fornecido projeto para o sistema de gradeamento,e se necessário especificação da elevatória.

7. SISTEMA DE TRATAMENTO TERCIÁRIO PARA REUSO (OPCIONAL)

Após a saída do sistema o efluente necessitará de Filtragem e Cloração para melhoria de turbidez e sanitização do efluente, sendo o reuso para lavagem em geral, rega de jardins e reuso nas bacias sanitárias

Componentes principais do sistema de reuso:

- Tanque intermediário de fibra de vidro;
- Bomba de processo centrífuga (para o sistema de filtração);
- Filtro de Areia / Zeólita;
- Filtro de Carvão
- Bomba dosadora de cloro ou sistema de pastilha;
- Tanque de contato (30 minutos);

8. FORNECIMENTO

- 01 (um) equipamento 4CON3CR60, conforme descrito na presente proposta;
- 01 (um sistema terciário para reuso do efluente);
- Dados específicos de montagem;
- Dimensionamento das bombas e tubulações;
- Start-up do sistema: previsão de 03 (três) dias;
- Treinamento básico operacional: 01 (um) dia;
- Fornecimento de projeto para o sistema de gradeamento e Buffer Tank;

8. EXCLUSÕES DE FORNECIMENTO

- Obras civis e de escavação (previsão de baixo custo);
- Tubulações de chegada e saída do sistema;
- Ponto de energia com cabos elétricos para instalação do painel;
- Bomba submersível de alimentação;
- Sistema de gradeamento;
- Caixa de gordura;
- Alimentação elétrica, hidráulica até o local de instalação;
- Fornecimento de água, energia elétrica, ar comprimido durante os trabalhos de instalação dos equipamentos;
- Licença / Autorização de funcionamento perante os órgãos competentes.

- Transporte até o empreendimento.

PROPOSTA COMERCIAL

1. PREÇO

O preço unitário para fornecimento de estação de tratamento de águas cinzas para adequação dos efluentes, objeto da presente Proposta Comercial, é apresentado a seguir:

Serviço	Und.	Qtd.	Preço Unitário (R$)
Fornecimento ETE Compacta 4CON3CR60	Unid	1	117.500,00
Sistema de Reuso – Tratamento Terciário (OPCIONAL)	Unid	1	26.800,00
Start-up	Unid	1	7.500,00

O valor aqui apresentado foi calculado pela INFINITYTECH tomando-se por base os dados técnicos relativos aos serviços diagnosticados, em total conformidade com o fiel atendimento às normas técnicas e legislações ambientais vigentes.

2. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO E FATURAMENTO

Pagamento = 50% sinal e 50% na entrega

O valor referente ao treinamento será pago à vista, após a instalação do equipamento.

A Nota Fiscal de venda será emitida diretamente pela Dynamic Aqua Science Ind e Com Ltda.

O 1º pagamento deverá ser efetuado 10 (dez) dias após a entrega da Nota Fiscal.

3. PRAZO DE ENTREGA DO EQUIPAMENTO

O Prazo de entrega do equipamento previsto é de apenas 45 (quarenta e cinco) dias contados a partir da emissão do Pedido de compra.

4. VALIDADE

O prazo de validade da presente Proposta Técnico-Comercial é de 30 (trinta) dias, contados da data de sua apresentação.

5. CONTATOS

Toda e qualquer correspondência, aviso ou comunicação acerca dos serviços objeto da presente Proposta Técnico-Comercial poderão ser estabelecidos diretamente com a INFINITYTECH através de seu seguinte representante:

- Virgínia Dias de Azevedo Sodré

Tel.: (11) 5505-1500 e cel.: (11) 8274-0003
email: vsodre@infinitytech.com.br

Startup e Supervisão de montagem – 1 semana (5 dias úteis) incluindo treinamento do operador da estação (Manual de Operação , Manutenção e Treinamento).

Garantia = 12 meses após startup ou 18 meses da entrega
10 anos para a estrutura (Tanque) em resina isoftálica e 20 anos para o Meio suporte “AMB” biomídia

Entregue na nossa fábrica em São Bernardo do Campo – SP

Estimativa de consumo de água em aparelhos/equipamentos sanitários disponíveis na bibliografia nacional.

