EDUARDO BRONZATTI MORELLI

REÚSO DE ÁGUA NA LAVAGEM DE VEÍCULOS

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

SÃO PAULO
2005

EDUARDO BRONZATTI MORELLI

REÚSO DE ÁGUA NA LAVAGEM DE VEÍCULOS

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. IVANILDO HESPANHOL

SÃO PAULO
2005

À minha mãe pelo amor e apoio durante a
realização de mais um importante passo na
minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que de certa maneira me auxiliaram na consolidação deste trabalho e, em especial:

Aos meus pais, por serem os maiores responsáveis por minha formação e desta forma, permitirem que isto fosse possível;

À minha mãe, Lourdes, pela paciência e compreensão durante a elaboração deste trabalho, principalmente nos momentos mais difíceis;

Ao meu orientador, professor Ivanildo Hespanhol, que com toda dedicação e presteza me conduziu nesta jornada;

Aos meus superiores na Sabesp, por terem permitido, apoiado e incentivado a realização deste passo importante em minha carreira;

Ao Professor Mierzwa, pelo auxílio na elaboração das equações para elaboração do balanço de massas e orientação na condução de diversos tópicos do trabalho;

Aos funcionários do Departamento de Hidráulica da Escola Politécnica da USP, em especial à Iara, pela presteza, paciência e profissionalismo que nos atendeu durante estes três anos;

Aos funcionários das bibliotecas da Escola Politécnica e da Faculdade de Saúde Pública da USP, pela ajuda e boa vontade na ocasião das pesquisas;

Aos meus colegas de trabalho, pelo incentivo, encorajamento e apoio nos momentos críticos;

Aos meus colegas e agora amigos, companheiros de Mestrado, Adriana Caseiro, Fernando Lourenço, Irineu Delatorre, João Guedes, Nelson Bevillaquia, Sônia Diniz e Rosemeire Alves, pela ajuda e companheirismo no decorrer do curso;

Aos meus colegas de outros departamentos da Sabesp, que contribuíram com o fornecimento de dados e dicas para enriquecer este trabalho;

Às empresas: Viação Santa Brígida, Lava-rápido Chyk, Lava-rápido Multlimp e Aquafлот, pelo fornecimento de dados e acesso às suas instalações.

RESUMO

O presente trabalho apresenta, em primeiro lugar, um levantamento bibliográfico sobre a conceituação de “reúso de água” em todas as suas modalidades. A seguir, uma análise da situação atual desta prática na Região Metropolitana de São Paulo, apresentando estudos em andamento na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp e os aspectos relativos à elaboração de legislação específica sobre o assunto no país. Dando ênfase à reutilização das águas para lavagem de veículos, apresenta o que já existe nesta área no Brasil. Descreve alguns sistemas de tratamento que propiciam a recirculação do efluente proveniente da lavagem de veículos, citando suas etapas, processos utilizados, vantagens e desvantagens. São apresentados dados técnicos relativos à implantação, funcionamento e manutenção de sistemas de reúso, observados em visitas técnicas a uma empresa de transporte de passageiros e a alguns postos de lavagem de automóveis, localizados na cidade de São Paulo. Por fim recomendam-se dois tipos de sistemas para recirculação de água proveniente da lavagem de veículos. Um desenvolvido com recursos próprios, baseado em processos de floculação e sedimentação e outro adquirido de empresa especializada que utiliza o processo de flotação. Chegando-se à conclusão de ser possível a reciclagem e o reúso de águas em empresas deste ramo de atividade, ou similares, conforme a necessidade de aplicação, reduzindo-se de 70 a 80% os custos com a água de lavagem dos veículos, adequando processos e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

ABSTRACT

The present work presents, in the first place, a bibliographical survey on the conceptualization of "water reuse" in all its modalities. To follow, an analysis of the current situation of this practice in the São Paulo's Metropolitan Region, presenting studies in progress in the Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp and the relative aspects in the Legislation on the subject in the country. It describes some of the treatment systems that make possible the recirculation of the effluent deriving from car wash, citing its stages, used processes, advantages and disadvantages. There are some technical information about the implamentation, functioning and maintenance of systems of reuse, observed in technical inspections to a company of transport of passengers and to some ranks of car wash stations, located in the city of Sao Paulo. In conclusion, there is the possibility of recycling and reusing the waters in companies in this line of activity, or similar, as the necessity of application, reducing costs (70 – 80%), adjusting processes and contributing to the preservation of the environment. Finally, two types of systems are recommended for water recirculation deriving from car wash.

SUMÁRIO

	Pág.
1 – SUMÁRIO EXECUTIVO.....	01
2 – INTRODUÇÃO.....	04
3 – OBJETIVOS.....	06
4 – REVISÃO DA LITERATURA.....	07
4.1 – Classificação e Destaques de Reúso de Água	07
4.1.1 – Classificação.....	07
4.1.2 – Alguns destaques de reúso.....	10
4.2 – A Legislação Sobre Reúso de Água no Brasil.....	11
4.3 – O Reúso de Água Proveniente de ETEs Públicas.....	13
4.4 – Tecnologia de Reúso de Água para Lavagem de Veículos.....	24
4.4.1 – Processos e operações unitárias.....	24
4.4.2 – Sistemas de tratamento.....	29
4.5 – Características dos efluentes gerados na lavagem de veículos.....	30
4.6 – Descrição dos tipos de lavagem de veículos.....	36
4.7 – Os benefícios e problemas da reciclagem de efluentes de lavagens de veículos.....	40
4.8 – Tecnologias Existentes no Brasil para Tratamento de Água de Lavagem de Veículos.....	42
4.8.1 – Aquaflot.....	42
4.8.2 – Acquabrazilis – RTK.....	46
4.8.3 – Arquipélago.....	49

5 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	50
5.1 – Visitas Técnicas.....	50
5.1.1 – Viação Santa Brígida.....	50
5.1.1.1 – Sistema de Recuperação e Reúso das Águas.....	51
5.1.1.2 – Caracterização Quantitativa dos Despejos.....	57
5.1.1.3 – Implantação do Sistema e Monitoramento Ambiental.....	58
5.1.1.4 – Comparativo Técnico – Econômico.....	59
5.1.1.5 – Fotos do Sistema de Tratamento.....	61
5.1.2 – Lava rápido Chyk.....	65
5.1.2.1 – Sistema de Recuperação e Reúso das Águas.....	65
5.1.2.2 – Análises Laboratoriais das variáveis do Sistema de Recirculação de Água.....	69
5.1.2.3 – Custos do Sistema de Recirculação de Água.....	69
5.1.3 – Lava rápido Multimp.....	70
5.1.3.1 – Sistema de Recuperação e Reúso das Águas.....	70
5.2 – Balanço de Massa.....	74
5.3 – Sistemas Sugeridos.....	80
6 – DISCUSSÃO.....	82
7 – CONCLUSÕES.....	86
8 – RECOMENDAÇÕES.....	88
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Fluxograma de Sistema de Tratamento para Reúso Urbano não Potável – Sabesp, 2004.....	18
Figura 2 – Fluxograma de processo Sistema de Reúso ETE ABC – Sabesp, 2004.....	18
Figura 3 – Lavagem de carro do tipo “Túnel”. A limpeza é efetuada mecanicamente através de escovas – Teixeira (2003).....	37
Figura 4 – Lavagem de carro do tipo “Túnel” A limpeza é efetuada mecanicamente através de jatos de alta pressão – Teixeira (2003).....	37
Figura 5 – Jatos de alta pressão durante a lavagem de um veículo Teixeira (2003).....	38
Figura 6 – Lavagem de carro do tipo “Rollover” - Teixeira (2003).....	38
Figura 7 – Equipamento Aquafлот com tecnologia FF – Aquafлот (2005).....	45
Figura 8 – Foto do equipamento Sistema RTK – Aquabrasilis (2002).....	48
Figura 9 – Fluxograma geral do processo de tratamento e reúso da Viação Santa Brígida	56
Figura 10 – Boxes para lavagem dos chassis	61
Figura 11 – Canaleta para coleta de águas de chuvas.....	61
Figura 12 – Medidor triangular de vazão, controle de pH e adição de produtos para coagulação.....	62
Figura 13 – Tanque de mistura rápida	62
Figura 14 – Tanque de mistura lenta	63

Figura 15 – Comparativo visual entre o efluente bruto e o tratado	63
Figura 16 – Filtro prensa e ao fundo tanques para armazenamento de produtos químicos para ajuste de pH e coagulação automaticamente....	64
Figura 17 – Fluxograma do processo de tratamento e reuso de água do Lava Rápido Chyk.....	66
Figura 18 – Caixa com areia (entrada do processo).....	67
Figura 19 – Local de lavagem com canaletas para coleta da água.....	67
Figura 20 – Caixas para decantação e separação de óleos e graxas.....	68
Figura 21 – Comparativo visual dos efluentes tratado e não tratado.....	68
Figura 22 – Fluxograma do processo de tratamento e reúso de água Lava Rápido Multimp.....	71
Figura 23 – Local de lavagem com canaletas coletoras e caixas.....	72
Figura 24 – Primeira caixa para sedimentação e separação de óleos e graxas.	72
Figura 25 – Filtro de areia.....	73
Figura 26 – Sistema proposto de recirculação de água para lavagem de veículos.....	81

LISTA DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1 – Tipos de Reúso de Água.....	09
Tabela 2 – Análise da Água de Reúso da ETE ABC após filtragem e desinfecção.....	16
Tabela 3 – Capacidade atual das ETAs de utilidades nas ETEs da RMSP – 2004.....	17
Tabela 4 – Situação atual de fornecimento de água de reúso a partir das ETEs da RMSP (Volumes em m3).....	17
Tabela 5 – Variáveis de qualidade de água de reúso com base em Normas Internacionais.....	19
Tabela 6 – Variáveis a serem atingidas com sistema de tratamento Proposto pela Sabesp.....	20
Tabela 7 – Características necessárias da água de reúso proposta pela CH2MHill.....	23
Tabela 8 – Classificação das membranas.....	28
Tabela 9 – Características qualitativas de águas residuárias de dife- rentes tipos de lavagens de veículos.....	35
Tabela 10 – Vazão e capacidade para diferentes processos de lavagem de veículos.....	39
Tabela 11 – Análises e variáveis de caracterização.....	57
Tabela 12 – Comparativo de Efluente Bruto e Águas Reutilizadas.....	58
Tabela 13 – Custos comparativos processos utilizados no sistema de reúso....	59

Tabela 14 – Resultados de ensaios do Lava Rápido Chyk.....	69
Tabela 15 – Variável escolhida para balanço de massa.....	74
Tabela 16: Concentração de SDT na água de lavagem para algumas % de reúso.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	ABC Paulista (municípios de: Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul)
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BOT	Building, Operation and Transference (Construção, Operação e Transferência)
C	Concentração
Ca	Cálcio
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COL	Coliformes
COT	Carbono Orgânico Total
CRT	Cloro Residual Total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPA	Environmental Protection Agency
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FF	Floculação e Flotação
L	Litros
L/s	Litros por segundo
m ³	metros cúbicos
mg	miligramas
nd	não detectado
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl

OG	Óleos e Graxas
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNM	Parque Novo Mundo
PQ	Parque
Q	Vazão
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SSed	Sólidos Sedimentáveis
SST	Sólidos Suspensos Totais
ST	Sólidos Totais
STF	Sólidos Totais Fixos
STV	Sólidos Totais Voláteis
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFRS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
US EPA	United States Environment Protection Agency
USP	Universidade de São Paulo

1 - SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente trabalho apresenta, em primeiro lugar, um levantamento bibliográfico sobre a conceituação de “reúso de água” em todas as suas modalidades. A seguir, uma análise da situação atual desta prática na Região Metropolitana de São Paulo, apresentando estudos em andamento na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp e os aspectos relativos à elaboração de legislação específica sobre o assunto no país.

Em seguida dando ênfase à reutilização das águas para lavagem de veículos, apresenta o que já existe nesta área, no Brasil. Descreve alguns sistemas de tratamento que propiciam a recirculação do efluente proveniente da lavagem de veículos, citando suas etapas, processos utilizados, vantagens e desvantagens.

Na sequência, após visita técnica a uma empresa de transporte de passageiros e a alguns postos de lavagem de automóveis, localizados na cidade de São Paulo, que já se utilizam desta prática, são apresentados dados relativos à implantação, funcionamento e manutenção de seus sistemas de reúso. Estes dados foram obtidos através de entrevistas com as pessoas responsáveis por cada área, em consulta ao arquivo técnico das respectivas empresas e em observação ao funcionamento dos equipamentos.

Os processos descritos foram desenvolvidos a partir da necessidade de se encontrar alternativas racionais e de baixo custo para utilização das águas neste tipo de empresa, em respeito ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável.

Com posse dos resultados obtidos concluiu-se que é possível a reciclagem e reúso de águas em empresas deste ramo de atividade, ou similares, conforme a necessidade de aplicação, reduzindo custos, adequando processos e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Observa-se que o primordial será a regulamentação da prática do reúso das águas por parte de nossos governantes, através de legislação própria e específica, enumerando os tipos de reúso, as variáveis a serem observadas para cada tipo, enfim, de maneira a disciplinar a prática do reúso no país.

Mais especificamente, no tocante ao reúso para lavagem de veículos, além da regulamentação, deve-se passar aos proprietários desses tipos de empresas, as vantagens que eles poderão obter adotando esta prática, seja qual for o tipo do equipamento escolhido, e ainda, que com a conscientização da população, sua empresa terá uma boa imagem sendo ecologicamente correta.

Recomenda-se a utilização de sistemas de recirculação de água para lavagem de veículos através de um processo desenvolvido com recursos próprios, composto basicamente de floculação e sedimentação; ou através de empresas especializadas no assunto, onde destaca-se o processo de flotação criado pela empresa Aquaflot em convênio com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O tempo de retorno do investimento acontece entre 3 e 10 meses, conforme o custo do metro cúbico da água potável fornecida pela companhia de saneamento onde está instalado o sistema. Outro fator que influencia no cálculo do tempo de retorno é o custo do tratamento da água para reúso, que pode variar de R\$ 0,80 até R\$ 3,00/m³, dependendo das características do efluente. O consumo de água para lavagem, também influencia, este pode ser de 400 a 600 litros para ônibus e de 150 a 250 litros para automóveis. O retorno do investimento será mais demorado em cidades ou estados onde o custo da água for menor. (Aquaflot, 2005)

A aplicação de qualquer prática de reúso de água deve considerar as questões de ordem técnica, operacional e econômica.

A primeira consideração que se faz quando do desenvolvimento de um programa de reúso de água é qual será o custo para sua implantação e os possíveis benefícios a serem gerados.

Numa avaliação econômica convencional, a tomada de decisão sobre a implantação, ou não, de um projeto, está diretamente relacionada aos recursos envolvidos e ao período de retorno que se espera obter após sua implantação.

No sistema de tratamento implantado pela Viação Santa Brígida, o custo para lavagem de um ônibus, em 1999, que era de R\$2,43 , quando utilizada água fornecida pela concessionária, foi reduzido para R\$0,54 , propiciando o retorno do investimento em aproximadamente seis meses.

