MARIA CAROLINA RIVOIR VIVACQUA

**Qualidade da Água do Escoamento Superficial
Urbano – Revisão Visando o Uso Local**

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

Área de Concentração:

Engenharia Hidráulica e Sanitária

Orientador:

Prof. Dr. Sergio Rocha Santos

São Paulo

2005

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Vivacqua, Maria Carolina Rivoir

Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano – Revisão Visando o Uso Local / Maria Carolina Rivoir Vivacqua; orientador Prof. Dr. Sergio Rocha Santos. — São Paulo, 2005

185p

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

1. Água de Pluvial 2. Escoamento Superficial (Uso) 3. Escoamento (Qualidade). I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária II.t.

Aos meus pais, Susana e Piaz, por toda a dedicação para a minha formação. Ao meu avô Juan Pablo pelo exemplo que é e sempre foi. Ao Cassio por todo o incentivo, apoio, compreensão e carinho nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Sergio Rocha Santos, que, nos anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual, principalmente, pela amizade resultante do nosso convívio.

Ao Prof. Dr. Ivanildo Hespanhol pela confiança depositada, pelos valiosos ensinamentos, pela oportunidade para o meu desenvolvimento profissional e pela amizade resultante do nosso convívio.

Ao Prof. Dr. José Carlos Mierzwa, que, nos anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual, profissional e pessoal, e principalmente pela amizade resultante do nosso convívio.

À equipe do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água, principalmente a Raquel Rodrigues, Maurício Cabral, Luana Di Beo Rodrigues, e Vivian Sanches pela amizade, pelo apoio e conhecimentos trocados.

Ao Prof. Dra. Silvia Carrara, que, nos anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual, e principalmente pela amizade e apoio.

Ao Prof. Ricardo Costanzi Nagamine, que, nos anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual, e principalmente pela amizade e apoio.

À família Hespanhol, principalmente a Vera, pela amizade, pelo carinho, apoio, incentivo e exemplo durante todos estes anos.

À família Santos pela amizade, pelo carinho e apoio.

Ao Prof. Dr. Roque Passos Piveli que muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual e pela oportunidade para o meu desenvolvimento profissional.

Ao Prof. Dr. Luís Cesar de Souza Pinto que muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual e pela oportunidade para o meu desenvolvimento profissional.

Aos Professores do PHD, principalmente aos professores: Dr. Rubem La Laina Porto, Dr. Kamel Zahed Filho, Dra. Monica Ferreira do Amaral Porto, Dr. Podalyro Amaral de Souza, Dr. Kokei Uehara e Dr. Pedro Alem Sobrinho que muito me ensinaram, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual.

RESUMO

VIVACQUA, M. C. R. **Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano – Revisão Visando o Uso Local**. 2005. 185p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

O presente trabalho, dissertação visando a obtenção do título de mestrado em engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, é fruto de pesquisa bibliográfica de dados secundários de pesquisa de campo sobre qualidade de águas de chuva após os primeiros escoamentos superficiais.

A pesquisa procurou propor e discutir o conceito de uso da água de escoamentos superficiais próximos, como uma das ferramentas para o desenvolvimento e implantação de empreendimentos e programas de gerenciamento de águas. São apresentados e analisados alguns estudos, internacionais selecionados, de qualidade com identificação e quantificação de poluentes de águas provenientes de telhados, pátios e jardins, de ruas e provenientes de áreas maiores como bairros.

A análise de resultados das dez pesquisas selecionadas, ao final, possibilitou o conhecimento geral da qualidade de águas da drenagem urbana em seus primeiros momentos.

Foi possível, igualmente, identificar usos para essas águas, que revelam-se como mais um manancial de interesse econômico e ambiental, com qualidade.

A análise dos estudos permitiu concluir que uso de água de escoamentos superficiais próximos, ou seja água captada em locais próximos a incidência da chuva, é ferramenta básica para o desenvolvimento de empreendimentos que visem a economia de água tratada bem como visem melhorias ambientais.

Palavras-chave: qualidade, chuva, drenagem, escoamento superficial próximo.

ABSTRACT

VIVACQUA, M. C. R. **Water Quality from initial urban run-off – revision seeking local use.** 2005. 185p. Dissertation (Master's degree) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

This work was conducted aiming a master degree in Engeneering in Escola Politécnica of Universidade de São Paulo, and deal with secondary data obtained in field's researches about rain water quality in the initial run-off.

This research intended to propose and to discuss the concept of use of the water from initial run-off, as one of the tools to develop and implant achievement and management programs of waters. It is presented and analyzed some international studies of quality with measure of pollutant components in water obtained from roofs, backyards and gardens, from streets and from bigger areas like several blocks.

The date analysis of ten researches selected leads to the improving of the general knowledge of the urban drainage waters quality in its first run-off.

This academic work produced, in the same way, the identification of uses for the rain water after first run-off, which was reveled as a source of economic and environmental interest.

Analyzing the studies allowed conclude that the use of water after first run-off is basic tool for the development of achievements that seek the economy of treated water as well as environmental improvements.

Keyword: quality, rain, drainage, initial run-off.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

1. INTRODUÇÃO	17
2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESCASSEZ DE RECURSOS HÍDRICOS	20
2.1 Recursos Mundiais	20
2.2 A Escassez de Recursos Hídricos	22
2.3 Situação da Disponibilidade Hídrica Brasileira	24
2.4 Custos da Água	27
2.4.1 Preços da água fornecida por concessionárias do Estado de São Paulo	27
2.4.2 Preços da água potável no mundo	29
3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL	31
4. METODOLOGIA	34
5. SÍNTESE DAS PESQUISAS SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA PROVENIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL URBANO	37
5.1 Apresentação dos Grupos	37
5.1.1 Sul Coreano	37
5.1.2 Grupo Francês	40
5.1.3 Grupo Australiano	45
5.1.4 Grupo Brasileiro	51
5.2 Metodologia Utilizada pelos Pesquisadores	53
5.2.1 Grupo Coreano	53
5.2.2 Grupo Francês	55
5.2.3 Grupo Australiano	61
5.2.4 Grupo Brasileiro	66
5.3 Resultados Obtidos	68
5.3.1 Grupo coreano	68
5.3.2 Grupo Francês	74
5.3.3 Grupo Australiano	101
5.3.4 Grupo Brasileiro	116
6. NORMAS BRASILEIRAS REFERENTES À QUALIDADE E USOS DE ÁGUA	123
6.1 Legislação Federal	124
6.2 Legislação Estadual	130

7. DIRETRIZES E CRITÉRIOS PARA USO MENOS NOBRES DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO	134
7.1 Diretrizes e Critérios no Brasil	134
7.2 Diretrizes e Critérios no Mundo	139
8. ANÁLISE COMPARATIVA DAS PESQUISAS ESTUDADAS	144
8.1 Análise Comparativa entre os Dados Apresentados em Cada Grupo	144
8.2 Comparação dos Valores Apresentados em Cada Grupo e os Valores Limites de Poluentes da Legislação Brasileira	147
8.3 Comparação dos Valores Apresentados em Cada Grupo e Critérios Internacionais	151
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	154
10. BIBLIOGRAFIA LEVANTADA PARA A DISSERTAÇÃO	163
11. ANEXO A – TABELAS	176

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1	Bacias e regiões hidrográficas do Brasil	25
Fig. 2.2	Valores cobrados pelas concessionárias pelos serviços de tratamento e distribuição de água	29
Figura 5.1	Gráfico de média diárias de temperaturas da região das cidades de Taejon e Chongju apresentando curvas dos dias de temperaturas máximas, médias e mínimas de cada mês em °C.	39
Figura 5.2	Gráfico de média pluviométrica mensal da região das cidades de Taejon e Chongju.	39
Figura 5.3	Temperaturas máximas, mínimas, médias em °C.	41
Figura 5.4	Média mensal de precipitação da cidade de Paris.	42
Figura 5.5	Mapa da área de controle de “Le Marais” e localização dos pontos de estudo do artigo “Origins and Characteristics of Urban Wet Weather Pollution in Combined Sewer Systems” (GROMAIRE et al., 1998) e do artigo “Production and transport of urban wet sewer systems: the “Le Marais” experimental urban catchment in Paris” (GROMAIRE et al., 2001).	43
Figura 5.6	Mapa da área de controle de “Le Marais” e localização dos pontos de estudo publicado no artigo “The Quality Of Street Cleaning Waters: Comparison with Dry and Wet Weather Flows in a Parisian Combined Sewer System” (GROMAIRE et al., 2000).	43
Figura 5.7	Localização da cidade de Perth e do estado de Western Austrália.	46
Figura 5.8	Temperaturas médias mensais.	47
Figura 5.9	Precipitações médias em mm.	47
Figura 5.10	Gráfico de média diárias de temperaturas da cidade de Newcastle apresentando curvas dos dias de temperaturas máximas, médias e mínimas de cada mês em °C.	50
Figura 5.11	Gráfico de média pluviométrica mensal da cidade de Newcastle.	50
Figura 5.12	Gráfico de média diárias de temperaturas da cidade de São Paulo apresentando curvas dos dias de temperaturas máximas, médias e mínimas de cada mês em °C.	52
Figura 5.13	Gráfico de média pluviométrica mensal da cidade de São Paulo.	52
Figura 5.14	Mecanismo de coleta de amostras.	56
Figura 5.15	Concepção detalhada dos elementos que compõe o sistema de água de chuva.	63
Figura 5.16	Planta de localização dos elementos que compõe o sistema de água de chuva.	63
Figura 5.17	Média semanal das temperaturas dos dois sistemas de água quente do projeto Figtree.	66
Figura 5.18	Esquema do projeto de coleta de amostras e uso da água de chuva do estudo.	67
Figura 5.19	Filtro VF1 do estudo.	68
Figura 5.20	Chuva de 8,5horas em MSW, região residencial e comercial de alta densidade, de 33,1mm em 15 de julho de 1995	69
Figura 5.21	Chuva de 8,0horas em GYW, região residencial de baixa densidade, de 7,0mm em 29 de junho de 1996	70
Figura 5.22	Chuva de 7,8horas em CICW – 3, região de indústria alimentícia, de 28,1mm em 11 de julho de 1997	70
Figura 5.23	Chuva de 7,8horas em CICW – 1, complexo industrial, de 33,1mm em 11 de julho de 1997	71
Figura 5.24	Os gráficos acima representam a vazão e a concentração de sólidos suspensos da subárea de controle de “Vieille du Temple”.	84
Figura 5.25	O gráfico acima representa a curva da distribuição de velocidade de remoção de partículas da superfície da rua por limpeza de rua e através de escoamento superficial de água de chuva.	88
Figura 5.26	Concentração de SS.	89
Figura 5.27	Concentração de DQO.	90
Figura 5.28	Concentração de DBO ₅ .	90

Figura 5.29	Concentrações de Cd.	91
Figura 5.30	Concentrações de Cu.	92
Figura 5.31	Concentrações de Zn.	92
Figura 5.32	Concentrações de Pb.	93
Figura 5.33	Porcentagens das concentrações de DBO ₅ , vinculadas às partículas dos sedimentos.	94
Figura 5.34	Porcentagens das concentrações de Zn vinculadas às partículas dos sedimentos.	95
Figura 5.35	Porcentagens das concentrações de Pb vinculadas às partículas dos sedimentos.	96
Figura 5.36	Porcentagens médias de sólidos suspensos provindos das diversas fontes poluidoras.	99
Figura 5.37	Porcentagens média de DBO ₅ oriunda de diversas fontes poluidoras.	99
Figura 5.38	Porcentagens média de Cu proveniente das diversas fontes poluidoras.	100
Figura 5.39	Porcentagens média de Zn proveniente das diversas fontes poluidoras.	100
Figura 5.40	Gráfico resultante do exame da cor nas amostras coletadas durante os eventos.	117
Figura 5.41	Gráfico resultante do exame da turbidez nas amostras coletadas durante os eventos.	117
Figura 5.42	Gráfico resultante do exame da condutividade nas amostras coletadas durante os eventos.	118
Figura 5.43	Gráfico resultante do exame de dureza e alcalinidade média nas amostras coletadas durante os eventos.	118
Figura 5.44	Gráfico resultante do exame da concentração média de DBO ₅ , NO ₂ , fluoretos, ferro, magnésio, nas amostras coletadas durante os eventos.	119
Figura 5.45	Gráfico resultante do exame da concentração média de OD (oxigênio dissolvido), NO ₃ , sulfatos, cloretos, cálcio nas amostras coletadas durante os eventos.	120
Figura 5.46	Gráfico resultante do exame da concentração média de sólidos totais, sólidos suspenso totais, voláteis e fixos, sólidos dissolvidos, nas amostras coletadas durante os eventos.	120

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – Principais reservas hídricas no planeta	21
TABELA 2.2 – Distribuição de água potável com valores expressos em porcentagem	21
TABELA 2.3 – Problemas Relacionados à Qualidade das Reservas Hídricas	22
TABELA 2.4 – Distribuição da Água no Brasil.	25
TABELA 2.5 – População Total e Proporção da População por Situação de Domicílio	26
TABELA 2.6 – Preço Médio da Água no Mundo	29
TABELA 2.7 – Consumo de Água por Categoria de Consumidor	31
TABELA 2.8 – Distribuição Percentual do Consumo Domiciliar de Água por Ponto de Consumo	32
TABELA 2.9 – Distribuição do Consumo Domiciliar de Água por Ponto de Consumo na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).	33
TABELA 5.1 – Caracterização das bacias estudadas	54
TABELA 5.2 – Tipos de parâmetros medidos e calculados nos pontos em estudo.	57
TABELA 5.3 – Características das ruas analisadas no estudo.	58
TABELA 5.4 – Variação de valores encontrados nas áreas residenciais.	71
TABELA 5.5 – Variação de valores encontrados nas áreas industriais.	72
TABELA 5.6 – Concentração de poluente por evento do estudo.	73
TABELA 5.7 – Características dos eventos de chuva.	74
TABELA 5.8 – Número de eventos estudados em cada ponto de coleta de amostra.	75
TABELA 5.9 – Comparação entre cargas de poluentes removidos diariamente por limpeza com jato de água e cargas nos períodos secos.	76
TABELA 5.10 – Distribuição entre cargas solúveis e insolúveis de DQO e DBO ₅	78
TABELA 5.11 – Contribuição das diferentes origens de poluição nos cinco eventos de chuva.	79
TABELA 5.12 – Variação de volume de água e poluentes removidos diariamente por limpeza com jato de água.	82
TABELA 5.13 – Comparação entre cargas de poluentes removidos diariamente por limpeza com jato de água e cargas nos períodos secos.	82
TABELA 5.14 – Comparação entre cargas de poluentes removidas por limpeza com jato de água, escoamento superficial e limpeza intensiva.	85
TABELA 5.15 – Composição das partículas de poluentes removidas por limpeza com jato de água, escoamento superficial e limpeza intensiva.	86
TABELA 5.16 – Características dos eventos de chuva.	88
TABELA 5.17 – Características das partículas dos sedimentos quanto a SSV, DQO e DBO ₅ .	97
TABELA 5.18 – Características das partículas dos sedimentos quanto a metais pesados.	98
TABELA 5.19 – Qualidade de água dos escoamentos superficiais de “Ellenbrook” (GRAY et al., 2000).	102
TABELA 5.20 – Parâmetros químicos e bacterianos monitorados.	105
TABELA 5.21 – Resultados das análises microbiologias dos reservatórios	106
TABELA 5.22 – Resultados das análises microbiologias de amostras dos reservatórios de água quente	107
TABELA 5.23 – Qualidade da água da chuva	110
TABELA 5.24 – Qualidade da água de chuva do sistema coletor do escoamento superficial dos telhados do “Figtree Place”	111

TABELA 5.25 – Qualidade da água escoada na superfície da bacia de recarga _____	112
TABELA 5.26 – Qualidade da água da bacia de recarga no ponto de uso. _____	113
TABELA 5.27 – Resultados das análises bacteriológicas dos reservatórios de água de chuva _____	114
TABELA 5.28 – Resultados das análises microbiologias dos reservatórios de água quente _____	115
TABELA 5.29 – Resultados encontrados das análises dos parâmetros biológicos estudados _____	121
TABELA 5.30 – Resultados encontrados das análises das amostras coletadas nos reservatórios _____	122
TABELA 6.1 – Águas Doces _____	125
TABELA 6.2 – Águas Salinas _____	125
TABELA 6.3 – Águas Salobras _____	125
TABELA 6.4 – Parâmetros Limites das Águas Doces _____	126
TABELA 6.5 – Principais usos das Classes das Águas Doces _____	132
TABELA 6.6 – Parâmetros Limites das Águas Doces _____	132
TABELA 7.1 – Critério de qualidade de água, tratamento, monitoramento e recomendações da US EPA. _____	140
TABELA 7.2 – Limites recomendados para o reúso agrícola – US EPA _____	142
TABELA 7.3 – Critério de qualidade de água, tratamento, monitoramento e recomendações da OMS. _____	143
TABELA 9.1 – Faixa de variação das concentrações de poluentes _____	156
TABELA 9.2 – Importância das concentrações de poluentes _____	158

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CEPIS	Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente
CIRRA	Centro Internacional de Referência em Reúso de Águas
CSD	Commission on Sustainable Development
CSIRO	Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization
CTCC	Centro de Técnicas de Construção Civil
DUAP	Department of Urban Affairs and Planning
EPA	Environmental Protection Authority
FIESP	Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo.
GEO	Global Environment Outlook
HAH	Hunter Area Health
HWC	Hunter Water Corporation
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
NCC	Newcastle City Council
OMM	Organização Meteorológica Mundial
OMS	Organização Mundial da Saúde
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
US EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
WA	Western Austrália
WCD	World Commission on Dams
WHO	World Health Organization
WSUD	Water Sensitive Urban Development

LISTA DE SÍMBOLOS

Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
Cu	Cobre
CF	Coliformes Termotolerantes
CT	Coliformes Totais
CBH	Contagem de Bactéria Heterotófica
OD	Demanda de Oxigênio
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EP	Espécies de Pseudomonas
Fe	Ferro
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MPS	Massa de Poluentes Provenientes dos Sedimentos
MPES	Massa de Poluentes no Escoamento Superficial
MTP	Massa Total de Poluentes
MPE	Massa de Poluentes no Esgoto
NO ₃	Nitratos
NO ₂	Nitritos
NH ₃	Amônia
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
NT	Nitrogênio Total
OG	Óleos e Graxas
Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PT	Fósforo Total
SDF	Sólidos Dissolvidos Fixos
SD	Sólidos Dissolvidos
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SDV	Sólidos Dissolvidos Voláteis
SS	Sólidos Suspensos
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
ST	Sólidos totais
STF	Sólidos Totais Fixos
STV	Sólidos Totais Voláteis
SO ₄	Sulfato
Zn	Zinco

1. INTRODUÇÃO

A motivação deste trabalho reside no fato da água ser um bem precioso à vida e à humanidade e a distribuição geográfica e os tipos de reservatórios naturais de água nem sempre favorecerem o seu uso como recurso. Esses fatos também são verificados em território nacional.

O custo da obtenção da água, principalmente visando o consumo humano, é alto e tem progressão ascendente. Por exemplo, em metrópoles como São Paulo, ocorre a escassez paradoxal, decorrente da poluição incontável dos mananciais próximos.

O consumo humano engloba usos menos nobres, tais como: reservas de incêndio, descargas em bacias sanitárias, regas, lavagem de ruas e pátios, usos esses, compatíveis com águas de qualidade inferior à potável. Os usos menos nobres somam percentuais importantes da água tratada potável. Atualmente tem-se adotado como uma das boas soluções para equilibrar o efeito acelerador e amplificador de vazões, provocado pela impermeabilização urbana, a realização de reservatórios retardadores. O uso de águas de drenagem localmente tem efeito similar.

OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho podem ser resumidos em:

- Pesquisa da qualidade das águas de drenagem em áreas urbanas, captadas no próprio local da precipitação ou a distâncias muito curtas de escoamento superficial, aqui, em diante, denominadas águas do escoamento superficial próximo, visando a identificação de possíveis usos.
- Confrontação da qualidade e suas características com padrões legais, ou tecnicamente recomendáveis, nacionais, estrangeiros ou internacionais, de forma a identificar usos adequados na forma “in natura” e com especificidades, como tratamento incipiente.
- Adequação das propostas de uso à legislação nacional relativa aos recursos hídricos e ao uso de águas, uma vez que as águas de drenagem urbanas local têm alguma característica de usada, no sentido de terem realizado parcial lavagem de telhados, calçadas, pavimentação de ruas, canalizações de drenagem entre outros.

Da persecução desses objetivos decorre a possibilidade de aduzir conhecimento a questões práticas, tais como:

- Identificação de situações, como no caso de áreas de condomínios horizontais, onde, presumivelmente, o maior controle de uso do solo e exigências comportamentais, levariam a padrões de águas de drenagem local com menos poluentes, facilitando, dessa forma, o uso imediato dessas águas. Essa

identificação poderá vir a colaborar com o gerenciamento de recursos hídricos na questão da expansão urbana.

- Identificar usos da água que possibilitem a utilização da água de drenagem superficial de pátios residenciais, calçadas, ruas, telhados e canalização de drenagem.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESCASSEZ DE RECURSOS HÍDRICOS

2.1 *RECURSOS MUNDIAIS*

Entre os diversos recursos naturais que o Homem dispõe, a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável para sua sobrevivência.

Além da água ser essencial para o surgimento e manutenção da vida em nosso planeta, na vida moderna, é indispensável para o desenvolvimento das diversas atividades criadas pelo ser humano, apresentando, por esta razão, valores econômicos, sociais e culturais (MORAN; MORGAN; WIER SMA, 1985; BEECKMAN, 1998). Entre as atividades em que a água pode ser utilizada está o transporte de pessoas e mercadorias, geração de energia, produção e processamento de alimentos, processos industriais diversos, recreação e paisagismo, além de ser amplamente utilizada para transporte e assimilação de efluentes, sendo esta, talvez, uma das aplicações menos nobres que poderia ser dada para este recurso (MIERZWA, 2002).

Em termos globais a água se distribui de forma desigual, pelo planeta. A tabela 2.1 mostra a distribuição de água nos principais reservatórios globais e seu tempo de residência.

TABELA 2.1 – Principais reservas hídricas no planeta

Localização	Área (10 ³ km ²)	Volume (10 ³ km ³)	% do Total	Tempo de Residência Médio
Oceanos	361.300,00	1.338.000,00	96,538	Milhares de anos
Atmosfera	510.000,00	12,90	0,00093	9 dias
Rios	148.800,00	2,12	0,00015	2 semanas
Subterrânea, Umidade do Solo	134.800,00	23.400,00	1,688	Centenas a milhares de anos
Lagos	2.058,70	176,40	0,0127	Dezenas de anos
Coberturas de Neve, Geleiras e Icebergs	37.277,00	24.364,00	1,758	Dezenas a milhares de anos
Outros		28,58	0,0022	
Total	1.194.235,70	1.385.984,00	100,00	

Fonte: TCHOBANOGLIOUS, 1996.

Cabe destacar, que apesar da aparente abundância de água, a porcentagem de água doce é pequena e está distribuída de tal forma, que nem sempre se apresenta com fácil acesso. A tabela 2.2 exhibe esta distribuição.

TABELA 2.2 – Distribuição de água potável com valores expressos em porcentagem

Localização	Volume (10 ³ km ³)	% do Total	% do Total de Água Doce
Coberturas de neve permanente, Geleiras	24.064	1,74	68,7
Água doce subterrânea	10.530	0,76	30,06
Solo congelado, camada de gelo permanente	300	0,022	0,86
Lagos	91	0,007	0,26
Umidade do Solo	16,5	0,001	0,05
Vapor de água na atmosfera	12,9	0,001	0,04
Pântanos, áreas úmidas	11,5	0,001	0,03
Rios	2,12	0,0002	0,006
Incorporados na biota	1,12	0,0001	0,003
Total	35.029	2,5323	100,00

Fonte: PNUMA, 2004

Além da dificuldade de acesso, face ao tipo de reservatório, em que a água doce está armazenada, sua distribuição nos continentes também é heterogênea.

Mais além, não bastasse a dificuldade de acesso à água por questões de distribuição em tipo de reserva ou de distribuição geográfica, acrescente-se ainda a dificuldade de uso imposta por limitações quanto à qualidade.

Na tabela 2.3 são expostos alguns dos problemas mais freqüentes relacionados à qualidade das reservas hídricas.

TABELA 2.3 – Problemas Relacionados à Qualidade das Reservas Hídricas

Problema	Causa	Consequência
Poluição Antropogênica	Proteção inadequada de aquíferos vulneráveis a dejetos produzidos pelo Homem e a lixiviação originada: pelas atividades urbanas e industriais; pela intensificação do cultivo agrícola.	Presença nestes corpos de agentes patogênicos, nitratos, sais de amônia, clorina, sulfatos, boro, metais pesados, carbono orgânico dissolvido (COD), aromáticos e hidrocarbonetos halogenados.
Contaminação que ocorre naturalmente	Relacionada a evolução do pH-Eh referente aos lençóis freáticos e à dissolução de minerais (agravado pela poluição antropogênica e/ou exploração sem controle)	Presença nestes corpos, principalmente, de ferro, flúor (fluorato) e às vezes arsênico, iodo (iodeto), manganês, alumínio, magnésio, sulfatos, selênio e nitratos (provenientes da paleo-recarga).
Contaminação dos mananciais	Concepção e construção inadequada de poços, o que permite o acesso direto de água poluída oriunda da superfície e de lençóis freáticos não profundos	Presença nestes corpos, principalmente, de agentes patogênicos

Fonte: FOSTER; LAWRENCE; MORRIS, 1998

2.2 A ESCASSEZ DE RECURSOS HÍDRICOS

Cerca um terço da população mundial vive em países que sofrem de estresse hídrico entre moderado e alto, onde o consumo de água é superior a 10% dos recursos renováveis de água doce. Aproximadamente 80 países, que albergam 40% da população mundial, sofriam de grave escassez de água em meados da década de 1990 (CSD, 1997), e estima-se que, em menos de vinte e cinco anos,

dois terços da população global estarão vivendo em países com estresse hídrico (CSD, 1997). Para 2020, prevê-se que o uso da água aumentará em 40% e que será necessário um adicional de 17% de água para a produção de alimentos, a fim de satisfazer as necessidades da população em crescimento (World Water Council, 2000a).

No século passado, os três fatores que mais se destacaram por provocar o aumento na demanda de água foram o crescimento demográfico, o desenvolvimento industrial e a expansão da agricultura irrigada. A agricultura foi responsável pela maior parte da extração de água doce nas economias em desenvolvimento nas duas últimas décadas. Os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos sempre acreditaram que uma demanda crescente viria a ser satisfeita por um maior domínio do ciclo hidrológico mediante a construção de mais infra-estrutura. A construção de reservatórios nos rios tem sido tradicionalmente uma das principais formas de garantir recursos hídricos adequados e constantes para irrigação, geração de energia hidrelétrica e uso doméstico. Cerca de 60% dos 227 maiores rios do mundo foram muito ou moderadamente fracionados por reservatórios, desvios ou canais, causando efeitos sobre os ecossistemas de água doce e sociedade regional (WCD, 2000). Esta infra-estrutura proporcionou benefícios importantes, como o incremento da produção de alimentos e de energia elétrica. Questões ambientais, porém, foram sendo percebidas, identificadas e quantificadas de forma a minorar os benefícios do sistema que garante os usos atuais dos recursos hídricos. E, finalmente, identifica-se em muitos pontos do sistema o esgotamento de sua capacidade. Particularmente, a água tratada vem se tornando cada vez mais cara e de difícil obtenção.

2.3 SITUAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA BRASILEIRA

Devido a grande extensão territorial do Brasil, ocorrem grandes variações no regime climatológico e hidrológico. Excetuando-se o semi-árido nordestino, as demais regiões possuem disponibilidades pluviométricas em quantidades suficientes para as atividades humanas. Todavia, a concentração em demasia da população em alguns pontos, a falta de saneamento, o lançamento de águas servidas domésticas e industriais sem qualquer tratamento, na grande maioria dos corpos d'água, resultam em extensa degradação da qualidade destas águas definindo um quadro paradoxal de escassez.

Na busca de agrupar regionalmente os comportamentos característicos dos processos envolvidos, o Brasil foi dividido em oito grandes bacias hidrográficas: a do rio Amazonas, a do rio Tocantins, as do Atlântico Sul, trechos Norte e Nordeste, a do rio São Francisco, as do Atlântico Sul, trecho Leste, a do rio Paraná, a do rio Paraguai, e as do Atlântico Sul, trecho Sudeste. Na Figura 2.1 é apresentada a localização das referidas bacias dentro do País.

Bacias e regiões hidrográficas do Brasil
Fonte: PNUMA, 2002

A disponibilidade hídrica e a área de drenagem das bacias são expostas na tabela 2.4.

TABELA 2.4 – Distribuição da Água no Brasil.

Bacia Hidrográfica	Área de Drenagem	Disponibilida de Hídrica (km ³ /ano)	% do Total
Amazonas	3.900	4.206,27	73,22
Tocantins	757	372,12	6,48
Atlântico Norte	76	115,42	2,01
Atlântico Nordeste	953	169,98	2,96
São Francisco	634	89,88	1,56
Atlântico Leste 1	242	21,44	0,37
Atlântico Leste 2	303	115,74	2,01
Paraguai	368	40,68	0,71
Paraná	877	346,9	6,04
Uruguai	178	130,87	2,28
Atlântico Sudeste	224	135,6	2,36

Fonte: PNUMA, 2002.

A disponibilidade populacional do Brasil e as porcentagens de cada região são expostas na tabela 2.5

TABELA 2.5 – Distribuição da População nas Regiões do Brasil.