Aparelho	Tipologia	Valores médios		
		Nº de usos	Vazão (L/s)	Tempo (s)
Bacia com válvula de descarga	Escolas municipais	2	1,54	5 a 8
Chuveiro		1 a 2	0,8 a 0,12	6
Lavatório		2	0,6 a 0,10	6
Lavatório calha		0,2 a 0,8	0,06-0,14	4 a 6
Máquina de lavar roupas		2	0,16	730
Pia		2	0,9 a 0,19	15 a 468
Tanque		1,6 a 3	0,11 a 0,16	16 a 144
Torneira de lavagem		2	0,8	6 a 372

Fonte: **Ywashima (2005).**

Atividade/Aparelho	Vazão
Torneira residencial	10 a 20 L/min
Lavagem de mãos	4 a 8 L/uso
Chuveiro	90 a 110 L/uso
Chuveiro	19 a 40 L/min
Banheira	60 a 190 L/uso
Máquina de lavar roupa	100 a 200 L/carga
Descarga em bacia sanitária	19 a 27 L/uso
Descarga em bacia sanitária com válvula	90 a 110 L/min

Fonte: **Tomaz (2000).**

Aparelho	Tipologia	Consumo mensal (L/pessoa)
Torneira	Edifício de escritórios	161,8
Bacia sanitária		1036,4
Limpeza		16,6
Outros		54,2

Fonte: **Proença e Ghisi (2007).**

Aparelho	Tempo (min)	Consumo (L) – Residência/Sobrado	Volume (L) - Apartamento
Chuveiro	5	75	100
	10	150	120
	15	225	300
Torneira de lavatório	1	10	20
	5	50	100
	10	100	200
Misturador de cozinha	1	60	100
	5	120	200
	10	180	300
Torneira de jardim/ tanque	5	60	100
	10	120	200
	15	180	300
Mictório com registro	0,25	2,5	3,75
	0,50	5,0	7,5
	1	10	15

Deca apud Lobato (2005)

Aparelho	Tipologia	Valores médios		
		Nº de usos	Vazão (L/s)	Tempo (s)
Tanque	Apartamentos residenciais	0,14 a 5	0,042 a 0,25	5 a 900
Máquina de lavar roupas		0,14 a 5		
Lavatório		3 a 27	0,05 a 0,167	5 a 120
Bacia sanitária		2 a 8		
Chuveiro		1 a 2	0,05 a 0,38	240 a 1800
Pia de cozinha		1 a 15	0,033 a 0,25	10 a 900
Ducha higiênica		0,03	0,8	30
Bidê		1 a 6	0,10 a 0,125	1 a 30

Adaptado de Lobato (2005)

MLR considerou consumo de 450L/dia a 9,29L; BS consumo de 12L a 48 L/dia

Equipamentos de uso Específico - REFEITÓRIO
Questionário para caracterização da limpeza de ambientes

Bloco: _____ **Pavimento:** _____ **Setor:** _____
Equipe Resp.: _____ **Data:** ____/____/____

Quais dias e horários da semana o refeitório é utilizado?
Segunda a sexta: _____
Sábado: _____
Domingo: _____

Como é realizada a limpeza dos pisos do refeitório?

Balde e pano	1	**Balde**	2	**Mangueira**	3	**Outros**	4
diariamente	☐	**3x/semana**	☐	**semanalmente**	☐	_____	☐
quinzenalmente	☐	**mensalmente**	☐	**anualmente**	☐	_____	☐

Quais atividades, que não sejam para preparo de alimentos, utilizam água?
DESCREVER ATIVIDADES

Lavagem de panos?

Lavagem de panelas?

Lavagem de utensílios?

Outros?

Observações:

Equipamentos de uso Específico - REFEITÓRIO
Planilha de observação da limpeza de ambientes (fl01)

Bloco: _____ **Pavimento:** _____ **Setor:** _____
Equipe Resp.: _____ **Data:** ____/____/____
Horário visitado: _____

Foi detectado algum tipo de gasto desnecessário de água em função:
( ) Do lay out. Qual? _____
( ) Tamanho do ambiente. Qual? _____
( ) Atividades executadas. Qual? _____

Como são realizadas as atividades no refeitório?
Lavagem de panos de limpeza geral, baldes, vassouras, rodos e afins (enumerar sequência)

☐	**Lavagem em água corrente (água + sabão)**
☐	**Enche a cuba do tanque, sabão e molho**
☐	**Molho em cloro ou sabão no balde**
☐	**Enxagüe em água corrente**
☐	**Enxagüe com água no balde ou tanque**
☐	**Outros:** _____

Outro: _____

☐	_____
☐	_____
☐	_____
☐	_____

Qual a principal atividade do refeitório que mais utiliza água?