Quanto à qualidade da água de lavagem dos sistemas estudados, observou-se que todos apresentam uma boa eficiência no tratamento para as variáveis analisadas, com exceção dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) que praticamente não são removidos.

Para se evitar manchas e principalmente corrosão nos veículos lavados, foi elaborado um balanço de massa para determinação da percentagem da água de reúso na água de lavagem. Na falta de estudos específicos sobre o assunto, baseou-se na Portaria 518 do Ministério da Saúde, que limita a 1000mg/L de sais dissolvidos em águas potáveis. De onde concluiu-se que a água de lavagem pode conter de 70 a 80% de água proveniente do tratamento sem causar danos aos veículos.

Palavras-chave — Efluentes, Recuperação, Recirculação, Reúso de Águas, Recursos Hídricos, Tratamento de Efluentes, Lavagem de Veículos.

2 – INTRODUÇÃO

O crescimento rápido e por vezes desordenado da população dos grandes centros urbanos dos países em desenvolvimento e a conseqüente deterioração da qualidade dos recursos hídricos tem proporcionado um grande aumento na necessidade de tratamento de esgotos sanitários.

O descarte de efluentes industriais e de esgoto urbano sem tratamento, vem comprometendo a qualidade dos mananciais das regiões metropolitanas. Em algumas regiões do Brasil o tratamento de esgotos sanitários já se faz presente, porém ainda em processo de implantação, não atendendo à grande maioria da população e conseqüentemente não sendo suficiente para a manutenção de padrões mínimos de qualidade dos corpos receptores.

Para contribuir com a manutenção da qualidade dos mananciais deve-se racionalizar o consumo da água. Em muitos países, uma prática que vem sendo muito utilizada é o reúso da água. No Brasil já estão sendo dados os primeiros passos nesta direção, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo, onde a carência de água de boa qualidade para abastecimento público é mais acentuada. (SABESP, 2004)

Todavia, o crescente consumo de água tem feito do reúso planejado uma necessidade primordial. Essa prática deve ser considerada parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional da água, o qual inclui também, o controle de perdas, a redução do consumo de água e a minimização da geração de efluentes.

Neste ponto de vista, os esgotos tratados têm grande importância na gestão dos recursos hídricos, podendo ser utilizado para fins menos nobres, liberando fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários. O reúso contribui para a conservação e planejamento dos recursos hídricos.

Uma das formas de reúso de água que vem ganhando destaque em muitos países é a destinada à lavagem de veículos. Não se pode negar que milhares de litros de água potável são desperdiçados nesta prática atualmente. Nos Estados Unidos, Japão e alguns países da Europa, já existem legislação própria para o assunto, regulamentando a instalação dos sistemas de lavagem de veículos, de pequeno ou grande porte, obrigando a instalação de dispositivos de tratamento dos efluentes provenientes destes processos e solicitando a implantação de equipamentos que promovam a recirculação da água utilizada. (LEITÃO, 1999)

No Brasil, começam a surgir os primeiros trabalhos sobre o assunto. A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp está promovendo estudos para venda, via caminhões tanque, dos efluentes tratados por suas estações de tratamento de esgotos para empresas transportadoras ou postos lava-rápido que estejam interessados. Para isto estão sendo estudadas as variáveis de qualidade da água a ser fornecida, de forma que não cause danos aos veículos e operadores dos sistemas e também, uma tarifa atrativa aos empresários. Ainda em São Paulo, sabe-se da existência de alguns poucos postos de serviços e de empresas transportadoras de cargas e de passageiros que possuem sistemas que promovem a recirculação da água utilizada na lavagem de seus veículos. (SABESP, 2004)

Em Porto Alegre, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul em convênio com a iniciativa privada está desenvolvendo um sistema de recirculação de efluentes provenientes da lavagem de veículos. (AQUAFLOT, 2002) Algumas empresas privadas já apresentam equipamentos capazes de promover a recirculação dos efluentes provenientes da lavagem de veículos. (ARQUIPÉLAGO, 2002)

Neste trabalho foram pesquisadas e detalhadas formas de reúso de água para lavagem de veículos, apresentados alguns equipamentos existentes, operação, vantagens e desvantagens, a viabilidade técnica e econômica de seu emprego e dados relativos aos sistemas de tratamento e reúso dos efluentes provenientes da lavagem dos veículos de uma empresa de transporte de passageiros e de alguns postos de serviços, coletados em visitas técnicas efetuadas na cidade de São Paulo.

3 – OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são:

- 1) Efetuar pesquisa bibliográfica visando classificar os diversos tipos de “reúso de água”, através de literatura especializada, tendo como enfoque principal a reutilização das águas para lavagem de veículos.
- 2) Identificar as formas de reúso da água para lavagem de veículos apresentando alguns dos processos existentes e os que já estão sendo desenvolvidos no Brasil e instalados em empresas que fazem lavagem de veículos em larga escala. Serão apresentados os sistemas de tratamento, suas vantagens e desvantagens, a viabilidade técnica e econômica de seu emprego e características operacionais.
- 3) Desenvolver uma análise de viabilidade da prática como alternativa para minimizar o problema de abastecimento de água na RMSP.
- 4) Efetuar um balanço de massa em um sistema típico de reúso de água para lavagem de veículos para determinar ciclos de concentração mais prováveis.
- 5) Propor uma metodologia adequada para reúso de água para lavagem de veículos em estações de serviços, empresas de ônibus, transportadoras de cargas, etc...

4 - REVISÃO DA LITERATURA

4.1 – Classificação e Destaques de Reúso de Água

4.1.1 – Classificação

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES (1992) classificou o reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável.

Reúso potável:

- Reúso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reúso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Reúso não potável:

Este tipo de reúso apresenta um potencial muito amplo e diversificado. Por não exigir níveis elevados de tratamento, vem se tornando um processo viável economicamente e, conseqüentemente, com rápido desenvolvimento.

- Reúso não potável para fins agrícolas: embora quando se pratica essa modalidade de reúso via de regra haja, como sub produto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo principal dessa prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc, e plantas não alimentícias tais como pastagens e forrageiras, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

- Reúso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo para utilização em caldeiras, etc.
- Reúso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.
- Reúso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reúso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
- Reúso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.
- Aquacultura ou aquíicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.
- Reúso para recarga de aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta através de injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

O reúso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Essa prática, atualmente muito discutida, posta em evidência e já utilizada em alguns países, é baseada no conceito de *substituição de fontes*. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. Dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reúso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente

efluentes tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

A tabela 1 mostra os diversos tipos de reúso de água que têm sido empregados em países industrializados, geralmente usos não potáveis. Com referência ao reúso potável direto, em que a água residuária tratada é disponibilizada em um sistema público de abastecimento, temos um exemplo clássico deste tipo de reúso de água com fins de potabilização na cidade de Windhoek - capital da Namíbia, onde vem sendo realizado, com sucesso, desde 1968. (LEITÃO, 1999)

Tabela 1 - Tipos de Reúso de Água

TIPOS DE REÚSO	APLICAÇÕES
Irrigação paisagística	Parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de auto-estradas, <i>campi</i> universitários, cinturões verdes, gramados residenciais
Irrigação de campos para cultivos	Plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas
Usos industriais	Refrigeração, alimentação de caldeiras, lavagem de gases, água de processamento
Recarga de aquíferos	Recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo
Usos urbanos não-potáveis	Irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga em vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos , lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc.
Finalidades ambientais	Aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca
Usos diversos	Aqüicultura, fabricação de neve, construções, controle de poeira, dessedentação de animais

Fonte: Crook, 1993 apud Medeiros Leitão, 1999.

4.1.2 - Alguns destaques de reúso

Hespanhol (1999) destaca três potenciais de reúso não potável: urbano, agrícola e industrial.

Os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados como a primeira opção de reúso na área urbana. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com a água reutilizada.

Os maiores potenciais desse processo são os que empregam esgotos tratados para:

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos em avenidas e rodovias.
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais.
- Reserva de proteção contra incêndios.
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas-d'água.
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais.
- Lavagem de ruas, trens e ônibus públicos.

Alguns dos usos citados requerem distribuição em caminhões como lavagem de ruas, por exemplo, enquanto para outros são necessários sistemas separados de distribuição, o que a literatura designa como *sistemas duplos*.

Os problemas associados ao reúso urbano para fins não potáveis são, principalmente, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público.

4.2 – A Legislação Sobre Reúso de Água no Brasil

Em 1999, Medeiros Leitão em seu artigo para o “II Encontro das Águas” apresenta o seguinte panorama no tocante a legislação sobre reúso de água em nosso país. (1999)

No Brasil, a prática do reúso das águas - principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras - é de certa forma difundida. Entretanto, constitui-se em um procedimento não institucionalizado e tem se desenvolvido até agora sem nenhuma forma de planejamento ou controle. Na maioria das vezes é totalmente inconsciente por parte do usuário, que utiliza águas altamente poluídas de córregos e rios adjacentes para irrigação de hortaliças e outros vegetais, ignorando que esteja exercendo uma prática danosa à saúde pública dos consumidores e provocando impactos ambientais negativos. Em termos de reúso industrial, a prática começa a se implementar, mas ainda associada a iniciativas isoladas, a maioria das quais, dentro do setor privado.

A lei No. 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em seu Capítulo II, Artigo 20, Inciso 1, estabelece, entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a necessidade de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

No Brasil, o governo federal já iniciou processos de gestão para estabelecer bases políticas, legais e institucionais para o reúso. Não se admite hoje em dia, que uma política de gestão integrada de recursos hídricos não contemple o reúso de água. Espera-se o envolvimento de vários ministérios, em nível nacional para o estabelecimento e a efetivação de uma política eficaz de reúso de águas no Brasil. Esforços já estão sendo envidados, através da Secretaria de Recursos Hídricos para que haja o envolvimento do Ministério da Agricultura, de outros setores do Ministério do Meio Ambiente e do Ministério da Saúde. Segundo Hespanhol (apud LEITÃO, 1999), da mesma forma os Ministérios da Fazenda, Orçamento e Gestão e as companhias de água e saneamento estaduais devem estar envolvidas no processo.

Neste sentido, o reúso deve estar na pauta dos organismos gestores dos recursos hídricos, fazendo parte do planejamento da bacia hidrográfica. (MANCUSO, 1992)

A Secretaria de Recursos Hídricos dispõe de um projeto cujo objetivo é a investigação das técnicas de reúso de água no Brasil, avaliando a sua aceitação perante a sociedade, os benefícios econômicos advindos dessa prática, a sua relação com os efeitos causados ao meio ambiente e à saúde dos seus usuários e ainda, avaliando os seus aspectos legais com a finalidade de se apresentar uma proposta para o estabelecimento das bases para a estruturação das atividades de reúso de água no País. (LEITÃO, 1999)

Em outubro de 2003 o governo do Estado de São Paulo publicou o Decreto 48.138 que determina a redução de consumo e racionalização do uso da água em todos os órgãos da administração direta, nas autarquias, fundações instituídas ou mantidas pelo poder público e nas empresas controladas direta ou indiretamente por ele. Em seu artigo primeiro estabelece que a lavagem de áreas externas só poderá ocorrer fazendo-se reúso de água.

4.3 – O Reúso de Água Proveniente de ETEs Públicas

Em São Paulo a Sabesp já realiza - e vai ampliar ainda mais - o reúso planejado de água em suas instalações de tratamento de esgotos. (SABESP, 2004)

Hoje, segundo a Sabesp, já são reaproveitados 780 mil metros cúbicos de água por mês, volume suficiente para abastecer toda a população de um município como Taubaté. (SABESP, 2004)

Para o setor industrial, a empresa está aberta a negócios em torno do reúso da água com sistemas apropriados de distribuição. A reutilização da água apresenta atrativos como menor custo, confiabilidade tecnológica e suprimento garantido. No aspecto qualidade, os riscos inerentes são gerenciados com adoção de medidas de planejamento, monitoramento, controle e sinalização adequados. (SABESP, 2004)

A Coats Correntes foi a pioneira e, desde 1997, aproveita a água de reúso no tingimento das linhas. A economia chega a 70 mil litros de água por hora. (SABESP, 2004)

Há também a possibilidade de fornecimento da água reciclada para outros segmentos. Algumas prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo já utilizam a alternativa para a limpeza de ruas, pátios, irrigação e rega de áreas verdes, desobstrução de rede de esgotos e águas pluviais e limpeza de veículos. (SABESP, 2004)

Entre elas estão São Paulo, Barueri, São Caetano do Sul, Carapicuíba, Diadema e Santo André. Ao contrário de consumir água potável para lavar as ruas após as feiras livres, caminhões devidamente preparados seguem às estações de tratamento de esgotos de Barueri, Parque Novo Mundo e São Miguel Paulista para se abastecer da água de reúso. Atualmente, são aproveitados 34 mil metros cúbicos de água mensalmente nestas práticas. Os custos são bastante reduzidos. Os órgãos municipais pagam R\$ 0,36 / m³. (SABESP, 2004)

Outras treze empresas também aderiram à prática como as construtoras OAS, VA Engenharia, Consdon e Marquise que compram 172 mil litros de água de reúso por dia, desde julho de 2002 para compactação de solos, controle de poeiras e lavagem de pisos. (SABESP, 2004)

Para aprimorar o atendimento, em agosto de 2002, a Sabesp inaugurou o Centro de Reservação de Água de Reúso com capacidade para 50 mil litros. São dois reservatórios que tornaram o fornecimento ao município de São Caetano do Sul mais ágil, pois o monitoramento do produto é feito no reservatório com quatro leituras diárias. Desta forma, o caminhão-pipa, ao ser abastecido, vai diretamente para seu destino, sem precisar esperar que o laboratório faça a análise do produto no próprio caminhão, como ocorria inicialmente. (SABESP, 2004)

A Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, por exemplo, com capacidade atual de 9,5 mil litros de esgotos por segundo, com remoção de 90% da carga poluidora - lança a maior parte do esgoto tratado no rio Tietê. Todavia, representa um recurso de grande valor: a partir de soluções tecnológicas apropriadas, toda essa água deve ser fornecida para usos específicos, poupando-se grandes volumes de água potável. Uma parte da água de reúso é utilizada no processo de refrigeração de equipamentos da estação. (SABESP, 2004)

Estudos preliminares indicam que o efluente tratado nas estações da Região Metropolitana de São Paulo para reúso planejado industrial tem um custo significativamente menor que a média tarifária industrial praticada atualmente na RMSP. O reúso planejado da água representa, ainda, a possibilidade de ganhos pela economia de investimentos e pela comercialização de efluentes hoje descartados. A Sabesp tem consciência de que suas atividades, no contexto de sua visão sócio-ambiental, fortalecem-na para atender clientes e acionistas e competir num mercado cada vez mais exigente. (SABESP, 2004)

As ETE's da RMSP utilizam o sistema de tratamento por lodos ativados convencionais. Esse processo, a menos que se utilize uma etapa posterior de filtração

com filtros rápidos de areia seguida de desinfecção, não é eficiente para remoção de patógenos. (WHO apud MANCUSO, 1992) Fluxograma ilustrativo na fig.1.