Região	Urbana		Rural		Total	
	Habitantes	Porcentagem de Habitantes	Habitantes	Porcentagem de Habitantes	Habitantes	Porcentagem de Habitantes
Norte	9.027.976	6,5%	3.883.194	12,2%	12.911.170	7,6%
Nordeste	32.959.960	23,9%	14.822.527	46,4%	47.782.487	28,1%
Centro-Oeste	10.089.868	7,3%	1.548.790	4,8%	11.638.658	6,9%
Sudeste	65.528.444	47,5%	6.901.749	21,6%	72.430.193	42,6%
Sul	20.318.991	14,7%	4.791.358	15,0%	25.110.349	14,8%
Total	137.925.239	100,0%	31.947.618	100,0%	169.872.857	100,0%

Analizando os dados de disponibilidade hídrica, tabela 2.4, conjuntamente com os dados de população, tabela 2.5 e 2.6, observa-se que cerca de 89% da potencialidade das águas superficiais do Brasil estão concentradas nas regiões Norte e Centro – Oeste, onde estão abrigados 14,5% dos brasileiros com 9,2% da demanda hídrica do país. Os 11% restantes do potencial hídrico de superfície estão nas outras regiões (Nordeste, Sul e Sudeste), onde estão localizados 85,5% da população e 90,8% da demanda de água do Brasil.

TABELA 2.6 – População Total e Proporção da População por Situação de Domicílio

	1980	1990	1996	2000
População Total ⁽¹⁾	119.002.706	146.825.475	157.070.163	169.799.170
Por situação do Domicílio (%)				
Urbana	67,59	75,59	78,36	81,25
Rural	32,41	24,41	21,64	18,75

Fonte: IBGE, 2004.

⁽¹⁾: Inclusive a população com idade ignorada em 1980 e 1996

Na década de 1940, a população brasileira era de 40 milhões de habitantes, dos quais 12,8 milhões viviam em núcleos urbanos, enquanto que a maioria da

população vivia na zona rural. No início deste século, a população brasileira quase quadruplicou e a relação inverteu-se: hoje mais de 81% da população brasileira vive nas cidades (IBGE, 2000). Contudo este crescimento não é de forma uniforme no país assim como também não o é na própria urbe. Segundo TUCCI (2002) a tendência do desenvolvimento urbano brasileiro dos últimos anos tem sido:

- de redução do crescimento populacional do país;
- com taxa pequena de crescimento na cidade núcleo da região metropolitana e aumento do crescimento da taxa na sua periferias; e
- aumento da população em cidades que são pólos regionais de crescimento.

As cidades com população acima de 1 milhão de habitantes, no Brasil, crescem a uma taxa média anual de 0,9 %, enquanto os núcleos regionais como cidades entre 100 e 500 mil, crescem a taxa de 4,8% (TUCCI, 2002).

2.4 CUSTOS DA ÁGUA

2.4.1 Preços da água fornecida por concessionárias do Estado de São Paulo

Os preços da água fornecida pelas concessionárias estão atrelados aos custos de tratamento, monitoramento de qualidade, reservação, distribuição de água e pagamento de dividas. A exemplo disso os preços cobrados pela concessionária responsável pela região metropolitana de São Paulo visam custear a realização de mais de 20.000 ensaios mensais de monitoramento de coliformes, bactérias

heterotróficas, cloro, cor, turbidez, pH, ferro total, alumínio, flúor, cromo total, cádmio, chumbo e trihalometanos (THM), entre outros.

O gráfico, figura 2.2, apresenta a faixa de variação das tarifas de água, levantadas em maio de 2004, aplicadas pelas principais concessionárias de saneamento do Estado de São Paulo, em função das faixas de consumo. Nota-se por este gráfico que os preços, relacionados com as tarifas, são crescentes conforme o aumento da vazão, isso se deve a política de subsidio.

Valores cobrados pelas concessionárias pelos serviços de tratamento e distribuição de água

Fonte: FIESP, 2004.

Cabe lembrar, que os valores cobrados pelas concessionárias tendem a subir devido à tendência nacional de se implantar a cobrança pelo uso da água. Esta, vem sendo aplicada gradativamente nas diversas bacias do país, principalmente nas que apresentam problemas de escassez.

2.4.2 Preços da água potável no mundo

Em todo o mundo o custo da água tratada potável é alto. A tabela 2.7 ilustra com alguns valores médios a cobrança pela água em diversos países do mundo.

TABELA 2.7 – Preço Médio da Água no Mundo

Pais	Ano	Preço m ³ (em dólares)
Dinamarca	1995	3,18
Holanda	1998	3,16
Inglaterra e País de Gales (RU)	1998-9	3,11
França	1996	3,11
Finlândia	1998	2,76
Suécia	1998	2,6
Flandes (Bélgica)	1997	2,36
Valonia (Bélgica)	1997	2,14
Japão	1995	2,1
Bruxelas (Bélgica)	1997	2,06
Alemanha	1997	1,69
Austrália	1996-7	1,64
Turquia	1998	1,51
Escócia (RU)	1997-8	1,44
Suiça	1996	1,29
Estados Unidos	1997	1,25
Grécia	1995	1,14
Espanha	1994	1,07
Áustria	1997	1,05
Luxemburgo	1994	1,01
Itália	1996	0,84
Hungria	1997	0,82
Canadá	1994	0,7
Republica Checa	1997	0,68
Coréia do Sul	1996	0,34

Fonte: CANDELA et al 2001 apud OCDE

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

Os consumidores municipais são compostos basicamente por estabelecimentos comerciais, públicos e educacionais, residências, e áreas de lazer.

A tabela 2.7 mostra alguns dados de consumo de água por categoria de consumidor da SABESP nas suas concessões no estado de São Paulo nos 12 meses compreendidos entre março de 1996 e fevereiro de 1997.

TABELA 2.8 – Consumo de Água por Categoria de Consumidor

Consumidor	Participação %
Residencial	80,3
Comercial	12,3
Industrial	3,6
Público	3,8
Total	100

Fonte: SABESP, 1997.

Modo geral, segundo a SABESP, cerca de 80% do consumo de água é domiciliar, pouco mais de 12% é comercial, ficando os consumos industrial e público com pouco menos de 4% cada um.

Cabe salientar que a distribuição de consumo por categoria de consumidor da SABESP não é representativa da situação do consumo brasileiro como um todo já que a área de atendimento da SABESP compreende regiões de alta densidade industrial e comercial como, por exemplo, a Região Metropolitana de São Paulo.

Assim, se considerarmos outras localidades não atendidas pela empresa, bem como população de consumidores industriais e comerciais mais rarefeita, a

tendência é de que a participação dos domicílios no total do consumo de água se aproxime dos 90%. Sendo assim, não há dúvida de que a modalidade a ser escolhida para análise é o consumidor domiciliar (ANDRÉ; PELIN, 1998).

Todavia são inúmeras as possibilidades quantitativas de redução de perdas e/ou desperdícios dentro de um único domicílio e para cada ponto de consumo. Os montantes passíveis de redução são influenciados pelas diversas situações de instalações domiciliares – casas térreas, sobrados, edifícios, pelos hábitos de consumo, número de habitantes no domicílio, e pelo número e características técnicas dos aparelhos e peças existentes nos pontos de consumo (ANDRÉ; PELIN, 1998).

A diversidade de pontos de consumo dentro de um domicílio e, como salientado, as inúmeras possibilidades de redução quantitativa de perdas e/ou desperdício em cada um destes pontos em função das demais variáveis impõe uma outra escolha: quais pontos de consumo analisar (ANDRÉ; PELIN, 1998).

A estimativa da distribuição de consumo domiciliar por ponto de consumo é ilustrada na tabela 2.9.

TABELA 2.9 – Distribuição Percentual do Consumo Domiciliar de Água por Ponto de Consumo

Pontos de consumo	% em relação ao total
Bacia sanitária	38
Banho/ chuveiro	29
Lavatório	5
Lavagem de roupa	17
Lavagem de louça	6
Beber/ cozinhar	5
Total	100

Fonte: ANDRÉ e PELIN, 1998.

Conforme ANDRÉ e PELIN (1998) a estimativas de distribuição de consumo na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é ilustrada na tabela 2.9, apresentada a seguir.

TABELA 2.10 – Distribuição do Consumo Domiciliar de Água por Ponto de Consumo na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Pontos de consumo	% em relação ao total	
	Casas e Sobrados	Apartamentos
Bacia sanitária	29	30
Chuveiro	28	29
Lavatório	6	6
Pia	17	18
Lava-louça	5	4
Tanque	6	5
Lava-roupa	9	8
Total	100	100

Fonte: ANDRÉ e PELIN, 1998.

Analisando-se as porcentagens dos consumos residenciais, acima mostrados, é possível perceber que a água utilizada em diversos usos não potáveis esta na faixa de 30 a 40%.

4. METODOLOGIA

O presente estudo se baseia em pesquisa bibliográfica, compreendendo textos relativos à área de interesse e dados secundários de pesquisa de campo, ou seja, dados reportados em veículos de comunicação técnica, consagrados, de pesquisas realizadas em todo o mundo.

A primeira fase da pesquisa foi a busca de textos completos disponíveis no serviço de bibliotecas da USP. Mediante o portal da CAPES, pode-se pesquisar artigos de publicações recentes relacionados com a qualidade da água de escoamento superficial e usos não potáveis. Foram levantados nesta fase 158 artigos. Os periódicos pesquisados com textos completos disponíveis foram:

- Advances in Environmental Research,
- Advances Water Research,
- Journal of Hydrology
- Urban Water,
- Water Policy,
- Water Quality and Ecosystem Modeling,
- Water Environment Research,
- Water Research,
- Water Resources,
- Water Resources Management,
- Water Science and Technology.

A segunda fase consistiu na busca de textos completos disponíveis na Internet, em instituições de pesquisas, algumas revistas especializadas, entidades nacionais e internacionais, cuja relação se apresenta abaixo. Foram levantados nesta fase 226 artigos.

Nacionais:

- ANA;
- Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva;
- Ministério do Meio Ambiente;
- Secretaria de Recursos Hídricos;
- Revista Meio Filtrante;
- Revista Gerenciamento Ambiental;
- Revista Meio Ambiente Industrial;
- Revista Sanare da Sanepar;

Internacionais:

- Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente (CEPIS);
- Environmental Protection Agency;
- Food and Agriculture Organization of the United Nations;
- Unesco;
- World Health Organization;
- World Water Fórum;

- Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Eau, la Ville et l'Environnement – CEREVE;
- l'École Nationale des Ponts et Chaussées – ENPC;
- Water Sensitive Urban Design (WSUD) – Melbourne Water;
- University of Newcastle

A terceira fase foi de seleção dos estudos a serem analisados a fim de possibilitar uma visão geral das características físico-químicas das águas de escoamento superficial próximos. Relacionando estas, com o tipo de superfície, revestimento da mesma, as características de declividade, tipo de ocupação da área de controle, densidade, e que necessariamente apresentassem bacias estudadas o mais residenciais possível. Foram escolhidos nesta fase apenas alguns estudos.

A quarta fase foi a realização de pesquisa de critérios de usos não potáveis no Brasil e no exterior.

A quinta fase foi o levantamento de normas brasileiras sobre recursos hídricos e padrões de qualidade.

A sexta fase foi a realização da análise detalhada de cada estudo, e situação dos parâmetros apresentados nestes, baseada nos critérios e normas encontradas.

Na sétima fase foram tiradas as conclusões e realizada as recomendações e identificação dos pontos importantes de usos das águas do escoamento superficial próximo.

5. SÍNTESE DAS PESQUISAS SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA PROVENIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL URBANO

Neste capítulo serão apresentadas diversas pesquisas internacionais e nacionais sobre a qualidade da água proveniente de escoamento superficial em bacias urbanizadas. Essas pesquisas foram divididas em grupos, onde a área de estudo possuía características sócio – culturais, atividades econômicas, ocupacionais, metodologia e forma de apresentação de dados semelhantes.

As pesquisas estão divididas em quatro grupos

- SUL COREANO;
- FRANCÊS;
- AUSTRALIANO;
- BRASILEIRO.

5.1 APRESENTAÇÃO DOS GRUPOS

5.1.1 Sul Coreano

O grupo é composto pelo artigo “Characterization of Urban Stormwater Escoamento superficial” que por possuir duas formas de apresentar dados foi dividido em dois subgrupos para que seja melhor a comparação de seus dados com os dos outros grupos.

Este artigo foi o resultado da pesquisa realizada pelos sul coreanos Jun Ho Lee do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola de Ciência e Tecnologia Nacional de Chongju e Ki Woong Bang do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade de Tecnologia Nacional de Taejon e foi publicado em 2000 na Water Research.

O propósito dos autores foi pesquisar as características do transporte de poluentes nos eventos de chuvas, relacionando a carga de poluentes com o escoamento superficial em áreas urbanas. Foram estudadas nove bacias nas cidades de Taejon e Chongju, na Coreia do Sul.

Estas cidades se encontram na região central da Coreia do Sul ao sul de Seul, entre os paralelos 36° e 37°. Ambas se destacam pela indústria têxtil e por pertencer à bacia do rio Kum, região produtora de arroz e possuidora de uma das poucas jazidas de carvão do país. A cidade de Chongju esta um pouco mais ao norte de Taejon.

As informações climatológicas, mostradas nas figuras 5.1 e 5.2, são baseadas na média mensal de 30 anos para o período de 1971 a 2000, fornecidas pelo sitio da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Onde se pode perceber que cidade possui elevada amplitude térmica com máximas entre os meses maio e setembro, e seus meses com maiores precipitações estão entre fevereiro e julho.

Figura 5.1 Gráfico de média diária de temperatura da região das cidades de Taejeon e Chongju apresentando curvas dos dias de temperaturas máximas, médias e mínimas de cada mês em °C.

Fonte: OMM, 2004.

Figura 5.2 Gráfico de média pluviométrica mensal da região das cidades de Taejeon e Chongju.

Fonte: OMM, 2004.

O estudo foi realizado entre julho de 1995 a novembro de 1997. Os parâmetros analisados foram DBO₅, DQO, sólidos suspensos (SS), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Nitratos (NO₃), Ortofosfato (PO₄), Fósforo Total (PT), Fenóis, Ferro (Fe) e Chumbo (Pb).

5.1.2 Grupo Francês

Os pesquisadores do CEREVE, Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Eau, la Ville et l'Environnement, um centro de pesquisa e ensino sobre água e meio ambiente, da ENPC, l'École Nationale des Ponts et Chaussées, de Paris, França, mediante sua equipe elaborou um programa de pesquisa intitulado “Produção e transporte de poluição em período chuvoso do esgoto combinado” que foi iniciado em 1994 e desenvolvido desde então na área de controle experimental, que abrangia o bairro de “Le Marais”. O programa possuía dois objetivos:

- Caracterizar o transporte de poluição durante os eventos de chuva;
- Avaliação da contribuição na poluição no sistema combinado de áreas como telhados, ruas, pátios, e a contribuição dos sedimentos na tubulação da rede, e dos esgotos;

Estes objetivos foram determinados a fim de fornecer informações de modo a possibilitar a escolha da melhor forma de tratamento das águas coletadas, servidas ou não, e prevenir contaminação. O programa de estudo visando o atendimento dos objetivos desenvolveu formas distintas de coleta de amostras para identificação das origens dos poluentes.

O resultado deste programa foi a publicação de uma série de artigos:

- Origins and Characteristics of Urban Wet Weather Pollution in Combined Sewer Systems, publicado em 1998.
- The Quality Of Street Cleaning Waters: Comparison with Dry and Wet Weather Flows in a Parisian Combined Sewer System, publicado em 2000.

- Production and transport of urban wet sewer systems: the “Le Marais” experimental urban catchment in Paris, publicado em 2001.

A região metropolitana de Paris possui população de 9.060.000 habitantes. As informações climatológicas, mostradas nas figuras 5.3 e 5.4, são baseadas na média mensal de 30 anos para o período de 1971 a 2000, fornecidas pelo sítio da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Onde se pode perceber que o clima da cidade possui temperaturas amenas com máximas entre os meses de maio e setembro, sendo que as maiores precipitações estão entre os meses de fevereiro e julho.

Figura 5.3 Temperaturas máximas, mínimas, médias em °C.
Fonte: OMM, 2004.

Figura 5.4 Média mensal de precipitação da cidade de Paris.
Fonte: OMM, 2004.

A área de controle experimental, que abrangia o bairro de “Le Marais”, possui inúmeros pequenos estabelecimentos e praticamente nenhuma indústria, sua área, é de 42ha (420.000m²), é densamente povoada, 295hab/ha (0,0295hab/m²). Possui 54,4% da superfície coberta por telhados, ruas 22,4% e 23% restantes estão divididos entre pátios, jardins e praças. A área, portanto, está com 90% de impermeabilização e possui inclinação média de 0,84%. O coeficiente de escoamento superficial é por volta de 0,78. A rede coletora de esgoto está bem ramificada e é combinada com a rede coletora de águas pluviais. As bocas de lobo não possuem nenhum sistema de separação de sólidos (grades ou telas ou outras). A localização dos pontos onde foram coletadas, em cada artigo, as amostras na bacia estão ilustradas nas figuras 5.5, 5.6 e 5.7.

Figura 5.5 Mapa da área de controle de “Le Marais” e localização dos pontos de estudo do artigo “Origins and Characteristics of Urban Wet Weather Pollution in Combined Sewer Systems” (GROMAIRE et al., 1998) e do artigo “Production and transport of urban wet sewer systems: the “Le Marais” experimental urban catchment in Paris” (GROMAIRE et al., 2001).

Figura 5.6 Mapa da área de controle de “Le Marais” e localização dos pontos de estudo publicado no artigo “The Quality Of Street Cleaning Waters: Comparison with Dry and Wet Weather Flows in a Parisian Combined Sewer System” (GROMAIRE et al., 2000).

No artigo “Production and transport of urban wet sewer systems: the “Le Marais” experimental urban catchment in Paris” (GROMAIRE et al., 2001) os autores consideraram que as sarjetas são varridas diariamente e as ruas são lavadas cinco vezes por semana com jato de água pressurizado. Na maioria das ruas, o aspirador de pó era passado todos os dias com exceção dos fins de semanas. Este estudo foi

realizado entre maio e outubro de 1996. Os parâmetros analisados foram sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos (SS), DQO, DBO₅.

No artigo “The Quality Of Street Cleaning Waters: Comparison with Dry and Wet Weather Flows in a Parisian Combined Sewer System” (GROMAIRE et al., 2000) os autores consideraram apenas dois procedimentos de limpeza, usando vassoura e jato de água. O sistema de limpeza usando vassouras consistia em varrer as sarjetas, diariamente entre 6 e 12 da manhã e o sistema de limpeza usando jato de água consistia em lavar com jatos de água pressurizada de 2 a 5 vezes por semana, toda a calçada, a sarjeta e meia faixa da rua. O jato utilizado possuía pressão de 1.500 kPa, sua vazão variava de $2,2 \times 10^{-3}$ a $4,2 \times 10^{-3}$ m³/s e velocidade permanecia dentro da faixa de 1 a 2,22 m/s. A água utilizada para a limpeza não era potável e possuía as seguintes características:

SS = 22 mg/ℓ

DQO = 12 mg/ℓ

DBO = 2 mg/ℓ

A limpeza das ruas com jatos de água nunca foi realizada com temperatura inferior a 1°C. Este estudo foi realizado entre maio de 1996 e outubro de 1997. Os parâmetros analisados foram Sólidos Suspensos Voláteis totais (SSV), Sólidos Suspensos totais (SS), DQO, DBO₅, Cd, Cu, Pb, Zn.

No artigo “Production and transport of urban wet sewer systems: the “Le Marais” experimental urban catchment in Paris” (GROMAIRE et al., 2001), foram estudados os poluentes: sólidos suspensos (SS); os sólidos suspensos voláteis (SSV), DQO e DBO₅; metais pesados (Cd, Cu, Pb, Zn).

5.1.3 Grupo Australiano

Este grupo é composto pelos artigos:

- Contaminant Flows in Urban Residential Water Systems (GRAY et al., 2002);
- Figtree Place: A Case Study in Water Sensitive Urban Development – WSUD (COOMBES et al., 2000);
- Water Sensitive Urban Redevelopment: The “Figtree Place” Experiment (COOMBES et al., 1999);
- Rainwater Quality From Roofs, Tanks And Hot Water Systems at Figtree Place (COOMBES et al., 2000);
- Design, Monitoring and Performance of The Water Sensitive Urban Redevelopment at Figtree Place in Newcastle (COOMBES et al., 1999);

5.1.3.1 “Contaminant Flows in Urban Residential Water Systems” (GRAY et al., 2002)

Este artigo foi elaborado pelos australianos S.R. Gray e N. S. C. Becker do setor de terra e água do CSIRO, Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization, Molecular Science de Vitória, Austrália e publicado em 2002.

O propósito dos autores nesta pesquisa foi a identificação de sistemas de água que possuam impactos ambientais mais baixos bem como seus custos de tratamento e manutenção. Foi analisado o equilíbrio, nas águas e efluentes, de 12 poluentes, DBO₅, DQO, sólidos suspensos (SS), Nitrogênio Total (NT), Amônia (NH₄), Fósforo Total (PT), Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP), óleos e graxas (OG), Cobre (Cu), zinco (Zn), Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb), em um

sistema de água residencial urbano. A área de controle estava localizada na região de “Ellenbrook”, um bairro suburbano da cidade de Perth, na Austrália.

A cidade de Perth é a capital do estado de Western Austrália (WA) um dos maiores estados australianos. Perth fica localizada na costa sudoeste da Austrália, latitude 31°, 57' S, longitude 115° 51' E como pode ser observado na figura 5.7. Sua população é de 1.341.900 habitantes (total do Estado: 1.877.534). A cidade é cortada pelo rio Swan e está a poucos quilômetros das praias banhadas pelo Oceano Índico. Há desenvolvimento industrial na região, contudo, ela ainda se mantém pouco degradada.

Figura 5.7 Localização da cidade de Perth e do estado de Western Austrália.

As informações climatológicas, mostradas nas figuras 5.9 e 5.10, são baseadas na média mensal de 141 anos para o período de 1862 a 2002, fornecidas pelo sitio da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Nos quais se pode perceber que o clima da cidade é temperado, sendo que as maiores precipitações estão entre os meses fevereiro e julho.

Figura 5.8 Temperaturas médias mensais da cidade de Perth.
Fonte: OMM, 2004.

Figura 5.9 Precipitações médias em mm da cidade de Perth.
Fonte: OMM, 2004.

O estudo foi publicado em julho de 2002 e realizado nos últimos 20 anos. O projeto pesquisou a origem dos contaminantes dos escoamentos superficiais e caracterização dos efluentes gerados pelos usos domésticos da água. O artigo apresenta fluxogramas das cargas/hora/ano dos contaminantes de águas cinzas (águas das cozinhas, banhos e lavanderias), águas negras (águas das bacias) e escoamentos superficiais, contudo para efeito deste estudo será apenas mostrado a

metodologia e os dados apresentados relacionados com águas de chuvas e escoamentos superficiais.

Em agosto de 1995 a câmara de vereadores de Newcastle aprovou um plano para a administração ambiental, chamado “Programa Construindo uma Cidade Melhor” que visava o desenvolvimento urbano ecologicamente sustentável. Elaborou – se então um projeto piloto cuja área de controle, chamava – se “Figtree Place”, que iria ocupar parte de uma antiga estação de bondes elétricos nos anos de 1900 e mais recentemente se transformou na rodoviária Hamilton, localizada no centro metropolitano. “Figtree Place” ocupa uma área de 0,6ha (6.000m²), da rodoviária, onde se construiu um condomínio de 27 residências dotadas de rede de distribuição de água de chuva para abastecimento dos usos não potáveis e de água quente.

Este projeto foi coordenado pelos pesquisadores australianos do Departamento de Engenharia Civil, Pesquisa Ambiental da “University of Newcastle”, e do Centro de Recursos de Hídricos Urbanos da Escola de Engenharia da “University of South Austrália” e sua aprovação e fiscalização era feita por um comitê de direção formado por representantes das agências australianas:

- Hunter Water Corporation (HWC),
- Hunter Area Health (HAH),
- Environmental Protection Authority (EPA),
- Department of Urban Affairs and Planning (DUAP) e
- Newcastle City Council (NCC), câmara de vereadores de Newcastle.

Como resultado da iniciativa municipal decorreram a publicação dos artigos:

- Figtree Place: A Case Study in Water Sensitive Urban Development – WSUD (COOMBES et al., 2000);
- Water Sensitive Urban Redevelopment: The “Figtree Place” Experiment (COOMBES et al., 1999);
- Rainwater Quality From Roofs, Tanks And Hot Water Systems at Figtree Place (COOMBES et al., 2000);
- Design, Monitoring and Performance of The Water Sensitive Urban Redevelopment at Figtree Place in Newcastle (COOMBES et al., 1999);

A cidade de Newcastle, uma das maiores cidades costeiras da Austrália, está a 160km ao norte de Sydney, com população de 140.000 habitantes. Sendo esta, população, da região de Newcastle, é a maior concentração urbana na Austrália após as cinco maiores capitais do país. A figura 5.8 mostra a localização da cidade no país.

As informações climatológicas, mostradas nas figuras 5.11 e 5.12, são baseadas na média mensal de 141 anos para o período de 1862 a 2002, fornecidas pelo sitio da Organização Meteorológica Mundial (OMM), nos quais se pode perceber que o clima da cidade é temperado, sendo que as maiores precipitações estão entre os meses fevereiro e julho.

Figura 5.10 Gráfico de média diárias de temperaturas da cidade de Newcastle apresentando curvas dos dias de temperaturas máximas, médias e mínimas de cada mês em °C.

Fonte: OMM, 2004.

Figura 5.11 Gráfico de média pluviométrica mensal da cidade de Newcastle.

Fonte: OMM, 2004.

Os parâmetros estudados foram:

- Físico-Químicos: Sólidos suspensos totais (SS), Sólidos dissolvidos totais (SD), Cloreto, Ferro, Chumbo, pH, Sulfato, NH_3 , NO_3 , NO_2 ;

- Microbiológicos: Coliformes Totais (CT), Coliformes Termotolerantes (CF), Contagem de bactérias Heterotróficas (CBH), Espécies de *Pseudomonas* (EP).

5.1.4 Grupo Brasileiro

Este grupo é composto pela dissertação de mestrado intitulada “Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações” defendida em junho 2004 (May, 2004).

Esta foi resultado da pesquisa executada pela orientada, Simone May, do professor orientador associado Racine Tadeu Araújo Prado.

O propósito da pesquisadora foi o de analisar a viabilidade, em edificações, do uso da água de chuva para fins não potáveis. A dissertação, foi realizada na Universidade de São Paulo no Campus da Cidade Universitária, localizado na cidade de São Paulo, e apresenta a caracterização da água escoada no telhado do edifício do Centro de Técnicas de Construção Civil – CTCC da Escola Politécnica. Este localiza – se em local arborizado, próximo à marginal do rio Pinheiros, uma das avenidas mais movimentadas de São Paulo.

A cidade de São Paulo, capital do estado de São Paulo, além de ser um dos maiores centros financeiros, industriais e culturais do país, segundo estimava do IBGE em 2004, possui população 10.838.581 habitantes, área da unidade territorial 1.523 km² e frota, em 2003, de 4.382.907 de veículos. A fim de melhor comparação das informações climatológicas, também são apresentadas aqui as fornecidas pelo sítio da Organização Meteorológica Mundial (OMM) que estão ilustradas nas figuras 5.14 e 5.15, nos quais se pode perceber que o clima da

cidade é possui amplitude térmica ordem de 20°C com mínimas entre os meses maio e setembro, seus meses com maiores precipitações estão entre fevereiro e junho.

Figura 5.12 Gráfico de média diárias de temperaturas da cidade de São Paulo apresentando curvas dos dias de temperaturas máximas, médias e mínimas de cada mês em °C.

Fonte: OMM, 2004.

A coleta de amostras do estudo foi realizada entre novembro de 2003 e março de 2004, período chuvoso na cidade de São Paulo evidenciado na figura 5.13.

Figura 5.13 Gráfico de média pluviométrica mensal da cidade de São Paulo.

Fonte: OMM, 2004.

Os parâmetros analisados foram Sólidos totais (ST), Sólidos totais fixos (STF), Sólidos totais voláteis (STV), sólidos suspensos fixos (SSF), sólidos dissolvidos

fixos (SDF), sólidos dissolvidos voláteis (SDV), sólidos suspensos (SS), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos dissolvidos totais (SDT), DBO₅, DQO, demanda de oxigênio (OD), Nitratos (NO₃), Nitritos (NO₂), Ferro (Fe) pH, cloreto, Cálcio (Ca), Sulfato, Cor, Turbidez, Alcalinidade, Condutividade, Dureza, Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Fluoretos, Coliformes Totais (CT), Coliformes Termotolerantes (CF), *Clostrídio Sulfito – Redor*, *Enterococos* e *Pseudomonas Aeruginosas*.

5.2 METODOLOGIA UTILIZADA PELOS PESQUISADORES

5.2.1 Grupo Coreano

No artigo, “Characterization of Urban Stormwater Runoff” (LEE, 2000), foram coletadas amostras de água de chuva em diversas bacias com vários tipos e níveis de ocupação, densidades populacionais, declividades e sistemas coletores de esgoto e drenagem, conforme é mostrado na tabela 5.1. Estas, amostras, foram coletadas durante os eventos de chuva em intervalos de 5 a 10min para vazões crescentes e em intervalos de 1 a 2h em vazões decrescentes.

TABELA 5.1 – Caracterização das bacias estudadas

Bacia	Tipo de Ocupação	Densidade	Densidade (hab/ha)	Área Drenada (ha)	Área Impermeável (%)	Sistemas Coletores de Esgoto e Drenagem	Declividade (%)
BBW	Residencial e comercial	Alta	103	74,4	75	Combinado	1,7
YMW	Residencial	Alta	85	230,0	68	Combinado	1,0
GYW	Residencial	Baixa	75	557,9	52	Combinado	3,6
MSW	Residencial e comercial	Alta	142	86,5	62	Combinado	3,2
YJW	Em desenvolvimento	–	6	348,0	5	Nenhum	5,2
CICW – 1	Complexo industrial	–	–	650,0	65	Combinado	1,3
CICW – 2	Indústrias de cerâmica	–	–	10,5	90	Separado	0,9
CICW – 3	Indústrias alimentícia	–	–	6,0	74	Separado	3,4
CICW – 4	Indústrias eletrônica	–	–	1,5	70	Separado	3,8

Fonte: LEE et al., 2000.