☐	**Lavagem de panos de limpeza geral, baldes, vassouras, rodos e afins**
☐	**Lavagem do piso do refeitório**
☐	**Outros:** _____

Observações:

Análise das atividades realizadas com a torneira de uso geral						**fl 02**
ATIVIDADES						
Quantidade água adequada	Sim					
	Algumas, pouca água					
	Algumas, muita água					
	Não, pouca água					
	Não, muita água					
Nº adequado de pontos	Sim					
	Não. Quantos?					
Adequado para a atividade?	Sim					
	Não; Por quê?					
	É longa?					
	É curta?					
	É alta?					
	É baixa?					
	Outro:					
Padrão do uso observado durante a execução de atividade	Ok.					
	Com desperdício, Por quê?					
	Sempre aberta					
	Aberta mais que necessário					
	Outra. Qual?					

Observações:

O material do piso e parede do refeitório é:
( ) De fácil limpeza ( ) De difícil limpeza

Observou indícios de vandalismo ou depressão? DESCREVA.

_____

_____

_____

Notou alguma adequação no ambiente? Especificar possível motivo.

( ) Sim. Qual? _____

( ) Não.

Observações:

PRO - ÁGUA

QUESTIONÁRIO FUNCIONÁRIOS

Edifício: HC Bloco: _____ Pavimento: _____ Setor: _____ Data: ___/___/___ Entrevistador: _____

CARACTERIZAÇÃO

1. Atividade

2. Funcionário:
( ) Funcamp ( ) UNICAMP ( ) Terceirizado ( )

3. Sexo:
( ) Feminino ( ) Masculino

4. Faixa Etária:
( ) Inferior a 15 anos ( ) 15 a 19 ( ) 20 a 29 ( ) 30 a
( ) 40 a 49 ( ) 50 a 59 ( ) Acima de 60

5. Escolaridade: (I) incompleto (C) completo
( ) 1º grau ( ) 2º grau ( ) 2º grau técnico ( ) Superior ( ) Pós

USO DA ÁGUA

6. Você utiliza os banheiros deste pavimento? ( ) Sim ( ) Não

7. Quantas vezes você utiliza os banheiros do HC e usa água?
( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) Nenhuma ( ) Outro:

Mictório

8. Você utiliza os mictórios do HC?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Não usa. Por quê ?

9. Que tipo de problema você observa nos mictórios?
( ) Não tem volante e fica sempre aberto ( ) Não tem volante e fica sempre
( ) Vazamento no registro quando aberto ( )Nenhum
( ) Não observa ( ) Outros _____

Bacia Sanitária

10. Você utiliza as bacias sanitárias do HC?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Não usa. Por quê ?

11. Quantas vezes você aciona a válvula da bacia sanitária a cada uso?
( ) 1 ( ) 2 ( ) Mais de 2 ( )

12. Que tipo de problema você observa com mais freqüência nas bacias sanitárias:
( ) Entupimento ( ) Vazamento ( ) Válvula disparada
( ) Não observa ( ) Nenhum ( ) Outros _____

Chuveiro

13. Você utiliza o chuveiro do HC?
( ) 1x dia ( ) 2x dia ( ) Mais de 2x dia ( ) Raramente
( ) Não usa. Por quê?_____

14. Quanto tempo você demora aproximadamente no banho?
( ) 5 min. ( ) 10 min. ( ) 15 min. ( ) Mais de 15

15. Você considera que a quantidade de água (vazão) do chuveiro é:
( ) Adequada ( ) Maior que a necessária ( ) Menor que a

16. Que tipo de problema você observa com maior freqüência no chuveiro?
( ) Registro não fecha (gira em falso) ( ) Gotejamento da ducha/ vazamento
( ) Vazamento no registro quando aberto ( ) Outro:_____
( ) Nenhum ( ) Não observa

Lavatório

17. Você utiliza os lavatórios do HC ?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Não usa. Por quê ?

18. Que tipo de torneira você utiliza no HC ?
( ) Convencional ( ) Economizadora

19. Como você lava as mãos?
( ) Abre a torneira, ensaboa as mãos, enxágua as mãos e fecha a torneira.
( ) Abre a torneira, molha as mãos, fecha a torneira, ensaboa as mãos, abre a torneira, enxágua
( ) Abre a torneira, lava as mãos e fecha a torneira.