A utilização deste polimento possibilita a disponibilização do efluente tratado para vários usos além de desobstrução de redes de esgotos; lavagem de ruas, controle de poeiras, compactação de solos e inclusive usos mais restritivos como irrigação de parques e lavagem de veículos. Na ETE ABC (Fluxograma do processo na fig. 2), o efluente tratado e submetido a essa etapa de polimento atende as variáveis a que se destinam – Uso Urbano não Potável, conforme apresentado a seguir na Tabela 2.

Comparando-se as tabelas 3 e 4, verifica-se que o volume de água fornecido para reúso através das ETEs da RMSP é menor que a capacidade de produção já instalada. Visando um melhor aproveitamento desta água a Sabesp está desenvolvendo um estudo para atender a um maior número de clientes, onde na tabela 5 apresenta uma comparação de variáveis de qualidade de água de reúso pretendida em comparação às Normas Internacionais.

Na tabela 6 pode-se verificar que as variáveis a serem atingidas com o tipo de tratamento proposto atendem às determinadas pelas Normas Internacionais e propostas pela Sabesp na tabela 5, para os diversos usos especificados, inclusive lavagem de veículos.

Observa-se que os valores propostos pela Sabesp na tabela 5, para os diversos usos, são menos restritivos do que os limites que se deseja obter com a implantação a curto prazo do sistema de tratamento apresentado no fluxograma da figura 1.

Tabela 2 – Análise da Água de Reúso da ETE ABC após filtração e desinfecção.

Variáveis	Resultado	Valores a serem observados
Alcalinidade total (mg Ca CO ₃ /L)	40,9	
Alumínio (mg/L)	<0,03	0,10** / 5,00 NSW
Boro (mg/L)	n.d.	10,0 ***
Cloro residual livre (mg/L)	15,8	<1,0 **** <0,5 NSW
Condutividade (S/cm)	715	<700
Cor (UC)	17	<60* UC <75 UC ** <15 UC *
DQO (mg/L)	18	<30
Dureza Total (mg Ca CO ₃ /L)	93,3	<100
Ferro (mg/L)	<0,006	5,0 **/1,00 *
Fosfato (orto)	1,46	0,025**
Manganês(mg/L)	<0,002	0,2 **** / 0,20 *
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	n.d	1,0**
NTK (mg/L)	n.d	
Nitrato (mg/L)	20,5	<10,0 **
Nitrito (mg/L)	<0,004	<1,0 **
Óleos e Graxas (mg/L)	0,2	<15 MÉXICO* virtualmente ausente**
pH	7,9	6,0 a 9,0 **
Resíduo sedimentável (mg/L)	<0,1	**
Sólidos Totais (mg/L)	482	
Sólidos Voláteis (mg/L)	182	
Sólidos Fixos (mg/L)	362	
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	6	<30 ****
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	476	<500**
Sólidos Suspensos Voláteis Totais (mg/L)	2	
Sólidos Suspensos Fixos Totais (mg/L)	4	
Sulfato	37	**
Sulfeto	n.d.	**
Turbidez	5,82	<2 UT <5 UT em 95% das amostras
Coliformes Totais	-	<23/100mL /Tittle 22 Califórnia
Coliformes Fecais	<2	200/100mL *** <2,2/100mL/Tittle 22 Califórnia
Dureza Magnésio	29,1	
Dureza Cálcio	5	
Detergente	<0,05	**
Compostos Orgânicos Voláteis (mg/L)	n.d.	**
Protozoários	ausente	Ausente OMS

Fonte: Laudo de análise do Laboratório Ambiental 08/03/01(Sabesp)

* NSW

** CONAMA para corpos de água Classe 3.

*** OMS

**** USEPA

n.d. – não detectável.

Tabela 3 - Capacidade atual das ETAs de Utilidades nas ETEs da RMSP - 2004

ETEs	CAPACIDADE ETAs (m ³ /mês)
ABC	18.000
BARUERI	10.000
SÃO MIGUEL	30.000
SUZANO	-
PQ. NOVO MUNDO	52.000
Total	110.000

Fonte: Sabesp, 2004

Tabela 4 - Situação atual de fornecimento de água de reúso a partir das ETEs da RMSP (Volumes em m³ / mês)

Fonte: Sabesp, 2004

Fig. 1 – Fluxograma de Sistema de Tratamento para Reúso Urbano não Potável – Sabesp, 2004

Fig. 2 – Fluxograma de processo Sistema de Reúso ETE ABC – Sabesp, 2004

Tabela 5 – Variáveis de qualidade de água de reúso com base em Normas Internacionais

TIPOS DE USOS:

- ✓ Lavagem de pisos, pátios e logradouros;
- ✓ Desobstrução de tubulações de águas pluviais e de esgotos;
- ✓ Compactação de solos e controle de pó em vias públicas.

	CRT mg/L	DBO mg/L	SST mg/L	COL. FECAIS NMP/100 mL	TURBIDEZ UT	pH	HELMINTOS ovo/L	Estreptococos Fecais estrep/100 mL	Óleos Graxas mg/L
FLÓRIDA	-	<20	<5	nd em 75% das amostras	<2	-	-	-	-
OMS	-	-	-	<1000	-	-	<1	-	-
ESPANHA	-	<25	<35	<=200	<20	6 a 9	-	<=200	-
MÉXICO	-	<30	<30	<1000	-	-	<=5	-	<15
PROPOSTA SABESP	>2	<30	<30	<200	<15	6 a 9	-	-	<15

TIPOS DE USOS:

- ✓ Lavagem de veículos.

	CRT mg/L	DBO mg/L	SST mg/L	COL. FECAIS NMP/100 mL	TURBIDEZ UT	pH	HELMINTOS ovo/L	Estreptococos Fecais estrep/100 mL	Óleos Graxas mg/L
EPA (sugerido)	-	<10	<5	nd	<2	6 a 9	-	-	-
FLÓRIDA	-	<20	<5	nd em 75% das amostras	<2	-	-	-	-
OMS	-	-	-	<200	-	-	<1	-	-
ESPANHA	-	<25	<35	<=200	<20	6 a 9	-	<=200	-
MÉXICO	-	<20	<20	<240	-	-	<=1	-	<15
PROPOSTA SABESP	>2	<30	<30	<200	<15	6 a 9	-	-	<15

Fonte: Sabesp, 2004

“- “ *não faz nenhuma referência.*

“nd” *não detectável.*

Tabela 6 - Variáveis a serem atingidas com o sistema de tratamento proposto pela Sabesp.

VARIÁVEIS	LIMITES
Coliformes Fecais	Não detectáveis
Nematodos Intestinais	≤ 1 ovo helminto/L
pH	entre 6 e 9
cor	≤ 10 UC
Turbidez	≤ 2 UNT
Óleos e Graxas	$\leq 1,0$ mg/L
DBO	≤ 10 mg/L
Compostos Orgânicos Voláteis	Ausentes
Nitrato	< 10 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	$\leq 2,0$ mg/L
Nitrito	$\leq 1,0$ mg/L
Fosfatos	$\leq 0,025$ mg/L
SST	$\leq 5,0$ mg/L
Cloro Residual Combinado	Detectável em todo o sistema de distribuição
Agentes Tenso-ativos	$\leq 0,5$ mg/L
Odor e Aparência	Não desagradáveis

Fonte: Sabesp, 2004

A Sabesp tem como meta ampliar cada vez mais o fornecimento de água de reúso. Neste sentido, em parceria com a empresa de consultoria CH2M HILL, desenvolveu estudos visando ao “Estabelecimento de Diretrizes Técnicas, Econômicas e Institucionais e de Programa de Ação para a Implementação de Sistema de Água de Reúso”, elaborados no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. Esses estudos abrangeram a definição e planejamento de todo o Programa de Reúso, reunindo em sete módulos, o seguinte escopo básico: (SABESP; CH2MHill, 2002)

- Módulo 1 – Caracterização das Estações de Tratamento de Esgotos em Operação: objetiva a avaliação do sistema de tratamento de esgotos do sistema principal da RMSP e os principais problemas operacionais, objetivando a produção de um efluente adequado ao sistema de água de reúso.
- Módulo 2 – Caracterização do Mercado Consumidor no Entorno das ETEs: analisa o mercado de consumidores potenciais e captáveis, avalia a disposição a pagar e identifica os consumidores no entorno das estações passíveis de serem atendidos.
- Módulo 3 – Definição dos Requisitos Sanitários e Ambientais a Serem Atendidos: define os principais requisitos a serem atendidos, assim como apresenta o “Manual de Reúso”, com definições de diretrizes e orientações para a implantação de sistema de produção e distribuição.
- Módulo 4 – Concepção de Sistema de Produção e Distribuição de Água de Reúso: com as definições dos estudos dos módulos anteriores, desenvolve a concepção dos sistemas a serem implantados no entorno das ETEs da RMSP, analisa alternativas de processos para as Estações de Tratamento de Água de Reúso, escolhe a alternativa mais adequada sob os aspectos técnicos, econômicos e financeiros, define os sistemas de elevação e distribuição em nível de anteprojeto e apresenta as estimativas de investimentos nos sistemas planejados.

- Módulo 5 – Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira: a partir dos investimentos definidos, das despesas de operação e manutenção, apresenta as despesas totais dos sistemas e avalia os custos do metro cúbico do sistema de água de reúso, para diferentes alternativas de implantação. Os resultados obtidos são cotejados com os estudos de disposição a pagar dos consumidores pesquisados.
- Módulo 6 – Política de Preços: leva em conta os estudos de viabilidade econômica e financeira e a disposição a pagar, por faixa de consumo, propõe estrutura de preços a serem cobrados que viabilizem o programa proposto.
- Módulo 7 – Definição de Alternativas de Modelagem do Programa de Água de Reúso: apresenta à Sabesp as alternativas de implementação do “Programa”, que poderá seguir a linha de exploração própria pela empresa, ou parceria com os municípios com serviços autônomos, ou concessão do sistema de produção na modalidade BOT ou concessão plena. Essas alternativas são descritas e apresentadas as suas vantagens e desvantagens, objetivando a avaliação e decisão da alta direção da Sabesp.

Em resumo, esse programa proposto define três padrões básicos a serem atingidos pela água de reúso, agrupando-se neles os potenciais usos para a Região Metropolitana de São Paulo, são eles:

- Industrial
- Urbano menos restritivo
- Urbano mais restritivo

A qualidade da água de reúso a ser fornecida para os usuários atenderá a um padrão básico definido em função das necessidades indicadas pelo “mercado” a ser abastecido. Assim, essa água será adequada aos processos industriais, principalmente, resfriamento em sistemas semi-abertos e a sua qualidade permitirá ainda o uso não potável mais restritivo, de modo a não causar riscos à saúde pública.

A lavagem de veículos faz parte do grupo “urbano mais restritivo”. Esse uso requer níveis de qualidade da água de reúso superiores aos outros. Também fazem parte desse grupo: descarga de toaletes, lavagem de pisos, fontes luminosas, espelhos d’água, lavagem de ruas, desobstrução de redes de esgoto, irrigação de parques e jardins e irrigação de vegetais comestíveis. (SABESP, 2002)

Dessa forma, são indicadas as características necessárias da água de reúso visando aos referidos usos na tabela 7, tomadas para efeito de padronização as variáveis mais restritivas para cada uso. (SABESP; CH2MHill, 2002) Projeto que pretende-se implantar a médio e longo prazo. Pode-se observar que os valores máximos toleráveis são muito próximos aos já propostos na tabela 6.

Tabela 7: Características necessárias da água de reúso proposta pela CH2MHill.

Variável	Valor Máximo (mg/L)
Alcalinidade Total	100
Alumínio	0,1
Cálcio	50
Cloretos	100
Cloro Total	5
Cor	1
DBO ₅	10
DQO	75
Agentes Tensoativos	0,5
Dureza Total	100
Ferro Total	0,5
Fosfato	4
Manganês	0,5
Nitrito	1
Nitrogênio Amoniacal	1
Óleos e Graxas	5
pH (unidade de pH)	6 – 9
Sílica Total	50
Sólidos Dissolvidos Totais	500
Sólidos Suspensos Totais	5
Sulfatos	200
Turbidez	2
Zinco	0,1
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	0

Fonte: Sabesp e CH2MHill, 2002.

4.4 – Tecnologia de Reúso de Água para Lavagem de Veículos

A depender da destinação final da água recuperada, existirão níveis de qualidade indicados para cada aplicação e, conseqüentemente, um tratamento específico, adequado a cada caso. Consideram-se como principais variáveis as características da água residuária a ser tratada e os requisitos de qualidade requeridos pela nova aplicação da água recuperada. (METCALF & EDDY, 2003)

A escolha do processo de tratamento da água residuária a ser adotado é de fundamental importância para o sucesso do empreendimento e, por isso, ela deve ser bastante criteriosa e fundamentada na boa caracterização do efluente a tratar, no conhecimento das técnicas de tratamento existentes e nas necessidades e requisitos de qualidade da aplicação do reúso proposto. (METCALF & EDDY, 2003)

Na seqüência, são citados os processos e operações unitárias mais empregados na recuperação de águas para lavagem de veículos.