5.2.2 Grupo Francês

5.2.2.1 Artigo: *“Origins and Characteristics of Urban Wet Weather Pollution in Combined Sewer Systems” (GROMAIRE et al., 1998)*

Neste estudo, que foi realizado pelos pesquisadores M. C. Gromaire, S. Garnaud, G. Chebbo, e M. Saad do CEREVE, a bacia foi dividida em sete grupos que apresentavam ruas com características semelhantes largura transversal, comprimento, tráfego, tipo de ocupação, inclinação e recobrimento. Também foram estudadas três ruas que não se enquadravam em nenhum dos sete grupos. Os pontos de coleta de amostras do escoamento superficial das ruas e calçadas foram, nas bocas de lobo, escolhidas estatisticamente e estrategicamente, de modo que cada uma das quatro bocas de lobo coletasse amostras de duas ruas que pertencessem a grupos diferentes. As bocas de lobo eram equipadas com dispositivos, ilustrados na figura 5.15, que permitiam:

- A separação e canalização da água coletada de cada lado da boca de lobo;
- Remover sólidos grosseiros;
- Medir a vazão e pesar as amostras;
- Medir a condutividade;
- Coletar amostras de duas formas, uma em 24 garrafas de 1 litro para estabelecer o gráfico de poluentes e outra em recipiente de 25 litros para medir a distribuição da velocidade ao longo do evento.

Figura 5.14 Mecanismo de coleta de amostras.

Fonte: GROMAIRE et al., 1998.

Os coletores de amostras eram controlados pelo medidor de vazão e pelo condutivímetro sendo que as amostras só eram coletadas quando as vazões possuísem condutividade, medida na boca de lobo, inferior a $450\mu\text{s}/\text{cm}$, e seus volumes eram proporcionais a vazão do evento.

Os pontos de coleta de amostras do escoamento sobre a superfície dos telhados foram escolhidos a fim que representasse os tipos de coberturas de telhados da área de controle. Foram quatro os tipos de telhas: cerâmica, zinco, ardósia e industrial. As amostras foram armazenadas em reservatórios de 100ℓ.

Três pátios também foram estudados e foram providos de coletores de amostras automáticos. Um dos pátios era pavimentado com pedras, outro com concreto e possuía algumas árvores e outro o pavimento era completamente permeável possuindo partes com britas outras gramadas.

A saída da bacia da rede coletora foi o ponto escolhido para monitorar as vazões da rede. Foi utilizado, para o monitoramento, um aparelho de ultra – som e sensor de pressão que permitiu medir a cada 2min, vazões, velocidades de fluxos horizontais e níveis. As amostras do fluxo eram coletadas por dois coletores automáticos interligados com o medidor de vazão a fim que só se iniciasse a coleta quando o nível máximo em períodos de seca fosse ultrapassado. Um dos coletores continha 24 recipientes, de 2,8ℓ cada, usados para estabelecer o gráfico de poluentes. O outro possuía um recipiente de 70ℓ utilizado para medir e estabelecer a curva de distribuição da velocidade.

As precipitações dos eventos de chuva foram medidas por dois pluviômetros de caçamba basculantes. Em cada ponto de estudo foram realizadas medições. Na tabela 5.2 são apresentados os parâmetros medidos e calculados.

TABELA 5.2 – Parâmetros medidos e calculados nos pontos em estudo.

	Telhados	Pátios	Ruas	Saída da rede
Média de concentração	Medido	Medido	Medido	Medido
Hidrograma	Calculado	Calculado	Medido	Medido
Polutograma	Não	Não	Medido	Medido
Vazão	Calculado	Calculado	Medido	Medido
Distribuição da velocidade	Não	Não	Medido	Medido

Fonte: GROMAIRE et al., 1998.

5.2.2.2 *Artigo: The Quality Of Street Cleaning Waters: Comparison with Dry and Wet Weather Flows in a Parisian Combined Sewer System (GROMAIRE et al., 2000)*

Este estudo foi realizado pelos pesquisadores franceses, M.C. Gromaire, S. Garnaud, G. Chebbo e M. Ahyerre, do CEREVE, no qual foram analisadas quatro ruas cujas características são apresentadas na tabela 5.3.

TABELA 5.3 – Características das ruas analisadas no estudo.

Rua	Nº de pistas	Estacionamento	Tráfico	Asfalto	Estabelecimentos comerciais	Área de drenagem (m²)
St Antoine	3	Não	Pesado	Bom	Inúmeros	1700
Turenne (rua fora da área de controle)	2	Sim	Médio	Bom	Poucos	1017
Duval	1	Sim	Baixo	Ruim	Poucos	160
Rosiers	1	Não	Médio	Bom	Inúmeros	186

Fonte: GROMAIRE et al., 2000.

Foram coletadas amostras da água do escoamento superficial devido à limpeza das ruas, com jatos de água, durante período seco. Este procedimento foi repetido durante 6 dias diferentes no mês de fevereiro de 1998. Foram coletadas amostras de 20 eventos de chuva entre maio de 1996 e outubro de 1997. O sistema de monitoramento utilizado foi o mesmo utilizado no artigo anterior.

As vazões da rede coletora foram medidas em períodos de seca e foram monitoradas à saída da área de controle usando o medidor que foi o mesmo utilizado no artigo anteriormente citado. A parte experimental do estudo do período seco foi dividida em duas etapas uma em janeiro de 1997 e outra em março de 1997. Durante todos estes dias, as amostras foram coletadas de hora em hora, usando um coletor de amostras automático de amostras que tardava 6

minutos na coleta, e analisadas. A etapa de março representa a situação normal na área controle, quanto à limpeza, e a de janeiro retrata a área de controle quando não há limpeza, com jatos de água, das ruas com temperaturas menores que 1°C.

Também foi monitorada a vazão da rede de coleta em tempo seco durante duas manhãs, das 9 às 12 da manhã, período que corresponde ao momento em que as ruas da subárea, a montante, são lavadas e a vazão dos efluentes domésticos é máxima, na saída da *subárea de controle*, que possui 5,8ha, situados a montante, cujo nome é "Vieille du Temple". As amostras coletadas em 22/06/98 representam da situação normal na subárea de controle. O segundo dia, 18/11/98, representa um dia típico quando não se lavam as ruas. O coletor de amostras automático, neste experimento, estava com intervalo de coleta fixo em 1 minuto.

Neste estudo, foi executada uma experiência para avaliar a carga de máxima poluente depositada na rua disponível ao escoamento superficial da água. Esta experiência foi executada em cada uma das ruas estudadas e foi realizada após um período de 4 a 5 dias sem chuva e consistiu em *limpeza intensiva* de uma área, com cinco metros de comprimento de calçada, sarjeta, e meia faixa da rua, com vassoura e jato de água, sendo que levou-se, aproximadamente, 4min para limpar um comprimento de 1m de área, sabendo – se que a limpeza municipal leva só 2s/m. Mesmo assim, este procedimento de limpeza não remove 100% dos contaminantes depositados. O escoamento superficial produzido devido a esta limpeza foi encaminhado para um recipiente de 100ℓ de onde foram retiradas três amostras de 1ℓ e levadas para análise, e foi colhida mais uma amostra, também de

1ℓ, diretamente do jato de água para avaliar a concentração inicial, dos contaminantes, da água utilizada na limpeza.

5.2.2.3 *Artigo: Production and transport of urban wet sewer systems: the “Le Marais” experimental urban catchment in Paris (GROMAIRE et al., 2001)*

Este estudo foi realizado pelos mesmos pesquisadores franceses do artigo “The Quality Of Street Cleaning Waters: Comparison with Dry and Wet Weather Flows in a Parisian Combined Sewer System” e foi publicado em 2001.

Foram consideradas três fontes de poluentes: águas de escoamento superficial, esgotos e erosão dos sedimentos depositados nas tubulações da rede coletora.

A contribuição do escoamento superficial foi mensurada experimentalmente nos diversos telhados, ruas e pátios já anteriormente estudados na área de controle utilizando a mesma metodologia e equipamentos. As cargas totais dos períodos úmido e seco foram medidas da mesma forma na saída da área de controle.

A rede coletora da área experimental é composta por três coletores troncos com inclinação de menos de 0,1% e em torno de 50 ramais coletores com inclinação média de 0,8%.

A contribuição das diferentes fontes de poluição foram calculadas da mesma forma que no artigo “Origins and Characteristics of Urban Wet Weather Pollution in Combined Sewer Systems”, item 5.2.2.1.

A classe e as características dos diferentes tipos de sedimentos foram encontrados em todo o sistema de coleta (AHYERRE, 1999). Os tipos de sedimentos encontrados foram:

- Tipo A: sedimentos removíveis com pá, depositados primariamente nos coletores troncos, foi medido o volume e a massa depositada, composto principalmente por partículas inorgânicas;
- Biofilme: sedimentos removidos com espátula, depositados principalmente a montante dos três coletores troncos;
- Camada orgânica: sedimentos removíveis com aspirador, caixa de amostragem, depositado na interface água – leito a montante do coletor de “Vielle du Temple” onde a velocidade no período de seca é menor e a tensão é menor que $0,1 \text{ N/m}^2$.

As análises das amostras foram executadas imediatamente após os eventos de chuvas.

5.2.3 Grupo Australiano

5.2.3.1 Artigo: *Contaminant flows in urban residential water systems* (GRAY et al., 2002)

Os autores determinam o balanço de massa de poluentes na água baseando – se nos dados de fluxos obtidos de um balanço de águas que já havia sido executado pela CSIRO, Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization, de onde foram calculando as cargas e concentrações de cada fonte.

O fluxo de poluentes foi baseado na demanda diária de água e suas características e nos dados de chuva de um período de 20 anos da cidade de Perth. O balanço do fluxo de água assumiu que o desenvolvimento residencial de Ellenbrook era semelhante ao de Perth. Foi considerado que cada casa tinha uma ocupação de 2,5 pessoas e a densidade de residências era 15 casas/ha.

A natureza arenosa do solo de Perth justifica o fato de haver um pequeno escoamento superficial nos jardins.

5.2.3.2 Projeto piloto “Figtree Place”

Os artigos “Figtree Place: A Case Study in Water Sensitive Urban Development – WSUD” (COOMBES et al., 2000), “Rainwater Quality From Roofs, Tanks And Hot Water Systems at Figtree Place” (COOMBES et al., 2000), e “Design, Monitoring and Performance of The Water Sensitive Urban Redevelopment at Figtree Place in Newcastle” (COOMBES et al., 1999), utilizaram os mesmo pontos e a mesma metodologia de coleta de amostras.

A pesquisa apresenta os desenhos esquemáticos dos elementos concebidos e dimensionados para o sistema de drenagem das águas de chuvas, com retorno de 50 anos, para fins não potáveis de “Figtree Place”, conforme as figuras 5.16 e 5.17.

COMPONENTES DO SISTEMA DE ÁGUA DE CHUVA DO PROJETO FIGTREE PLACE

Figura 5.15 Concepção detalhada dos elementos que compõe o sistema de água de chuva.

Fonte: COOMBES et al., 1999.

Figura 5.16 Planta de localização dos elementos que compõe o sistema de água de chuva.

Fonte: COOMBES et al., 1999.

Os autores ao planejarem o sistema e seus componentes propuseram que a caixa de passagem que antecede o reservatório de tal forma que removesse sólidos

grosseiros, infiltrasse a água dos primeiros escoamentos e coletasse amostras de água.

Propuseram que os reservatórios de água de chuva fossem reservatórios de concreto subterrâneos retangulares com volume entre 10 e 20 m³.

Todo o escoamento superficial de área pavimentada, inclusive, calçadas e acessos às garagens, das edificações e áreas comuns seria enviado à bacia de recarga gramada na área central do empreendimento, a qual possui área de 250m² que revestem uma camada de 750 mm de espessura de pedregulho envoltos em geotêxtil. Uma bomba submersa em um poço com profundidade de 10m que abastece de água subterrânea o sistema de irrigação e lavagem de ônibus para a recarga de água subterrânea para posterior utilização.

O sistema de coleta de amostras da pesquisa foi planejado para ser automático nas caixas de passagem e manuais nos reservatórios e telhados. Os sensores de pressão foram utilizados para controlar os níveis d'água nas caixas de passagem, nos reservatórios e no poço de coleta de água subterrânea. Os sistemas de monitoramento da qualidade da água mediam: a temperatura, pH, OD, condutividade, turbidez e salinidade nos reservatórios.

O sistema de água quente é também abastecido com a água de chuva e portanto por haver a possibilidade de ingestão. Embora tenha sido feita a sinalização para não ingestão, foi considerado essencial seu monitoramento.

Embora a água de chuva coletada nos tanques mostrou contaminação bacteriana, a mesma água de chuva usada nos sistemas de água quente em temperaturas entre

55°C e 63°C se apresentaram em conformidade com as diretrizes australianas (COOMBES et al., 1999 apud NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL, 1996). Estes dados foram considerados promissores e com qualidade de água aceitável, segundo as agências governamentais de fiscalização ambiental e saúde pública responsáveis pela aprovação do projeto piloto sobre o uso de água de chuva em sistemas de água quente no “Figtree Place”.

O artigo cita estudos, realizados por outros pesquisadores, que mostram a eficiência, da eliminação de contaminação por *Cryptosporidium*, da manutenção da água aquecida, durante 2min, à temperatura de 60°C, e durante 20min, à temperatura de 45°C. Os *Coliformes Termotolerantes* são eliminados quando é aquecido a 65°C ou quando a água está sujeita à temperatura máxima de 55°C em período maior que 7h.

A capacidade e modo operacional do sistema de água quente eram insuficientes para manter o suprimento de água quente dentro de uma gama de temperatura que assegurasse a descontaminação bacteriana em concomitância com as diretrizes.

A eficácia de sistemas de água quente para pasteurizar água de chuva depende da sua temperatura e do tempo de duração. A Figura 5.18 exibe temperaturas de água medidas no período de uma semana para dois sistemas elétricos de água quentes capacidade de reservação de 125ℓ e 250ℓ e padrões de uso diferentes. Estes resultados são típicos do longo monitoramento do desempenho do sistema de água quente.

Figura 5.17 Média semanal das temperaturas dos dois sistemas de água quente do projeto Figtree.

Fonte: COOMBES et al., 1999

5.2.4 Grupo Brasileiro

Neste grupo a pesquisadora, Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações (MAY, 2004), define os pontos de coleta de amostras do escoamento superficial do telhado, conforme figura 5.19, de forma estratégica a fim de manter, as mesmas características, quanto aos possíveis poluentes acumulados na superfície, para tanto a coleta das amostras foi realizada em apenas uma das superfícies da cobertura do edifício. A pesquisadora dividiu a área de controle do telhado ao meio, 82m² cada uma, onde a água que escoar em uma das metades era descartada contudo antes do descarte eram recolhidas as amostras por um coletor automático, no condutor vertical, sem qualquer tipo de tratamento.

Figura 5.18 Esquema do projeto de coleta de amostras e uso da água de chuva do estudo.

Fonte: MAY, 2004.

O coletor automático era dotado de:

- sistema de refrigeração que mantinha as amostras entre 5 e 15°C;
- Peneira, visando a não obstrução por partículas grosseiras;
- Sensor de chuva;
- Sensor de nível dos frascos das amostras;
- Sistema de programação para coleta de amostras;

O escoamento superficial da outra metade da superfície da cobertura passa por um gradeamento, denominado pela pesquisadora de filtro VF1, ilustrado na figura 5.20, para remoção de partículas sólidas grosseiras, em seguida, era armazenada em reservatórios dispostos em série.

Figura 5.19 Filtro VF1 do estudo.
Fonte: MAY, 2004.

5.3 RESULTADOS OBTIDOS

5.3.1 Grupo coreano

No artigo “Characterization of Urban Stormwater Runoff” (LEE et al. 2000), após a determinação do hidrograma, os autores, puderam combinar os valores medidos das concentrações de cada poluente, nas respectivas vazões, obtendo assim os polutogramas.

Embora os autores não apresentarem os dados obtidos, observam que nas bacias residenciais densamente ocupadas e as que possuem uma densidade menor perceberam que as concentrações de sólidos suspensos e fenóis se mantêm constantes e que a de DQO é significativamente maior que na região mais densamente ocupada. Concluem que em bacias de áreas menores que 100ha que

estão impermeabilizadas em mais de 80% de sua totalidade os picos das concentrações de poluentes ocorrem antes dos picos de vazões. Em bacias com áreas maiores que 100ha e com impermeabilização menor que 50%, os picos de poluentes ocorreram após os picos de vazões.

As figuras 5.20, 5.21, 5.22 e 5.23 ilustram alguns dos polutogramas obtidos da combinação dos dados pluviométricos e qualitativos das chuvas.

Figura 5.20 Chuva de 8,5 horas na bacia MSW, região residencial e comercial de alta densidade, de 33,1mm em 15 de julho de 1995

Fonte: LEE et al. 2000.

Figura 5.21 Chuva de 8,0 horas na bacia GYW, região residencial de baixa densidade, de 7,0 mm em 29 de junho de 1996

Fonte: LEE et al. 2000.

Figura 5.22 Chuva de 7,8 horas na bacia CICW – 3, região de indústria alimentícia, de 28,1 mm em 11 de julho de 1997

Fonte: LEE et al. 2000.

Figura 5.23 Chuva de 7,8 horas na bacia CICW – 1, complexo industrial, de 33,1 mm em 11 de julho de 1997
Fonte: LEE et al. 2000.

A tabela 5.4 apresenta a faixa de concentrações dos poluentes encontrada pelos pesquisadores nas duas bacias estritamente residenciais, nas duas residenciais e comerciais e na bacia em desenvolvimento.

TABELA 5.4 – Variação de valores encontrados nas áreas residenciais – Taejon e Chongju, Coreia do Sul.

Parâmetro	Unidade	Valores Mínimos	Valores Máximos
DBO ₅	mg/l	12	254
DQO	mg/l	21	1.455
SS	mg/l	13	2.796
NO ₃	mg/l	0,01	4,31
NTK	mg/l	0,1	35,2
PO ₄	mg/l	0,89	21,05
PT	mg/l	2,4	22,4
Fenóis	mg/l	2,0	1.965
Pb	mg/l	0,002	0,89
Fe	mg/l	0,1	22,9

Fonte: LEE et al., 2000.

A tabela 5.5 apresenta a faixa concentrações dos poluentes encontrados nas quatro bacias industriais.

TABELA 5.5 – Variação de valores encontrados nas áreas média – Taejon e Chongju, Coréia do Sul.

Parâmetro	Unidade	Valores Mínimos	Valores Máximos
DBO ₅	mg/l	6	324
DQO	mg/l	10	810,3
SS	mg/l	3	530
NO ₃	mg/l	0,01	5,43
NTK	mg/l	0,04	47,2
PO ₄	mg/l	0,09	7,02
PT	mg/l	0,1	10,1
Pb	mg/l	0,004	0,891
Fenóis	mg/l	1,0	825,8

Fonte: LEE et al., 2000.

A tabela 5.6 apresenta as concentrações médias dos poluentes encontradas nos períodos secos e úmidos em todas as bacias estudadas.

TABELA 5.6 – Concentração de poluente por evento do estudo – Taejon e Chongju, Coréia do Sul.

Bacia	BBW		YMW		GYW		YJW		MSW		CCW – 1	CCW – 2	CCW – 3	CCW – 4
Parâmetro	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido
DBO5	52,80	129,7	50,30	85,60	87,30	122,10	44,50	23,70	75,3	77,00	97,20	39,30	81,50	33,70
DQO	190,60	368,7	142,50	163,00	233,70	278,40	44,80	50,00	125,0	260,10	291,20	173,90	223,5	118,50
SS	53,30	655,5	56,90	73,50	105,60	557,20	15,40	365,50	49,10	1.021,30	221,00	114,10	99,00	215,70
NO3	0,14	2,85	0,07	0,50	0,32	0,56	0,40	6,05	0,64	0,90	1,38	2,09	0,69	1,15
NTK	11,30	13,80	23,90	11,60	4,70	12,30	2,50	1,40	14,00	8,80	9,20	3,70	3,40	2,40
PO4	0,93	3,97	1,27	6,44	2,39	5,86	2,00	1,35	3,31	2,05	1,73	1,73	1,79	0,70
PT	5,60	8,30	5,70	7,80	2,70	10,20	4,40	5,50	7,80	7,70	5,00	4,00	3,90	1,20
Fenóis	26,20	216,2	91,20	228,00	150,30	470,30	28,20	224,10	51,60	346,70	233,60	153,50	108,1	84,70
Pb	0,22	0,09	0,23	0,01	–	0,04	0,04	0,24	0,15	0,49	0,15	0,08	0,26	0,22
Fe	–	1,19	0,01	0,21	–	0,66	0,29	0,56	1,28	12,78	–	–	–	–

Fonte: LEE et al., 2000.

5.3.2 Grupo Francês

5.3.2.1 Artigo: “Origins and Characteristics of Urban Wet Weather Pollution in Combined Sewer Systems” (GROMAIRE et al., 1998)

Os autores apresentam, no artigo, os dados dos efluentes domésticos, separados dos dados de água de chuva, que passam na saída da rede coletora da bacia.

Os eventos de chuva estudados foram definidos como sendo os que apresentassem precipitações mínimas de 1mm e separadas de, 30 minutos no mínimo, de outros eventos. Foram caracterizados 22 eventos entre maio e outubro de 1996 e seus dados estão representados na tabela 5.7.

TABELA 5.7 – Características dos eventos de chuva – Paris, França.

Características	Unidade	Mínimo	Máximo	Média
Precipitação	mm	2,00	14,60	5,60
Intensidade média	mm/h	1,40	42,00	4,70
Intensidade máxima *	mm/h	2,70	180,00	21,20
Duração	h	00:10	07:30	00:45
Intervalo entre chuvas	dias	0,03	30,00	0,90

* foi calculado o intervalo entre dois eventos sucessivos típicos.

Fonte: GROMAIRE et al., 1998.

Em média, os autores coletaram as amostras nestes eventos nas saídas da rede, nas ruas, nos pátios, e nos telhados. A tabela 5.8 mostra quantos eventos foram estudados em cada local.

TABELA 5.8 – Número de eventos estudados em cada ponto de coleta de amostra – Paris, França.

Escoamento em	Tipo	Número
Telhado	Telhas industriais	18
	Telhas de cerâmica	15
	Telhas de zinco	18
	Telhas de ardósia	18
Pátios	Concreto	3
	Pedra	4
	Gramma	5
Rua	1	20
	2	9
	3	6
Saída da rede coletora		21

Fonte: GROMAIRE et al., 1998.

A respeito das concentrações, os autores observam que em todos os tipos de escoamento superficial dos eventos estudados foram encontradas DBO₅ muito baixas. Contudo, as concentrações de SS e DQO variam muito de um evento para outro e a porcentagem de SSV varia entre 12 a 70%. Foi admitida como maior contribuinte à poluição da água a superfície de escoamento.

A água que escoar sobre o telhado, em geral, possuía baixas concentrações de poluentes, mas para alguns eventos a concentração ultrapassou 200mg/ℓ de SS e 198mg/ℓ de DQO. Foi estabelecida uma boa relação linear entre os sólidos suspensos e as características dos eventos, intervalos entre chuvas, intensidade média, intensidade máxima e duração. Não houve variação significativa entre as concentrações (SS, DQO, DBO₅) de um tipo de telhado e outro como pode ser comprovado ao se observar a tabela 5.9.

TABELA 5.9 – Comparação entre cargas de poluentes removidos diariamente por limpeza com jato de água e cargas nos períodos secos – Paris, França.

Escoamento em	Tipo de superfície	SS			DQO			DBO ₅			SSV		
		Mín ^a	Máx ^b	Média	Mín ^a	Máx ^b	Média	Mín ^a	Máx ^b	Média	Mín ^a	Máx ^b	Média
Telhado	Telhas industriais	7	211	56	9	120	32	3	13	5	0,98	92,84	15,68
	Telhas de cerâmica	8	75	37	15	91	38	4	22	6	2,56	49,5	15,91
	Telhas de zinco	7	131	46	9	111	49	4	31	7	2,31	77,29	19,78
	Telhas de ardósia	8	91	27	5	198	34	3	42	7	2,24	56,42	9,99
Pátios	Concreto	31	70	45	59	182	123	13	47	27	18,6	53,9	33,75
	Pedra	11	38	24	29	71	43	6	16	10	4,84	26,6	14,88
	Gramma	32	490	201	42	211	89	8	27	18	3,84	132,3	34,17
Rua	1	57	497	242	124	964	377	28	160	82	27,9	347,9	142,8
	2	41	206	78	56	171	101	16	32	24	16,8	138	43,68
	3	10	181	79	25	94	59	14	20	17	4,1	110,4	37,13
Saída		105	559	307	123	736	428	67	296	181	55,7	402,5	202,6

^a dados comuns em 90% das amostras;

^b dados comuns em 10% das amostras.

Fonte: GROMAIRE et al., 1998.

Os resultados das amostras coletadas nos pátios e ruas foram muito diferentes de um lugar para outro, dependendo do uso do solo. Os pátios gramados apresentam elevadas concentrações de SS e baixos SSV. Há diferença nas concentrações encontradas nas amostras coletadas nos pátios pavimentados com concreto ou pedras. Segundo os autores este fato se deve à presença de árvores, pássaros e de diferentes práticas de limpeza.

Os resultados das amostras coletadas nas ruas 2 e 3 foram semelhantes. A rua 1 apresentou resultados extremamente altos, quando comparados as duas ruas anteriores. Segundo os autores isso deve se ao fato desta rua ser muito pequena, muito movimentada e possuir muitos bares.

Os autores, ao analisarem e compararem os dados obtidos, observam que deveriam ser analisadas as concentrações na saída da área de controle nos mesmos eventos que se coletou amostras de escoamentos superficiais já que foi observado sinais de erosão de sedimentos do esgoto pelas águas pluviais.

A tabela 5.10 apresenta a distribuição entre cargas solúveis e insolúveis de DQO e DBO₅. Na saída da área de controle de 70 a 90% do total da carga está vinculada a partículas, o que se confirma com os resultados anteriores. No escoamento superficial a contribuição da fração dissolvida é muito mais importante que os acréscimos vindo das ruas, pátios e telhados. A distribuição entre frações solúveis e insolúveis foi inconstante no escoamento e a variação da fração insolúvel foi de 30 a 80% numa mesma área de um evento para outro. Os autores não encontraram explicação para estes fatos. O aumento da fração insolúvel encontrada na saída da

área de controle pode ser explicada pela erosão de sedimentos na tubulação da rede coletora.

TABELA 5.10 – Distribuição entre cargas solúveis e insolúveis de DQO e DBO₅ – Paris, França.

Tipo de superfície	% de particulado que geram DQO			% de particulado que geram DBO ₅		
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
Telhado	34	86	58	17	76	48
Pátios	38	83	56	37	82	57
Ruas	24	88	68	50	93	66
Saída da área de controle	72	92	83	71	91	82

Fonte: GROMAIRE et al., 1998.

Tendo em vista a coleta separada das amostras das águas, os autores puderam dividir em três tipos diferentes de fontes poluidoras que combinadas compõe os fluxos de poluentes no período chuvoso:

- Escoamento superficial em ruas, pátios e telhados;
- O esgoto
- Sedimentos do esgoto.

A contribuição destas fontes foi estudada em cinco eventos, cujas características estão na tabela 5.11.

TABELA 5.11 – Contribuição das diferentes origens de poluição nos cinco eventos de chuva – Paris, França.

Característica do evento de chuva				% de contribuição da carga total de SS				
Data	Hora de início	Duração (min)	I _{med} * (mm/h)	Esgoto (%)	Telhado (%)	Pátio (%)	Rua (%)	Sedimento na tubulação (%)
05/07/1996	05:00	190 + 90	4,5	28	6	5	15	47
10/08/1996	18:00	180	4,7	9	10	4	17	59
11/08/1996	17:30	13	35,3	7	10	7	10	66
12/08/1996	04:00	45	5,6	6	23	10	10	50
19/09/1996	10:30	435	1,8	37	3	3	11	45

Fonte: GROMAIRE et al., 1998.

* Intensidade média de chuva

O método usado para calcular a Massa de Poluentes no Escoamento Superficial (MPES) foi:

- Nos telhados, para cada evento estudado, foram mensuradas as concentrações em quatro telhados com superfícies conhecidas;
- Nas ruas foram mensuradas as concentrações médias de três ruas com superfícies conhecidas;
- Nos pátios, jardins e praças não havia dados para cada evento de chuva por tanto foi calculada uma média da concentração dos poluentes baseada na concentração total de todos os eventos. Os pátios, jardins e praças foram previamente caracterizados pelos autores.
- O volume de escoamento superficial foi calculado usando coeficientes teóricos. Os autores salientam que é possível que tenha havido um super dimensionamento, visto que é superior a diferença entre vazão total na saída da área de controle e a vazão calculada de esgoto.

O método usado para calcular a massa de poluentes provenientes dos sedimentos (MPS) da tubulação de esgoto foi:

$$MPS = MTP - MPES - MPE$$

Sendo que MPE é a Massa de Poluentes no Esgoto. O método utilizado para mensurar esta massa foi a coleta e análise de amostras no período seco na saída da área de controle.

MTP é a Massa Total de Poluentes, mensurada mediante a coleta e análise de amostras coletadas na saída da área de controle.

Observando os resultados dispostos na tabela 5.11 pode – se verificar que há uma significativa contribuição dos sedimentos depositados na rede coletora. Nestes cinco eventos 40 a 60% da carga de SS e DQO é proveniente dos esgotos. O escoamento superficial contribui aproximadamente com 30% da carga de SS e DQO, 20% de SSV e menos de 20% de DBO₅.

Os autores apresentam duas hipóteses para justificar os dados encontrados:

- Subestimativa da poluição oriunda do escoamento superficial;
- Que o método de avaliar a contribuição do escoamento superficial foi mediante o valor máximo; para cada tipo de escoamento a concentração máxima mensurada nas respectivas áreas foi atribuída à superfície total. Desta forma regularmente mais de 20% de SS, DQO, SSV e mais de 40% de DBO₅ encontrada eram provenientes dos esgotos.