20. Como você escova os dentes?
( ) Mantém a torneira aberta durante a escovação ( ) Fecha a torneira durante a escovação
( ) Não escova

21. Você considera que a quantidade de água que saí da torneira é:
( ) Adequada ( ) Exagerada ( ) Insuficiente

22. Você já notou algum problema na torneira do lavatório?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Nenhum ( ) Não
Qual ? _____

Torneira Economizadora (Lavatório)

23. Você utiliza torneira economizadora?
( ) Sim ( ) Não

24. Quantas vezes você aciona a torneira do lavatório para:
Escovar os dentes: ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ou mais
Lavar as mãos: ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ou mais

25.Você considera que o tempo que a torneira fica aberta na maioria das vezes está:
( ) Adequado ( ) Exagerado ( )

26. Você considera que a quantidade de água (pressão) da torneira do lavatório está:
( ) Adequada ( ) Maior que o necessário (espirra) ( ) Menor que o

Bebedouro

27. Você utiliza os bebedouros?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Não usa. Por quê

28. Você já notou algum problema no bebedouro?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Nenhum ( ) Não
Qual ? ( ) Botão quebrado ( ) Outro :

Sugestão

PRO - ÁGUA

QUESTIONÁRIO PACIENTES / ACOMPANHANTES

Edifício: HC Bloco: _____ Pavimento: _____ Setor: _____ Data: ____/____/____ Entrevistador: _____

CARACTERIZAÇÃO

1. Classificação:
( ) Paciente ( ) Acompanhante ( ) Outro:_____

2. Atendimento:
( ) Internação ( ) Ambulatório ( ) Exames ( )

3. Sexo:
( ) Feminino ( ) Masculino

4. Faixa Etária:
( ) Inferior a 15 anos ( ) 15 a 19 ( ) 20 a 29 ( ) 30 a 39
( ) 40 a 49 ( ) 50 a 59 ( ) Acima de 60

5. Escolaridade: (I) incompleto (C) completo
( ) 1º grau ( ) 2º grau ( ) 2º grau técnico ( ) Superior ( ) Pós

USO DA ÁGUA

6. Você utiliza os banheiros deste pavimento? ( ) Sim ( ) Não

7. Quantas vezes você utiliza os banheiros do HC e usa água?
( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) Nenhuma ( ) Outro:

Mictório

8. Você utiliza os mictórios do HC?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Não usa. Por quê ?

9. Que tipo de problema você observa nos mictórios?
( ) Não tem volante e fica sempre aberto ( ) Não tem volante e fica sempre
( ) Vazamento no registro quando aberto ( )Nenhum
( ) Não observa ( ) Outros _____

Bacia Sanitária

10. Você utiliza as bacias sanitárias do HC?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Não usa. Por quê ?

11. Quantas vezes você aciona a válvula da bacia sanitária a cada uso?
( ) 1 ( ) 2 ( ) Mais de 2 ( ) Nenhuma

12. Que tipo de problema você observa com mais freqüência nas bacias sanitárias:
( ) Entupimento ( ) Vazamento ( ) Válvula disparada
( ) Não observa ( ) Nenhum ( ) Outros _____

Chuveiro

13. Você utiliza o chuveiro do HC?
( ) 1x dia ( ) 2x dia ( ) Mais de 2x dia ( ) Raramente
( ) Não usa. Por quê?_____

14. Quanto tempo você demora aproximadamente no banho?
( ) 5 min. ( ) 10 min. ( ) 15 min. ( ) Mais de 15

15. Você considera que a quantidade de água (vazão) do chuveiro é:
( ) Adequada ( ) Maior que a necessária ( ) Menor que a

16. Que tipo de problema você observa com maior freqüência no chuveiro?
( ) Registro não fecha (gira em falso) ( ) Gotejamento da ducha/ vazamento
( ) Vazamento no registro quando aberto ( ) Outro:_____
( ) Nenhum ( ) Não observa

Ducha Higiênica

17. Quantas vezes por dia você utiliza a ducha higiênica?
( ) 1 ( ) 2 ( ) Mais de 2 ( ) Não usa. Por quê?

18. Para obter a temperatura ideal da água na ducha higiênica, você:
( ) Apenas aciona a ducha
( ) Aciona a ducha higiênica e regula nos registros

Lavatório

19. Você utiliza os lavatórios do HC ?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Não usa. Por quê ?

20. Que tipo de torneira você utiliza no HC ?
( ) Convencional ( ) Economizadora

21. Como você lava as mãos?
( ) Abre a torneira, ensaboa as mãos, enxágua as mãos e fecha a torneira.
( ) Abre a torneira, molha as mãos, fecha a torneira, ensaboa as mãos, abre a torneira,
( ) Abre a torneira, lava as mãos e fecha a torneira.