4.4.1 - Processos e operações unitárias

As estações biológicas de tratamento de efluentes têm passado por grande evolução nos últimos anos. Isso tem resultado em significativos avanços com aumento de eficiência, redução de espaço físico requerido e diversificação das possibilidades de tratamento. (METCALF & EDDY, 2003)

Segundo Metcalf & Eddy, os métodos de tratamento nos quais a aplicação de forças físicas predomina são conhecidos como operações unitárias de tratamento e aqueles em que a remoção dos contaminantes é feita por reações químicas ou reações biológicas, são conhecidos como processos unitários. Atualmente as operações e os processos unitários são associados para fornecer vários níveis de tratamento, conhecidos como tratamento preliminar, primário, secundário ou terciário. (METCALF & EDDY, 2003)

No tratamento preliminar, como gradeamento, os sólidos brutos tais como objetos grandes, tecidos, madeiras e outros são removidos, principalmente porque podem causar danos aos equipamentos. Nessa etapa do tratamento, os materiais que flutuam e os materiais sedimentáveis encontrados nas águas residuárias são separados por flotação e sedimentação, que nada mais são do que operações físicas. No caso de tratamento primário, alguns produtos químicos podem ser adicionados para acelerar a remoção de sólidos suspensos e facilitar a sedimentação dos sólidos dissolvidos. (METCALF & EDDY, 2003)

Após coagulação e floculação, geralmente, são empregados métodos gravitacionais como sedimentação, flotação e filtração. No processo biológico convencional, a sedimentação é aplicada em dois estágios, antes e depois da fase biológica. Com a adição de coagulantes químicos, a sedimentação é fortemente acelerada. Mesmo assim, partículas finas e coloidais permanecem no efluente causando turbidez. Processos adicionais poderão ser necessários para melhorar a qualidade da água recuperada. O método que melhor se aplica neste caso é a flotação por ar dissolvido, seguida de filtração. (PIMENTEL apud MENDONÇA, 2004)

Metcalf & Eddy afirmam que, no tratamento secundário, processos biológicos e químicos são usados para remover a maior parte da matéria orgânica. No tratamento avançado ou terciário, as combinações de operações e de processos unitários são usadas para remover os sólidos suspensos residuais e outros constituintes que não são reduzidos significativamente pelo tratamento secundário convencional. (METCALF & EDDY, 2003)

Além dos processos e operações unitárias citadas acima, podem ser mencionados mais alguns que, freqüentemente, são utilizados no reúso para lavagem de veículos:

- Processo de ozonização

Além de seu alto poder oxidante, o ozônio é poderoso desinfetante de ação não seletiva, porém bastante instável, decompondo-se rapidamente pela ação do calor em

razão da fraca ligação entre os átomos de oxigênio na sua molécula. (MANCUSO, 2003)

No caso de tratamento de águas residuárias, sua instabilidade tem um aspecto positivo, que é acrescentar oxigênio dissolvido à água, entretanto, essa mesma característica tem conotação negativa por não permitir sua estocagem, exigindo sua geração junto ao ponto de aplicação e por não persistir na água sob forma residual. (MANCUSO E SANTOS, 2003)

Devido ao seu alto poder oxidante, o ozônio é bastante efetivo como germicida, destruindo virtualmente 100% de vírus, bactérias e outros patógenos presentes no esgoto, dependendo do grau de pré-tratamento, dose e tempo de contato. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

Em sistemas de reúso, a utilização do ozônio é indicada em aplicações onde são desejáveis altos níveis de desinfecção, incluindo a destruição de vírus cloro resistentes e cistos. Também é indicado onde se deseja controlar a formação de compostos organoclorados. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

- Processo de adsorção em carvão ativado

O carvão ativado é utilizado no tratamento avançado de esgotos para remoção de materiais orgânicos solúveis que não são eliminados nos tratamentos anteriores.

Estas substâncias orgânicas, ditas refratárias, são passíveis de ser adsorvidas na superfície dos poros das partículas de carvão, até que sua capacidade de adsorção se esgote, sendo necessária sua regeneração ou reativação. Essa regeneração, ou reativação de carvão, é feita por meio do seu aquecimento, o que volatiliza o material orgânico adsorvido, tornando os poros do carvão livres e regenerados. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

Adsorção em carvão ativado é usada onde se requer tratamento em alto grau. É indicado para sistemas de qualquer porte, tratando toda ou parte da vazão. Seu uso tem sido adotado nas diversas fases do tratamento, como após o tratamento biológico para remoção de matéria orgânica, ou após tratamento físico químico por coagulação, floculação, sedimentação e filtração, que remove o material que poderia obstruir seus

poros. Esse último arranjo é particularmente indicado para remoção de poluição industrial, inibidora do tratamento biológico. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

- Processo de troca iônica

Processo de remoção praticamente total dos íons presentes em uma água, através de resinas catiônicas e aniônicas. Como a desmineralização da água consiste na remoção dos íons nela presente, o processo é também chamado de deionização.

Consegue-se a desmineralização de uma água ao passá-la por colunas de resinas catiônicas na forma H^+ e aniônicas na forma OH^- , separadamente, ou então em uma só coluna que contenha estes dois tipos de resinas (leito misto). No Primeiro caso deve-se passar a água primeiramente pelas resinas catiônicas, pois estas são mais resistentes que as aniônicas, tanto química quanto fisicamente. Deste modo as resinas catiônicas podem proteger as aniônicas, funcionando como um filtro aparando certos constituintes danosos às resinas aniônicas. (SANTOS FILHO, 1989)

A operação de um sistema de troca iônica é extremamente simples, constituindo o controle e a regeneração da resina. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

A troca iônica seletiva produz um efluente com alto nível de remoção de nitrogênio amoniacal, sendo, portanto, indicada em aplicações de reúso onde se desejam baixas concentrações desse contaminantes e de sólidos dissolvidos totais. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

- Processo de separação por membranas

O uso de membranas é relativamente recente no campo da purificação de água. A observação de tecidos de vegetais e animais inspirou a engenharia de sua fabricação. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

Quando uma membrana é usada para separação de soluções em água, esse solvente passa através de seus poros em decorrência de uma força, aqui designada força motriz, que comanda o processo, separando parte de suas impurezas originais na forma de um concentrado. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

O tipo de membrana utilizada, o método de aplicação dessa força e as características da água determinam o tipo de impureza a ser removida e a eficiência de remoção. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

A separação por membranas pode ser entendida como uma operação em que o fluxo de alimentação é dividido em dois: o permeado, contendo o material que passou através da membrana, e o concentrado que contém o material que não passou através da membrana. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

Do ponto de vista operacional, as membranas podem ser classificadas de acordo com a tabela 8, a seguir:

Tabela 8 – Classificação das membranas

Operação da membrana	Força motriz	Mecanismo de separação	Estrutura da membrana
Microfiltração	Pressão	Peneiramento	Macroporos(1)
Ultrafiltração	Pressão	Peneiramento	Mesoporos(2)
Nanofiltração	Pressão	Peneiramento + (solução/difusão + exclusão)	Microporos(3)
Osmose reversa	Pressão	Solução/difusão + exclusão	Não porosa
Pervaporação	Pressão parcial	Solução-difusão	Não porosa
<i>Stripping</i>	Pressão parcial	Evaporação	Macroporo (membrana gasosa)
Destilação	Temperatura	Evaporação	Macroporo (membrana gasosa)
Diálise	Concentração	Difusão	Difusão
Eletrodíálise	Potencial elétrico	Troca iônica	Troca iônica

Fonte: Mancuso & Santos (2003)

(1) diâmetros superiores a 50 nm.

(2) diâmetros entre 2 e 50 nm.

(3) diâmetros inferiores a 2 nm.

4.4.2 - Sistemas de tratamento

Sistema de tratamento, do ponto de vista de solução tecnológica adotada, é uma seqüência de operações unitárias e processos definidos em razão de três requisitos:

- das características do líquido a ser tratado;
- dos objetivos pretendidos com o tratamento;
- da capacidade de remoção de cada processo unitário.

Essa seqüência de operações e processos pode na realidade constar de uma única operação, como remoção de sólidos sedimentáveis por sedimentação, até um conjunto relativamente amplo que inclui oxidação biológica, coagulação química, filtração, remoção de sólidos dissolvidos, desinfecção etc.

Quando se trata de reúso de água para lavagem de veículos, dada a grande variabilidade do efluente final desejado pelo proprietário do estabelecimento e o tipo de reúso pretendido, é grande também a variedade de sistemas, ou seqüências de processos possíveis de serem concebidos.

A definição dos componentes de um sistema de reúso pode ser estabelecida pela experiência anterior do projetista, por ensaios de laboratório, por informações bibliográficas ou pela combinação desses fatores.

De forma geral, as operações e processos unitários são acrescentados sucessivamente, formando sistemas de tratamento para que se obtenham graus de depuração cada vez maiores, proporcionando, portanto, melhor qualidade para o efluente.

4.5 - Características dos efluentes gerados na lavagem de veículos

O efluente gerado por atividades de limpeza de automóveis pode conter quantidades significativas de óleos e graxas, sólidos em suspensão, metais pesados, surfactantes e substâncias orgânicas. (TEIXEIRA, 2003)

Para Jönsson & Jönsson (apud TEIXEIRA, 2003) este efluente contém óleo, graxa, partículas de poeira, carbono e asfalto carregados da superfície do carro. Pode conter fluido hidráulico e óleo proveniente do motor e sistema de freios. Por isso sua composição é bastante complexa, constituindo uma fonte significativa de DQO.

Braile & Cavalcanti (apud TEIXEIRA, 2003) afirmam que o tratamento de despejos contendo detergentes é um dos grandes problemas da engenharia sanitária. Estes compostos contêm nutrientes como fosfato e nitrogênio além de compostos fenólicos, que afetam propriedades organolépticas da água. Podem causar a formação de emulsões estáveis dificultando a sua remoção. Após seu lançamento, podem provocar a formação de espumas disformes nos corpos de água, facilitando o transporte de uma série de microrganismos, principalmente bactérias e exercendo o papel de veículo de parasitas. Os surfactantes são classificados como iônicos e não iônicos. Os iônicos podem ser aniônicos ou catiônicos. O aquil benzeno sulfonado (ABS) é um típico surfactante aniônico. O ABS de cadeias lineares (LAS) é considerado biodegradável.

Jönsson & Jönsson (apud Teixeira, 2003) investigaram a influência de diversos tipos de agentes desengraxantes, utilizados na lavagem de veículos, na performance de membranas de ultrafiltração. Os detergentes catiônicos, aniônicos e xampus estavam entre os agentes testados. A retenção dos diferentes tipos de produtos químicos apresentou grande variação. Os autores relatam que os agentes desengraxantes baseados em soluções de derivados de petróleo são tradicionalmente utilizados na lavagem de automóveis, porém há uma tendência a substituí-los por formulações que causem menos danos ao meio ambiente. Citam quatro tipos de agentes desengraxantes fornecidos pelo mercado:

- soluções de derivados de petróleo;
- microemulsões baseadas em derivados de petróleo;
- agentes desengraxantes alcalinos e
- agentes desengraxantes de origem vegetal.

Paxéus (apud TEIXEIRA, 2003) cita formulações de agentes desengraxantes para a lavagem de veículos contendo 95 a 99% de hidrocarbonetos e, por volta de 3% de surfactantes (agentes desengraxantes baseados em derivados de petróleo), além de outras, contendo menor quantidade de hidrocarbonetos (10 a 30 %), maior proporção de surfactantes (10 a 30%) e solventes, estas últimas conhecidas como microemulsões, consideradas menos danosas ao meio ambiente, e, por isso, tornando-se mais populares na Suécia.

A World Water and Environmental Engineering (apud TEIXEIRA, 2003) cita que a utilização de microemulsões na lavagem de veículos, devido às suas propriedades dispersantes, manteve o solvente e os contaminantes suspensos no tanque de retenção. Pelo fato de manifestar-se em altas concentrações e pela dificuldade de sua remoção nas etapas de tratamento, os detergentes constituem uma das maiores preocupações na remoção de poluentes deste tipo de água residuária.

Hart (apud TEIXEIRA, 2003) afirma que a *Legionella pneumophila* sp pode encontrar ambiente propício para desenvolver-se em sistemas de reúso de água em lavagens de veículos, tendo sido detectada em vários sistemas de reciclagem de água de postos de gasolina na Holanda. No entanto, há controvérsias quanto ao risco da presença desta bactéria nos locais citados. Alguns profissionais acreditam que a concentração deste microrganismo nos sistemas descritos é muito pequena, não representando perigo de contaminação.

Teixeira (2003) afirma que as águas residuárias geradas nas operações de lavagens de veículos, segundo a U.S.EPA (1999), constituem-se, em sua grande parte de sabão, água de enxágüe e cera. Destaca que, quando não há enxágüe na parte inferior e no motor dos veículos, as concentrações de agentes desengraxantes, solventes e

metais pesados, são muito baixas. Caso contrário, a concentração destes poluentes aumenta consideravelmente. Ao coletar diversas amostras de efluente de poços localizados em estabelecimentos de lavagem de veículos, a U.S.EPA (1999) concluiu que os constituintes inorgânicos mais comuns eram NTK, cloretos, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais. Destes, apenas os cloretos e os sólidos dissolvidos totais excederam os níveis máximos permitidos na norma local.

Teixeira (2003) afirma que os cloretos foram estudados em artigo da NACE (1975). Segundo este, a recirculação de água num sistema de lavagem de veículos pode aumentar gradativamente a concentração de sais, acelerando o processo de corrosão das carrocerias. A extensão da corrosão depende da umidade e da concentração de sulfatos na atmosfera, maior em cidades industrializadas. Desta forma, é recomendado que a água sofra um processo de tratamento ou diluição. É citado que a concentração de cloreto de sódio aumenta em regiões onde esse sal é utilizado para a remoção de neve dos pavimentos, o que não é o caso do Brasil. Contudo, a concentração dos sais é um importante parâmetro para o controle da reciclagem da água.

Camman et al. (apud TEIXEIRA, 2003), utilizando métodos cromatográficos em efluentes de lavagem de carros na Alemanha, encontraram os valores de 45, 20,9 e 62,6 mg/L para cloretos, nitratos e sulfatos, respectivamente.

Teixeira (2003) mostra que a U.S.EPA publicou valores de variáveis e substâncias tóxicas presentes em efluentes obtidos para diferentes tipos de lavagem de veículos (Tabela 9). O processo de lavagem a jato manual gerou o efluente com as piores características qualitativas. As concentrações médias de DBO₅, COT e fósforo foram inferiores aos valores típicos para esgoto sanitário. As concentrações de DQO, SST e óleos e graxas, foram equivalentes ou menores que os encontrados no esgoto. Chumbo e zinco estiveram presentes em todas as amostras, em todos os tipos de lavagem, com grande parte das amostras com concentrações nas faixas de 0,5 a 1,5 mg/L para chumbo, e 0,4 a 1,5 mg/L para zinco. Os únicos metais, além destes, com presenças significativas foram o cobre e o níquel, cujas concentrações médias foram

inferiores a 0,43 e 0,13 mg/L, respectivamente. Os demais poluentes tóxicos não ultrapassaram o valor de 1,0 mg/L.