Segundo os autores, os resultados encontrados foram semelhantes aos encontrados por outros pesquisadores, como Krejci et al em 1987 e Bachoc em 1992. A pesquisa de Krejci foi realizada em uma pequena área de controle (12,7ha) e em quatro eventos de chuva, onde segundo seus cálculos 59% dos SS são provenientes dos esgotos, 20% são provenientes dos lodos, e 39% dos sedimentos da rede coletora. Bachoc encontrou que a contribuição dos sedimentos depositados nas tubulações de esgotos variou entre 30 a 45% da carga de SS em três eventos de chuva.

5.3.2.2 *Artigo: “The Quality Of Street Cleaning Waters: Comparison with Dry and Wet Weather Flows in a Parisian Combined Sewer System” (GROMAIRE et al., 2000).*

A tabela 5.12 sumariza os valores encontrados de volumes diários e cargas de poluente nas três ruas estudadas. Os resultados são determinados por metro de comprimento de sarjeta.

Foi constatado que os volumes de água e cargas de poluentes variam muito de um dia a outro, durante o mesmo dia, e de um local para outro, com variações de um fator de 3 a 4 para SS e cargas orgânicas, de um fator de 5 para volumes e de um fator de 7 a 30 para cargas de metais pesados. O volume total de águas de limpeza de rua variou de 7 a 35 $\ell/(\text{m}.\text{dia})$ fora os que são produzidos pela máquina de jato de água, 4 a 7 $\ell/(\text{m}.\text{dia})$.

TABELA 5.12 – Variação de volume de água e poluentes removidos diariamente por limpeza com jato de água – Paris, França.

Volume e Variação Poluição de Limpeza de Rua				
Água / Poluente	Unidade	dados 1 ^a	médio	dados 9 ^b
Volume de água	L/(m.dia)	9,5	13,8	34,9
SS	g/(m.dia)	0,8	1,6	3,1
SSV	g/(m.dia)	0,4	0,9	1,5
DQO	g.O ₂ /(m.dia)	1,2	2,5	5,0
DBO ₅	g/(m.dia)	0,3	0,7	1,4
Cd	µg/(m.dia)	1,3	2,6	11,0
Cu	mg/(m.dia)	0,3	0,6	1,3
Pb	mg/(m.dia)	0,6	1,1	7,5
Zn	g/(m.dia)	1,9	4,6	8,9

^a dados comuns em 90% das amostras;

^b dados comuns em 10% das amostras.

Fonte: GROMAIRE et al., 2000.

Os autores analisam os efeitos da limpeza da rua comparando os dados obtidos nas três ruas com os dados obtidos nos períodos de seca com lavagem de rua (março) e sem limpeza de rua (janeiro), tabela 5.13, e extrapolando, estes dados, para toda a área de controle, avaliam a significância das cargas de poluentes removidas com a limpeza de rua.

TABELA 5.13 – Comparação entre cargas de poluentes removidos diariamente por limpeza com jato de água e cargas nos períodos secos – Paris, França.

Poluente	Unidade	Cargas no período seco			Carga total da área de controle		
		Março	Janeiro	Diferença*	dados 1 ^a	médio	dados 9 ^b
Volume	m ³	5.070	4.404	666	198	284	730
SS	kg	898	753	145	17	34	65
SSV	kg	768	651	117	8	19	31
DQO	kg.O ₂	2.111	1.917	194	25	53	106
DBO ₅	kg.O ₂	996	854	142	7	14	30
Cd	mg	1.500	980	520	27	54	231
Cu	g	400	338	62	7	13	28
Pb	g	64	38	26	13	22	159
Zn	g	817	803	14	41	96	187

^a dados comuns em 90% das amostras; ^b dados comuns em 10% das amostras;

* dados adicionados a tabela original.

Fonte: GROMAIRE et al., 2000.

Os autores ao analisarem e compararem os dados, do mês de março, das amostras coletadas na saída de controle com as bocas de lobo, destacaram que a poluição provocada pela limpeza das ruas representa cerca de 15% dos poluentes e que a contaminação por matéria orgânica representa menos de 5%. Também destacam que ao se comparar os dados obtidos em março (com limpeza de ruas) com os obtidos em janeiro (sem limpeza de rua) percebe-se que há uma diferença no volume, nos SS, da matéria orgânica e do Cu em torno de 15%, já do Pb e Cd chegam a 40% e a do Zn não é significativa. Ao analisarem, na tabela 5.13 os dados 9, de março e janeiro, os autores ressaltam que SS, DQO e Cd da *água de reúso* usada na limpeza de rua, colhida nas bocas de lobo, representavam metade da diferença de cargas entre janeiro e março. A carga de Cd da *água de reúso* usada na limpeza de rua correspondia a 35% da diferença das cargas entre janeiro e março. As cargas de SSV e DBO₅ correspondem a 25% da diferença. Os autores salientam enfaticamente esta desigualdade de valores, entre os dados extrapolados e a diferença dos dados de janeiro e março. Atribuem essa desigualdade a possibilidade de sedimentação e erosão na tubulação da rede coletora quando não estão sendo lavadas as ruas. A limpeza, fora do período das 7 as 11 horas da manhã, tem uma contribuição que varia de 47% a 77% na época de seca, contudo os autores salientam que necessitam de mais dados para embasar bem esta teoria.

Ao observarem os gráficos da figura 5.24 os autores chamam a atenção ao fato, a respeito da subárea de controle de “Vieille du Temple, dos sólidos suspensos terem aumentado de forma tão significativa. Este fato, segundo os autores, reforça o argumento de ocorrer erosão de sedimentos nas tubulações quando há aumento

de vazão devido às chuvas e limpeza de ruas”. Cabe lembrar que no caso das operações de lavagem a carga de contaminantes resulta da soma das cargas provenientes da água de reúso e dos sedimentos depositados, o que não ocorre com as chuvas.

Figura 5.24 Vazão e a concentração de sólidos suspensos da subárea de controle de “Vieille du Temple”.

Figura 5.25 GROMAIRE et al., 2000.

Os autores analisam, também, os efeitos da limpeza das ruas sobre o escoamento superficial. Comparam a carga diária de poluentes removidas da superfície das ruas por limpeza das ruas por jatos de água, escoamento superficial e limpeza intensiva. A tabela 5.14 exhibe as cargas removidas.

TABELA 5.14 – Comparação entre cargas de poluentes removidas por limpeza com jato de água, escoamento superficial e limpeza intensiva – Paris, França.

Poluente	Unid.	Limpeza das ruas			Escoamento superficial			Limpeza intensiva
		dados 1 ^a	médio	dados 9 ^b	dados 1 ^a	médio	dados 9 ^b	
SS	g/m ²	0,10	0,52	0,71	0,22	0,54	1,87	4,10 a 10,90
SSV	g/m ²	0,04	0,22	0,39	0,12	0,32	1,04	1,20 a 4,00
DQO	g/m ²	0,12	0,57	1,20	0,30	0,86	2,29	2,90 a 7,80
DBO ₅	g/m ²	0,04	0,13	0,43	0,08	0,17	0,53	0,31 a 0,91
Cd	µg/m ²	0,19	0,65	1,98	2,48	5,50	18,18	10,0 a 60,0
Cu	mg/m ²	0,05	0,12	0,26	0,27	0,71	1,48	0,80 a 8,30
Pb	mg/m ²	0,07	0,30	1,95	0,72	1,53	2,90	3,30 a 28,70
Zn	mg/m ²	0,28	0,81	2,38	1,98	5,49	18,55	6,50 a 42,30

^a dados comuns em 90% das amostras;

^b dados comuns em 10% das amostras.

Fonte: GROMAIRE et al., 2000.

Os autores fazem as seguintes observações sobre os dados da tabela 5.14:

- Os dados de SS, SSV, DQO, DBO₅, da limpeza de ruas e do escoamento superficial são da mesma ordem de grandeza;
- A concentração dos metais pesados no escoamento superficial possui uma diferença da ordem de cinco vezes, a maior, que na limpeza de ruas. Os autores atribuem esta diferença à remoção de metais impregnados na superfície pela água de chuva;
- Com exceção da DBO₅, a limpeza intensiva não remove os outros poluentes em sua totalidade, visto que ao serem feitas diversas lavagens intensivas consecutivas se obtém os mesmos resultados.
- A poluição acumulada das ruas de Paris parece ser muito superior ao que pode ser removido por algum dos métodos de limpeza.

Os pesquisadores comparam também as características das partículas encontradas nas águas usadas na limpeza de ruas com as encontradas nas águas de escoamento

superficial e com as encontradas nas águas da limpeza intensiva como mostra a tabela 5.15.

TABELA 5.15 – Composição das partículas de poluentes removidas por limpeza com jato de água, escoamento superficial e limpeza intensiva – Paris, França.

Poluente	Unid.	Limpeza das ruas			Escoamento superficial			Limpeza intensiva
		dados 1 ^a	médio	dados 9 ^b	dados 1 ^a	médio	dados 9 ^b	
SSV/SS	g/g	0,39	0,54	0,63	0,46	0,59	0,66	0,29 a 0,38
DQO/SS	g O ₂ /m ²	0,6	0,83	1,16	0,76	1,02	1,30	0,69 a 0,76
DBO ₅ /SS	g O ₂ /m ²	0,30	0,47	0,58	0,13	0,21	0,38	0,06 a 0,09
Cd/SS	mg/kg	0,70	2,00	3,60	0,30	0,50	14,60	1,00 a 14,00 ^G
Cu/SS	mg/kg	100	200	330	300	500	940	300 a 900 ^G
Pb/SS	mg/kg	340	1.000	3.760	1.120	1.700	2.720	1.000 a 7.400 ^G
Zn/SS	mg/kg	940	2.000	4.800	2.360	3.900	9.760	2.200 a 6.600 ^G

^a dados comuns em 90% das amostras; ^b dados comuns em 10% das amostras;

^G valores medidos por Granaud em 1999 em 18 ruas da região de Marais.

Fonte: GROMAIRE et al., 2000.

Ao analisarem a tabela 5.15 os autores fazem os seguintes comentários:

- As partículas carregadas pela limpeza das ruas apresentam alta taxa de matéria orgânica;
- De 40 a 60% das partículas são sólidos voláteis;
- Os valores da limpeza de rua são da mesma ordem de grandeza que os do escoamento superficial e ambos são muito superiores ao da limpeza intensiva;
- Há baixa concentração de material orgânico depositado nas ruas e este fato pode estar ligado a limpeza das ruas por métodos naturais, escoamento superficial, ou artificiais, limpeza das ruas, destacam ainda que a baixa concentração de sólidos voláteis na limpeza intensiva é encontrada em vários estudos e variam entre 3 a 13%;

- A DBO_5 encontrada na limpeza de rua foi duas vezes maior que a do escoamento superficial e cinco vezes maior que a da limpeza intensiva;
- A limpeza das ruas tende a remover mais sólidos biodegradáveis, como excrementos caninos, que não são facilmente removíveis por escoamento superficial;
- Os metais pesados variam muito, mas no geral os contidos no escoamento superficial são semelhantes ao da limpeza intensiva;
- Lembram outros estudos que também constataram a ineficiência dos procedimentos de limpeza na remoção de metais pesados.

Ao observarem os gráficos da figura 5.26 os autores chamam a atenção aos seguintes fatos:

- As velocidades de sedimentação variam muito de evento de chuva para outro, são mais estáveis, as velocidades, na limpeza de ruas;
- As velocidades de limpeza e deposição medidas correspondem ao mais altos valores medidos de escoamento superficial. Isto confirma a teoria que o escoamento superficial remove melhor as partículas que a limpeza de rua.

Figura 5.26 Curva da distribuição de velocidade de remoção de partículas da superfície da rua por limpeza de rua e através de escoamento superficial de água de chuva.

Fonte: GROMAIRE et al., 2000.

5.3.2.3 Artigo: “Production and transport of urban wet sewer systems: the “Le Marais” experimental urban catchment in Paris” (GROMAIRE et al., 2001)

Na área de controle do campo experimental de “Le Marais” durante o período de 1996 a 1999 foram estudados 67 eventos de chuva cujas características aparecem resumidas na tabela 5.16.

TABELA 5.16 – Características dos eventos de chuva.

Características	Unidade	Mínimo	Máximo	Média
Precipitação	mm	1,3	21,0	6,0
Intensidade máxima após 5min	mm/h	2,70	180,00	21,20
Duração	h:min	00:10	07:30	00:45
Intervalo entre chuvas	dias	0,03	30,00	0,90

Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Destes eventos estudados os SS, SSV, DQO, DBO₅, foram estudados em 20 eventos, os metais pesados foram estudados em 20 eventos fora do 67 eventos. A distribuição da velocidade das partículas foi mensurada em 30 eventos.

As figuras de 5.27 a 5.29, exibem as concentrações médias, as encontradas em 90% das amostras, e em 10% destas, de SS, figura 5.26, DQO, figura 5.27, DBO₅, figura 5.28. Sendo que estas concentrações foram mensuradas em diferentes tipos de escoamentos, nos esgotos e no sistema combinado. O Número de amostras coletadas da água que escoou sobre os telhados foram 259, pátios 54, as ruas 125, o Número de amostras coletadas do fluxo combinado 68 e dos esgotos, também, foram coletadas 68 amostras.

Figura 5.27 Concentração de SS.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Figura 5.28 Concentração de DQO.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Figura 5.29 Concentração de DBO₅.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

As figuras de 5.30 a 5.33, mostram as concentrações médias, as encontradas em 90% das amostras, e em 10% destas, de Cd, figura 5.29, Cu, figura 5.30, Zn figura 5.31, e Pb figura 5.32. Sendo que estas concentrações foram mensuradas em diferentes tipos de escoamentos, nos esgotos e no sistema combinado. O número de amostras coletadas dos telhados foram 118, dos pátios 20, das ruas 38, do fluxo combinado 20 e dos esgotos 20.

Figura 5.30 Concentrações de Cd.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Figura 5.31 Concentrações de Cu.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Figura 5.32 Concentrações de Zn.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Figura 5.33 Concentrações de Pb.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Os autores apresentam também as porcentagens dos parâmetros DBO_5 , figura 5.34, Zn, figura 5.35, e Pb, figura 5.36, vinculadas às partículas dos sedimentos.

Figura 5.34 Porcentagens das concentrações de DBO₅, vinculadas às partículas dos sedimentos.

Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Figura 5.35 Porcentagens das concentrações de Zn vinculadas às partículas dos sedimentos.

Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Figura 5.36 Porcentagens das concentrações de Pb vinculadas às partículas dos sedimentos.

Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Os autores apresentam no artigo as características dos sólidos sedimentados na rede coletora. Cujas características das partículas dos sedimentos quanto a SSV, DQO e DBO5 são exibidas na tabela 5.17.

TABELA 5.17 – Características das partículas dos sedimentos quanto a SSV, DQO e DBO₅ – Paris, França.

Parâmetros		TIPO A	TIPO A <400µm	TIPO A <0,5cm/s	Camada orgânica	Biofilme
SSV (%)	10% das amostras	3	13	2	58	39
	Média das amostras	4	17	25	64	71
	90% das amostras	13	22	31	74	81
DQO (g/g)	10% das amostras	0,06	0,28	0,38	1,4	1,0
	Média das amostras	0,16	0,43	0,45	1,6	1,4
	90% das amostras	0,22	0,56	0,63	2,1	1,7
DBO ₅ (g/g)	10% das amostras	0,010	0,019	0,023	0,26	0,26
	Média das amostras	0,017	0,037	0,036	0,28	0,37
	90% das amostras	0,058	0,059	0,068	0,54	0,62

Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Sendo que para cada parâmetros e tipo de sedimento foi levantado um número diferente de amostras, para a tabela 5.17, discriminada a seguir

- Tipo A: SSV foram 120, DQO foram 6, DBO₅ foram 6;
- Tipo A <400µm e Tipo A 0,5cm/s foram analisadas 50;
- Camada orgânica: SSV foram 40, DQO foram 5, DBO₅ foram 5;
- Biofilme: SSV foram 40, DQO foram 15, DBO₅ foram 15.

As características dos sólidos sedimentados na rede coletora relacionadas com as características das partículas, destes, relativo a metais são exibidas na tabela 5.18.

TABELA 5.18 – Características das partículas dos sedimentos quanto a metais pesados – Paris, França.

Parâmetros		Tipo A <400µm	Tipo A >400µm	Camada Orgânica	Biofilme
Cd (mg/kg)	10% das amostras	1,64	0,78	0,82	3
	Média das amostras	3,9	1,94	0,97	13
	90% das amostras	5,73	2,31	2,93	92
Cu (mg/kg)	10% das amostras	470	119	103	500
	Média das amostras	870	175	131	2.900
	90% das amostras	1.230	359	221	15.500
Pb (mg/kg)	10% das amostras	1.210	400	197	1.300
	Média das amostras	1.870	1.000	214	3.900
	90% das amostras	2.280	10.200	335	29.900
Zn (mg/kg)	10% das amostras	2.461	460	970	7.000
	Média das amostras	4.047	3.020	1.270	21.000
	90% das amostras	5.750	4.400	1.550	157.000

Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

Sendo que o número de amostras coletadas e examinadas na tabela 5.18

- Tipo A <400µm que foram analisadas foram 11;
- Tipo A >400µm que foram analisadas foram 11;
- Camada orgânica que foram analisadas 6;
- Biofilme que foram analisadas 6.

As figuras 5.36, 5.37, 5.38 e 5.39, mostram as porcentagens médias de poluentes (SS, DBO₅, Cu, Zn) relacionadas às fontes de poluição, (escoamento superficial em telhado, pátio, rua, transportadas nos esgotos e nos sedimentos acumulados nas tubulações).

Figura 5.37 Porcentagens médias de sólidos suspensos provindos das diversas fontes poluidoras.

Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

As porcentagens de SS provenientes dos escoamentos superficiais variam de 7% a 32%, dos esgotos variam entre 2 e 60%, já os SS provenientes dos sedimentos acumulados variam de 26% a 60%.

Figura 5.38 Porcentagens média de DBO₅ oriunda de diversas fontes poluidoras.

Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

As porcentagens de DBO_5 provenientes dos escoamentos superficiais variam de 4% a 24%, dos esgotos variam entre 7% e 81%, já os valores de DBO_5 proveniente dos sedimentos acumulados variam de 15% a 83%.

Figura 5.39 Porcentagens média de Cu proveniente das diversas fontes poluidoras.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

As porcentagens de Cu provenientes dos escoamentos superficiais variam de 17% a 72%, dos esgotos variam entre 3% e 53%, já o Cu proveniente dos sedimentos acumulados variam de 11% a 73%.

Figura 5.40 Porcentagens média de Zn proveniente das diversas fontes poluidoras.
Fonte: GROMAIRE et al., 2001.

As porcentagens de Zn provenientes dos pátios variam de 1% a 8%, das ruas variam de 2% a 8%, dos esgotos variam entre 0,2% e 4%, já os Zn provenientes

dos telhados variam de 15% a 83%. Sendo que a porcentagem de Zn que sai do sistema varia de 43% a 83% e a que se perde dentro do sistema varia entre 11% e 57%.

5.3.3 Grupo Australiano

5.3.3.1 Artigo: “Contaminant flows in urban residential water systems” (GRAY et al., 2000).

Ao observarem os dados de qualidade de água dos escoamentos superficiais, os pesquisadores, identificaram como sendo as pastilhas de freios dos veículos a principal fonte de contaminação por cobre, das águas de chuvas. A principal fonte de zinco é o telhado. O Cádmio apresentou como fontes mais significativas os pneus, as pastilhas de freio, lubrificantes e fertilizantes, utilizados nos jardins, tendo em vista que é uma das impurezas mais comuns destes compostos. A procedência do chumbo é do combustível derivado de petróleo, tendo em vista que antigamente era prática comum a adição deste nos combustíveis e visto que o chumbo permanece impregnado nas superfícies. Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos têm origem na combustão dos derivados de petróleo. A principal fonte geradora de óleos e graxas nas águas de chuva são os automóveis.

Os dados de qualidade de água dos escoamentos superficiais obtidos pelos autores estão expressos na tabela 5.19.

TABELA 5.19 – Qualidade de água dos escoamentos superficiais de “Ellenbrook” (GRAY et al., 2000).

Escoamento Superficial da Água de drenagem	Volume	Cu				Zn (total)			
	L/h/ano	kg/h/ano	kg/l	µg/l	%	kg/h/ano	kg/l	µg/l	%
Jardins	11.304,00	0,00015	1,33E – 08	0,0133	1,0%	0,00067	5,93E – 08	0,0593	0,6%
Parques e jardins	2.415,00	0,00003	1,24E – 08	0,0124	0,2%	0,00014	5,80E – 08	0,0580	0,1%
Telhado	167.264,00	0,00661	3,95E – 08	0,0395	46,1%	0,07343	4,39E – 07	0,4390	71,0%
Calçadas	21.817,00	0,00107	4,90E – 08	0,0490	7,5%	0,00368	1,69E – 07	0,1687	3,6%
Pavimento	54.543,00	0,00448	8,21E – 08	0,0821	31,3%	0,02289	4,20E – 07	0,4197	22,1%
Fluxo Base	29.725,00	0,00199	6,69E – 08	0,0669	13,9%	0,00263	8,85E – 08	0,0885	2,5%
TOTAL	287.068,00	0,01433	0,00000	0,26334	100%	0,10344	0,00000	1,23307	100%

Continuação da TABELA 5.19 – Qualidade de água dos escoamentos superficiais de “Ellenbrook” (GRAY et al., 2000).

Escoamento Superficial da Água de drenagem	Volume	Cd (total)				NH3			
	L/h/ano	kg/h/ano	kg/l	µg/l	%	kg/h/ano	kg/l	mg/t	%
Jardins	11.304,00	0,000007	6,19E – 10	0,00062	2,9%	0,00320	2,83E – 07	0,28	1,3%
Parques e jardins	2.415,00	0,000001	4,14E – 10	0,00041	0,6%	0,00070	2,90E – 07	0,29	0,3%
Telhado	167.264,00	0,000084	5,02E – 10	0,00050	35,7%	0,09700	5,80E – 07	0,58	40,7%
Calçadas	21.817,00	0,000012	5,50E – 10	0,00055	5,1%	0,03710	1,70E – 06	1,70	15,5%
Pavimento	54.543,00	0,000109	2,00E – 09	0,00200	46,4%	0,09270	1,70E – 06	1,70	38,9%
Fluxo Base	29.725,00	0,000022	7,40E – 10	0,00074	9,3%	0,00790	2,66E – 07	0,27	3%
TOTAL	287.068,00	0,00024	0,00000	0,00482	100%	0,23860	0,00000	4,81872	100%

Continuação da TABELA 5.19 – Qualidade de água dos escoamentos superficiais de “Ellenbrook” (GRAY et al., 2000).

Escoamento Superficial da Água de drenagem	Volume	P				N (total)			
	L/h/ano	kg/h/ano	kg/l	mg/l	%	kg/h/ano	kg/l	mg/l	%
Jardins	11.304,00	0,0009	7,962E – 08	0,08	0,9%	0,07653	6,77E – 06	6,77	6,0%
Parques e jardins	2.415,00	0,0002	8,282E – 08	0,08	0,2%	0,01635	6,77E – 06	6,77	1,3%
Telhado	167.264,00	0,0351	2,098E – 07	0,21	33,3%	0,94053	5,62E – 06	5,62	73,3%
Calçadas	21.817,00	0,0202	9,259E – 07	0,93	19,1%	0,04578	2,10E – 06	2,10	3,6%
Pavimento	54.543,00	0,0405	7,425E – 07	0,74	38,4%	0,11445	2,10E – 06	2,10	8,9%
Fluxo Base	29.725,00	0,0086	2,893E – 07	0,29	8,2%	0,08973	3,02E – 06	3,02	7,0%
TOTAL	287.068,00	0,10550	0,00000	2,33002	100%	1,28337	0,00003	26,37876	100%

Continuação da TABELA 5.19 – Qualidade de água dos escoamentos superficiais de “Ellenbrook” (GRAY et al., 2000).

Escoamento Superficial da Água de drenagem	Volume	Pb (total)				SST			
	L/h/ano	kg/h/ano	kg/l	mg/l	%	kg/h/ano	kg/l	mg/l	%
Jardins	11.304,00	0,000271	2,40E – 08	0,0240	1,7%	2,3	0,00020	203,47	9,0%
Parques e jardins	2.415,00	0,000058	2,40E – 08	0,0240	0,4%	0,5	0,00021	207,04	2,0%
Telhado	167.264,00	0,004002	2,39E – 08	0,0239	25,8%	6,7	0,00004	40,06	26,2%
Calçadas	21.817,00	0,000447	2,05E – 08	0,0205	2,9%	2,1	0,00010	96,26	8,2%
Pavimento	54.543,00	0,008721	16,0E – 08	0,1599	56,3%	11,8	0,00022	216,34	46,1%
Fluxo Base	29.725,00	0,002003	6,74E – 08	0,0674	12,9%	2,2	0,00007	74,01	8,6%
TOTAL	287.068,00	0,02	0,00	0,32	100%	25,60	0,00	837,17	100%

Continuação da TABELA 5.19 – Qualidade de água dos escoamentos superficiais de “Ellenbrook” (GRAY et al., 2000).

Escoamento Superficial da Água de drenagem	Volume	SDT				DQO			
	L/h/ano	kg/h/ano	kg/l	mg/l	%	kg/h/ano	kg/l	mg/l	%
Jardins	11.304,00	2,3	0,00020	203,47	6,6%				0,0%
Parques e jardins	2.415,00	0,5	0,00021	207,04	1,4%				0,0%
Telhado	167.264,00	10,7	0,00006	63,97	30,6%	6,02	0,00004	35,99	36,5%
Calçadas	21.817,00	2,9	0,00013	132,92	8,3%	1,85	0,00008	84,80	11,2%
Pavimento	54.543,00	6,7	0,00012	122,84	19,1%	8,30	0,00015	152,17	50,3%
Fluxo Base	29.725,00	11,9	0,00040	400,34	34,0%	0,33	0,00001	11,10	2,0%
TOTAL	287.068,00	35,00	0,00	1.130,58	100%	16,50	0,00	284,06	100%

Continuação da TABELA 5.19 – Qualidade de água dos escoamentos superficiais de “Ellenbrook” (GRAY et al., 2000).

Escoamento Superficial da Água de drenagem	Volume	HAP				OG			
	L/h/ano	kg/h/ano	kg/l	mg/l	%	kg/h/ano	kg/l	mg/l	%
Jardins	11.304,00				0,0%				0,0%
Parques e jardins	2.415,00				0,0%				0,0%
Telhado	167.264,00	0,00280	0,00000	0,02	1,6%				0,0%
Calçadas	21.817,00	0,00330	0,00000	0,15	1,9%	0,12000	5,50E – 06	5,50	26,7%
Pavimento	54.543,00	0,16360	0,00000	3,00	96,4%	0,30000	5,50E – 06	5,50	66,7%
Fluxo Base	29.725,00				0,0%	0,03000	1,01E – 06	1,01	6,7%
TOTAL	287.068,00	0,17	0,00	3,17	100%	0,45	0,00	12,01	100%

5.3.3.2 Artigo: Design, Monitoring and Performance of The Water Sensitive Urban Redevelopment at Figtree Place in Newcastle (COOMBES et al., 1999).

O artigo apresenta as diretrizes para os parâmetros de qualidade para usos não potáveis, como irrigação, água quente, abluir ônibus, a tabela 5.20, que serviram também para definir dos parâmetros a serem analisados nas amostras.

TABELA 5.20 – Parâmetros químicos e bacterianos monitorados.

Parâmetros	Diretrizes
Químicas	
NH ₃	0,5 mg/ℓ
NO ₃	50 mg/ℓ
NO ₂	100 mg/ℓ
Sólidos suspensos totais (SS)	500 mg/ℓ
Sólidos dissolvidos totais (SD)	500 mg/ℓ
Cloreto	250 mg/ℓ
Ferro	0,3 mg/ℓ
Chumbo	0,01 mg/ℓ
pH	6,5 a 8,5
Sulfato	250 mg/ℓ
Microbiológico	
Coliformes Totais (CT)	0 NMP/100ℓ
Coliformes Termotolerantes (CF)	0 UFC/100ℓ
Contagem de bactéria Heterotóficas (CBH)	Ausente (A)
Espécies de Pseudomonas (EP)	Ausente (A)
Cryptosporidium	Ausente (A)
Giárdia	Ausente (A)

Fonte: COOMBES et al., 1999 apud NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL, 1996.

Segundo os autores, foram coletadas amostras, em 40 eventos entre julho e agosto de 1998, nas caixas de passagem de forma a representar os cinco tipos diferentes de telhado, e de acordo com estes os únicos parâmetros que não atendem as diretrizes, tabela 5.20, foram amônia, pH, cloretos, ferro e chumbo.

Segundo os autores, as amostras revelaram que os valores das concentrações de amônia, coletadas nas caixas de passagem, ultrapassaram em 68% o da diretriz, tabela 5.20, enquanto que o pH ultrapassou 24%, o ferro e o chumbo uma vez os valores da diretriz, tabela 5.20. Nas amostras coletadas nos reservatórios, as diretrizes, tabela 5.20, foram excedidas em 29% com relação à amônia, 17% o pH e o ferro duas vezes. A tabela 5.21 mostra os resultados das análises das amostras coletadas nos tanques.

TABELA 5.21 – Resultados das análises microbiologias dos reservatórios

Data	Reservatório	Temperatura (°C)	Coliformes Totais (CT/100 ml)	Coliformes Termotolerantes (CF/100 ml)	Contagem de bactéria <i>Heterotóficas</i> (CBH/1 ml)	Espécies de <i>Pseudomonas</i> (EP/100 ml)
2/6/1998	T1	14	1.000	–	1.190	11.000
17/9/1998	T1	14	–	–	100	85
2/6/1998	T2	14	30	–	30.780	4.500
5/8/1998	T2	15	–	–	7.410	1.000
17/9/1998	T2	14	25	–	14.040	2.900
17/9/1998	T3	15	340	6	1.040	3.900
17/9/1998	T4	14	–	–	10	–

Fonte: COOMBES et al., 1999.