22. Como você escova os dentes?
( ) Mantém a torneira aberta durante a escovação
( ) Não escova ( ) Fecha a torneira durante a escovação

23. Você considera que a quantidade de água que saí da torneira é:
( ) Adequada ( ) Exagerada ( ) Insuficiente

24. Você já notou algum problema na torneira do lavatório?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Nenhum ( ) Não
Qual ? _____

Torneira Economizadora (Lavatório)

25. Você utiliza torneira economizadora?
( ) Sim ( ) Não

26. Quantas vezes você aciona a torneira do lavatório para:
Escovar os dentes: ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ou mais
Lavar as mãos: ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ou mais

27.Você considera que o tempo que a torneira fica aberta na maioria das vezes está:
( ) Adequado ( ) Exagerado ( ) Insuficiente

28. Você considera que a quantidade de água (pressão) da torneira do lavatório está:
( ) Adequada ( ) Maior que o necessário (espirra) ( ) Menor que o necessário

Bebedouro

29. Você utiliza os bebedouros?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Não usa. Por quê

30. Você já notou algum problema no bebedouro?
( ) Frequentemente ( ) Raramente ( ) Nenhum ( ) Não observou
Qual ? ( ) Botão quebrado ( ) Outro : _____

Sugestões

Equipamentos de Uso Específico

Instituto:_____ Edifício: _____

Equipe Resp.: _____ Data:____/____/____

Observações:		Pavimento				
		Departamento				
		Serviço Realizado				
		Número da Sala				
Item		Equipamento de Uso Específico				
Marca						
Modelo						
Montagem	Parede					
	Bancada					
	Piso					
	Fixo (F) Móvel (M)					
Estado de Conservação	Satisfatório					
	Trincado/Rachado					
	Quebrado					
	Manchado					
	Vazando no equipamento					
	Vazando no registro					
	Vazando no tubo de alimentação					
	Removido					
Água de Abastecimento	Sem tratamento adicional					
	Com tratamento					
	Fria					
	Quente					
	Filtrada					
	Consumo					
Água Utilizada	Sem tratamento adicional					
	Com tratamento					
	Fria					
	Quente					
	Tempo de Armazenamento					
	Freqüência de uso					
	Várias pessoas manipulam (S/N)					
	Consumo					
Água de Descarte	Direta para rede					
	Indireta (especificar)					

Equipamentos de Uso Específico

Item						
Condição de Operação	Satisfatória					
	Gotejamento lento (40 gotas/min)					
	Gotejam. médio (40-80 gotas/min)					
	Gotejam.rápido (80-120 gotas/min)					
	Filete (2 mm)					
	Filete (4 mm)					
	Medidor (litros/dia) **em 5 seg.**					
	Vaza no registro qd aberto					
	Vaza durante o funcionamento					
	Desativado					
	Removida					
Filtro						
Marca						
Ultima troca (data)		___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___
[redacted]	Plástico - Rígido(R) ou Flexível (F)					
	Metal - Rígido(R) ou Flexível (F)					
Alimentação						
Material	Plástico - Rígido(R) ou Flexível (F)					
	Metal - Rígido(R) ou Flexível (F)					
	Mangueira					
Marca						
	Desconhecida					
Condição de Operação	Satisfatória					
	Entupido					
	Vazando perto do equipamento					
	Vazando -meio					
	Vazando perto da parede					
	Removida					
Estado de Conservação	Satisfatório					
	Trincado/rachado					
	Quebrado					
	Removido					
Caracterização do Aparelho						
Acesso ao Aparelho	Público					
Restrito	Pacientes					
	Funcionários					
	Médicos					
	Alunos					
Atividade do Aparelho	Esterilização					
	Higienização do Ambiente					

Folha número 02/02