Pesquisas com efluentes de lavagem de veículos foram realizadas na Suécia, com a finalidade de verificar o impacto de alguns metais pesados e sua toxicidade em esgotos sanitários. Foi sugerido que se utilizasse detergentes biodegradáveis para diminuir a carga total de poluentes não removíveis e melhorar a qualidade do lodo. Além disso, foi recomendado um tratamento adicional da água residuária em separadores de óleo, os quais são unidades utilizadas para a remoção primária de óleos e graxas. O efluente é armazenado em uma câmara durante um período que possibilite que gotículas de óleo, com densidade menor que da água, formem uma camada na superfície do líquido. Controla-se o nível do efluente na unidade por meio de vertedores situados no fundo do compartimento, que permitem que o líquido abaixo da camada superficial de óleo passe para uma outra unidade, de modo a separar o líquido da camada oleosa. O óleo pode ser removido manualmente ou mecanicamente. A adição de produtos químicos não é necessária neste tipo de tratamento. (TEIXEIRA, 2003)

A recirculação do efluente na lavagem de veículos tem como um dos maiores problemas a redução do nível de óleos e graxas. As concentrações de óleos variam significativamente de uma para outra planta. A presença de óleo em solução aquosa ocorre sob quatro formas distintas: livre, disperso, emulsificado e solubilizado. (AQUAFLOT, 2005)

O óleo livre representa as dispersões grosseiras constituídas por gotas com diâmetro superior à 150 μm . Este tipo de dispersão é facilmente removida por meio de processos convencionais de separação gravitacional. (AQUAFLOT, 2005)

O óleo disperso, normalmente com diâmetros de gota entre 50 e 150 μm , também pode ser removido por processos gravitacionais. Contudo, a eficiência de separação neste caso dependerá essencialmente da distribuição dos diâmetros das gotas e da presença ou não de agentes estabilizantes. (AQUAFLOT, 2005)

No caso do óleo emulsificado, o diâmetro das gotas situa-se abaixo de 50 μm , o que dificulta a sua separação por meios gravitacionais. Geralmente, o tratamento de óleo emulsificado requer a utilização de outros processos, tais como, a centrifugação ou a flotação, associados ao emprego de produtos químicos. (AQUAFLOT, 2005)

Finalmente, o óleo pode também estar solubilizado na água sendo extremamente difícil a sua remoção, requerendo o uso de processos químicos especiais tais como, a extração com solventes, e/ou o emprego do tratamento biológico. (AQUAFLOT, 2005)

Paxéus (apud TEIXEIRA, 2003) realizou um estudo sobre efluentes de lavagens de veículos, mapeando os poluentes orgânicos na rede de esgoto municipal da cidade de Göteborg. O objetivo era determinar a natureza de substâncias orgânicas voláteis deste efluente e estimar a sua carga no esgoto sanitário. Analisou parâmetros convencionais (DQO, óleos e graxas) e poluentes orgânicos individuais utilizando cromatografia gasosa e espectrometria de massa. A quantidade de poluentes descartados em mg foi obtida multiplicando as concentrações pelo volume médio de água utilizada por ciclo de lavagem, no caso, 250 L por veículo leve e 1200 L por veículo pesado. Enquanto os hidrocarbonetos voláteis, éteres e fenóis eram provenientes de agentes desengraxantes com formulações baseadas em derivados de petróleo e produtos de limpeza, partículas de poeira e fuligem de tráfego contribuíram para originar componentes aromáticos bicíclicos, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, e ftalatos. As principais conclusões dos autores foram:

- A eliminação de poluentes orgânicos em separadores de óleo, praticamente nula. Paxéus (apud TEIXEIRA, 2003) comenta que isto ocorreu pela provável formação de emulsões estáveis;
- A contribuição dos lavadores de veículos na carga total de surfactantes presentes na rede de esgotos não pode ser negligenciada;
- A utilização de microemulsões, recomendadas pelas autoridades suecas por serem menos danosas ao meio ambiente, pode aumentar a carga total de surfactantes;

- Embora este efluente exibisse uma concentração relativamente alta de poluentes orgânicos, a contribuição para a carga total no esgoto doméstico foi muito baixa, com exceção do naftaleno. Foi detectado 17 e 16 mg deste poluente antes e após o tratamento por separadores de óleo respectivamente. A concentração máxima de naftaleno encontrada na lavagem manual foi 0,17 mg/L (Tabela 9).

Tabela 9 – Características qualitativas de águas residuárias de diferentes tipos de lavagens de veículos.

Características	Túnel		Rollover		Lavagem a jato manual	
	Méd.* (mg/L)	Máx.* (mg/L)	Méd.* (mg/L)	Máx.* (mg/L)	Méd.* (mg/L)	Máx.* (mg/L)
Variáveis						
pH	8,7	9,0	7,7	7,7	7,4	8,3
DBO ₅	42	147	20	132	69	220
DQO	178	517	135	254	238	1120
COT	31	169	31	173	79	160
SST	101	848	158	576	659	2970
Óleos e Graxas	20	239	9,4	188	90	404
Fósforo	1,9	24	0,41	1,9	2,8	3,2
Tóxicos						
Antimônio		0,0045	0,0022	0,0025	0,014	0,017
Arsênico	<0,01	0,016	<0,0005	0,0005	0,0014	1,6
Berílio					<0,001	0,016
Cádmio	0,014	0,066	0,008	0,040	0,029	0,092
Cromo	0,026	1,7	0,013	0,11	0,054	0,27
Cobre	0,10	0,3	0,09	0,23	0,43	0,86
Chumbo	0,55	2,2	0,47	1,1	1,6	4,2
Mercurio	<0,0001	0,0005	<0,0001	0,0006	0,00055	0,026
Níquel	0,13	0,69	0,11	0,20	0,12	0,39
Selênio						
Prata						
Tálio						
Zinco	0,55	1,5	0,42	1,0	1,5	2,4
Clorofórmio				0,037		0,083
Fluoranteno						0,014
Cloro de Metileno		0,011		0,47		0,64
Diclorodibromometano						0,033
Triclorofluorometano						0,12
Clorodibromometano						0,012
Naftaleno						0,17
4-nitrofenol		0,011		0,015		0,014
2,4-dinitrofenol						0,019
Bis (2-etil-hexil) ftalato		0,027		0,031		1,0
Butil benzil ftalato						0,031
Di-n-butilftalato						0,015
Di-n-octilftalato				0,016		0,016
Benzoantraceno						0,012
Benzopireno						0,012
Benzofluoreno						0,012
Antraceno						0,017
Fenantreno						0,017
Pireno						0,011
Tricloroetileno						0,013

Fonte: Adaptado de U.S.EPA (1980) apud Teixeira (2003)

a células vazias: valores abaixo dos limites de detecção da norma em questão

4.6 - Descrição dos tipos de lavagem de veículos

Segundo Teixeira (2003), a indústria de lavagem de veículos inclui diferentes tipos e operações, cada uma com necessidades e características próprias. Variam quanto ao volume de água utilizado, carga de contaminantes e substâncias químicas nos processos de lavagem. São divididos em três tipos:

- Túnel: O veículo segue pelo interior do equipamento em formato de túnel, passando por áreas de lavagem, enxágüe, enceramento e secagem, respectivamente. Dentro da área de lavagem, o detergente diluído em água é aplicado e a sujeira é mecanicamente removida por escovas e/ou jatos de alta pressão. A seguir, o automóvel é enxaguado com água limpa. Finalmente, a secagem é realizada com jatos de ar. O efluente é coletado em uma vala localizada abaixo do túnel. Em alguns sistemas, a água de lavagem e de enxágüe são mantidas separadas por uma pequena barreira construída na vala. Nos Estados Unidos, este é o tipo mais comum, onde grande parte dos estabelecimentos recicla a água de lavagem e de enxágüe. No Brasil, diferentemente do túnel americano, normalmente não ocorrem o enceramento e a secagem. A figura 3 ilustra a lavagem de veículos do tipo “Túnel” com remoção de sujeira removida por escovas, enquanto que na figura 4, esta remoção é realizada por jatos de alta pressão. Pode-se verificar na figura 5 um dispositivo de lavagem com jatos de alta pressão.
- “Rollover”: O automóvel fica parado enquanto a máquina de lavagem passa por ele. O equipamento é dotado de escovas em forma cilíndricas que giram em torno de seu próprio eixo. Normalmente, são três escovas, duas laterais e uma superior. O equipamento realiza movimentos para frente e para trás, cobrindo toda a área lateral e superior do carro. O efluente gerado é coletado numa vala situada abaixo do sistema. A figura 6 ilustra este tipo de lavagem de veículos.

- Lavagem a jato manual: Lava-se o veículo utilizando uma mangueira com jatos de alta pressão de ar e água; ar, sabão e água alternando-os. Em alguns casos a água é coletada numa vala. É muito comum no Brasil.

Figura 3 – Lavagem de carro do tipo “Túnel”. A limpeza é efetuada mecanicamente através de escovas – Teixeira (2003)

Figura 4 – Lavagem de carro do tipo “Túnel”. A limpeza é efetuada mecanicamente através de jatos de alta pressão – Teixeira (2003)

Figura 5 – Jatos de alta pressão durante a lavagem de um veículo.
Teixeira (2003)

Figura 6 – Lavagem de carro do tipo “Rollover” - Teixeira (2003)

Os três tipos de lavagem são comparados na Tabela 10.

Tabela 10 - Vazão e capacidade para diferentes processos de lavagem de veículos.

Tipo	Capacidade (veículos/dia)	Volume médio (L/veículo)	Descarga (m³/dia)	Perdas (L/veículo) (evaporação e outras)
Túnel	100-600 média: 250	262	75,7	7-30
“Rollover”	10-150 média: 75	112-168	11,4	7-30
Lavagem a jato manual	40-96 média: 64	*	19,9	*

Fonte: U.S.EPA(1980) apud Teixeira (2003)

**Estes valores são variáveis. Este sistema suporta um número de 5 a 12 carros por hora. Como o sistema não é automático, depende da maneira como cada pessoa vai utilizá-lo. Normalmente gasta-se cerca de 75 l por ciclo de lavagem. A vazão vai depender de quantos ciclos serão efetuados por carro. Normalmente é apenas um. As perdas variam muito pois, ao ser operada manualmente, a água espirra, pois o operador pode apontar a mangueira para todas as direções. As perdas são superiores aos outros sistemas.*

4.7 – Os benefícios e problemas da reciclagem de efluentes de lavagens de veículos

De acordo com Teixeira (2003), o sistema de tratamento a ser implantado para viabilizar a reutilização da água de lavagem de carros deve atender às seguintes premissas:

- Eliminar os riscos à saúde dos usuários e operadores;
- Evitar danos aos veículos;
- Minimizar a necessidade de diluição dos efluentes tratados, e;
- Minimizar, seu lançamento na rede de esgotos, em águas superficiais ou em fossas.

Logo, advirão os seguintes benefícios:

- Minimização da descarga nos corpos receptores;
- Diminuição da carga de poluentes tóxicos na rede de esgotos;
- Economia de água.

Segundo Teixeira (2003), os principais problemas a serem enfrentados no desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem de água de lavagem de veículos são:

- Área Ocupada: sua concepção deve ser compacta, pois, provavelmente, será instalado num local onde já funciona um equipamento de lavagem, sem previsão de espaço para a inclusão do equipamento;
- Geração de Odores: deve contemplar a necessidade de controle de odores gerados pela proliferação de microrganismos nas águas armazenadas para a reciclagem;
- Geração de Lodo: a maioria dos sistemas de tratamento de efluentes gera resíduos e estes deverão ter seu volume minimizado e disposição final adequada;

- Custo de Implantação: deve ser o menor possível, de forma que possa ser competitivo com o custo da água, recuperando-se o investimento em curto prazo;
- Operação e Manutenção: a simplicidade, neste aspecto, é um fator limitante na escolha da tecnologia. Sistemas mais complexos tornam-se inviáveis tanto economicamente, como operacionalmente para os proprietários de postos de combustíveis ou lava-rápidos;
- Concentração de Sólidos Dissolvidos: à medida que a água recircula pelo sistema de lavagem, alguns poluentes podem se concentrar, por não serem totalmente removidos no tratamento;
- Necessidade de Diluição: como há aumento na concentração de certos poluentes, a diluição torna-se necessária para manter a qualidade necessária da água a ser reciclada. Pode ser realizada com água potável ou água da chuva.

4.8 – Tecnologias Existentes no Brasil para Tratamento da Água de Lavagem de Veículos

Considerando-se a necessidade constante da lavagem dos veículos utilizados para o transporte de cargas e passageiros, estão sendo desenvolvidos projetos sob medida para empresas transportadoras, tornando a atividade de lavagem compatível com a preservação dos recursos hídricos. Dentre vários existentes no mercado, citaremos alguns que já apresentam resultados concretos:

4.8.1 - Aquaflot

A empresa Aquaflot desenvolveu em convênio com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul um floculador-flotador com o propósito de clarificação de efluentes contaminados com óleos, graxas, sólidos suspensos e surfactantes.

- **Uso de Tecnologia FF – Flocação-Flotação**

O tratamento otimizado de efluentes contendo emulsões óleo/água utiliza o processo de flocação pneumática em linha e a flotação como método de separação das fases. O processo da Aquaflot para tratamento de efluentes utilizando técnicas de flocação e flotação inicia-se pela adequada coleta da água utilizada por meio de piso apropriado, canaletas e tanque de separação de sólidos grosseiros.

Deste tanque de acúmulo e homogeneização o efluente é bombeado para uma etapa de flocação-flotação, onde as partículas finas em suspensão, juntamente com o floculante e o ar comprimido injetado em linha, são aglomeradas em flocos, formando o que se denomina floco aerado, passando o fluxo por um dispositivo de flocação ou floculador estático que provoca turbulência proporcionando conjuntamente a geração de bolhas de ar, através do cisalhamento, e a flocação do material em suspensão.

Logo após, o fluxo segue através da tubulação para um dispositivo de separação centrífuga onde ocorre a separação do excesso de ar. A etapa final é a flotação em si, onde os flocos aerados são separados por diferença de densidade, ocorrendo a

separação do material floculado (sólidos e óleos e graxas aderidos às bolhas), que sobe à superfície numa espuma sobrenadante que é automaticamente raspada da superfície do tanque para um recipiente coletor.

A água clarificada é removida pelo fundo do tanque através de um sistema de vaso comunicante e direcionada ao sistema para reúso. Uma etapa de polimento final utilizando filtros de areia e carvão poderá ser adicionado ao sistema.

Os sólidos retirados do sistema pelos raspadores, após sofrerem um processo de redução do teor de água, são encaminhados para um destino final adequado.

Tem como principais aplicações o reúso de água em:

- Transportadoras de cargas que utilizam lavagem
- Empresas de ônibus que possuem lavagem
- Frotas de veículos
- Fábricas de automóveis e carrocerias
- Indústrias de reciclagem de PET
- Postos de combustíveis com lavagem de veículos

Segundo Aquaflot, suas principais vantagens são:

- Em caso de reúso da água, economiza entre 80 e 90% de água;
- Ocupa uma área menor que outros processos, possibilitando ser instalado em lugares com pouco espaço;
- Diminui a emissão de efluentes líquidos;
- Baixo custo de tratamento por m³;
- Possui alta capacidade de tratamento;
- Propicia a economia de sabões e xampus;

O sistema de recirculação oferecido pela empresa Aquaflot, em experiências práticas realizadas pela empresa, apresentou um número de ciclos entre 10 e 20 vezes, conforme a eficiência do sistema. Normalmente recomendam descartar a água de lavagem uma vez por semana. Existe ainda uma perda de 20% no processo de

lavagem, devido à evaporação, infiltração no solo e perdas na lataria do veículo, que sai molhado do local da lavagem. Esta perda é compensada pela reposição de água nova através de um sistema simples de bóia na caixa d'água que mantém o nível constante no reservatório principal. (AQUAFLOT, 2005)

As análises físico-químicas têm demonstrado, que com o decorrer dos ciclos, acontece um aumento no teor de sais dissolvidos, na DQO e na DBO. A concentração de sabões permanece pouco alterada (medição de tensão superficial). A turbidez fica sempre abaixo de 10 a 15 NTU. (AQUAFLOT, 2005)

A empresa Aquafлот admite algumas desvantagens no sistema:

- Requer atenção no controle do processo, principalmente em relação ao pH, que deve estar ajustado numa faixa de 6,0 a 8,0;
- Requer controle no uso de produtos de limpeza na lavagem do veículo, como desengraxantes, removedores, ácidos de limpeza das rodas, etc. Estes produtos podem facilmente descontrolar o processo de flotação, prejudicando a sua eficiência e gerando água com elevada turbidez;
- Requer controle na dosagem de xampus e sabões de lavagem. Normalmente o excesso destes produtos desencadeia uma formação excessiva de espuma no tanque de flotação, exigindo a adição de agente anti-espumante.