Nos reservatórios de água quente também foram coletadas amostras e os resultados das análises bacteriológicas estão expostos na tabela 5.22.

TABELA 5.22 – Resultados das análises microbiologias de amostras dos reservatórios de água quente

Data	Reserv.	Temp (°C)	Coliformes Totais (CT/100 ml)	Coliformes Termotolerantes (CF/100 ml)	Contagem de bactéria Heterotóficas (CBH/1 ml)	Espécies de Pseudomonas (EP/100 ml)
17/09/1998	T1	55	0	0	6	0
17/09/1998	T2	55	0	0	0	0
17/09/1998	T3	55	0	0	12	0
17/09/1998	T4	55	0	0	0	0
05/08/1998	T1	58	0	0	0	0
02/06/1998	T1	59	0	0	4	0

Fonte: COOMBES et al., 1999.

Nenhum dos parâmetros de substâncias químicas e metais examinados nas amostras de água quente ultrapassaram as diretrizes, tabela 5.20. Este resultado forneceu apoio adicional à suposição que estava havendo processos biológicos nos reservatórios de água de chuva.

Foi realizado, pelos autores, pesquisa de opinião, entre os condôminos, e descobriu-se que houve redução do consumo médio de água de 65%, durante o período de junho a dezembro de 1998, resultado que confirma as expectativas, dos autores, também verificou-se que a aceitação o uso de água de chuva escoada em telhados para irrigação, bacias sanitárias, sistemas de água quentes, limpeza de roupas e cozinha foi de 95%. A aceitação uso do possível de água de chuva escoada em telhados fins potáveis é moderada, 70% dos moradores aprovam.

5.3.3.3 Artigo: *Water Sensitive Urban Redevelopment: The “Figtree Place” Experiment (COOMBES et al., 1999).*

Apesar de projeto da câmara, Plano de Gerenciamento Ambiental, desejar realizar um projeto piloto de conservação de água, a decisão da procedência ou não, cabia ao departamento da habitação de Newcastle. Este departamento expressou que em princípio era a favor, contudo necessitaria fazer um estudo de viabilidade econômica. Esta avaliação consideraria dois fatores principais:

- Custos efetivos em termos do retorno aos usuários, e
- Custos efetivos em termos de infra-estrutura urbana

Os elementos para implantação do uso da água de chuva representam, na prática, um custo adicional 2,5% do custo total da obra. Este, segundo os autores, poderia ser compensado, possivelmente, pela economia de água proporcionada.

Porém, alguns outros aspectos também foram levantados como, por exemplo, esperava-se que o projeto economizasse 3.312m³/ano.

Quando o projeto, porém, é visto como um componente de infra-estrutura urbana a discussão toma outros rumos. Se uma agência responsável pelo abastecimento de água local alcançou a fase de níveis limites de atendimento com sua infra-estrutura e necessita ampliá-la, devido a um aumento de 10% da população por exemplo, então deveriam ser discutidas duas estratégias:

- Custo do sistema tradicional de abastecimento;
- Custo de práticas novas que diminuem consumo de água que permite a infraestrutura existente a satisfazer as necessidades novas.

A Hunter Water Corporation (HWC), ao elaborar estimativa de custos para uma nova prática que minimizasse o consumo de água, baseada nos custos do “Figtree Place”, e comparar estes valores com os custos dos sistemas tradicionais de abastecimento, chegou a conclusão que haveria um ganho real significativo.

5.3.3.4 Artigo: Rainwater Quality From Roofs, Tanks And Hot Water Systems at Figtree Place (COOMBES et al., 2000).

Este artigo exhibe os resultados das análises físico-químicas e biológicas das águas de chuva, tabela 5.23.

TABELA 5.23 – Qualidade da água da chuva – Newcastle, Austrália.

Parâmetros	Unid.	Média	Máximo	Mínimo	Diretrizes*
Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Totais	UFC/100ml	0	0	0	0
Bactérias Heterotróficas	UFC/ml	3	6	0	Ausente
<i>Pseudomonas Spp.</i>	UFC/100ml	5.200	10.400	0	Ausente
Sódio	mg/l	9,9	9,9	9,9	180
Cálcio	mg/l	2	2	2	200
pH		5,95	6,4	5,5	6,5 a 8,5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	21	34	8	500
Sólidos Suspensos Totais	mg/l	8,4	8,4	8,4	500
Cloretos	mg/l	7,53	14,6	0,46	250
Nitrato	mg/l	0,15	0,2	<0,1	3
Nitrito	mg/l	0,4	0,7	<0,1	50
Sulfato	mg/l	3,5	5,3	1,7	250
Amônia	mg/l	0,295	0,39	0,2	0,5
Chumbo	mg/l	<0,01	0,015	<0,01	0,01
Ferro	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,3
Cádmio	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	0,002

Fonte: COOMBES et al., 2000.

* valores limites da norma local (COOMBES et al., 2000 apud NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

Os dados de qualidade das amostras, coletadas da água proveniente do escoamento sobre o telhado, relacionando precipitação acumulada de cinco eventos, durante a primavera e inverno, com as concentrações dos poluentes, são exibidas na tabela 5.24.

TABELA 5.24 – Qualidade da água de chuva do sistema coletor do escoamento superficial dos telhados do “Figtree Place” – Newcastle, Austrália

Parâmetros	Unid.	Precipitação (mm)							Diretrizes *
		<0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-6	>6	
Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml	231	743	195	146	123	51	39	0
Coliformes Totais	UFC/100ml	776	1.118	517	425	463	220	278	0
Bactérias Heterotróficas	UFC/ml	1.931	1.285	893	2.052	984	4.480	1.024	Ausente
<i>Pseudomonas Spp.</i>	UFC/100ml	146.723	140.067	27.467	46.400	11.150	141.120	37.873	Ausente
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	6,99	5,40	1,60	12,60	2,45	4,76	0,75	500
Sólidos Suspensos Totais	mg/l	93,08	86,33	132	97,50	102	93,60	78,09	500
pH		5,72	5,52	5,67	5,35	5,81	5,48	5,99	6,5 a 8,5
Cloretos	mg/l	14	11,43	17,10	11,15	11,13	15,48	4,70	250
Nitrato	mg/l	0,87	0,11	0,13	0,15	0,10	0,14	0,11	3
Nitrito	mg/l	1,75	1,60	0,83	0,55	0,70	2,26	0,34	50
Sulfato	mg/l	9,54	5,32	5,83	4,30	14,50	6,26	1,79	250
Cálcio	mg/l	4,48	0,16	2,35	1,75	4,95	2,74	0,75	200
Sódio	mg/l	10,40	7,37	12,90	7,65	5,70	10,44	4,40	180
Amônia	mg/l	0,22	0,15	0,21	0,11	0,12	0,32	0,20	0,5
Chumbo	mg/l	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Ferro	mg/l	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,3
Cádmio	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0, 002	<0,002	<0,002	<0, 002	0,002

Fonte: COOMBES et al., 2000.

* valores limites da norma local (COOMBES et al., 2000 apud NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

Os autores apresentam também dados de qualidade das amostras coletadas na superfície da bacia de recarga, tabela 5.25, e nos pontos de uso, após a recarga, tabela 5.26.

TABELA 5.25 – Qualidade da água escoada na superfície da bacia de recarga – Newcastle, Austrália.

Parâmetro	Unid.	Média	Máximo	Mínimo	Diretrizes *
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mℓ	119	800	0	0
Coliformes Totais	UFC/100mℓ	834	6840	0	0
Bactérias Heterotróficas	UFC/mℓ	3.256	30.780	10	Ausente
Pseudomonas Spp.	UFC/100mℓ	6.768	33.200	0	Ausente
Temperatura	°C	18	21	14	
Sódio	mg/ℓ	4,85	19,73	1,30	180
Cálcio	mg/ℓ	6,86	17,68	1,20	200
pH		6,19	7,90	4,40	6,5 a 8,5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/ℓ	98,23	453,00	7,00	500
Sólidos Suspensos Totais	mg/ℓ	1,37	6,00	0,20	500
Cloretos	mg/ℓ	7,10	19,30	3,40	250
Nitrato	mg/ℓ	0,06	0,32	<0,05	3
Nitrito	mg/ℓ	0,57	2,90	<0,01	50
Sulfato	mg/ℓ	4,93	27,00	2,20	250
Amônia	mg/ℓ	0,10	0,80	<0,02	0,5
Chumbo	mg/ℓ	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Ferro	mg/ℓ	0,07	0,10	<0,01	0,3
Cádmio	mg/ℓ	<0,002	<0,002	<0,002	0,002

Fonte: COOMBES et al., 2000.

* valores limites da norma local (COOMBES et al., 2000 apud NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

TABELA 5.26 – Qualidade da água da bacia de recarga no ponto de uso – Newcastle, Austrália.

Parâmetro	Unid.	Média	Máximo	Mínimo	Diretrizes *
Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml	20	80	0	0
Coliformes Totais	UFC/100ml	166	650	0	0
Bactérias Heterotróficas	UFC/ml	331	738	146	Ausente
Pseudomonas Spp.	UFC/100ml	7.544	15.200	64	Ausente
Temperatura	°C	18	21	14	
Sódio	mg/l	5,36	11,39	0,60	180
Cálcio	mg/l	8,39	20,92	1,40	200
pH		6,06	6,51	5,29	6,5 a 8,5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	114,38	283	39	500
Sólidos Suspensos Totais	mg/l	1,61	6,80	0,30	500
Cloretos	mg/l	10,48	16,90	5,20	250
Nitrato	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	3
Nitrito	mg/l	0,96	2	0,05	50
Sulfato	mg/l	7,31	17,60	3,30	250
Amônia	mg/l	0,27	0,80	<0,05	0,5
Chumbo	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Ferro	mg/l	0,10	0,10	0,10	0,3
Cádmio	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	0,002

Fonte: COOMBES et al., 2000.

* valores limites da norma local (COOMBES et al., 2000 apud NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

5.3.3.5 Artigo: Figtree Place, A Case Study in Water Sensitive Urban Development – WSUD (COOMBES et al., 2000).

Neste artigo, os autores apresentam os resultados das análises bacteriológicas dos reservatórios de água de chuva. A tabela 5.27 exhibe os resultados das análises bacteriológicas dos reservatórios de água de chuva.

TABELA 5.27 – Resultados das análises bacteriológicas dos reservatórios de água de chuva – Newcastle, Austrália.

Data	Tanque	Temperatura (°C)	Coliformes Totais CT (/100 ml)	Coliformes Termotolerantes CF (/100 ml)	Contagem de bactéria Heterotófica CBH (/1 ml)	Espécies de Pseudomonas EP (/100 ml)
2/06/98	T1	14	1.000	0	1.190	11.000
17/09/98	T1	14	0	0	100	85
18/10/99	T1	15	36	0	1.388	28.000
2/06/98	T2	14	30	0	30.780	4.500
5/08/98	T2	15	0	0	7.410	1.000
17/09/98	T2	14	25	0	14.040	2.900
26/08/99	T2	16	2	0	118	8.000
18/10/99	T2	16	10	0	1.616	40.000
17/09/98	T3	15	340	6	1.040	3.900
26/08/99	T3	17	0	0	12	600
18/10/99	T3	18	3	2	2.736	250.800
17/09/98	T4	14	0	0	10	0
18/10/99	T4	16	15	8	2.280	33.200

Fonte: COOMBES et al., 2000.

Quanto aos reservatórios de água quente este artigo exhibe os dados expostos na tabela 5.28.

TABELA 5.28 – Resultados das análises microbiologias dos reservatórios de água quente – Newcastle, Austrália.

Data	Reservatório	Temperatura (°C)	CT (/100ml)	CF (/100ml)	CBH (/1ml)	EP (/100ml)
2/06/98	T1	59	0	0	4	0
5/08/98	T1	58	0	0	0	0
26/08/99	T1	60	0	0	0	0
26/08/99	T2	55	0	0	0	0
19/10/99	T3	61	0	0	2	0
19/10/99	T2	63	0	0	4	0

Fonte: COOMBES et al., 2000.

Quanto à pesquisa sobre o uso de água, aceitação social e resultados de água de chuva, realizada durante o período de junho a dezembro de 1998, quando o empreendimento ainda estava parcialmente preenchido, mostrou uma redução em 65% do consumo esperado. Contudo, durante o período de novembro de 1998 a dezembro de 1999, período em que já se apresentava completamente ocupado, e os reservatórios de água de chuva permaneciam inoperantes para períodos longos devido a atividades de readequação de projeto, que levou a uma redução do consumo interno de água em 30%. Desta forma, os autores afirmam, baseados nestes desempenhos, que a economia no consumo de água interna, a longo prazo, poderá girar em torno de 45%.

Pesquisas realizadas com os 26 dos 27 usuários, mediante a utilização de questionário, revelaram aceitação significativa, de 95% dos inquilinos, do uso de água de chuva coletada de telhados para descargas e sistemas de água quente,

lavagem de roupas e na cozinha. Aceitação moderada, 70% dos inquilinos, do possível uso de água de chuva potável propósito também encontrado. Os autores destacam que a disseminação de condomínios como o “Figtree Place” necessita de demonstrações e promoção de informações para que haja aceitação pública.

Outro resultado, porém inesperado, mas considerado como um dos benefícios do projeto foi o forte senso de comunidade, segurança e gentileza que se desenvolveram ao longo da execução do projeto.

Durante todo o estudo não houve ocorrência de enchentes, no local, e a maior lamina d’água formada no reservatório de recarga foi de 260 mm com um período de residência de 6h.

5.3.4 Grupo Brasileiro

Na dissertação “Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações” (MAY, 2004), são apresentados, todos resultados das análises físico-químicos realizadas nas amostras coletadas nos condutores, durante os eventos de chuva em intervalos de 5 minutos, de onde se obteve os gráficos, exibidos nas figuras de número 5.41 a 5.47.

Figura 5.41 Análise da cor nas amostras coletadas durante os eventos.

Figura 5.42 Análise da turbidez nas amostras coletadas durante os eventos.

Figura 5.43 Análise da condutividade nas amostras coletadas durante os eventos.

Figura 5.44 Análises da dureza e alcalinidade média nas amostras coletadas durante os eventos.

Figura 5.45 Análises da DBO₅, NO₂, fluoretos, ferro, magnésio, nas amostras coletadas durante os eventos.

Figura 5.46 Análises de OD, NO₃, sulfatos, cloretos, cálcio nas amostras coletadas durante os eventos.

Figura 5.47 Análises dos sólidos totais, sólidos suspenso totais, voláteis e fixos, sólidos dissolvidos, nas amostras coletadas durante os eventos.

As análises biológicas realizadas nas amostras coletadas nos condutores estão expostas na tabela 5.29 durante os eventos de chuva em intervalos de 5 minutos.

TABELA 5.29 – Resultados encontrados das análises dos parâmetros biológicos estudados

Temp (Min)	Pseudomonas Aeruginosas			Coliformes Totais (UFC/100ml)			Coliformes Termotolerantes			Clostrídio Sulfito Redor			Enterococos		
	Mín	Méd	Max	Mín	Méd	Max	Mín	Méd	Max	Mín	Méd	Max	Mín	Méd	Max
5	0	<1	<1	>80	>80	>80	A	P	P	16,10	21	≥23	2	19	23
10	0	<1	<1	24	>71	>80	A	P	P	≤1,10	19	≥23	6	18	23
15	0	<1	>80	>80	>80	>80	A	P	P	≤1,10	10	16,1	11	20	23
20	0	<1	<1	>80	>80	>80	A	A	P	≤1,10	11	23	2	20	23
25	0	<1	10	<1	>67	>80	A	P	P	6,90	13	23	9	21	23
30	0	<1	12	10	>69	>80	A	A	P	≤1,10	13	>23	1	19	23
35	0	<1	6	<1	>54	>80	A	A	P	≤1,10	10	16,1	5	19	23
40	1	<1	28	<1	>61	>80	A	P	P	3,60	9	16,1	3	17	23

A – Ausente

P – Presente

Os resultados das análises físico-químicas e biológicas das amostras coletadas dos reservatórios, em intervalos de 5 minutos, cabe lembrar que o reservatório 2 esta ligado em série ao 1, apresentaram valores máximos, mínimos e médias exibidos na tabela 5.30.

TABELA 5.30 – Resultados encontrados das análises das amostras coletadas nos reservatórios – São Paulo, Brasil.

Parâmetro	Unid.	Reservatório 1			Reservatório 2		
		Min	Média	Max	Min	Média	Max
Cor	uH	15,00	25,20	48,00	15,00	20,80	28,00
Turbidez	UNT	0,30	0,92	2,00	0,30	0,70	1,00
Condutividade	µS/cm	7,20	26,62	51,10	7,20	24,82	38,20
Cálcio	mg/l	2,70	5,28	8,10	4,30	4,95	6,00
pH		6,40	6,74	7,20	6,20	6,66	7,20
Alcalinidade	mg/l	14,00	19,60	30,00	12,00	18,00	30,00
Dureza	mg/l	7,20	26,62	51,10	7,20	24,82	38,20
Magnésio	mg/l	0,70	0,83	1,00	0,40	0,55	0,70
Ferro	mg/l	0,01	0,11	0,52	0,01	0,02	0,05
Manganês	mg/l	0,01	0,02	0,03	0,01	0,04	0,07
Cloretos	mg/l	6,00	13,00	30,00	6,00	11,40	26,00
Sulfatos	mg/l	0	5,60	15,00	1,00	4,60	16,00
Fluoretos	mg/l	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,10
Sólidos totais	mg/l	10,00	30,00	80,00	10,00	20,00	40,00
Sólidos totais fixos	mg/l	0	0	0	0	0	0
Sólidos totais voláteis	mg/l	10,00	30,00	80,00	10,00	20,00	40,00
SST	mg/l	0	2,20	5,00	0	1,20	2,00
SS fixos	mg/l	0	0	0	0	0	0
SSV	mg/l	0	2,20	5,00	0	1,20	2,00
SDT	mg/l	5,00	27,80	77,00	8,00	18,80	40,00
SD FIXO	mg/l	0	0	0	0	0	0
SDV	mg/l	5,00	27,80	77,00	8,00	18,80	40,00
OD	mg/l	1,70	17,70	34,00	1,50	17,44	34,40
DBO5	mg/l O2	0,40	1,24	3,30	0,30	1,10	2,70
NO3	mg/l	0,39	3,08	5,90	0,38	3,08	4,70
NO2	mg/l	0,01	0,07	0,19	0,01	0,09	0,26
Coliformes totais	UFC/100ml	1	65	80	1	65	80
Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml	Aus.	Aus.	Pres.	Aus.	Aus.	Pres.
Clostrídio sulfito redor	NMP/ 100ml	1	9	23	22	6	4
Enterococos	NMP/ 100ml	12	19	23	2,20	5,12	9
<i>Pseudomonas Aeruginosas</i>	UFC/ 100ml	0	40	80	0	40	80

Fonte: May, 2004.

6. NORMAS BRASILEIRAS REFERENTES À QUALIDADE E USOS DE ÁGUA

Devido à importância da água para o desenvolvimento das diversas atividades humanas, fez – se necessário o estabelecimento de normas que disciplinassem a utilização dos recursos hídricos pelos diversos segmentos da atividade humana, indústrias, companhias de saneamento, produtores rurais entre outros.

A legislação brasileira, desde a sua instituição, possui como principal objetivo minimizar os problemas de poluição causados ao meio ambiente em virtude da emissão de efluentes para os corpos receptores.

Existem normas que estabelecem a classificação dos recursos hídricos de todo o território nacional, de acordo com as suas características físicas, químicas e biológicas e ao uso a que se destinam, bem como estabelecem os padrões para o lançamento de efluentes de qualquer natureza nestes recursos, tanto na esfera Federal, quanto nos estados.

6.1 *LEGISLAÇÃO FEDERAL*

Dentre as diversas normas que tratam da questão dos recursos hídricos, todas elas estão amparadas na Constituição Federal de 1988, ou então, na Constituição vigente na época. Uma das primeiras normas que tratou especificamente da água foi o Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, Código de Águas. (Decreto nº 24.643, 1934), neste decreto foram definidos os vários tipos de água do Território Nacional, os critérios para o seu aproveitamento e os requisitos relacionados às autorizações para derivação, além de abordar a questão relacionada à contaminação dos corpos d'água (MIERZWA, 2002 apud CETESB, 1992b).

Deve se destacar também a Resolução CONAMA No 20 (substituída pela CONAMA No 357/05), de 18 de Julho de 1986, que trata da classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, de acordo com a utilização que deve ser dada às mesmas, com os respectivos padrões de qualidade para cada classe (MIERZWA, 2002 apud Resolução CONAMA nº 20, 1986).

Conforme esta resolução, as águas devem ser enquadradas na classificação apresentada nas tabelas 6.1, 6.2 e 6.3.

Os limites de enquadramento das águas doces são apresentados na tabela 6.4.

TABELA 6.1 – Águas Doces

Classe	Principais Usos
Classe Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção • Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento doméstico após tratamento simplificado • Proteção das comunidades aquáticas • Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) • Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas • Criação natural e/ou intensiva (aquicultura), de espécies destinadas à alimentação humana
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento doméstico após tratamento convencional • Proteção das comunidades aquáticas • Recreação de contato primário • Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas • Criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento doméstico após tratamento convencional • À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras • À dessedentação de animais
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação • Harmonia paisagística • Usos menos exigentes

TABELA 6.2 – Águas Salinas

Classe	Principais Usos
Classe 5	<ul style="list-style-type: none"> • Recreação de contato primário • Proteção das comunidades aquáticas • Criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana
Classe 6	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação comercial • Harmonia paisagística • Recreação de contato secundário

TABELA 6.3 – Águas Salobras

Classe	Principais Usos
Classe 7	<ul style="list-style-type: none"> • Recreação de contato primário • Proteção das comunidades aquáticas • Criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana
Classe 8	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação comercial • Harmonia paisagística • Recreação de contato secundário

TABELA 6.4 – Parâmetros Limites das Águas Doces

Limites Estabelecidos	Unid.	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Coliformes	coli Termoto lerantes/ 100ml	Ausentes em qualquer amostra	Irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas rentes ao solo consumidas cruas não devem ser poluídas por excrementos humanos; demais usos, 200 coliformes Termotolerantes/100ml em 80% das amostras de 5 amostras ao mês	1.000 coliformes Termotolerantes/100ml em 80% das amostras de 5 amostras ao mês	4.000 coliformes Termotolerantes/100ml em 80% das amostras de 5 amostras ao mês	–
Materiais Flutuantes, Inclusive Espumas Não Naturais		–	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	–
Óleos E Graxas		–	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	–
Gosto Ou Odor		–	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	Não Objetáveis
Corantes Artificiais		–	Virtualmente Ausentes	Não será permitida presença de quantidades que não sejam removidas por processos de coagulação, sedimentação e filtração convencional	Não será permitida presença de quantidades que não sejam removidas por processos de coagulação, sedimentação e filtração convencional	–
Substancias Que Formem Depósitos Objetáveis		–	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	–
Substancias Facilmente Sedimentáveis Que Contribuam Para Assoreamento de Canais De Navegação		–	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes

CONTINUAÇÃO TABELA 6.4 – Parâmetros Limites das Águas Doces

Limites Estabelecidos	Unid.	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
DBO₅ a 20°C	mg/l O ₂	–	3	5	10	–
OD	mg/O ₂	–	6	5	4	2,0
Turbidez	UNT	–	40	100	100	Não Objetáveis
Cor	mg Pt/l	–	Natural	75	70	Não Objetáveis
pH		–	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,1
Al	mg/l	–	0,1	0,1	0,1	–
NH₃	mg/l	–	0,02	0,02	–	–
As	mg/l	–	0,05	0,05	0,05	–
Ba	mg/l	–	1,0	1,0	1,0	–
Be	mg/l	–	0,1	0,1	0,1	–
B	mg/l	–	0,75	0,75	0,75	–
Benzeno	mg/l	–	0,01	0,01	0,01	–
Benzeno – a – Pireno	mg/l	–	0,00001	0,00001	0,00001	–
Cd	mg/l	–	0,001	0,001	0,01	–
Cn	mg/l	–	0,01	0,01	0,2	–
Pb	mg/l	–	0,03	0,03	0,05	–
Cloretos	mg/l Cl	–	250	250	250	–
Cloro Residual	mg/l Cl	–	0,01	0,01	–	–
Co	mg/l	–	0,2	0,2	0,2	–
Cu	mg/l	–	0,02	0,02	0,5	–
Cr Trivalente	mg/l	–	0,5	0,5	0,5	–
Cr Hexavalente	mg/l	–	0,05	0,05	0,05	–
1,1 Dicloroetano	mg/l	–	0,0003	0,0003	0,0003	–
1,1 Dicloroetano	mg/l	–	0,01	0,01	0,01	–
Sn	mg/l	–	2,0	2,0	2,0	–
Índice de Fenóis (C₆H₅OH)	mg/l	–	0,001	0,001	0,3	–
Fe Solúvel	mg/l	–	0,3	0,3	5,0	–

CONTINUAÇÃO TABELA 6.4 – Parâmetros Limites das Águas Doces

Limites Estabelecidos	Unid.	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Floretos	mg/l	–	1,4	1,4	1,4	–
P Total	mg/l	–	0,025	0,025	0,025	–
Li	mg/l	–	2,5	2,5	2,5	–
Mn	mg/l	–	0,1	0,1	0,5	–
Hg	mg/l	–	0,0002	0,0002	0,002	–
Ni	mg/l	–	0,025	0,025	0,025	–
Nitrato	mg/l	–	10	10	10	–
Nitrito	mg/l	–	1,0	1,0	1,0	–
N Amoniacal		–	–		1,0	–
Ag	mg/l	–	0,01	0,01	0,05	–
Pentaclorofenol	mg/l	–	0,01	0,01	0,01	–
Selênio	mg/l	–	0,01	0,01	0,01	–
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	–	500	500	500	–
Substancias Tenso – Ativas Que Reagem Com O Azul De Metileno	mg/l LAS	–	0,50	0,50	0,5	–
SO₄	mg/l	–	250	250	250	–
Sulfetos (Como H₂S Não Dissociado)	mg/l	–	0,002	0,002	0,3	–
Tetracloroeteno	mg/l	–	0,01	0,01	0,01	–
Tricloroeteno		–			0,03	–
Tetracloroeto De Carbono	mg/l	–	0,003	0,003	0,003	–
2,4,6 Triclorofenol	mg/l	–	0,01	0,01	0,01	–
U Total	mg/l	–	0,02	0,02	0,02	–
V (Vanádio)	mg/l	–	0,1	0,1	0,1	–
Zn	mg/l	–	0,18	0,18	5,0	–
Aldrin	µg/l	–	0,01	0,01	0,03	–

CONTINUAÇÃO TABELA 6.4 – Parâmetros Limites das Águas Doces

Limites Estabelecidos	Unid.	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Clordano	µg/l	–	0,04	0,04	1,0	–
DDT	µg/l	–	0,002	0,002	1,0	–
Dieldrin	µg/l	–	0,005	0,005	0,03	–
Endrin	µg/l	–	0,004	0,004	0,2	–
Endossilfan	µg/l	–	0,056	0,056	150	–
Epoxido de Heptacloro	µg/l	–	0,01	0,01	0,1	–
Heptacloro	µg/l	–	0,01	0,01	0,1	–
Lindano (Gama – BHC)	µg/l	–	0,02	0,02	3,0	–
Metoxicloro	µg/l	–	0,03	0,03	30,0	–
Dodecacloro+Nana cloro	µg/l	–	0,001	0,001	0,001	–
Bifenilas Policloradas	µg/l	–	0,001	0,001	0,001	–
Toxafeno	µg/l	–	0,01	0,01	5,0	–
Demeton	µg/l	–	0,1	0,1	14,00	–
Gution	µg/l	–	0,005	0,005	0,01	–
Malation	µg/l	–	0,10	0,10	100,00	–
Paration	µg/l	–	0,04	0,04	35,00	–
Carbaril	µg/l	–	0,02	0,02	70,00	–
Compostos Organofosforados e Carbonatos Totais	µg/l	–	10,0	10,0	100,00	–
2,4 – D	µg/l	–	4,0	4,0	20,00	–
2,4,5 – PT	µg/l	–	10,0	10,0	10,00	–
2,4,5 – T	µg/l	–	2,0	2,0	2,0	–

A resolução CONAMA nº 20 (1986) foi um dos principais instrumentos para o controle dos processos de degradação da qualidade dos nossos recursos hídricos, até que em 08 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei Federal no 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1º da Lei no 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989 (ABRH, 1997).

Segundo Mierzwa (2002) para o desenvolvimento de um programa para o gerenciamento de águas e efluentes, devem ser destacadas as seções III e IV desta Lei, que tratam das questões relacionadas à outorga de direitos de uso dos recursos hídricos (seção III) e à cobrança do uso dos recursos hídricos (seção IV), onde é estabelecido o conceito do usuário pagador.

A Lei nº 9.433, esta associada também a alguns conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável, largamente defendido na Agenda 21, que se referem ao uso racional dos recursos hídricos e ao reconhecimento dos recursos naturais como bens econômicos.

6.2 LEGISLAÇÃO ESTADUAL

O Estado de São Paulo foi o precursor do estabelecimento de normas específicas para o controle da poluição do meio ambiente, a Lei nº 997, de 31 de maio de 1973, regulamentada pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, onde é atribuída à

CETESB a responsabilidade pela elaboração de normas, especificações e instruções técnicas relativas ao controle da poluição, fiscalização das emissões de poluentes feitas por entidades públicas e particulares, entre outras (CETESB, 1992).

O Decreto nº 8.468 trata também da classificação das águas do Estado de São Paulo, apresentando os respectivos padrões de qualidade para cada classe, bem como os padrões de emissão de efluentes.

De acordo com o Decreto nº 8.468, as águas interiores, situadas no território do Estado de São Paulo são classificadas de acordo com os seguintes usos preponderantes, tabela 6.6, e seus limites de qualidade são ilustrados na tabela 6.7.

TABELA 6.5 – Principais usos das Classes das Águas Doces

Classe	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Principais Usos	Águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;	Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui – aquático e mergulho)	Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais	Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigente

TABELA 6.6 – Parâmetros Limites das Águas Doces

Limites Estabelecidos	unid	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Coliformes	NMP	ausentes em qualquer amostra	5.000 sendo 1.000 coli fecal/100ml para 80% das 5 amostras coletadas no período de 5 semanas consecutivas	20.000 sendo 4.000 coli fecal/100ml para 80% das 5 amostras coletadas no período de 5 semanas consecutivas	índices de coliformes superiores aos valores máximos estabelecidos para a Classe 3, poderão elas serem utilizadas para abastecimento público, somente se métodos especiais de tratamento forem utilizados, a fim de garantir sua potabilização.
materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais			virtualmente ausentes	virtualmente ausentes	não virtualmente ausentes
óleos e graxas					
gosto ou odor			virtualmente ausentes	virtualmente ausentes	não objetáveis
substancias solúveis em hexana			virtualmente ausentes	virtualmente ausentes	
corantes artificiais			não será permitida presença de quantidades que não sejam removidas por processos de coagulação, sedimentação e filtração convencional	não será permitida presença de quantidades que não sejam removidas por processos de coagulação, sedimentação e filtração convencional	

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.6 – Parâmetros Limites das Águas Doces

Limites Estabelecidos	unid	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
DBO ₅ a 20°C	mg/l O ₂		5	10	10
OD	mg/l		5	4	superior a 0,5
cor	mg Pt/l		natural		
NH ₃	mg/l		0,5	0,5	0,5
As	mg/l		0,1	0,1	0,1
Ba	mg/l		1,0	1,0	1,0
Cd	mg/l		0,01	0,01	0,01
CN	mg/l		0,2	0,2	0,2
Pb	mg/l		0,1	0,1	0,1
Cu	mg/l		1,0	1,0	1,0
Cr total			0,05	0,05	0,05
Sn	mg/l		2,0	2,0	2,0
índice de fenóis (C ₆ H ₅ OH)	mg/l		0,001	0,001	0,001
flúor			1,4	1,4	1,4
Hg	mg/l		0,002	0,002	0,002
Nitrato	mg/l		10,0	10,0	10,0
Nitrito	mg/l		1,0	1,0	1,0
Selênio	mg/l		0,01	0,01	0,01
Zn	mg/l		5,0	5,0	5,0

7. DIRETRIZES E CRITÉRIOS PARA USO MENOS NOBRES DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO

Tendo em vista a escassez de recursos hídricos, diversos países desenvolveram programas e estratégias para superar esta dificuldade. Dentre as ações realizadas podem – se citar as pesquisas para a substituição de fontes de água e estudos relacionadas com fontes alternativas, com o água de escoamento superficial próximo, e os seus usos não potáveis e o estabelecimento de diretrizes e parâmetros para as diversas modalidades de uso.

7.1 DIRETRIZES E CRITÉRIOS NO BRASIL

O desafio, no Brasil, é de atender às demandas de água para o consumo humano e para as atividades econômicas nas grandes regiões metropolitanas, bem como para a região semi – árida do Nordeste, onde a escassez de água é mais crítica, com a disponibilidade atual do recurso.

Ainda que, no Brasil, a prática de utilização de fontes de água não potável para usos menos nobres não seja uma prática difundida, em alguns estados do Nordeste existe o uso de cisternas para abastecimento de água e por iniciativa de pesquisadores das universidades locais promoveram estudos de reúso agrícola.

Contudo, é o setor industrial que a tecnologia de substituição de fontes está mais avançada, principalmente pelo reconhecimento do retorno econômico. De modo

concreto podemos salientar os esforços da ANA conjuntamente com a FIESP e o CIRRA (Centro Internacional de Referência em Reúso de Água) em realizar um manual de conservação e reúso de água para a indústria, desenvolvido para orientar a implantação de programas de conservação e reúso de água na indústria, através da sistematização de um plano de ações e estabelecimento de um sistema de gestão da água. Este tem uma conotação geral, apresenta possibilidades de substituição de fontes, uso de água de chuva, subterrânea e reúso de água, e redução de consumo em processos mais comuns nas indústrias como:

- Consumo humano: água utilizada em ambientes sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança ou em qualquer atividade com contato humano direto;
- Matéria – prima: água incorporada ao produto final ou utilizada para a obtenção de outros produtos (como, por exemplo, o hidrogênio por meio da eletrólise da água);
- Fluido auxiliar: usos múltiplos, destacando – se a preparação de suspensões e soluções, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou ainda, para as operações de lavagem;
- Geração de Energia: transformação da energia cinética, potencial ou térmica acumulada na água, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica;
- Fluido de aquecimento e/ou resfriamento: a água utilizada como fonte de energia para aquecimento, ou então, para remover o calor de misturas ou outros dispositivos que necessitem de resfriamento;

- Transporte e assimilação de poluentes: lavagem de equipamentos e instalações ou incorporação de subprodutos gerados nos processos industriais, na fase sólida, líquida ou gasosa;
- Combate a incêndio;
- Higienização de ambientes;
- Irrigação de áreas verdes.

Outro setor que já começa a se mobilizar, percebendo o retorno econômico, é o setor imobiliário. Na região metropolitana de São Paulo, devido à lei nº 13.276 de 04 de janeiro de 2002, conhecida como “lei das piscininhas”, elaborada com o intuito de se evitar enchentes na metrópole, tornou obrigatória a execução de reservatórios para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m² e provocou uma movimentação para o uso da água de escoamento superficial próximo. No entanto, esta água é muitas vezes utilizada sem critérios e até mesmo com risco à saúde pública. Também, pode – se encontrar na região metropolitana de São Paulo vários condomínios horizontais de alto padrão, que estão parcialmente ocupados, que condicionam a construção de residências à implantação de obras de aproveitamento da água de chuva, principalmente para irrigação. Há também construtoras que se utilizam o marketing ecológico para venda de apartamentos e casas que possuem sistemas de aproveitamento de água de chuva. Contudo, nota-se a utilização da água nas mais variadas formas de utilização que vão desde usos mais evidentes como descarga em toaletes, lavagem de pisos, reserva de incêndio e irrigação de áreas verdes até limpeza

de ruas e veículos e desobstrução de tubulações. Contudo, em todas as circunstâncias, anteriormente mencionadas não há normas sobre o uso.

Percebe – se, então, a necessidade de um estudo, adaptado às características e condicionantes locais brasileiras, visando o estabelecimento de diretrizes para um programa de substituição de fontes de água. Tendo em vista que o Brasil possui características técnicas, ambientais, sócio – econômicas e culturais absolutamente peculiares e dissimilares aos demais países, que possuem diretrizes e critérios estabelecidos.

Nesse contexto, é de fundamental importância reconhecer que o estabelecimento e a evolução de diretrizes e regulamentos da prática de substituição de fontes de águas, não são controlados unicamente por conhecimentos, relativos à saúde pública, e dados epidemiológicos e toxicológicos. Os interesses econômicos, características sócio – culturais, práticas higiênicas, conscientização e sensibilidade pública, e desenvolvimento tecnológico, são tão importantes, quanto os fatores ligados à proteção da saúde pública de grupos de risco específicos, no estabelecimento de mecanismos legais e regulatórios.

O objetivo básico da criação e implementação de regulamentos é o de estabelecer limites associados a práticas determinadas, visando minimizar efeitos detrimentais sem que os benefícios inerentes sejam afetados. Esses limites não possuem valor absoluto nem podem ser estabelecidos de forma definitiva. Estes variam em função do desenvolvimento científico e tecnológico, condições e restrições de ordem

econômicas, e em associação a alterações de tendências de aceitação ou rejeição de práticas, que afetam os valores culturais da sociedade.

A Organização Mundial da Saúde – OMS possui, entre as múltiplas funções a de propor diretrizes e fazer recomendações relativas a temas internacionais de saúde pública. Esta função tem a finalidade de proporcionar informação e orientação às autoridades governamentais, locais, para a tomada de decisões, associadas à gestão de riscos relativos à proteção da saúde pública e à preservação do meio ambiente. A consideração sobre “gestão de riscos”, implica no fato de que as diretrizes da OMS não são produzidas com o objetivo de serem aplicadas de maneira direta e absoluta, em todos os países. Visam estabelecer um determinado nível de saúde pública, associada a riscos pré – estabelecidos, fornecendo assim, uma referência comum para o estabelecimento de padrões nacionais ou regionais. Possuem uma característica consultiva baseada no estado-da-arte da pesquisa científica e de estudos epidemiológicos, e não devem ser confundidas com padrões legais.

Atualmente não há nenhuma norma ou diretriz brasileira específica que verse a respeito de fontes alternativas de água de qualidade inferior ou sobre seus possíveis usos.

7.2 DIRETRIZES E CRITÉRIOS NO MUNDO

A utilização de fontes alternativas para usos menos nobres é uma prática adotada internacionalmente, há muitos séculos, como o uso de cisternas ou o uso planejado de águas servidas.

Diversos países do mundo têm seus critérios de utilização de água de qualidade inferior baseada na qualidade de água necessária para um determinado uso. O Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, em 1958, promulgava o princípio de substituição de fontes de abastecimento, o qual estabelece que “a menos que haja excesso, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada em aplicações que tolerem o uso de água com padrão de qualidade inferior” (Nações Unidas, apud Hespanhol, 2002).

Em função de características, tendências, desenvolvimento econômico e limitações locais, cada país, ou região desenvolve suas próprias regulamentações para o uso de água de qualidade inferior. Diretrizes ou normas que mais têm influenciado o estabelecimento de regulamentações locais são as da Organização Mundial da Saúde – OMS, particularmente para agricultura e aquíicultura, e as da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América – US EPA.

As tabelas 6.1, 6.2, 6.3 US EPA, e 6.4, OMS exibem os usos previstos, parâmetros controlados e seus limites.

TABELA 7.1 – Critério de qualidade de água, tratamento, monitoramento e recomendações da US EPA.

Tipos de Uso	Parâmetro	Limite	Monitoramento	Comentários
Urbano	pH	6 a 9	semanalmente	
	DBO ₅	≤ 10mg/ℓ	semanalmente	
	Turbidez	≤ 2 UNT	contínuo	
	Coliformes	Ausente	diário	
	Cl ₂ residual	≥ 1 mg/ℓ	contínuo	
<i>Irrigação</i> de áreas de acesso restrito ao público	pH	6 a 9	semanalmente	Distancia de 30m de áreas com acesso ao público.
	DBO ₅	≤ 30mg/ℓ	semanalmente	
	Sólidos suspensos (SS)	≤ 30 mg/ℓ	Diário	
	Coliformes	≤ 200/100 mℓ	Diário	
	Cl ₂ residual	≥ 1 mg/ℓ	contínuo	
<i>Recreacional</i> – contato direto	pH	6 a 9	semanalmente	
	DBO ₅	≤ 10mg/ℓ	semanalmente	
	Turbidez	≤ 2 UNT	contínuo	
	Coliformes	Ausente	Diário	
	Cl ₂ residual	≥ 1 mg/ℓ	contínuo	
<i>Paisagístico</i> – sem contato com o público	DBO ₅	≤ 30mg/ℓ	semanalmente	
	Sólidos suspensos (SS)	≤ 30 mg/ℓ	Diário	
	Coliformes	≤ 200/100 mℓ	Diário	
	Cl ₂ residual	≥ 1 mg/ℓ	contínuo	
<i>Industrial</i> – para resfriamento sem recirculação		6 a 9	semanalmente	Distancia de 90m de áreas com acesso ao público.
	DBO ₅	≤ 30mg/ℓ	semanalmente	
	Sólidos suspensos (SS)	≤ 30 mg/ℓ	Diário	
	Coliformes	≤ 200/100 mℓ	Diário	
	Cl ₂ residual	≥ 1 mg/ℓ	contínuo	

CONTINUAÇÃO DA TABELA 7.1 – Critério de qualidade de água, tratamento, monitoramento e recomendações da US EPA.

Tipos de Uso	Parâmetro	Limite	Monitoramento	Comentários
<i>Agrícola</i> – Culturas não alimentícias Pastos leiteiros, forragens, fibras e grãos	pH	6 a 9	semanalmente	Se há irrigação por spray, o SST deve ser menor que 30mg/ℓ para evitar entupimento dos aspersores. Altos níveis de nutrientes podem afetar adversamente algumas culturas. Gado leiteiro deve ser afastado de pastagem por 15 dias após término de irrigação. Distância de 30m de áreas com acesso ao público.
	DBO	≤ 30mg/ℓ	semanalmente	
	SST	≤ 30mg/ℓ	diariamente	
	Coliformes	≤ 200/100 ml	diário	
<i>Agrícola</i> – Culturas de alimentos não processados comercialmente Irrigação superficial de qualquer cultura alimentícia, incluindo aquelas consumidas cruas	Cl_2 residual	≥ 1 mg/ℓ	contínuo	Adição de coagulante ou polímero pode ser necessária. A água de reúso não deve conter níveis de patógenos. Maior concentração de cloro ou maior período de contato pode ser necessária. Altos concentração de nutrientes podem afetar adversamente algumas culturas
	pH	6 a 9	semanalmente	
	DBO	≤ 10mg/ℓ	semanalmente	
	Turbidez	≤ 2 UNT	contínuo	
	Coliformes	≤ 200/100 ml	diário	
<i>Agrícola</i> – Culturas de alimentos processados comercialmente Irrigação superficial de pomares e vinícola	Cl_2 residual	≥ 1 mg/ℓ	contínuo	Se há irrigação por spray, o SST deve ser menor que 30mg/ℓ para evitar entupimento dos aspersores. Altos níveis de nutrientes podem afetar adversamente algumas culturas.
	pH	6 a 9	semanalmente	
	DBO	≤ 30mg/ℓ	semanalmente	
	SST	≤ 30 mg/ℓ	diariamente	
	Coliformes	≤ 200/100 ml	diário	

Fonte: USEPA (1999).

TABELA 7.2 – Limites recomendados para o reúso agrícola – US EPA

Parâmetro	Limite Recomendado (mg/l)	
	Limite Longos Períodos ^a	Limite Curtos Períodos ^b
Alumínio	5	20
Arsênico	0,1	2
Berílio	0,1	0,5
Boro	0,75	2
Cádmio	0,01	0,05
Cromo	0,1	1
Cobalto	0,05	5
Cobre	0,2	5
Fluoretos	1	15
Ferro	5	20
Chumbo	5	10
Lítio	2,5	2,5
Manganês	0,2	10
Molibdênio	0,01	0,05
Níquel	0,2	2
Selênio	0,02	0,02
Vanádio	0,1	1
Zinco	2	10
pH	6	8,5
Sólidos totais dissolvidos	500	2.000
Sólidos em suspensão	30	30
Cloro residual livre	1	1
Cloretos	100	350
Sódio – absorção foliar	70	70
Sódio – absorção pela raiz	3 ^c	9 ^c

^a Longos Períodos – Limite para o uso da água por períodos maiores de 20 anos;

^b Curtos Períodos – Limite para o uso da água por períodos até 20 anos;

^c Taxa de absorção de sódio.

Fonte: USEPA (1999) apud BLUM (2003).

TABELA 7.3 – Critério de qualidade de água, tratamento, monitoramento e recomendações da OMS.

Tipos de Uso	Grupo Exposto	Parâmetro	Limite
Irrigação de culturas a serem ingeridas cruas, campos de esporte, parques públicos	Trabalhadores, consumidores e público	coliformes Termotolerantes	$\leq 1000 / 100\text{m}\ell$
		Nematódeos Intestinais ^b	$\leq 1/\ell$
Irrigação de áreas jardinadas com acesso do público, como em hotéis entre outros	Trabalhadores e público	Coliformes Termotolerantes	$< 200 / 100\text{m}\ell$
		Nematódeos Intestinais ^b	$\leq 1/\ell$
Irrigação de culturas de cereais, culturas industriais, culturas de forragens, pastos e árvores ^a	Trabalhadores	Coliformes Termotolerantes	Sem parâmetros recomendados
		Nematódeos Intestinais ^b	$\leq 1/\ell$
Irrigação de culturas da categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público	nenhum	Coliformes Termotolerantes	Sem parâmetros recomendados
		Nematódeos Intestinais ^b	Sem parâmetros recomendados

^a No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes dos frutos serem colhidos, e os frutos não devem ser colhidos no chão. Irrigação por sistemas aspersores não deve ser utilizada.

^b Nematódeos Intestinais (*Ascaris*, *Trichuris*, *Necator americanus* e *ancilostomus duodenalis*), são expressos pela média aritmética do número de ovos/ ℓ durante o período de irrigação,

8. ANÁLISE COMPARATIVA DAS PESQUISAS ESTUDADAS

8.1 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS DADOS APRESENTADOS EM CADA GRUPO

Observando atentamente os dados fornecidos pelos diversos pesquisadores, apresentados no capítulo 5 e anexo I, percebe-se a existência de uma grande variação nas concentrações dos poluentes das águas de chuva. Esta variação pode ser atribuída a diversos fatores, tais como:

- Características da bacia, tipo de ocupação, declividade, densidade demográfica, hábitos culturais da população, área, porcentagem impermeabilizada;
- Diferentes tipos de usos das superfícies por onde escoam as águas, ruas, calçadas, telhados, pátios entre outras;
- Diferentes tipos de revestimento das superfícies por onde escoam as águas de chuva, asfalto, concreto, cerâmica, entre outros materiais e composições, possíveis, destes, visto que uma mesma superfície pode ser recoberta por uma composição de materiais;
- Intensidade de tráfego e movimento de pessoas e animais próximo ou sobre a superfície;
- Modo e frequência de limpeza da superfície;
- Localização dos pontos onde são realizadas as coletas das amostras e o modo que são feitas essas amostragens;

- Tipo de sistema de coleta, único ou combinado (coleta simultânea de águas pluviais e esgotos).

Dentre as diversas interpretações possíveis, ao se comparar os dados fornecidos pelo grupo coreano (LEE et al., 2000) uma delas permite ilustrar como a ocupação pode interferir na qualidade. Tendo em vista que há diferença significativa entre as concentrações em períodos secos e úmidos, apresentadas na tabela 5.6, das diferentes bacias industriais, residenciais e comerciais, estritamente residenciais e em desenvolvimento. Outros aspectos, anteriormente destacados, item 5.3.1, nos permitem comprovar a interferência da área da bacia e sua densidade habitacional, no comportamento das concentrações dos poluentes durante os eventos de chuva, como pode ser observado nos polutogramas, apresentados nas figuras 5.20, 5.21, 5.22 e 5.23.

A intensidade de tráfego e movimento de pessoas e animais, pode ser umas das interpretações cabíveis que justifique a amplitude das concentrações de contaminantes do escoamento superficial. As amostras coletadas nas ruas 1, 2 e 3 (GROMAIRE et al., 1998), de densidade de tráfego diferentes, parecem dependentes, em termos de amplitude, dessa intensidade de tráfego e movimento de pessoas e animais. Outro dado fornecido (GROMAIRE et al., 2000) que reforça a interpretação anterior, é a problemática das excretas caninas. Essa interpretação é feita pelos autores, observados os resultados de amostras da rua 3.

Ainda, corroborando a interpretação anterior tem-se: as concentrações de poluentes sobre as ruas são, em média, aproximadamente, 3,7 vezes as concentrações sobre as

calçadas e 19,2 vezes as dos telhados. Sendo que as concentrações dos Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) nas ruas chegam a ser 179,2 vezes maiores do que as concentrações sobre os telhados e 19,8 vezes maiores que as concentrações dos escoamentos sobre as calçadas (GRAY et al., 2002).

A influência dos tipos de usos das superfícies por onde escoam as águas, na qualidade, é visível na diferença média das concentrações dos escoamentos, em telhados e pátios. A DBO_5 no pátio chega a ser duas vezes maior que no telhado, as concentrações de Zn no telhado chega a ser 2,2 vezes maiores que as encontradas no pátio (GROMAIRE et al., 2001). Outro exemplo, da influência dos tipos de superfícies, se verifica na diferença média das concentrações dos escoamentos sobre calçadas (GRAY et al., 2002) e ruas. As concentrações dos Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) nas calçadas chegam a ser 19,8 vezes menores.

Os materiais, por onde a água escoar, são causa de diferença de concentrações nos escoamentos superficiais sobre os diversos tipos de telha (GROMAIRE et al., 1998). Em telhados de zinco as concentrações chegam a ser 1,25 vezes maiores que em telhas industriais, 1,24 vezes maiores que em telhados cerâmicos e 1,44 maiores que em telhados de ardósia. A variação devido a combinação dos diferentes tipos de recobrimento pode ser mais perceptível ao se comparar os dados dos pátios (GROMAIRE et al., 1998) onde as concentrações, em média, do pátio revestido de grama e brita eram 3,7 vezes maiores que as concentrações dos pátios revestidos só por pedra, esta diferença entre estes dois pátios chega a ser de 8,38 vezes, no caso de sólidos suspensos (SS).

A interferência do modo e frequência de limpeza da superfície é destacada pelos autores (GROMAIRE et al., 1998), como motivo das diferenças de qualidade nas amostras coletadas nos pátios pavimentados.

Diversos artigos permitem a interpretação de que há variação das características qualitativas das amostras conforme a localização da coleta. Contudo esta variação é mais facilmente percebida ao se comparar os dados fornecidos no item 5.3.10 (MAY, 2004), onde nota-se que as concentrações das amostras coletadas diretamente do coletor do telhado são em média 3 vezes maiores que as coletadas nos reservatórios 1, sendo que a diferença entre as concentrações do primeiro reservatório e o segundo, ligado ao primeiro em série, é de 1,5 vezes. Esta diferença entre as amostras coletadas diretamente do condutor e os reservatórios se deve ao fato de não ser descartada a água da primeira lavagem no condutor, e no reservatório ocorrer decantação, sendo que a coleta de amostra é feita apenas uma vez após o evento, permitindo assim a sedimentação de partículas suspensas.

8.2 COMPARAÇÃO DOS VALORES APRESENTADOS EM CADA GRUPO E OS VALORES LIMITES DE POLUENTES DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Os valores limites constantes nas resoluções do CONAMA 20 (CONAMA, 1986), substituída pela CONAMA No 357/05, são bastante restritivos, chegando a ser quatro vezes maiores que os limites de enquadramento das normas da CETESB (CETESB, 1992).

As observações, a seguir, são realizadas, considerando as resoluções do CONAMA 20 (CONAMA, 1986) apresentadas no capítulo 6, tabela 6.6.

Observando os dados de qualidade, apresentados no capítulo 5 e anexo I, verifica-se que 40% das concentrações de poluentes nos escoamentos superficiais em bairros e cidades atendem as exigências do CONAMA 20 (CONAMA, 1986), para classe 1; 2% atendem as exigências para classe 2; 17% atendem as exigências para classe 3, dessa forma totalizando 59% de enquadramento das concentrações nos limites das três primeiras classes. Apenas 41% das concentrações dos parâmetros não atendem aos limites das classes anteriormente citadas. Nota-se que o parâmetro com valores mais acima dos limites é a DBO_5 .

Analisando as concentrações dos poluentes em escoamentos superficiais, em ruas e calçadas (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001; GRAY et al., 2002; COOMBES et al., 2000), percebe-se que 46% destas concentrações atendem as exigências do CONAMA (CONAMA, 1986), para classe 1; 1% atendem as exigências para classe 2; 19% atendem as exigências para classe 3; totalizando assim 66% de atendimento dos limites das três primeiras classes. Apenas 34% das concentrações não atendem nenhum dos limites das classes anteriormente citadas.

Observa-se, neste caso, que o parâmetro que apresenta maior dificuldade de enquadramento é a DBO_5 embora seus valores não inviabilizam o uso.

Por outro lado a concentração dos sólidos dissolvidos totais estão muito inferiores aos limites impostos.

Cabe destacar ainda que os melhores resultados, quanto à qualidade, se apresentam na pesquisa em condomínio (COOMBES et al., 2000) e o segundo melhor resultado é o apresentado no estudo de bairro suburbano (GRAY et al., 2002), ficando por último os resultados do estudo realizado em bairro central de metrópole (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001).

Avaliando-se os dados das concentrações dos poluentes em escoamentos superficiais em pátios, jardins e parques (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001; GRAY et al., 2002), percebe-se que 37% destes atendem as exigências para o enquadramento na classe 1; 20% atendem as exigências para classe 3; totalizando assim 57% de atendimento das concentrações limites das três primeiras classes. Apenas 43% das concentrações dos parâmetros não atendem nenhum dos limites das classes anteriormente citadas.

Observa-se, novamente, que é a DBO_5 tem valores altos e mais distantes dos limites, embora em 90% das amostras coletadas, no estudo que apresenta esta característica (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001), esse parâmetro se enquadre na classe 3. Seus picos de máximos, no entanto, estão bem superiores aos limites do CONAMA 20 (CONAMA, 1986). Assim como os escoamento superficial sobre bairros e ruas o escoamento sobre pátios, jardins e parques apresenta concentrações de sólidos dissolvidos totais, SDT, muito inferiores aos limites impostos pelo CONAMA 20 (CONAMA, 1986).

Analisando as concentrações dos contaminantes em escoamentos superficiais, em telhados (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001; GRAY et al., 2002;

COOMBES et al., 2000; COOMBES et al., 1999; MAY, 2004), percebe-se que 64% destas concentrações atendem as exigências, do CONAMA 20, substituída pela CONAMA No 357/05, para classe 1; 6% atendem as exigências para classe 2; 10% atendem as exigências para classe 3; totalizando assim 80% de atendimento das concentrações limites das três primeiras classes. Apenas 20% das concentrações dos parâmetros não atendem nenhum dos limites das classes anteriormente citadas.

Observa-se, também, que o parâmetro que apresenta maior dificuldade de enquadramento é a DBO_5 , embora na maioria dos estudos encontrados este parâmetro esteja muito inferior ao limite do CONAMA 20 (CONAMA, 1986), em alguns estudos, ocorrerem, picos que os ultrapassam.

Os sólidos dissolvidos totais (SDT) estão muito inferiores aos limites impostos.

Cabe destacar que os melhores resultados, quanto à qualidade, se apresentam no artigo que mostra estudo em condomínio (COOMBES et al., 2000) e na cidade universitária (MAY, 2004), o segundo melhor resultado é o apresentado no estudo de bairro suburbano (GRAY et al., 2002), ficando por último os resultados do estudo realizado em bairro central de metrópole (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001).

8.3 COMPARAÇÃO DOS VALORES APRESENTADOS EM CADA GRUPO E CRITÉRIOS INTERNACIONAIS

Tendo em vista que, em geral, as concentrações limites dos parâmetros apresentados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América – US EPA, para usos urbanos e irrigação de áreas de acesso restrito ao público possuem níveis muito restritivos a serem atendidos, serão apenas tecidos comentários, neste item, baseados nesta norma.

Observando os dados de qualidade apresentados nos estudos, verifica-se que as concentrações de poluentes nos escoamentos superficiais em bairros e cidades, atendem as exigências da US EPA em 23% para usos urbanos; 35% atendem as exigências para irrigação de áreas de acesso restrito ao público; totalizando assim 58% de atendimento das concentrações limites dos usos mais restritivos. Apenas 42% das concentrações não atendem nenhum dos limites das classes anteriormente citadas. Nota-se que o parâmetro que menos se enquadra nos limites impostos é o de sólidos suspensos (SS).

Analisando as concentrações dos poluentes em escoamentos superficiais, em ruas e calçadas (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001; GRAY et al., 2002; COOMBES et al., 2000), percebe-se que 43% destas concentrações atendem as exigências da US EPA para irrigação de áreas de acesso restrito ao público; e 57% das concentrações dos parâmetros não atendem nenhum dos limites das classes

anteriormente citadas. Nota-se que o parâmetro que apresenta maior dificuldade em atingir os limites impostos é o de sólidos suspensos (SS), novamente.

Avaliando-se os dados apresentados nos estudos que fornecem concentrações dos poluentes em escoamentos superficiais, em pátios, jardins e parques (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001; GRAY et al., 2002), percebe-se que 17% destas concentrações atendem as exigências, da US EPA, para usos urbanos; 35% atendem as exigências para irrigação de áreas de acesso restrito ao público; totalizando assim 52% de atendimento das concentrações limites dos usos mais restritivos. E 48% das concentrações dos parâmetros não atendem nenhum dos limites das classes anteriormente citadas. Nota-se que o parâmetro que apresenta maior dificuldade em atingir os limites impostos é o de sólidos suspensos (SS).

Analizando as concentrações dos poluentes em escoamentos superficiais, em telhados (GROMAIRE et al., 1998; GROMAIRE et al., 2001; GRAY et al., 2002; COOMBES et al., 2000; COOMBES et al., 1999; MAY, 2004), percebe-se que 37% destas concentrações atendem as exigências, da US EPA, para usos urbanos; 35% atendem as exigências para irrigação de áreas de acesso restrito ao público; totalizando assim 72% de atendimento das concentrações limites dos usos mais restritivos. Apenas 28% das concentrações dos parâmetros não atendem nenhum dos limites das classes anteriormente citadas.

Com relação a limites da US EPA para ferro, cádmio, cobre, chumbo, zinco, manganês e cloretos para uso em irrigação por longo e curto período, verificou-se, que 92% das concentrações são menores que os limites, no caso de bairros e cidades.

No caso de ruas e pátios, 100% das concentrações são inferiores aos limites. E no caso de telhados 98% atendem aos limites.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A água do escoamento superficial próximo tem características de qualidade convenientemente boas. Tem condição de manancial, no sentido de ser possível sua utilização para inúmeros usos não potáveis e baixo custo.

A água do escoamento superficial próximo não apresenta poluentes característicos dos usos consumptivos: águas servidas do abastecimento humano, da irrigação e do abastecimento industrial.

A qualidade é progressivamente menor da captação do telhado para os pátios, jardins, ruas e bairros.

A diminuição da qualidade, no entanto, não inviabiliza usos importantes não potáveis.

A qualidade das águas de telhado em geral é, surpreendentemente, boa. Águas de telhado podem ter uso como água potável com tratamento simples e de pequena monta.