Uma consequência positiva do processo é a redução substancial do consumo de xampus e sabões, que normalmente atinge mais de 50%. Isto se deve ao residual destes produtos que permanece na água tratada, exigindo uma adição menor para lavar outro veículo. (AQUAFLOT, 2005)

O tempo de retorno do investimento acontece entre 3 e 10 meses, conforme o custo do metro cúbico da água potável fornecida pela companhia de saneamento onde está instalado o sistema. Em Porto Alegre, uma empresa de ônibus, quando consome mais de 1000 m³/mês, paga até R\$ 7,00/m³. Outro fator que influencia no cálculo do tempo de retorno é o custo do tratamento da água para reúso, que pode variar de R\$ 0,80 até R\$ 3,00/m³, dependendo das características do efluente. O consumo de água para lavagem, também influencia, este pode ser de 400 a 600 litros para um ônibus e

de 150 a 250 litros para um automóvel. O retorno do investimento será mais demorado em cidades ou estados onde o custo da água for menor. (AQUAFLOT, 2005)

O custo do equipamento mostrado na figura 7 varia desde R\$ 25.000,00 até R\$ 55.000,00 , conforme a capacidade de tratamento, que fica na faixa de 3 a 10 m³/h, dependendo do equipamento escolhido pelo cliente. (AQUAFLOT, 2005)

Figura 7 – Equipamento Aquaflot com tecnologia FF – Aquaflot (2005)

4.8.2 - Acquabrazilis – RTK (KORFF MULLER ENGENHARIA; S&H, 2002)

O sistema RTK, comercializado pela Acquabrazilis, é um sistema biológico compacto de tratamento de efluentes, que pode ser otimizado para cada situação, inclusive para lavagem de veículos. Trata-se de um sistema adaptado dos biodiscos.

Seu funcionamento, baseado em princípios naturais de degradação da matéria orgânica, permite a digestão do esgoto por microorganismos em presença de oxigênio, sem a introdução de nenhuma substância ou produto químico.

Permite atingir 95% de redução da matéria orgânica inicialmente presente no esgoto. Segundo o fabricante, a aplicação de uma simples desinfecção no final do processo possibilita o reúso da água tratada para diversos fins, dentre eles a lavagem de veículos.

A proliferação das bactérias responsáveis pelo tratamento é feita em presença de oxigênio sobre a superfície de "biocilindros" providos de enorme superfície específica, em forma de "colmeia" e que realizam um movimento de rotação em torno de um eixo horizontal central (figura 8).

Conforme o caso, acopla-se um ou mais "biocilindros" em série, sendo o conjunto acionado por um motor.

Este sistema apresenta algumas vantagens, a saber:

- Tamanho reduzido que otimiza o espaço ocupado.
- Baixos custos operacionais e de manutenção.
- Baixo consumo de energia.
- Eficiência de 95% de redução de DBO5 do efluente tratado em relação ao efluente bruto.

Princípio de funcionamento:

O sistema de tratamento de esgotos RTK é um sistema biológico de biodiscos adaptado. Pode ser observado nas figuras 8 e 9 apresentadas a seguir.

O sistema subdivide-se em três etapas:

➤ Decantação primária:

Em tanques com várias câmaras, dimensionados para que ocorra a sedimentação dos sólidos mais grosseiros em suspensão, existentes no esgoto bruto.

➤ Sistema biológico:

Ocorre em tanques subdivididos em três câmaras através de septos entre elas. Na primeira câmara, existe um dispositivo de alimentação, que eleva o líquido que chega do sistema de decantação primária e o joga por cima do primeiro septo divisor, para dentro da segunda câmara.

Na segunda câmara, existem dispositivos rotativos, tipo tambores cilíndricos, posicionados horizontalmente e que têm entre suas bases de material rígido, material plástico em forma de colméias de abelhas. O líquido despejado nesta câmara, por cima dos tambores em movimento, permeia pelos espaços das colméias e acumula-se no fundo do tanque. Assim, os tambores giram, parcialmente submersos no líquido acumulado.

A grande superfície específica das colméias favorece a formação de biofilmes sobre elas. O contato direto com o oxigênio do ar otimiza o desempenho das bactérias aeróbias aderidas às colméias e daquelas que ficam dentro do líquido acumulado no fundo do tanque, o qual recebe continuamente oxigênio, seja pelo "arraste" de ar devido ao movimento dos tambores, seja pela difusão do oxigênio existente nos filmes quando a respectiva colméia imerge no líquido.

Na terceira câmara, a seco, há um pequeno motor acoplado a um eixo metálico, responsável pela rotação do dispositivo de alimentação, na primeira câmara, e pela rotação dos tambores, na segunda câmara.

➤ Decantação secundária:

Ocorre num tanque que recebe o efluente tratado na parte biológica. É o local onde sedimenta, sob forma de lodo, o material já degradado que vem do tanque de tratamento biológico. O lodo acumulado é retornado ao sistema de decantação inicial do sistema por meio de uma bomba acionada automaticamente de tempos em tempos. Onde é retirado e descartado em local apropriado.

Figura 8 – Foto do equipamento Sistema RTK – Aquabrazilis (2002)

4.8.3 Arquipélago

A empresa Arquipélago desenvolveu um sistema para o tratamento das águas utilizadas na lavagem de veículos. Nele são empregados processos de separação de sedimentos, óleos e graxas, especialmente projetados, que garantem uma eficiência da ordem de 95%.

Para o tratamento final, é empregado um processo de degradação biológica, que garante a remoção em 90% da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) residuais.

A tecnologia disponível permite ao usuário a reutilização das águas tratadas, que resulta em reduções drásticas no consumo das águas de lavagem, chegando a 80%.

Para a implantação deste tipo de sistema a Empresa Arquipélago oferece ainda consultoria para a obtenção de financiamentos junto ao BNDES e instituições financeiras estrangeiras.

5 – MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido com base em visitas técnicas a empresas transportadoras de passageiros e a postos de lavagem de automóveis que se utilizam de técnicas de reúso para lavagem de seus veículos. Lá foram verificados o funcionamento e a manutenção dos sistemas de reúso implantados, sua vantagens e desvantagens.

5.1 – Visitas Técnicas

5.1.1 – Viação Santa Brígida

A Viação Santa Brígida, a Viação Urubupungá e a Viação Cidade de Caieiras fazem parte de um grupo que tem uma grande preocupação com os danos que eventualmente poderia causar ao meio ambiente. Inúmeros são os prêmios que este grupo já conquistou, todos relacionados aos seus cuidados com a natureza.

Com relação à poluição do ar a garagem dispõe de alguns boxes, chamados “Boxes Ecológicos”, onde periodicamente todos os veículos da frota, aproximadamente quinhentos carros, são vistoriados e regulados para manterem sempre a emissão de gases de acordo com as especificações do fabricante do motor. Além de filtros para purificação do óleo diesel utilizado para abastecimento e rigoroso treinamento com os motoristas.

Quanto às águas, a preocupação não é diferente. O local é dotado de “piscinões” para captação das águas das chuvas. Estas águas são armazenadas e utilizadas para lavagem de veículos e pátios. Todos os prédios são rodeados por canaletas cobertas por grades para captação das águas de lavagem das diversas áreas e da lavagem dos veículos e peças.

5.1.1.1 – Sistema de Recuperação e Reúso das Águas

A representação esquemática encontra-se na figura 10 – Fluxograma Geral do Processo, apresentada a seguir.

- Captação de águas pluviais

Através dos piscinões instalados, as águas provenientes dos telhados da garagem são armazenadas e utilizadas nos processos de lavagem interna e externa dos carros. Após esta utilização esta água é dirigida para o sistema de tratamento onde será recuperada e reutilizada no processo.

A capacidade de reserva dos piscinões é de 200 m³ que é reaproveitada no sistema de lavagem de carros, nos dias de grande quantidade de precipitação é possível reabastecer os piscinões permitindo assim o uso exclusivo de água de chuva, em raros períodos de estiagem, utiliza-se de água da Sabesp para suprir o sistema.

- Rede de coleta de águas de chassis

Toda a água descartada é armazenada em um tanque de recalque localizado na lavagem de chassis e bombeada para o separador areia/óleo localizado no tanque de equalização.

A caixa de recalque é composta por um dispositivo que permite a separação de partículas sedimentáveis neste ponto, possibilitando assim a pré – decantação deste efluente.

- Rede de coleta de águas de lavagem de peças

As águas provenientes do sistema de lavagem de peças são dirigidas através de tubulação própria para o tanque de equalização, passando antes por um sistema de separação sólidos/óleo no próprio boxe de lavagem.

Neste ponto de geração de efluente, é gerada uma grande quantidade de óleos e graxas que é separada no tratamento primário.

- Rede de coleta de águas de lavagem de piso

As águas provenientes da lavagem de piso do sistema de troca de óleo são recuperadas através de bombeamento seguindo a mesma rede de coleta de águas de lavagem de peças.

- Rede de coleta de lavagem interna e externa dos carros

O sistema construído de coletas permite que todo efluente do sistema de lavagem de carros seja dirigido para o separador de sólidos/óleo construído antes da entrada do tanque de equalização. As canaletas permitem, que até mesmo, uma certa quantidade de água que é arrastada com os carros, seja reaproveitada.

- Caixas de separação sólido/óleo

A caixa de separação construída antes da entrada do tanque de equalização recebe todas as águas geradas na garagem. Essa caixa permite a remoção primária dos sólidos gerados no sistema de lavagem.

Os sólidos são constituídos por partículas de densidade superior a da água possibilitando assim a sedimentação destas partículas.

O processo de separação de óleo é realizado pelas placas coalecedoras que promovem a separação do óleo por meio físico utilizando a diferença de densidade existente (óleo e água).

O óleo é retido na primeira câmara e posteriormente, por gravidade é destinado ao tanque de coleta de óleo existente.

O óleo coletado é vendido para terceiros onde é recuperado.

- Tanque de equalização

Construído com capacidade de 75 m³, tem como função principal, o abastecimento do sistema de tratamento durante sua operação.

O tanque de equalização é dotado de um sistema de mistura realizado por bomba de recirculação, que não permite a sedimentação de partículas no fundo do tanque.

Este tanque recebe todas as águas geradas no sistema (chassis, chão, contenção de óleo, peças e lavagem).

A principal função do tanque de equalização é absolver o volume de efluente gerado e suas variações de vazão, possibilitando assim fornecer ao sistema de tratamento uma vazão constante.

- Sistema de recalque do efluente

Todo o efluente depois de equalizado segue bombeado e através de tubulação própria para o sistema de tratamento. As bombas de recalque são instaladas juntamente com as bombas do sistema de lavagem (casa de bombas) aproveitando assim o sistema elétrico.

- Tanque de pH e mistura rápida

Ajusta o pH e permite a mistura de todos os produtos químicos necessários para o tratamento (Coagulantes).

O reagente mais usado para manter o pH na faixa de 8 a 9 é a Soda Cáustica (NaOH). Usando-se NaOH, adotam-se concentrações de 10 a 20% e a dosagem é feita através de controlador automático de pH que libera o produto através de uma válvula solenóide.

O controle de redução de pH é feito automaticamente através do uso do Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), em concentrações de 5%.

A coagulação é realizada através do uso de Cloreto Férrico - $FeCl_3$ (anidro), quando necessário utiliza-se um polímero auxiliar para a coagulação. Este reage com alcalis produzindo o precipitado floculento.

As superfícies dos flocos que se formam são grandes, permitindo a adsorção de materiais dissolvidos, colóides e suspensões finas.

Fornece uma solução contendo íons positivos de grande valência, de forma a permitir a quebra da “Barreira de Energia” dos colóides carregados eletronegativamente.

O $FeCl_3$ é utilizado devido a faixa de trabalho de pH entre 5 e 11.

Um aspecto importante desta fase é a energia de agitação / mistura, que é fornecida por agitadores tipo turbina, gradiente de velocidade de $400\ s^{-1}$.

Após o início do processo segue para o tanque de floculação.

- Tanque de Floclulação

Após a mistura rápida toda as partículas poluidoras da água são aglomeradas e através da agitação lenta, com gradiente de velocidade de 100 s^{-1} aproximadamente, se unem formando flocos que sedimentam. O tanque de floclulação permite uma agitação correta para este aglomeramento.

- Decantador

O sistema de sedimentação é do tipo estático que permite uma passagem lenta da água floclada, velocidade ascensional menor que $0,7\text{ m/h}$, através de sua superfície, permitindo assim que todas as partículas presentes na água sejam retiradas através de sedimentação. Todo o lodo sedimentado é depositado no fundo do decantador e periodicamente retirado através de tubulação própria e por gravidade para o tanque de lodo.

- Tanque de efluente tratado

Após toda água passar pelo decantador segue para o tanque de efluente tratado, que tem a função de armazenar a água e permitir que a mesma seja recalçada para o piscinão de água limpa para posterior uso. Este tanque é dotado de um dispositivo de nível que permite que o efluente tratado seja descartado para o córrego em condições ideais, no caso de sobra.

A água armazenada é controlada conforme a necessidade do processo, os parâmetros controlados são o pH, cor e sólidos sedimentáveis.

A qualidade da água final permite um aproveitamento maior dos insumos utilizados no processo, sabão, xampu, limpa vidros e outros.

- Tanque de lodo

Permite que o lodo coletado dos decantadores abasteça o filtro prensa.

É dotado por um misturador lento que impossibilita o adensamento do lodo.

- Filtro Prensa

Permite que haja toda separação dos sólidos do lodo, possibilitando que a água retorne para o sistema de tratamento, sendo reaproveitada.

O lodo proveniente do sistema de filtragem segue para disposição em aterro apropriado.

- Tanque de produtos químicos

É constituído por tanque de soda, tanque de ácido e tanque de coagulante que alimentam o sistema através de controle automático. Esses tanques estão localizados sobre o tanque de ajuste de pH e floculação em uma estrutura própria.

- Controlador de pH

Conjunto de sonda instrumentada para o ajuste do pH da água, permitindo um controle químico adequado. Esse dispositivo trabalha automaticamente e aciona válvulas que liberam ácido ou soda para a água que será tratada.

- Válvulas de acionamento pneumático

Permitem que seja liberado o lodo, periodicamente, por gravidade para o tanque de lodo.

5.1.1.2 - Caracterização quantitativa dos despejos

As amostras foram obtidas de forma simples e composta na saída da canaleta de descarga de efluente e na caixa de coleta do efluente da máquina de lavagem, ou seja, antes do tratamento. Foram utilizadas cinco amostragens representativas.

Os valores obtidos nas análises de caracterização, são apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Análises e variáveis de caracterização

Variáveis	AMOSTRAS					Limites permitidos pela legislação	
	01	02	03	04	05	Lei 8468 Art 18	CONAMA 20
pH	6,12	6,0	5,7	6,4	5,7	entre 5 e 9	entre 5 e 9
Alcalinidade Total (mg/L)	20,0	19,0	17,0	18,0	16,0	*	*
Cor (mg Pt/L)	>500	>400	>500	>400	>500	*	*
Turbidez (NTU)	182	135	180	118	207	*	*
ST (mg/L)	587	6983	633	644	718	*	*
STF (mg/L)	340	293	312	275	335	*	*
STV (mg/L)	247	6690	321	369	383	*	*
SSED (ml/L)	1,5	2,0	1,3	0,3	0,5	1,0 ml/l	1,0 ml/l
OG (mg/L)	367	403	203	145	142	100 mg/l	20 mg/l

Fonte: Bonin, A.L. e Marques, A.C., 1999 - Análises físico-química - CESET - UNICAMP – Laboratórios Ambiental.

Observações:

ST = Sólidos Totais

STF = Sólidos Totais Fixos

STV = Sólidos Totais Voláteis

SSED = Sólidos Sedimentáveis

OG = Óleos e Graxas

- parâmetro COR (em todas as amostras afluentes) apresentou-se bastante elevado, fazendo-se necessário diluições para leitura aproximada.

- os valores em negrito estão acima dos limites permissíveis, sujeitos às penalidades legais, portanto, existe necessidade de tratamento para descarte.

5.1.1.3 – Implantação do Sistema e Monitoramento Ambiental

A implantação do sistema proposto teve início em novembro de 1998, entrando em teste e operação de partida em fevereiro de 1999 e concluído em junho de 1999.

O sistema foi implantado levando em consideração os recursos existentes no local, como o aproveitamento de tanques já existentes e melhor localização de logística.

Durante o início de operação e partida do sistema, foram realizados testes de operacionalidade que permitiram o uso do sistema em perfeitas condições.

A operação do sistema é automatizada, permitindo assim que seja interrompido o fornecimento de água quando não necessário.

O monitoramento da água reutilizada no processo se faz de maneira constante e permite que a qualidade final obtida seja tal que reduza os custos de insumos de processo.

O sistema apresenta condições satisfatórias de operação, como pode ser observado na tabela 12 a seguir.

Tabela 12 – Comparativo de Efluente Bruto e Águas Reutilizadas.

Variáveis	Efluente Bruto	Águas Reutilizadas
pH	6,5	5,0
Cor inicial (mg Pt/L)	> 500	entre 10 e 60
Turbidez inicial	entre 118 e 180	entre 1,5 e 6,0
SSED (ml/L)	entre 0,3 e 2,0	0
OG (mg/L)	entre 142 e 403	< 5

Fonte: Bonin, A.L. e Marques, A.C., 1999 - Análises físico-química - CESET - UNICAMP – Laboratórios Ambiental.

5.2.1.4 – Comparativo Técnico – Econômico

Com base nos resultados obtidos e nos custos, foi estabelecido a relação técnico-econômica do processo. A tabela 13 a seguir, apresenta este comparativo dos custos de processos, levando em consideração unidade de ônibus processadas e o uso do sistema de reúso de água.

Tabela 13 – Custos comparativos de processos utilizados no sistema de reúso.

Custos	Estimado		Real		Água Serviço Público
a - Otimização					
Linha e Sistema de Recuperação e Reúso	R\$140.000,00		R\$110.000,00		
Montagem	R\$18.000,00				
TOTAL	R\$158.000,00		R\$110.000,00		
Amortização Anual (8 anos, 4,5% a.a.):	R\$23.954,33 /ano		R\$16.677,06 /ano		
b - Operação					
Produtos Químicos	R\$21.000,00		R\$17.000,00		R\$22.000,00
Água de lavagem - reposição do arraste	R\$28.000,00		R\$28.000,00		R\$315.630,00
Produtos Químicos - Tratamento	R\$10.500,00		R\$9.800,00		
Disposição do Lodo Gerado (R\$ 60,00/tonelada)	R\$1.800,00		R\$1.700,00		
Energia	R\$2.500,00		R\$2.500,00		
TOTAL	R\$63.800,00 /ano		R\$59.000,00 /ano		R\$337.630,00 /ano
c - Manutenção	R\$3.190,00 /ano		R\$2.950,00 /ano		R\$16.881,50 /ano
d - Total Geral (a + b + c)	R\$90.944,33 /ano		R\$78.627,06 /ano		R\$354.511,50 /ano
CUSTO UNITÁRIO (d / (400 ônibus. x 365d/ano)	R\$0,62 / Ônibus		R\$0,54 /Ônibus		R\$2,43 /Ônibus
CUSTO UNITÁRIO (d / (175 m³ x 365d/ano)	R\$1,05 / m³		R\$0,97 / m³		R\$5,55 / m³
Relação - Estimativa/Real por Atual	25,65%	18,92%	22,18%	17,48%	
Redução do Custo Direto	74,35%	81,08%	77,82%	82,52%	
Fonte: Bonin, A.L. e Marques, A.C., 1999 - SOLID Tecnologia Ambiental.					

De uma forma comparativa os custos diretos podem ser observados como sendo de retorno rápido de investimento com amortização estimada em 6 meses de operação e redução considerável dos custos operacionais, segundo a Viação Santa Brígida.

A empresa afirma que outro aspecto importante da aplicação é o ambiental que agrega valores positivos à sua imagem perante a população, com a redução da emissão de carga poluidora nos recursos hídricos e o respeito ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável.

Este processo propicia à empresa, uma economia na ordem de $200\text{m}^3/\text{dia}$ de água. Vazão esta que deixa de ser consumida para um fim não muito nobre e é disponibilizada no sistema de abastecimento público para ser distribuído à população.

Para repor as perdas causadas por evaporação e arraste pelos veículos é necessária a adição de 40m^3 de água nova diariamente, ou seja, 20% do volume utilizado. Esta água provém do armazenamento das águas das chuvas ou em épocas de secas, de poços artesianos. Independentemente da origem desta água, a lavagem do ônibus tem apresentado resultados satisfatórios, podendo ser igualados aos apresentados anteriormente quando se utilizava somente água proveniente da empresa distribuidora de água da cidade, afirma a Viação Santa Brígida.

5.1.1.5 - Fotos do sistema de reúso de águas utilizado pela Viação Santa Brígida

Figura 10 - Boxes para lavagem dos chassis

Figura 11 - Canaleta para coleta de águas de chuvas

Figura 12 - Medidor triangular de vazão, controle de pH e adição de produtos para coagulação.

Figura 13 - Tanque de mistura rápida

Figura 14 - Tanque de mistura lenta

Figura 15 - Comparativo visual entre o efluente bruto e o tratado

Figura 16 - Filtro prensa e ao fundo tanques para armazenamento de produtos químicos para ajuste de pH e coagulação automaticamente.

5.1.2 - Lava rápido Chyk

O lava rápido Chyk, localizado à Av. Engenheiro Caetano Álvares no bairro do Mandaquí, na zona norte da cidade de São Paulo, foi um dos primeiros estabelecimentos do setor a fazer algum tipo de reaproveitamento da água utilizada para lavagem dos veículos no município.

5.1.2.1 - Sistema de recuperação e reúso das águas

Para implantação do sistema foi contratado o químico Luciano Gerônimo Amaral que desenvolveu inicialmente um sistema de tratamento físico-químico composto de floculação e sedimentação. Porém, como não havia um acompanhamento na dosagem dos produtos químicos, devido à grande variação na composição do efluente durante o decorrer do dia, acabou acontecendo a passagem destes produtos para a água de lavagem, acarretando manchas nos veículos.

Ao invés de aprimorar o controle do pH do efluente a ser tratado, o proprietário do estabelecimento optou por fazer algumas adaptações no sistema. Hoje ele funciona da seguinte forma: a água coletada através de canaletas na lavagem é encaminhada à uma caixa com areia que funciona como um pré-filtro para reter as partículas maiores. Areia esta que é descartada freqüentemente. Em seguida o efluente segue para uma seqüência de duas caixas onde se realiza a sedimentação das partículas menores e a separação de óleos e graxas, conforme ilustrado nas figuras 18, 19 e 20.

Após este tratamento o efluente é encaminhado a um reservatório onde se mistura à água de chuva coletada dos telhados e, quando necessário, à água fornecida pela Sabesp. Esta água é utilizada tanto na pré-lavagem como na lavagem dos veículos, com a diferença que o efluente da pré-lavagem é descartado na rede pública coletora de esgotos e o da lavagem alimenta o sistema de recirculação, conforme demonstrado na figura 17.

Figura 17 – Fluxograma do processo de tratamento e reúso de água do Lava Rápido Chyk:

Figura 18 – Caixa com areia (entrada do processo)

Figura 19 – Local de lavagem com canaletas para coleta da água.

Figura 20 – Caixas para decantação e separação de óleos e graxas

Figura 21 – Comparativo visual dos efluentes tratado e não tratado.

5.1.2.2 – Análises laboratoriais das variáveis do sistema de recirculação de água

Foram realizadas coletas de amostras do efluente e do afluente do sistema de tratamento e reúso de água utilizado pelo Lava Rápido Chyk para verificação da eficiência do mesmo, esses dados são apresentados a seguir na tabela 14. Na figura 21 é apresentado um comparativo visual dos mesmos.

Tabela 14 – Resultados de ensaios do Lava Rápido Chyk.

Variável	Unidade	Afluente ao sistema de tratamento	Efluente ao sistema de tratamento	% de remoção
PH	-	6,4	6,8	-
Cor	UC	490	15	96,9
Turbidez	UNT	127	8	93,7
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	1,2	0	100,0
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	356	328	7,9
Óleos e Graxas	mg OG/L	783	<5	99,4
DBO	mg O ₂ /L	25	<5	80,0

Fonte: Laboratórios da Sabesp, 2005.

5.1.2.3 – Custos do Sistema de Recirculação de Água

Para implantação desse sistema de recirculação foram investidos pelo proprietário do estabelecimento R\$ 5.000,00 em 2000, haja visto que boa parte do material utilizado, foi reaproveitado de outros usos.

5.1.3 - Lava Rápido Multimp

Preocupado em reduzir custos e ao mesmo tempo contribuir com a preservação dos recursos hídricos, o proprietário do Lava Rápido Multimp, localizado à Av. Antártica na cidade de São Paulo, resolveu implantar um sistema para reaproveitamento da água utilizada em seu estabelecimento para lavagem de veículos.

5.1.3.1 – Sistema de recuperação e reúso das águas

O sistema implantado é simples, necessitando de pouca atenção. Toda água utilizada na lavagem dos veículos é encaminhada por meio de canaletas ao sistema.

O sistema consiste em uma seqüência de caixas onde são sedimentados os grãos de areia e separados óleos e graxas. Numa seqüência de três caixas, onde o efluente passa de uma para outra através de tubos instalados a meia altura das mesmas, consegue-se eliminar as partículas mais grosseiras. Ainda por meio da força da gravidade o efluente chega a um filtro de areia para eliminação de partículas de menor porte que, por ventura, tenham ficado presentes no mesmo. Em seguida, esse efluente é bombeado para um reservatório de onde é reutilizado na pré-lavagem dos veículos, sendo então descartado na rede pública de esgotos, conforme pode ser observado nas figuras 22, 23, 24 e 25.

Segundo o proprietário da estação, a economia foi grande. Após algumas adaptações no maquinário e na escolha de um tipo de xampu com menor quantidade de nutrientes para se evitar a proliferação de microorganismos que provocam mal cheiro na água a ser reaproveitada, o sistema propiciou uma redução muito significativa no consumo de água destinada à lavagem dos veículos. Dos 450 litros utilizados anteriormente para lavagem de um veículo, hoje são gastos em média apenas 70 litros.

Figura 22 - Fluxograma do processo de tratamento e reúso de água do Lava Rápido Multilimp

Figura 23 – Local de lavagem com canaletas coletoras e caixas

Figura 24 – Primeira caixa para sedimentação e separação de óleos e graxas

Figura 25 – Filtro de areia

5.2 – Balanço de Massa

Para verificação do ciclo de concentração da água de reúso, faz-se necessário efetuar um balanço de massa com algumas variáveis do sistema. Devendo ser utilizadas as variáveis (contaminantes) que não apresentam um bom nível de eficiência no tratamento convencional, geralmente utilizado. Os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) não são eliminados nesses sistemas e se acumulam nos ciclos de recirculação.

Essa variável não apresentou, como era de se esperar, um bom grau de eficiência no tratamento existente e representa um ponto importante na lavagem de veículos, haja visto que uma grande concentração de sais na água, pode provocar manchas nos veículos na ocasião da secagem e até mesmo contribuir em processo de corrosão de metais e borrachas dos veículos.

A concentração de sais na água sofre um incremento a cada lavagem devido aos insumos utilizados, coagulantes, xampus e sais solúveis presentes nos veículos que passam pelo processo de lavagem.

Tabela 15 – Variável escolhida para balanço de massa.

Variável	Efluente Bruto (mg/L)	Efluente Tratado (mg/L)
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	356	328

Fonte: Laboratório Sabesp (2005)

Sistema sem recirculação:

Equação 1:

$$Carga_{sais} + (Q_{água} \times C_{água}) = Q_{efluente} \times C_{efluente}$$

Considerando-se o consumo de água para lavagem de 250L/veículo e a concentração de SDT na água fornecida pela Sabesp de 110 mg/L (Fonte: Laboratórios Sabesp) tem-se:

$$Carga_{sais} = 250 \times (328 - 110)$$

$$Carga_{sais} = 54.500 \text{ mg / veículo}$$

Sistema com recirculação:

Pontos 1 e 2 (externo):

$$C_{\text{arg}} a_{\text{sais}} + (Q_{\text{água}} \times C_{\text{água}}) = Q_{\text{efluente}} \times C_{\text{efluente}}$$

$$C_{\text{reúso}} = \frac{C_{\text{arg}} a_{\text{sais}} + (Q_{\text{água}} \times C_{\text{água}})}{Q_{\text{efluente}}}$$

Assumindo-se:

F = Fração de reuso

$$C_{\text{efluente}} = C_{\text{reúso}}$$

$$Q_{\text{reúso}} = F \times Q_{\text{lavagem}}$$

$$Q_{\text{água}} = Q_{\text{lavagem}} (1 - F)$$

$$Q_{\text{efluente}} = Q_{\text{lavagem}} - Q_{\text{reúso}} = Q_{\text{lavagem}} - (F \times Q_{\text{lavagem}}) = Q_{\text{lavagem}} (1 - F)$$

Equação 2:

$$C_{\text{reúso}} = \frac{C_{\text{arg}} a_{\text{sais}} + [Q_{\text{lavagem}} (1 - F) \times C_{\text{água}}]}{Q_{\text{lavagem}} (1 - F)}$$

De acordo com o citado anteriormente, os dados referentes à vazão necessária para lavagem de um veículo ($Q_{lavagem} = 250L$), a concentração de SDT na água fornecida pela concessionária ($C_{água} = 110mg/L$) e a carga de sais gerada na lavagem ($Carga_{sais} = 54.500mg/veículo$), serão aplicados na equação 2 para obtenção da concentração de SDT na água de reúso ($C_{reúso}$) para as diversas frações de utilização (F), conforme demonstrado na tabela 16.