Registre-se, no entanto, que em todas as pesquisas realizadas com água de telhado, nenhuma fez referência a presença próxima de vegetação, tal como árvores. Essa presença poderá influir no quadro de qualidade das águas de telhado aqui resultante.

A qualidade das águas de pátios e jardins, junto a telhados, é menor que a das águas de telhado e tem variações importantes em função dos materiais das superfícies e, principalmente, em função do uso e manutenção locais.

A qualidade das águas coletadas nas ruas próximas a pátios e a telhados é menor que a das águas de pátios, depende igualmente dos materiais das superfícies, e principalmente, depende da forma, da intensidade dos usos e do manejo do local. Ou seja, tem valores de poluentes e amplitudes de variações dependentes do movimento de pessoas e animais, bem como do tráfego de veículos e de lavagens e varrições.

As águas, exclusivamente da drenagem superficial, após algum percurso em galeria, o que caracterizou águas de bairro, apresentam qualidade inferior à qualidade verificada em ruas e significativamente inferior à qualidade das águas de telhado.

A qualidade das águas de bairro depende em valor e faixa de amplitude das características físicas da bacia, do uso e ocupação do solo, densidade demográfica e hábitos culturais.

As pesquisas mostram, também, a dependência, da qualidade das águas de bairro, relativa a sedimentação facilitada ou não no sistema de drenagem.

A tabela 9.1 apresenta as faixas de variação dos poluentes em cada local tipo, considerados o menor, o maior valor e o de maior probabilidade de ocorrência de todas as pesquisas no local tipo. Sendo que, o valor mínimo é o menor valor de todas as pesquisas, o máximo é o maior valor de todas as pesquisas e o valor mais provável, definimos aqui, é o valor observado próximo ao baricentro da área formada pelos resultados apresentados nas pesquisas quando dispostos graficamente.

TABELA 9.1 – Faixa de variação das concentrações de poluentes

Parâmetro	Un.	Telhado			Pátios, Jardins e Parques			Rua e Calçadas			Bairros		
		MÍN	VMP	MÁX	MÍN	VMP	MÁX	MÍN	VMP	MÁX	MÍN	VMP	MÁX
DBO ₅	mg/l	0,30	4,24	42,00	6,00	12,90	47,00	14,00	28,69	160,0	5,48	65,15	254,0
DQO	mg/l	5,00	25,28	198,00	29,00	61,80	218,75	25,00	119,77	964,0	20,55	340,02	1.455,0
SS	mg/l	0,00	22,35	211,00	11,00	82,65	490,00	0,20	87,18	497,0	13,00	594,67	2.796,0
SSV	mg/l	0,00	8,67	92,84	3,84	18,35	132,30	4,10	45,41	347,0	8,22	29,88	60,0
SDT	mg/l	2,00	60,51	177,00	203,47	205,25	207,04	7,00	118,00	453,0			
NO ₃	mg/l	0,10	2,67	20,00				0,05	0,06	0,32	0,01		4,31
NO ₂	mg/l	0,01	0,66	3,80				0,01	0,57	2,90			
NH ₃	mg/l	0,16	1,52	4,95	0,28	0,29	0,29	0,02	1,17	1,70			
NTK	mg/l	0,21	0,21	0,21	0,08	0,08	0,08	0,74	0,83	0,93	0,10		35,20
PO ₄	mg/l										0,89		21,05
P Total	mg/l	5,62	5,62	5,62	6,77	6,77	6,77	2,10	2,10	2,10	2,40		22,40
HAP	mg/l	0,02	0,02	0,02				0,15	1,58	3,00			
Fenóis	mg/l										2,00		1.965,0
Pb	mg/l	0,01	0,06	1,19	0,02	0,05	0,18	0,01	0,08	0,16	0,002		0,89
Fe	mg/l	0,00	0,06	1,65				0,01	0,07	0,10	0,01		22,90
Cd	mg/l	0,00	0,0005	0,0045	0,0003	0,0005	0,0013	0,0003	0,0011	0,002			
Cu	mg/l	0,01	0,03	0,24	0,01	0,02	0,04	0,04	0,06	0,11			
Zn	mg/l	0,44	0,75	10,40	0,06	0,19	1,08	0,12	0,32	1,10			
Óleos e Graxas	mg/l				5,50	5,50	5,50						
pH		5,35	6,44	7,70				4,40	6,19	7,90			
Coliformes Termotolerantes (FC)	NMP/l	0,00	73,46	743,00				0,0	119	800			
Coliformes Totais (TC)	NMP/l	0,00	284,70	1.118,0				0,0	834	6.840			

VMP – Valor Mais Provável

CONTINUAÇÃO TABELA 9.1 – Faixa de variação das concentrações de poluentes

Parâmetro	Un.	Telhado			Pátios, Jardins e Parques			Rua e Calçadas			Bairros		
		MÍN	VMP	MÁX	MÍN	VM P	MÁX	MÍN	VMP	MÁX	MÍN	VMP	MÁX
Contagem de Bactéria Heterotófica (HPC)	NMP/ℓ	0	645	4.480				10	3.256	30.780			
Espécies de Pseudomonas (Ps)	NMP/ℓ	0	37.187	250.800				0,00	6.768	33.200			
Cloreto	mg/ℓ	2,00	11,03	30,00				3,40	7,10	19,30			
Na	mg/ℓ	4,40	8,41	12,90				1,30	4,85	19,73			
Ca	mg/ℓ	0,11	6,73	67,00				1,20	6,86	17,68			
Sulfato	mg/ℓ	0,00	6,48	21,00				2,20	4,93	27,00			
Cor	uH	15,0	37,74	218,00									
Turbidez	UNT	0,30	1,22	7,10									
Alcalinidade	mg/ℓ	4,00	24,71	60,00									
Condutividade	μS/cm	7,00	44,57	126,20									
Dureza	mg/ℓ	7,00	44,57	126,20									
Magnésio (Mg)	mg/ℓ	0,40	0,97	2,20									
Manganês (Mn)	mg/ℓ	0,00	0,02	0,07									
Fluoretos	mg/ℓ	0,01	0,06	0,12									
Sólidos Totais (ST)	mg/ℓ	10,0	55,81	320,00									
Sólidos Totais Fixos (STF)	mg/ℓ	0,00	16,28	200,00									
Sólidos Totais Voláteis (STV)	mg/ℓ	10,0	38,71	220,00									
SS Fixos	mg/ℓ	0,00	7,39	111,00									
SD Fixo	mg/ℓ	0,00	9,17	89,00									
SDV	mg/ℓ	0,00	31,06	128,00									
OD	mg/ℓ	1,50	18,95	44,00									

VMP – Valor Mais Provável

Levando em conta, além dos valores anteriores, a persistência de valores, é possível definir, qualitativamente, a importância dos poluentes em cada local tipo.

A tabela 9.2 foi elaborada nesse sentido, tendo a seguinte legenda:

VMP – Valor Mais Provável

¹ infere-se que é significativo devido ao valor de telhados;

² infere-se que é significativo devido ao valor de ruas;

sd símbolo para sem dados

— Símbolo para não significativo.

S símbolo para Significativo

MS símbolo para muito Significativo

TABELA 9.2 – Importância das concentrações de poluentes

Parâmetro	Telhado VMP	Pátio VMP	Rua VMP	Bairro VMP
DBO ₅	—	S	S	MS
DQO	—	S	MS	MS
SS	—	—	—	—
SSV	—	—	—	—
SDT	—	—	—	sd
NO ₃	—	sd	—	sd
NO ₂	—	sd	—	sd
NH ₃	S	—	S	sd
NTK	—	—	sd	sd
P Total	MS	MS	MS	sd
Pb	S	S	S	sd
Fe	—	sd	—	sd
Cd	—	—	—	sd
Cu	S	—	S	sd
Zn	S	S	S	sd
Óleos e Graxas	sd	S	sd	sd
pH	—	sd ¹	—	sd

CONTINUAÇÃO TABELA 9.2 – Importância das concentrações de poluentes

Parâmetro	Telhado	Pátio	Rua	Bairro
	VMP	VMP	VMP	VMP
Coliformes Termotolerantes (FC)	—	sd	S	sd ²
Coliformes Totais (TC)	S	sd	S	sd
Contagem de Bactéria Heterotófica (HPC)	S	sd	S	sd
Espécies de Pseudomonas (Ps)	S	sd	S	sd
Cloreto	—	sd	—	sd
Na	—	sd	—	sd
Ca	—	sd	—	sd
Sulfato	—	sd	—	sd
Cor	S	sd	sd	sd
Turbidez	—	sd	sd	sd
Alcalinidade	—	sd	sd	sd
Condutividade	—	sd	sd	sd
Dureza	—	sd	sd	sd
Magnésio (Mg)	—	sd	sd	sd
Manganês (Mn)	—	sd	sd	sd
Fluoretos	—	sd	sd	sd
Sólidos Totais (ST)	—	sd	sd	sd
Sólidos Totais Fixos (STF)	—	sd	sd	sd
Sólidos Totais Voláteis (STV)	—	sd	sd	sd
SS Fixos	—	sd	sd	sd
SD Fixo	—	sd	sd	sd
SDV	—	sd	sd	sd
OD	—	sd	sd	sd

Ao se observar os valores encontrados nas pesquisas e suas significâncias, tabelas 9.1 e 9.2 respectivamente, verifica-se que a qualidade é gradativamente menor quando se passa das águas de telhado para águas com escoamentos superficial maiores.

A qualidade, em geral, porém, das águas de escoamento superficial mantém-se compondo um quadro interessante, dentro da condição de água bruta. Nessa condição maior atenção deve ser dada, pelos resultados obtidos, aos parâmetros: DBO₅, DQO, NH₃, P total, Pb, Cu, Zn, óleos e graxas, cor e patogênicos.

Com relação ao enquadramento em normas, por exemplo a do CONAMA 20 (CONAMA, 1986), verificou-se, vide capítulo 7, que os percentuais significativos

de valores de poluentes apresentaram-se menores que os limites normalizados em classificações superiores, classe 1 e classe 2.

A análise das pesquisas com águas do escoamento superficial próximo mostrou claramente a possibilidade do seu uso como manancial para diversas utilizações.

O uso local dessas águas, além de interessante economicamente, uma vez que substitui água tratada, tem importância ambiental. Essa importância reside no fato de se introduzir um ciclo com maior tempo para parte das águas de drenagem. Tal ocorrência contribui para a diminuição dos picos de hidrogramas à jusante, restituindo condições ambientais anteriores à impermeabilização urbana.

A água de escoamento superficial próximo arrasta e dissolve o material sedimentado sobre a superfície por onde escoar, assim sendo, para que seja mantida a saúde pública, o nível de qualidade da água e o baixo custo do tratamento para adequação ao uso pretendido, é interessante que projeto do empreendimento que vise à utilização de água de chuva planeje:

- A separação do material arrastado o mais próximo da captação. Dentre as diversas opções pode-se destacar o uso de reservatórios de sedimentação, trincheiras filtrantes, filtros rápidos, reservatórios conjugados com filtros rápidos;
- Instrução e organização dos usuários, das áreas de captação, sobre a necessidade da manutenção das boas condições de limpeza;
- O procedimento de limpeza das superfícies: frequência e formas, varrição ou jato de água ou combinação de ambas;

- Sistema desinfecção antes do uso, onde dentre os procedimentos cabíveis destaca-se a pasteurização e pastilhas de cloro;
- Sistema de distribuição de água de escoamento próximo separado e sinalizado;
- Instrução e organização dos usuários, a respeito dos cuidados a serem tomados durante o uso.

Em termos de uso local, as águas de drenagem do escoamento superficial próximo, podem ser utilizadas, desde que atendidas as exigências qualitativas apresentadas anteriormente, em usos como:

- Abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- Abastecimento de água quente;
- Descargas em bacias sanitárias;
- Lavagem de veículos, pisos e roupas;
- Sistemas de aquecimento e vapor;
- Reserva para combate a incêndio;
- Sistemas de resfriamento com ou sem recirculação;
- Proteção das comunidades aquáticas;
- Paisagístico sem contato com o público;
- Recreação de contato primário;
- Irrigação de áreas jardinadas com acesso do público, como em hotéis, campos de golfe, futebol entre outros;
- Irrigação de árvores;
- Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas, no caso de grandes estoques;

- Criação natural ou intensiva (aqüicultura), de espécies destinadas à alimentação humana.

O presente trabalho possibilita, também, a recomendação da aplicação de pesquisas visando o uso das águas de escoamento superficial local. Mais especificamente:

- Pesquisa sobre qualidade das águas de escoamento superficial próximo em função de captação com filtragem simples e desinfecção.
- Pesquisa e criação de metodologias hidrológicas para o estabelecimento quantitativo em função do tempo, de quantidades a armazenar, a utilizar e sua integração na recuperação de passivos ambientais.
- Pesquisa de elementos estruturais para armazenamento e tratamento das águas de escoamento superficial próximo, tais como trincheiras filtrantes; wetlands de decantação e absorção; filtros em reservatórios e outros, integrados a paisagem urbana e sua funcionalidade.

10. BIBLIOGRAFIA LEVANTADA PARA A DISSERTAÇÃO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA – ABES. **Seminário internacional - reúso da água na região metropolitana de São Paulo**, 1998, São Paulo. Disponível em <www.abes.org.br/>. Acesso em 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS – ABRH. **Política e sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, lei federal no 9.433, de 8 de janeiro de 1997**, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Comissão de Gestão: São Paulo, 64 p.

ATLAS CONTINENTAL DEL AGUA EN AMÉRICA – ACAA. **Usos e impactos**, 2001. Disponível em <http://www.atlaslatinoamerica.org/ usos_impac/amer_sur.htm>. Acesso em 2003.

ALLISON, R., CHIEW, F., & McMAHON, T. **Stormwater gross pollutants**: CRC for Catchment Hydrology. Clayton, Australia: Industry Report 97/11, 1997.

ALMEIDA, J. R.; CALVANCANTI, Y.; MELLO, C. S. **Gestão ambiental: planejamento, avaliação, implantação, operação e verificação**, Rio de Janeiro: thex Ed., 2000.

ALMEIDA, M. C.; BUTTLER, D. **At source domestic wastewater quality**. *Urban Water*. 1999. v.1, p.49-55.

ALONSO, L.R. **Controle e desenvolvimento operacional**: Ações da SABESP na Região Metropolitana de São Paulo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ECONOMIA DE ÁGUA E ABASTECIMENTO PÚBLICO. São Paulo. Anais. 1986.

ANDRÉ, P. T. A.; PELIN, E. **Elementos de análise econômica relativas ao consumo predial**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana, 1998. 46 p.

American Water Works Association AWWA (1999). **Water use**: indoor & annual. <www.waterwiser.org> Acesso em 2003.

AZEVEDO NETTO, J.M. de (et al.). **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água**. v.2, p. 317, 1987. Tratamento de Água, 3o edição, São Paulo: CETESB/ASCETESB.

BAMFORD, H. A., OFFENBERG, J. H., LARSEN, R. K., Ko, F. C., BAKER, J. E. (1999). Diffusive exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons across the air – water interface of the Patapsco River, an urbanized subestuary of the Chesapeake Bay. *Environment Science and Technology*, v. 33, p. 2138 – 2144.

BANNERMAN, R. T., OWENS, D. W., DODDS, R. B., & HORNEWER, N. J. Sources of pollutants in Wisconsin stormwater. **Water Science and Technology**. 1993. v.28, p.241 – 259.

BARTH, F. T.; BARBOSA, W. E. S. Recursos Hídricos, São Paulo, 1999.

BEECKMAN, G. B. Water Conservation, Recycling and Reuse, **Water Resources Development**. v. 14, n. 03, p. 353-364.

BERNARD, A. (1999). **International Cooperation Through River Basin Commissions**. Ramsar Convention Bureau. Disponível em <http://www.ramsar.org/cop7_doc_20.2_e.htm>. Acesso em 2003.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo. Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999. Especifica as sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, contidas na Lei no 9.605, de 12/02/98 e outras. **Diário Oficial da União Executivo**, Brasília, DF, 22 set. 1999. p. 1.

_____. Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, Regulamenta a Lei no 6.902, de 27 de abril de 1981 e a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981 que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e dá outras providências.

_____. Lei no 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências.

_____. Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998, seção 1, p.1.

_____. Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

Câmara de comercio Brasil Austrália
<http://www.australia.org.br/informativos_pais.htm> 2005.

CANDELA, L.; HERNÁNDEZ, S.; PRAT, N.; SAUQUILLO, A.; ZABALETA, A. P. **El Agua y la Política Hidráulica en España**. Madri. 2001. p. 19

CASTELLANO, E. G., CHAUDHRY, F. H. **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias**. São Carlos. EESC/USP, 2000.

CENTRO DE AGUA PARA EL TRÓPICO HÚMEDO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CATHALAC (1999). **Vision on Water, Life and the Environment for the 21st Century**: Regional Consultations. Central America and Caribbean. Panama City.

CETESB. Legislação Estadual – Controle da Poluição Ambiental, São Paulo, (Série Documentos), 1992.

_____. Legislação Federal – Controle da Poluição Ambiental, São Paulo, (Série Documentos), 1992.

_____. **Manual para a Implementação de um Programa de Prevenção à Poluição**. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>, 1998.

Commission on Sustainable Development – CSD. **Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World**: Report of the Secretary-General. United Nations Economic and Social Council. 1997. Disponível em: <<http://www.un.org/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-9.htm>>. Acesso em 2003.

_____. **Overall Progress Achieved Since the United Nations Conference on Environment and Development**: Report of the Secretary-General. 1997. Disponível em: <<http://www.un.org/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-2add17.htm>> Acesso em 2003.

CONAMA. Resolução CONAMA No 20 (substituída pela CONAMA No 357/05), de 18 de junho de 1986.

COOMBES, P. J.; KUCZERA G.; ARGUEB, J. R. Figtree Place: A Case Study in Water Sensitive Urban Development (Wsud). **Urban Water**, 1999. n.1 p. 335 – 343

COOMBES, P. J.; KUCZERA, G.; ARGUE, J. J.; ARGUE J. R. **Water Sensitive Urban Redevelopment**: The “Figtree Place” Experiment. Disponível em: <<http://www.eng.newcastle.edu.au/~cegak/Coombes/>>. Acesso em 2003.

COOMBES, P. J.; KUCZERA, G.; KALMA, J. D.; DUNSTAN, H. R. **Rainwater Quality From Roofs, Tanks And Hot Water Systems at Figtree Place Experiment**. Disponível em: <<http://www.eng.newcastle.edu.au/~cegak/Coombes/>>. Acesso em 2003.

COOMBES, P. J.; KUCZERA, G.; ARGUE, J. R.; COSGROVE, F.; ARTHUR, D.; BRIDGEMAN, H. A.; ENRIGHT, K. **Design, Monitoring and Performance of The Water Sensitive Urban Redevelopment at Figtree Place in Newcastle**

Experiment. Disponível em:
 <<http://www.eng.newcastle.edu.au/~cegak/Coombes/>>. Acesso em 2003.

CROOK, J. **Water Resources Handbook**, Larry W. Mays, McGraw-Hill, 1996.

DAEE. Obras de Interligação Põe Fim ao Racionamento de Água na RMSP, **Revista Águas e Energia Elétrica - DAEE**, outubro de 1998, p. 39-43.

_____. Portaria no 12, de 15 de março de 1991, Normas para a emissão de Licença de Execução e da Licença de Operação de poços tubulares profundos, assim como da outorga final para a exploração de águas subterrâneas no território do Estado de São Paulo, 1991.

_____. Portaria no 717/96, Aprova a norma e os anexos de I a XVIII, que disciplinam o uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado de São Paulo, na forma de Lei Estadual no 6.134, de 02/06/88 e de seu regulamento, aprovado pelo Decreto Estadual no 32.955, de 07/02/91, bem como da Lei Estadual no 7.663, de 30/12/91 e de seu regulamento, aprovado pelo Decreto Estadual no 41.258, de 31/10/96, 1996

DAVIS, M. L., CORNWELL, D. A. **Introduction to environmental Engineering**, Third Edition, McGRAW-HILL, series in water resources and environment. 1998. 919p.

DEMPSEY, B. A., TAI, Y. L., & HARRISON, S. G. Mobilization and removal of contaminants associated with urban dust and dirt. **Water Science and Technology**. 1993. v.28, p.225 – 230.

DEMPSEY, B. A.; Tai, Y. L.; HARRISON, S. G. Mobilization and removal of contaminants associated with urban dust and dirt. **Water Science and Technology**. 1993.v.28, p.225 – 230.

DILLON, P., & PAVELIC, P. Guidelines on the quality of stormwater and treated wastewater for injection into aquifers for storage and reuse. UWRAA, **Research Report**. 1996, v. 109.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **AQUASTAT — FAO's information system on water and agriculture**. 2001. Disponível em:
 <<http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agl/aglw/aquastatweb/main/html/background.htm>> Acesso em 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **FAOSTAT Statistical Database**. 2001. Disponível em <<http://www.fao.org/>>. Acesso em 2003.

FERREIRA FILHO, S.S.;SOBRINHO, P.A. Considerações sobre o Tratamento de Despejos Líquidos Gerados em Estações de Tratamento de Água. **ABES -**

Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. v.03, n. 3/4, Jul-Dez. 1998. p.128-136.

FIELD, R., O'SHEA, M. L., CHIN, K. K. **Integrated Stormwater Management.** Lewis Publishers, 1993.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Conservação e Reúso de Água:** Manual de Orientações para o setor Industrial. São Paulo. 2004. p. 90.

FINLAYSON, C. M.; DAVIDSON, N.C.; SPIERS, A. G.; and STEVENSON, N.J. Global wetland inventory: current status and future priorities. **Marine and Freshwater Research.** 1999. v.50, n.8, p.717 – 28

FOSTER, S.; LAWRENCE, A.; MORRIS, B. **Groundwater in Urban Development:** Assessing Management Needs and Formulating Policy Strategies. 1998.

GLEICK, P. H. **The World's Water 1998-1999.** Washington DC, Island Press International Network of Basin Organizations – INBO. 2001. Disponível em: <<http://www.oieau.fr/riob/friobang.htm>>. Acesso em 2003.

GOMES, L. A.; CHAUDRY, F. H. Aspectos qualitativos das águas pluviais urbanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11. Fortaleza, 1981.

GUIDOLIM, J.C. **Situação atual do reúso de efluentes.** Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2002.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP – GWP. **Water for the 21st Century:** Vision to Action – South America. Stockholm. 2001. Ano 3, n. 6, abril-maio.

GRAY, S.R.; BECKER, N. S. C. Contaminant Flows in Urban Residential Water Systems. **Urban Water.** 2002. n.4, p.331 – 34.

GROMAIRE, M. C.; GARNAUD, S.; CHEBBO, G.; SAAD, M. Origins and Characteristics of Urban Wet Weather Pollution in Combined Sewer Systems. **Water Science and Technology.** 1998. v. 37, nº3 p.35 – 43.

GROMAIRE, M. C.; GARNAUD, S.; AHYERRE, M.; CHEBBO, G. The Quality Of Street Cleaning Waters: Comparison with Dry and Wet Weather Flows in a Parisian Combined Sewer System. **Urban Water.** 2000. n.2, p.39 – 46.

_____. Production and transport of urban wet sewer systems: the “Le Marais” experimental urban catchment in Paris. **Urban Water.** 2001. n.3, p.3 – 15.

HEALTH BUSINESS INTELLIGENCE – HBI. **Introduction to Pollution Prevention**: Training Manual. Hagler Bailly Consulting Inc., Arlington, 1995. p. 2209-2406.

_____. **La Norma ISO 14000 y Los Sistemas de Gestión Ambiental**: Manual de Capacitación, Hagler Bailly Services, Inc. Arlington. fev. 1997.

HELMER, R e HESPANHOL, I. **Water Pollution Control**: A guide to the use of water quality management principles, WHO/UNEP, 1997. 510p.

HERRMANN, T., & HASSE, K. Ways to get water: rainwater utilization or long-distance water supply, **Water Science Technology** 36 (8 – 9), Pergamon, New York, 1997. p. 313 – 318.

HERRMANN, T., KAUP, J., & HESSE, Th. Innovative water concept applied at an urban multi-storey building. In Joliffe, I. B., und Ball, J. E. (Eds.), In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN STORM DRAINAGE, 1999. v. 3 pp. 1296-1303.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**. 2000. n. 1 p. 307-316

HESPANHOL, I. Água e Saneamento Básico no Brasil: Uma Visão Realista. In. REBOUÇAS, A. C.; BRASGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. Academia Brasileira de Ciências – Instituto de Estudos Avançados da USP, Escrituras Editora: São Paulo, 1999. 717 p.

_____. Considerações sobre algumas formas de reúso e as respectivas qualidades exigidas. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: mcrv1972@terra.com.br, em 03/11/2004.

_____. Desenvolvimento Sustentado e Saúde Ambiental. **Revista Politécnica - Tecnologia e Ambiente: Confronto ou Interação**. n. 204/205, janeiro/junho de 1992. p. 66-72.

_____. Esgotos como Recurso Hídrico: Parte I: Dimensões políticas, institucionais, legais, econômico-financeiras e sócio-culturais. **Engenharia - Revista do Instituto de Engenharia**. Ano 55, n. 523. 1997. p. 45-58.

_____. Guidelines and Integrated Measures for Public Health Protection in Agricultural Reuse Systems, **J. Water SRT-Aqua**, v. 39. n. 4. 1990. p. 237-249.

HUNT, C. B.; AUSTER, E. R. **Proactive Environmental Management: Avoiding the Toxic Trap**, Environmental Management: Sloan Management Review, Winter 1990, em EAD 5887 - Administração empresarial e o Meio Ambiente, Prof. Dr. Isak Kruglianskas - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 3o Trimestre de 1998.

IDAHO – NATIONAL ENGINEERING LABORATORY. Waste Treatment Technologies. v. 13, EG&G Idaho, Inc.: Idaho Falls, Idaho. 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. 1997. Disponível em: <<http://www.ibge.br>>, acessado em 2004.

_____. Censo Demográfico 2000 – Resultados do Universo. 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.br>>, acessado em 2004.

_____. Popclock – Estimativas da População, 2004. <http://www.ibge.br>, acessado em 2004.

JICKELLS, T. D., DAVIES, T. D., TRANTER, M., LANDSBERGER, S., JARVIS, K., ABRAHAMS, P. Trace elements in snow samples from the Scottish highlands: Sources and dissolved/particulate distributions. 1992. **Atmospheric Environment**. v. 26A. p. 393 – 401

LEE, J. H.; BANG, K. W. Characterization of Urban Stormwater Escoamento Superficial. **Water Research**. 2000. v.34, n.6, p. 1773 – 1780

KAWAMURA, S. Specific Water Treatment Processes, In. KAWAMURA, S.; WILEY, J. **Integrated Design of Water Treatment Facilities**. 1991, p. 488-567.

KIANG, Y.H. e METRY, A. A. **Hazardous Waste Processing Technology**, ANN ARBOR SCIENCE: Michigan, 1982. 549p.

KINDSCHY; J. W.; KRAFT; M.; CARPENTER, M. **Guide to Hazardous Materials and Waste Management**. Solano Press Books, 1997.344 p.

MAKIBARA, H. O Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista (HIDROPLAN), **DAEE – Revista Águas e Energia Elétrica**. Out. 1998, p. 58-67.

MARTIN, E.J.; JOHNSON, J.H. **Hazardous Waste Management Engeneering**, Van Nostrand Reinhold Company – New York, 1987. 520p.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. 2005. 159p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MAYS, L. W. Water Resources: An Introduction, In. **Water Resouces Handbook**, LARRY W. et all. MCGRAW-HILL, 1996. p. 1.3-1.35.

MEYBECK, M.; CHAPMAN, D.; HELMER, R. Global Freshwater Quality – A first Assessment, GEMS: Global Environmental Monitoring System, World Health Organization, United Nations Envirinment Programme, 1990. 306 p.

MIERZWA, J.C. **Estudo Sobre Tratamento Integrado de Efluentes Químicos e Radioativos**: Introduzindo-se o Conceito de Descarga Zero, São Paulo: 1996. Dissertação (Mestrado), IPEN/CNEN-SP - Universidade de São Paulo, 1996. 171p.

_____. Tratamento da Água na Manipulação Magistral, **Revista Racine**, ano X, no 57, julho/agosto, 2000.

_____. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria**: Estudo de caso da Kodak Brasileira. 2002. 367p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MIERZWA, J.C. e HESPAHOL, I. Programa para Gerenciamento de Águas e Efluentes nas Indústrias, Visando ao Uso Racional e à Reutilização. **Revista ABES – Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 4. n. 1 e 2 jan/mar. e abr/jun., 2000, p. 11 – 15.

MIERZWA, J. C. et. al. Tratamento de Rejeitos Gerados em Processos de Descontaminação que utilizam o Ácido Cítrico como Descontaminante. In. SYMPOSIUM OF NUCLEAR ENERGY AND THE ENVIRONMENT, Rio de Janeiro - Brasil, 27/06 - 01/07 de 1993.

MIERZWA, J.C.; SANDRA BELLO, .G. Tratamento de Rejeitos e Efluentes do Laboratório de Materiais Nucleares (LABMAT), Utilizando os Processos de Precipitação Química, Osmose Reversa e Evaporação, In. XII ENFIR, VIII CGEN e V ENAN. Anais. Rio de Janeiro. Brasil, 15 a 20 de outubro de 2000.

MONTGOMERY, J.M. Facilities Design, In. WILEY, J. et all. **Water Treatment Principles and Design**. 1985. p. 491 - 580.

MORAN, J.M.; MORGAN, M.D.; WIERSMA, J.H. **Introduction to Environmental Science**, Second Edition, W.H. Freemanm and Company: New York, 1986.

MOTA, S. Preservação e Conservação de Recursos Hídricos. **Revista ABES – Engenharia Sanitária e Ambiental**, 1995.

MOURA, L. A. ABDALLA DE. Economia Ambiental Gestão e Investimentos. São Paulo: Ed. Juarez de Oliveira, 2000.

MUJERIEGO, R. e ASANO, T. The Role of Advanced Treatment in Wastewater Reclamation and Reuse, **Water Science and Technology**, v. 40. n. 4-5. 1999. p. 1-9.

NALCO. **The Nalco Water Handbook**, Second Edition, NALCO Chemical Company - Editor Frank N. Kemmer, McGraw-Hill Book Company, 1988.

NEMEROW, N.L and DASGUPTA, A. **Industrial and Hazardous Waste Treatment**, Van Nostrand Reinhold: New York, 1991, 743p.

NORDELL, E. **Water Treatment for Industrial and Other Uses**, Second Edition - Reinhold Publishing Corporation: New York, 1961, 598p.

PACHECO, E.D.; DINIZ, H.E.; MIERZWA, J.C. e HESPAÑOL I. Redução no Consumo de Água na Indústria – Estudo de Caso da KODAK do Brasil. In. IV DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS – “Em Busca de Soluções”. Foz do Iguaçu – Paraná, de 2 a 3 de setembro. 2001.

PAHO (1998). **Health in the Americas.**, PAHO Scientific Publication Washington DC, Pan American Health Organization. v. 1. n. 569.

PHIPPS, E. **Pollution Prevention: Concepts and Principles**, Introductory Pollution Prevention Materials – National Pollution Prevention Center for Higher Education, set. 1995.

PICHLMAYER, F.; SCHÖNER, W.; SEIBERT, P.; STICHLER, W.; WAGENBACH, D. Stable isotope analysis for characterization of pollutants at high elevation alpine sites. **Atmospheric Environment**. 1998. v. 32, p.4075 – 4085.

PICHLMAYER, F., SCHÖNER, W., SEIBERT, P., STICHLER, W., & WAGENBACH, D. Stable isotope analysis for characterization of pollutants at high elevation alpine sites. **Atmospheric Environment**. 1998. v. 32, p.4075 – 4085.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA. **GEO Brasil 2002: Perspectivas do Meio Ambiente Brasil.** 2002. p. 440.

_____. **GEO-3 2002: Perspectivas do Meio Ambiente Mundial.** 2004. p. 440.

PORTO R. L., et al. **Hidrologia Ambiental**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1991.

PORTO R. L., et al. **Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Porto Alegre. Ed. Universidade / EFRGS / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.

POSTER, D. L., & BAKER, J. E. Influence of submicron particles on hydrophobic organic contaminants in precipitation. 1. Concentrations and distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in rainwater. **Environment Science and Technology**. 1996. v. 30, p. 341 – 348.

RAMIRO, FERNANDES MAIA NETO. Água para o Desenvolvimento Sustentável, A Água em Revista, **Revista Técnica e Informativa da CPRM**. Ano V. n. 9, 1997. p. 21-32.

REBHUN, M. e ENGEL, G. Reuse of Wastewater for Industrial Cooling Systems, **Journal WPCF**, v. 60, n. 2, 1988. p. 237-241.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Carlos. EESC/USP, 1998.

RMAI. As Vantagens do Reúso e Reciclo de Águas. **Revista Meio Ambiente Industrial**. ed. Tocalino Ltda. Ano III. ed. 16, no 15 - nov/dez. de 1998. p. 81-85.

SALETH, R. M.; DINAR, A. **Water Challenge and Institutional Response** (A Cross-Country Perspective), Policy Research Working Paper 2045. Washington DC, World Bank Development Research Group Rural Development and Rural Development Department. 1999.

SANTOS, S. R. Deságüe de Bueiro com Retenção de Fração Arenosa e de Poluentes/Contaminantes de Acidente Rodoviário. In. XX CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HIDRÁULICA, International Association of Hydraulics Researches - AIHR, La Habana, Cuba, setembro 2002.

SÃO PAULO – Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH. Legislação Básica sobre Recursos Hídricos, Governo do Estado de São Paulo, 29 de Fevereiro, 1992.

SÃO PAULO – Secretaria do Meio Ambiente – SMA. Gestão das Águas: 6 anos de Percurso, Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, São Paulo. 1997.

_____. Aspectos Ambientais Urbanos dos Municípios do Estado de São Paulo, Governo do Estado de São Paulo, Relatório de Pesquisa, abril de 1998.

SÃO PAULO. Decreto no 32.955, de 07 de fevereiro de 1991, Regulamenta a Lei no 6.134, de 02 de junho de 1988, que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo e dá outras providências.

_____. Decreto no 41.258, de 31 de outubro de 1996, Aprova o regulamento dos artigos 9o a 13o da Lei no 7.633, de 30 de dezembro de 1991 (D.O.E. de 01/11/96, pg. 48) Decreto de Outorga e Fiscalização.

_____. Decreto no 8.468, de 08 de setembro de 1976, Aprova o regulamento da Lei no 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente Legislação sobre Meio Ambiente – Estado de São Paulo, LEMA – Consultoria S/C Ltda, São Paulo, Agosto de 1998.

_____. Lei no 5.597, de 06 de fevereiro de 1987, Estabelece normas e diretrizes para o zoneamento industrial no Estado de São Paulo, e dá outras providências correlatas, Legislação de Meio Ambiente – Estado de São Paulo, LEMA – Consultoria S/C Ltda, São Paulo, Agosto de 1998

_____. Lei no 6.134, de 02 de junho de 1988, Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, e dá outras providências, Legislação sobre Meio Ambiente – Estado de São Paulo, LEMA – Consultoria S/C Ltda, São Paulo, Agosto de 1998.

_____. Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, LEMA - Legislação de Meio ambiente Ltda: São Paulo, Agosto de 1999.

_____. Lei no 997, de 31 de maio de 1976, Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente, Legislação sobre Meio Ambiente – Estado de São Paulo, LEMA – Consultoria S/C Ltda, São Paulo, Agosto de 1998.

_____. Secretaria do Meio Ambiente – SMA a. Agenda 21 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 3 – 14 de junho de 1992, - Documentos Ambientais, Governo do Estado de São Paulo, 1997. 383 p.

SAPESB (2000). **Distribuição de água no consumo doméstico**. Brasil. Disponível em: <<http://www.sapesb.com.br/uragua/distribuicao.html>>. Acesso em 2003.

SCHIANETZ, B. **Passivos Ambientais**. Curitiba. SENAI, 1999.

SHIKLOMANOV, I.A. (1993). World freshwater resources. In P. H. Gleick (ed.), **Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources**. New York, Oxford University Press.

SHIKLOMANOV, I.A. (1999). **World Water Resources and their Use**. Database on CD Rom. Paris, UNESCO.

SRH. Minuta do Decreto que Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso, de acordo com a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997., Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/SRH/main.html>>. Acesso em: 2002.

TOMAZ, P. **Economia de Água para Empresas e Residências**. São Paulo. Navegar editora. 2001.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água**. São Paulo. Navegar editora. 2000.

TUCCI C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Disponível em <http://www.labdren.ufsc.br/drenagem/docs/Gerenciamento_da_Drenagem_Urbana.pdf>. Acesso em 2002.

United Nations – UN (2000). **Drinking Water Supply and Sanitation Update**. Report No UNE/CN 17/2000/13. New York, Commission on Sustainable

Development United Nations Population Division (2001). World Population Prospects 1950-2050 (The 2000 Revision). New York. Disponível em <www.un.org/esa/population/publications/wpp2000/wpp2000h.pdf>. Acesso em 2003.

United Nations Commission for Sustainable Development – UNCSO. **The Tegucigalpa Model: Water Supply for Peri-urban Settlements**. 1999. Disponível em <http://www.un.org/esa/sustdev/success/tegu_mod.htm>. Acesso em 2003.

UNDP, UNEP, World Bank and WRI (2000). World Resources 2000-2001. Washington DC, World Resources Institute

United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean – UNECLAC (2000). **Water Utility Regulation: Issues and Options for Latin America and the Caribbean**. ECLAC, LC/R. 2002. Santiago de Chile, UNEP (1999). Caribbean Environment Outlook. Nairobi, United Nations Environment Programme.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Groundwater: A Threatened Resource**. Nairobi, UNEP, 1996.

URBONAS, B., STAHR, P. **Best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management**. New Jersey. PTR Prentice Hall. 1990.

LEEDEN, F. V. D.; TROISE, F.L.; TODD, D.K. **The Water Encyclopedia**. Second Edition, Lewis Publishers, Inc., Michigan, USA, 1990, 808p.

VIEIRA, P., SILVA, A. M., BAPTISTA, J. M., ALMEIDA, M. C., RIBEIRO, R., **Inquérito aos hábitos de utilização e consumos de água na habitação**. Lisboa. 2001.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de águas Residuárias**: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 1996. v.1. 2.ed.

WORLD BANK. Disponível em <http://www.worldbank.org/data/wdi2001/pdfs/tab3_8.pdf>. Acesso em 2003.

_____. **Annual Review: Environment Matters**. Washington DC, World Bank World Bank (2001). World Development Indicators 2001.

WORLD COMMISSION ON DAMS – WCD. **Dams and Development: A New Framework for Decision-Making**. 2000. London, Earthscan. Disponível em <http://www.damsreport.org/wcd_overview.htm>. Acesso em 2003.

WESTERHOFF, G.P.; CHOWDHURY, Z.K. Water Treatment Systems. In. **Water Resources Handbook**, McGRAW-HILL, 1996. p. 17.1 - 17.41.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO; UNITED NATIONS CHILDREN’S FUND – UNICEF (2000). Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. Geneva and New York. Disponível em <http://www.who.int/water_sanitation_health/Globassessment/GlasspdfTOC.htm>. Acesso em 2003.

WORLD COMMISSION ON WATER (1999). World’s Rivers in Crisis - Some Are Dying; Others Could Die. World Water Council. Disponível em <<http://www.worldwatercouncil.org/Vision/6902B03438178538C125683A004BE974.htm>>. Acesso em 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Publicações. Disponível em <<http://www.who.int/es/>>. Acesso em 2004.

WORLD WATER COUNCIL (2000). **World Water Vision Commission Report**: A Water Secure World. Vision for Water, Life and the Environment. Disponível em <<http://www.worldwatercouncil.org/Vision/Documents/CommissionReport.pdf>>. Acesso em 2003.

_____. **World Water Vision**: Making Water Everyone’s Business. London, Earthscan World Water Forum (2000). Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century. World Water Fórum. Disponível em <<http://www.worldwaterforum.net/index2.html>>. Acesso em 2003.

_____. **Vision on Water, Life and the Environment for the 21st Century**. Regional Consultations: North America. Marseille, 1999.

_____. **Water in the Americas for the Twenty First Century, Roundtable Meeting of the Americas**: Final Report, Montreal. jul. 2000.

WSAA (1998). **The Australian urban water industry**. WSAA facts 98. Melbourne. Australia. Disponível em <<http://www.fwr.org/wsaa.htm>>. Acesso em 2003.

WSSCC (2000). **Vision 21**: A Shared Vision for Water Supply, Sanitation and Hygiene and a Framework for Future Action. Geneva, World Health Organization

Referências: Capítulo 2, água doce, panorama mundial

11. ANEXO A – TABELAS

Os resultados apresentados no capítulo 5 estão disposto nas tabelas A.1 a A.6 de modo a facilitar a comparação entre os resultados dos autores.

TABELA A.2 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em telhados, grupo australiano.

GRUPO	AUSTRALIANO			
AUTORES	<i>Peter J. Coombes, George Kuczera, Frank Cosgrove, David Arthur, Howard A. Bridgeman and Kelvyn Enright</i>	<i>Peter J. Coombes, George Kuczera, John R. Argue</i>	<i>Peter J. Coombes, George Kuczera and Jetse D. Kalma</i>	<i>S.R. Gray e N. S. C. Becker</i>
PAIS DE ORIGEM	Austrália	Austrália	Austrália	Austrália
CIDADE	Newcastle	Newcastle	Newcastle	Perth
ESCOAMENTO	Escoamento superficial em áreas suburbanas	Escoamento superficial em áreas suburbanas	Escoamento superficial em áreas suburbanas	Escoamento superficial em áreas suburbanas
ARTIGO	DESIGN, MONITORING AND PERFORMANCE OF THE WATER SENSITIVE URBAN REDEVELOPMENT AT FIGTREE PLACE	FIGTREE PLACE: A CASE STUDY IN WATER SENSITIVE URBAN DEVELOPMENT (WSUD)	RAINWATER QUALITY FROM ROOFS, TANKS AND HOT WATER SYSTEMS AT FIGTREE PLACE	CONTAMINANT FLOWS IN URBAN RESIDENTIAL WATER SYSTEMS
ÁREA DE CONTROLE	"Figtree Place"	"Figtree Place"	"Figtree Place"	"Ellenbrook"
TIPO DE BACIA	Condomínio residencial em região central metropolitana	Condomínio residencial em região central metropolitana	Condomínio residencial em região central metropolitana	Bairro residencial suburbano
Área (m²)	6.000	6.000		
COLETA	Em reservatório	Em reservatório	Coleta em caixa de passagem	
TIPO DE SUPERFÍCIE	Telhados	Telhados	Telhados	Telhado
TIPO DE PAVIMENTO	Telha	Telha	Telha	

CONTINUAÇÃO TABELA A.2 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em telhados, grupo australiano.

GRUPO		AUSTRALIANO									
ARTIGO		DESIGN, MONITORING AND PERFORMANCE OF THE WATER SENSITIVE URBAN REDEVELOPMENT AT FIGTREE PLACENEWCASTLE			FIGTREE PLACE: A CASE STUDY IN WATER SENSITIVE URBAN DEVELOPMENT (WSUD)			RAINWATER QUALITY FROM ROOFS, TANKS AND HOT WATER SYSTEMS AT FIGTREE PLACE			CONTAMINANT FLOWS IN URBAN RESIDENTIAL WATER SYSTEMS
PARÂMETRO	UN.	MIN	MÉDIA	MAX	MIN	MÉDIA	MAX	MIN	MÉDIA	MAX	MÉDIA
pH								5,35	5,65	5,99	
Coliformes Termotolerantes (CF)	UFC/ℓ	-	0,86	6,00	-	1,23	8,00	39,00	218,29	743,00	
Coliformes Totais (CT)	UFC/ℓ	-	199,29	1.000,00	-	112,38	1.000,00	220,00	542,43	1.118,0	
Contagem de Bactéria Heterotóficas (CBH)	UFC/ℓ	0,10	77,96	307,80	0,10	48,25	307,80	893,00	1.807,00	4.480,0	
Espécies de Pseudomonas (EP)	UFC/ℓ	0	3.340,71	11.000,0	0,0	29.537,31	250.800,0	11.150,0	78.685,71	146.723	
Cloreto	mg/ℓ							4,70	12,14	17,10	
Na	mg/ℓ							4,40	8,41	12,90	
Ca	mg/ℓ							0,11	0,19	0,32	
Sulfato	mg/ℓ							1,79	6,79	14,50	

TABELA A.3 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em telhados, grupo brasileiro.

GRUPO		BRASILEIRO					
AUTORES		<i>Simone May</i>					
PAIS DE ORIGEM		Brasil					
CIDADE		São Paulo					
ESCOAMENTO		Escoamento superficial em áreas suburbanas					
ARTIGO		ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES					
ÁREA DE CONTROLE		Cidade Universitária					
TIPO DE BACIA		Condominial					
Área (m²)		82			82		
COLETA		Diretamente da rede coletora			Em reservatório		
TIPO DE SUPERFÍCIE		Telhado			Telhado		
TIPO DE PAVIMENTO		Telha de cimento amianto			Telha de cimento amianto		
PARÂMETRO	UN.	MIN	MÉD	MAX	MIN	MÉD	MAX
DBO ₅	mg/l	1,00	1,57	5,20	0,30	1,17	3,30
SS	mg/l	2,00	30,27	183,00		1,70	5,00
SSV	mg/l		15,50	72,00		1,70	5,00
SDT	mg/l	2,00	57,27	177,00	5,00	23,30	77,00
NO ₃	mg/l	0,50	4,71	20,00	0,38	3,08	5,90
NO ₂	mg/l	0,07	0,75	3,80	0,01	0,08	0,26
Fe	mg/l	0,01	0,12	1,65	0,01	0,07	0,52
pH		5,80	6,97	7,70	6,20	6,70	7,20
CLORETO	mg/l	2,00	8,75	25,00	6,00	12,20	30,00
Ca	mg/l	1,10	14,89	67,00	2,70	5,12	8,10
Sulfato	mg/l	2,00	7,56	21,00		5,10	16,00

CONTINUAÇÃO TABELA A.3 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em telhados, grupo brasileiro.

GRUPO		BRASILEIRO					
ARTIGO		ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES					
PARÂMETRO	UN.	MIN	MÉD	MAX	MIN	MÉD	MAX
Cor	uH	20,00	52,48	218,00	15,00	23,00	48,00
Turbidez	UNT	0,60	1,63	7,10	0,30	0,81	2,00
Alcalinidade	Mg Ca /ℓ	4,00	30,63	60,00	12,00	18,80	30,00
Condutividade	μS/cm	7,00	63,42	126,20	7,20	25,72	51,10
Dureza	mg/ℓ	7,00	63,42	126,20	7,20	25,72	51,10
Magnésio (Mg)	mg/ℓ	0,40	1,24	2,20	0,40	0,69	1,00
Manganês (Mn)	mg/ℓ				0,01	0,03	0,07
Fluoretos	mg/ℓ	0,01	0,07	0,12	0,03	0,06	0,10
Sólidos totais (ST)	mg/ℓ	10,00	86,63	320,00	10,00	25,00	80,00
Sólidos totais fixos (STF)	mg/ℓ		32,56	200,00			
Sólidos totais voláteis (STV)	mg/ℓ	10,00	52,42	220,00	10,00	25,00	80,00
SS fixos	mg/ℓ		14,77	111,00			
SD FIXO	mg/ℓ		18,33	89,00			
SDV	mg/ℓ		38,81	128,00	5,00	23,30	77,00
OD	mg/ℓ	1,60	20,32	44,00	1,50	17,57	34,40

TABELA A.4 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em pátios, jardins e parques.

GRUPO	FRANCÊS		AUSTRALIANO	
AUTORES	M.C. Gromaire, S. Garnaud, M. Ahyerre e G. Chebbo		S.R. Gray e N. S. C. Becker	
PAIS DE ORIGEM	França		Austrália	
CIDADE	Paris		Perth	
ESCOAMENTO	Escoamento superficial em áreas urbanas		Escoamento superficial em áreas suburbanas	
ARTIGO	PRODUCTION AND TRANSPORT OF URBAN WET SEWER SYSTEMS: THE “LE MARAIS” EXPERIMENTAL URBAN CATCHMENT IN PARIS	ORIGINS AND CHARACTERISTICS OF URBAN WET WEATHER POLLUTION IN COMBINED SEWER SYSTEMS	CONTAMINANT FLOWS IN URBAN RESIDENTIAL WATER SYSTEMS	
ÁREA DE CONTROLE	“Le Marais”	“Le Marais”	“Ellenbrook”	
TIPO DE BACIA	Central de Metrópole, Residencial e Comercial	Central de Metrópole, Residencial e Comercial	Bairro Residencial Suburbano	
Área (ha)	9,66	9,66		
ÁREA IMPERMEÁVEL (%)	90			
INCLINAÇÃO (%)	0,84	0,84		
DENSIDADE (hab/ha)	295	295		
COLETA	Coleta em Caixa de Passagem	Coleta em Caixa de Passagem	Coleta em Caixa de Passagem	Coleta em Caixa de Passagem
TIPO DE SUPERFÍCIE	Pátios, Jardins e Parques	Pátios, Jardins e Parques	Jardins	Parques e Jardins

TABELA A.5 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em ruas.

GRUPO	FRANCÊS				AUSTRALIANO		
AUTORES	<i>M.C. Gromaire, S. Garraud, M. Ahyerre e G. Chebbo</i>				<i>S.R. Gray e N. S. C. Becker</i>	<i>Peter J. Coombes, George Kuczera and Jetse D. Kalma</i>	
PAIS DE ORIGEM	França				Austrália	Austrália	
CIDADE	Paris				Perth	Newcastle	
ESCOAMENTO	Escoamento superficial em áreas urbanas				Escoamento superficial em áreas suburbanas	Escoamento superficial em áreas suburbanas	
ARTIGO	PRODUCTION AND TRANSPORT OF URBAN WET SEWER SYSTEMS: THE "LE MARAIS" EXPERIMENTAL URBAN CATCHMENT IN PARIS	ORIGINS AND CHARACTERISTICS OF URBAN WET WEATHER POLLUTION IN COMBINED SEWER SYSTEMS			CONTAMINANT FLOWS IN URBAN RESIDENTIAL WATER SYSTEMS	RAINWATER QUALITY FROM ROOFS, TANKS AND HOT WATER SYSTEMS AT FIGTREE PLACE	
ÁREA DE CONTROLE	"Le Marais"	"Le Marais"			"Ellenbrook"	"Figtree Place"	
TIPO DE BACIA	Central de Metrópole, Residencial e Comercial	Central de Metrópole, Residencial e Comercial			Bairro Residencial Suburbano	Condomínio Residencial em Região Central Metropolitana	
�rea (m�)	94.920					6.000	
COLETA	Coleta na "boca de lobo"	Coleta na "boca de lobo"				Superfície da bacia de recarga	
TIPO DE SUPERFÍCIE	<i>Ruas e calçadas</i>	Rua e calçadas 1	Rua e calçadas 2	Rua e calçadas 3	Pavimento	Calçadas	Escoamento superficial na área coletiva do condomínio
TIPO DE PAVIMENTO		Pavimento asfáltico nas ruas e concreto nas calçadas					Pavimento asfáltico nas ruas e concreto nas calçadas e áreas verdes gramadas

CONTINUAÇÃO TABELA A.5 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em ruas.

GRUPO		FRANCÊS											AUSTRALIANO					
ARTIGO		PRODUCTION AND TRANSPORT OF URBAN WET SEWER SYSTEMS: THE “LE MARAIS” EXPERIMENTAL URBAN CATCHMENT IN PARIS			ORIGINS AND CHARACTERISTICS OF URBAN WET WEATHER POLLUTION IN COMBINED SEWER SYSTEMS									CONTAMINANT FLOWS IN URBAN RESIDENTIAL WATER SYSTEMS		RAINWATER QUALITY FROM ROOFS, TANKS AND HOT WATER SYSTEMS AT FIGTREE PLACE		
TIPO DE SUPERFÍCIE		Ruas e calçadas			Rua e calçadas 1			Rua e calçadas 2			Rua e calçadas 3			Pavimento	Calçadas	Escoamento superficial na área coletiva do condomínio		
PARÂMETRO	UN.	MÍN	MÁX	MÉD	MÍN	MÁX	MÉD	MÍN	MÁX	MÉD	MÍN	MÁX	MÉD	MÉD	MÉD	MAX	MIN	MÉD
DBO ₅	mg/l	18,18	72,73	30,30	28,00	160,0	82,0	16,00	32,00	24,00	14,00	20,00	17,00					
DQO	mg/l	87,50	401,04	131,25	124,00	964,0	377,0	56,00	171,0	101,0	25,00	94,00	59,00	152,174	84,796			
SS	mg/l	60,00	282,00	78,00	57,00	497,0	242,0	41,0	206,0	78,00	10,00	181,0	79,00	216,343	96,255	6,00	0,20	1,37
SSV	mg/l				27,93	347,9	142,8	16,81	138,0 2	43,68	4,10	110,41	37,13					
SDT	mg/l													122,84	132,92	453,00	7,00	98,23
NO ₃	mg/l															0,32	0,05	0,06
NO ₂	mg/l															2,90	0,01	0,57
NH ₃	mg/l													1,70	1,70	0,80	0,02	0,10
NTK	mg/l													0,74	0,93			
P total	mg/l													2,10	2,10			
HAP	mg/l													3,00	0,15			
Pb	mg/l	0,1000	0,1200	0,1033										0,1599	0,0205	0,01	0,01	0,01
Fe	mg/l															0,10	0,01	0,07
Cd	mg/l	0,00029	0,00103	0,00052										0,00200	0,00055	0,002	0,002	0,002
Cu	mg/l	0,03793	0,10690	0,06207										0,08214	0,04904			
Zn	mg/l	0,12	1,10	0,56										0,42	0,17			
Óleos e Graxas	mg/l													5,50	5,50			
pH																7,90	4,40	6,19

CONTINUAÇÃO TABELA A.5 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em ruas.

GRUPO		FRANCÊS											AUSTRALIANO					
ARTIGO		PRODUCTION AND TRANSPORT OF URBAN WET SEWER SYSTEMS: THE “LE MARAIS” EXPERIMENTAL URBAN CATCHMENT IN PARIS			ORIGINS AND CHARACTERISTICS OF URBAN WET WEATHER POLLUTION IN COMBINED SEWER SYSTEMS							CONTAMINANT FLOWS IN URBAN RESIDENTIAL WATER SYSTEMS			RAINWATER QUALITY FROM ROOFS, TANKS AND HOT WATER SYSTEMS AT FIGTREE PLACE			
TIPO DE SUPERFÍCIE		Ruas e calçadas			Rua e calçadas 1			Rua e calçadas 2			Rua e calçadas 3			Pavimento	Calçadas	Escoamento superficial na área coletiva do condomínio		
PARÂMETRO	UN.	MÍN	MÁX	MÉD	MÍN	MÁX	MÉD	MÍN	MÁX	MÉD	MÍN	MÁX	MÉD	MÉD	MÉD	MAX	MIN	MÉD
Coliformes Termotolerantes (CF)	mg/l															800,00		119,00
Coliformes Totais (CT)	mg/l															6.840,0		834,00
Contagem de Bactéria Heterotóficas (CBH)	mg/l															30.780	10,00	3.256,00
Espécies de Pseudomonas (EP)	mg/l															33.200		6.768,0
Cloreto	mg/l															19,30	3,40	7,10
Na	mg/l															19,73	1,30	4,85
Ca	mg/l															17,68	1,20	6,86
Sulfato	mg/l															27,00	2,20	4,93

TABELA A.6 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em bairros.

GRUPO		ASIÁTICO		FRANCÊS			AUSTRALIANO		
AUTORES		<i>Jun Ho Lee, Ki Woong Bang</i>		<i>M.C. Gromaire, S. Garnaud, M. Ahyerre e G. Chebbo, do CEREVE</i>			<i>Peter J. Coombes, George Kuczera and Jetse D. Kalma</i>		
PAIS DE ORIGEM		Coréia do Sul		França			Austrália		
CIDADE		Taejon e Chongju		Paris			Newcastle		
ESCOAMENTO		Escoamento superficial em áreas urbanas		Escoamento superficial em áreas urbanas			Escoamento superficial em áreas suburbanas		
ARTIGO		CHARACTERIZATION OF URBAN STORMWATER ESCOAMENTO SUPERFICIAL		THE QUALITY OF STREET CLEANING WATERS: COMPARISON WITH DRY AND WET WEATHER FLOWS IN A PARISIAN COMBINED SEWER SYSTEM			RAINWATER QUALITY FROM ROOFS, TANKS AND HOT WATER SYSTEMS AT FIGTREE PLACE		
ÁREA DE CONTROLE				"Le Marais"			"Figtree Place"		
TIPO DE BACIA		Residencial		Central de metrópole, residencial e comercial			Condomínio residencial em região central metropolitana		
Área (ha)		1.297		42			0,6		
ÁREA IMPERMEÁVEL (%)		52		90					
INCLINAÇÃO (%)		3		0,84					
DENSIDADE (hab/ha)		82,2		295					
COLETA		Coleta na "boca de lobo"		Coleta na "boca de lobo"			Superfície da bacia de recarga		
TIPO DE SUPERFÍCIE							Escoamento superficial na área coletiva do condomínio		
TIPO DE PAVIMENTO				Pavimento asfáltico nas ruas e concreto nas calçadas			Pavimento asfáltico nas ruas e concreto nas calçadas e áreas verdes gramadas		
PARÂMETRO	UN.	MIN	MAX	MAX	MIN	MÉD	MAX	MIN	MÉD
DBO ₅	mg/l	12,00	254,00	40,00	5,48	14,29			
DQO	mg/l	21,00	1.455,00	150,00	20,55	53,57			
SS	mg/l	13,00	2.796,00	110,00	15,07	39,29	6,00	0,20	1,37
SSV	mg/l			60,00	8,22	21,43			
SDT	mg/l						453,00	7,00	98,23
NO ₃	mg/l	0,01	4,31				0,32	0,05	0,06

CONTINUAÇÃO TABELA A.6 – Estudos e seus resultados sobre escoamento superficiais em bairros.

GRUPO		ASIÁTICO		FRANCÊS			AUSTRALIANO		
ARTIGO		CHARACTERIZATION OF URBAN STORMWATER ESCOAMENTO SUPERFICIAL		THE QUALITY OF STREET CLEANING WATERS: COMPARISON WITH DRY AND WET WEATHER FLOWS IN A PARISIAN COMBINED SEWER SYSTEM			RAINWATER QUALITY FROM ROOFS, TANKS AND HOT WATER SYSTEMS AT FIGTREE PLACE		
TIPO DE BACIA		Residencial		Central de metrópole, residencial e comercial			Condomínio residencial em região central metropolitana		
PARÂMETRO	UN.	MIN	MAX	MAX	MIN	MÉD	MAX	MIN	MÉD
NO ₂	mg/l						2,90	0,01	0,57
NH ₃	mg/l						0,80	0,02	0,10
NTK	mg/l	0,10	35,20						
PO ₄	mg/l	0,89	21,05						
P total	mg/l	2,40	22,40						
Fenóis	mg/l	2,00	1.965,00						
HAP	mg/l								
Pb	mg/l	0,002	0,89				0,010	0,010	0,010
Fe	mg/l	0,10	22,90				0,100	0,010	0,070
Cd	mg/l						0,002	0,002	0,002
pH							7,90	4,40	6,19
Coliformes Termotolerantes (CF)	mg/l						800		119,00
Coliformes Totais (CT)	mg/l						6.840		834,00
Contagem de Bactéria Heterotólicas (CBH)	mg/l						30.780	10,00	3.256
Espécies de Pseudomonas (EP)	mg/l						33.200		6.768
Cloreto	mg/l						19,30	3,40	7,10
Na	mg/l						19,73	1,30	4,85
Ca	mg/l						17,68	1,20	6,86
Sulfato	mg/l						27,00	2,20	4,93