Ponto 3:

Neste ponto, tem-se a junção da vazão de água fornecida pela concessionária ($Q_{água}$) e a vazão de água de reúso ($Q_{reúso}$), cada uma com sua respectiva concentração de SDT. A somatória destas vazões indica a vazão disponível para lavagem, conforme equação 3.

Equação 3:

$$Q_{água} + Q_{reúso} = Q_{lavagem}$$

$$(Q_{água} \times C_{água}) + (Q_{reúso} \times C_{reúso}) = (Q_{lavagem} \times C_{lavagem})$$

$$[Q_{lavagem}(1 - F) \times C_{água}] + (F \times Q_{lavagem} \times C_{reúso}) = Q_{lavagem} \times C_{lavagem}$$

Equação 4:

$$C_{lavagem} = (1 - F) \times C_{água} + (F \times C_{reúso})$$

Admitindo-se que não ocorrem perdas de água no sistema e aplicando-se na equação 4 as concentrações de SDT da água de reúso determinadas anteriormente para cada fração de reúso, conforme tabela 16, calcula-se a concentração de SDT na água de lavagem. Essas concentrações irão determinar a quantidade ideal de água de reúso a ser utilizada para não causar danos aos veículos lavados.

Tabela 16: Concentrações de SDT e vazões na lavagem de um veículo para algumas frações de reúso.

$F(\%)$	$C_{\text{reúso}}$ (mg/L)	C_{lavagem} (mg/L)	$Q_{\text{água}}$ (L)	$Q_{\text{reúso}}$ (L)	Q_{efluente} (L)*
0	328	110	250	0	250
10	352	134	225	25	225
20	382	164	200	50	200
30	421	203	175	75	175
40	473	255	150	100	150
50	546	328	125	125	125
60	655	437	100	150	100
70	837	618	75	175	75
80	1200	982	50	200	50
90	2290	2072	25	225	25

* Vazão descartada no sistema público de coleta de esgotos domésticos.

Para determinação do percentual ideal de reúso, na falta de estudo específico sobre o assunto, será considerado como limite de concentração de sais na água de lavagem, o valor máximo estabelecido pela Portaria 518 para águas potáveis, ou seja, 1000mg/L.

Sendo assim, com base na tabela 16, observa-se que o sistema analisado deve trabalhar com 70% a 80% de água de reúso na água de lavagem, evitando-se assim, corrosão nos veículos lavados. Devido à adição constante de 20 a 30% de água nova, este sistema pode trabalhar em regime permanente por tempo indeterminado.

Caso queira se trabalhar com ciclos de recirculação, este valor poderá ser obtido, por exemplo, limitando-se a 75% a percentagem de reúso, a partir daí obtém-se a concentração de sais na lavagem. O resultado da divisão desta concentração pela

concentração de sais na água nova, será o número de vezes que a água poderá ser recirculada, no caso, seis vezes.

5.3 – Sistemas Sugeridos

Com base no que foi pesquisado para o desenvolvimento deste trabalho e visando-se contribuir com o incremento da utilização de práticas de reúso de água, sugere-se um sistema simples de recirculação de água para lavagem de veículos.

Como pode ser observado na figura 26, o sistema é composto inicialmente de um gradeamento e caixa de areia para retenção de corpos de maior porte e sedimentação dos grãos de areia, seguido de um separador de óleos e graxas.

Recomenda-se a utilização de um separador de óleos e graxas do tipo API (American Petroleum Institute). Este equipamento é facilmente encontrado no mercado nacional e funciona da seguinte forma: por separação física das fases oleosas não emulsionadas de efluentes aquosos proporcionada pelas placas oleofílicas coalescentes que estimulam a aglutinação natural das partículas oleosas dispersas no efluente; a fase oleosa coalescida permanece sobrenadante e é recolhida da superfície da água através de vertedouros de altura ajustável que canalizam o óleo recolhido para fora do sistema. (ALPINA, 2005)

Na sequência, um tanque para adição de coagulantes com misturadores para unir as partículas em suspensão e outro para promover a sedimentação dos flocos formados. Logo após, um filtro de areia para retenção das partículas que, por ventura, não sedimentaram e para terminar, um filtro cartucho para conter partículas menores. Para desinfecção, uma bomba dosadora de hipoclorito de sódio.

O custo desse sistema para lavagem de 200 automóveis/dia é de aproximadamente trinta e cinco mil Reais e propicia um retorno rápido ao investidor. Considerando-se que são usados em média 250 litros de água para lavagem de um veículo e que se recupera 70% desse volume, o proprietário do estabelecimento terá o retorno do capital investido em 3 ou 4 meses, levando-se em conta o valor da tarifa de água e esgoto cobrada pela Sabesp na cidade de São Paulo.

Figura 26 – Sistema proposto de recirculação de água para lavagem de veículos

Uma outra opção, já comprovada na prática, seria um sistema de recirculação de água oferecido por empresas especializadas no desenvolvimento desses tipos de equipamentos, como por exemplo, o da empresa Aquafлот, apresentado neste trabalho.

Ambos os sistemas apresentam boa eficiência, baixo custo de implantação e manutenção simplificada.

6 – DISCUSSÃO

O reaproveitamento dos efluentes líquidos é feito em geral, para abastecimento industrial, irrigação, recreação e usos urbanos não potáveis, como a lavagem de veículos. Nestes casos são determinantes o tipo da utilização e a forma de contato do homem com o efluente durante o processo de lavagem. Esta prática representa um ganho para os sistemas de saneamento como um todo, já que muitas vezes os requisitos de qualidade de determinados usos não são os de potabilidade, característicos dos sistemas de abastecimento. Assim verifica-se que há um desperdício quando a água tratada é empregada, por exemplo, em processos de lavagem de veículos.

O potencial para reúso é muito grande, tanto é que a Sabesp está firmando contratos com empresas privadas e prefeituras para fornecimento do efluente tratado em suas ETEs para reúso urbano não potável. Existem sete estações de tratamento de esgotos na grande São Paulo, que podem fornecer muito mais água para reúso do que fornecem hoje. O que dificulta as negociações é a falta de cultura deste tipo de utilização, a ausência de uma legislação sobre o assunto e a questão econômica, ou seja, os custos da rede de distribuição.

Contudo, para lavagem de veículos, uma boa opção é a aquisição de água de reúso proveniente das estações públicas de tratamento de esgotos através de caminhões ou a recirculação do próprio efluente.

Dentre os processos citados para recirculação do próprio efluente, observa-se fundamentalmente três tipos de tratamento utilizados. Um seria por floculação e sedimentação, outro por floculação e flotação e por último, processos de degradação biológica.

As vantagens são comuns a todos os tipos de tratamento em questão, a saber:

- Economia entre 70 e 90% de água;
- Diminuição da emissão de efluentes líquidos;
- Baixo custo de tratamento por m³;

- Economia de sabões e xampus;
- Instalação em locais com pouco espaço;
- Alta capacidade de tratamento.

A recirculação do efluente na lavagem de veículos tem como um dos maiores problemas a redução do nível de óleos e graxas. As concentrações de óleos variam significativamente de uma para outra planta.

Independente da forma como o óleo se apresenta, o descarte ou reinjeção da solução oleosa só é permitido depois que o óleo e os sólidos em suspensão são removidos.

Os sistemas estudados apresentam bom nível de eficiência para a variável óleos e graxas, estando menor do que 5mg/L para a Viação Santa Brígida e para o Lava Rápido Chyk.

Para verificação do ciclo de concentração da água de reúso, faz-se necessário efetuar um balanço de massas com algumas variáveis do sistema. Devendo ser utilizadas as variáveis (contaminantes) que não apresentam um bom nível de eficiência no tratamento convencional, geralmente utilizado. Os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) não são eliminados nesses sistemas e se acumulam nos ciclos de recirculação.

Para determinação do percentual ideal de reúso, na falta de estudo específico sobre o assunto, foi considerado como limite de concentração de sais na água de lavagem, o valor máximo estabelecido pela Portaria 518 para águas potáveis, ou seja, 1000mg/L.

Sendo assim, com base na tabela 16, observou-se que o sistema utilizado pelo Lava Rápido Chyk, pode trabalhar com 70% a 80% de água de reúso na água de lavagem, em regime permanente, sem que ocorram riscos de corrosão nos veículos lavados com essa água. O número de ciclo de recirculação para 75% de água de reúso é de seis vezes.

Com relação ao sistema de recirculação oferecido pela empresa Aquaflo, foi observado, em experiências práticas realizadas pela empresa, que o número de ciclos está entre 10 e 20 vezes, conforme a eficiência do sistema.

A aplicação de qualquer prática de reúso de água deve considerar as questões de ordem técnica, operacional e econômica.

A primeira consideração que se faz quando do desenvolvimento de um programa de reúso de água é qual será o custo para sua implantação e os possíveis benefícios a serem gerados.

Numa avaliação econômica convencional, a tomada de decisão sobre a implantação, ou não, de um projeto, está diretamente relacionada aos recursos envolvidos e ao período de retorno que se espera obter após sua implantação.

Segundo Mierzwa (2002), a avaliação econômica de alternativas que visam a conservação de água devem considerar como custos:

- “Custos diretos: incluem os custos que são identificados em uma análise financeira convencional como, por exemplo, capital investido, matéria-prima, mão de obra e custos de operação, entre outros”;
- “Custos indiretos: são os custos que não podem ser diretamente associados aos produtos, processos, ou instalações como um todo, alocados como despesas gerais. Estão incluídos nesta categoria os custos de projeto, custos de monitoramento e de descomissionamento”;
- “Custos duvidosos: são os custos que podem, ou não, tornarem-se reais no futuro. Esses podem ser descritos qualitativamente ou quantificados em termos da expectativa de sua magnitude, frequência e duração. Como exemplo podem-se incluir os custos originados em função do pagamento de indenizações e/ou multas resultante de

atividades que possam comprometer o meio ambiente e a saúde da população”;

- “Custos intangíveis: são os custos que requerem alguma interpretação subjetiva para sua avaliação e quantificação. Por exemplo, custos originados em função da mudança da imagem corporativa da empresa, relação com os consumidores, moral dos empregados e relação com os órgãos de controle ambiental”.

7 – CONCLUSÕES

Inúmeros estudos e relatórios têm demonstrado a crescente deterioração ambiental do planeta, sendo que a escassez de água, surge como um dos grandes e importantes problemas que teremos que enfrentar neste princípio de século.

A água é um elemento da natureza indispensável ao ser humano, sem a qual ele não sobrevive. No entanto a crise da água já começa a se agravar. Grande parcela da população mundial sofre com a escassez da água que ameaça a sua agricultura, a indústria e a vida saudável de suas comunidades.

O “reúso da água” torna-se parte importantíssima neste processo, além de possibilitar maior disponibilidade de água para tratamento e distribuição à população que ainda não dispõe deste recurso, garante uma melhor qualidade das águas de nossos mananciais, haja visto, que se não fosse reutilizada esta água, ela seria disposta em nossos rios, represas ou até em redes coletoras, podendo passar por processos de tratamento ou não, contribuindo com o aumento dos índices de poluição.

Sendo a lavagem de veículos uma das grandes fontes consumidoras de água potável para fins que não necessitam deste nível de qualidade de água, torna-se importantíssimo o estudo de formas de racionalizar sua utilização, colaborando-se assim com a preservação de nossos mananciais.

Ficou demonstrada a possibilidade de reúso das águas utilizadas nos postos de lavagem de automóveis e nas empresas de transporte de passageiros ou em outras do setor.

Seu uso quanto aos aspectos de qualidade vem demonstrando boa aceitação operacional e econômica nas empresas visitadas. Através das tecnologias aplicadas resultou-se rápida amortização dos investimentos e adequação quanto aos aspectos legais envolvidos.

Portanto, o uso racional dos recursos hídricos com procedimentos como reutilização ou reúso da água na lavagem de veículos é importantíssimo e representa um inevitável caminho para contribuir com o melhor aproveitamento da água disponível no planeta.

8 – RECOMENDAÇÕES

Embora a importância do conceito de reúso seja conhecida desde há muitos séculos, só recentemente é que a sua filosofia começa a conquistar adeptos e a se consolidar no Brasil, com o surgimento das preocupações sobre a gestão e conservação dos recursos hídricos. Esses adeptos poderiam se multiplicar rapidamente se fossem tomadas providências sérias por parte, não somente de nossos governantes, mas também das pessoas envolvidas no assunto, principalmente na questão da divulgação dos sérios problemas causados pela não reutilização das águas.

É de fundamental importância uma conscientização da população através de programas ambientais, inclusão no curso fundamental de uma disciplina relacionada ao meio ambiente e esclarecimentos sobre o conceito de reúso, a fim de evitarmos os preconceitos provocados pela falta de conhecimento do tema.

O primordial será a regulamentação da prática do reúso das águas por parte de nossos governantes, através de legislação própria e específica, enumerando os tipos de reúso, as variáveis a serem observadas para cada tipo, enfim, criando leis, normas e procedimentos para esta prática em nosso país.

Mais especificamente no tocante ao reúso para lavagem de veículos, além da regulamentação, deve-se passar aos proprietários destes postos as vantagens que eles poderão obter adotando esta prática, seja qual for o tipo do equipamento escolhido, e ainda, que com a conscientização da população, sua empresa terá uma boa imagem sendo ecologicamente correta.

A Empresa de Ônibus Santa Brígida Ltda, objeto de nossa visita técnica, satisfeita com os resultados obtidos na primeira implantação, não só já investe em outras unidades da empresa, como a Viação Caieiras, localizada no município de mesmo nome no estado de São Paulo, como recomenda a utilização desta prática aos empresários do setor de transportes.

Os estudos para solução dos problemas gerados pelo uso inadequado dos recursos naturais devem ser encarados com prioridade, fomentando o desenvolvimento de novos métodos e tecnologias de reutilização, propiciando o aproveitamento dos mesmos dentro de um contexto econômico e social, tornando-os novamente úteis.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPINA AMBIENTAL, disponível em < <http://www.alpinaambiental.com.br> >, acesso em: 19 junho 2005.

AQUAFLOT, **Tratamento e Recirculação de Água de Lavagem de Veículos**, disponível em < <http://www.aquafлот.com.br> >, acesso em: 13 abril 2002 e 10 de janeiro de 2005.

ARQUIPÉLAGO ENGENHARIA AMBIENTAL, disponível em < <http://www.arquipelago.eng.br> >, acesso em: 06 outubro 2002.

BONIN, André Luís & MARQUES, Antonio Carlos L., **Sistema de Recuperação e Reúso de Águas em Empresa de Transporte Urbano – Viação Santa Brígida**, Caso prático apresentado no 1º Prêmio Case de Meio Ambiente Osvaldo Cruz, São Paulo, 1999.

EPA – United States Environmental Protection Agency, **Discharges of Vehicle Wash Water**, disponível em < <http://www.dcs1.com> >, acesso em: 06 abril 2002.

HESPAÑOL, I., **Água e saneamento básico – uma visão realista**. In: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi, J.G. (Org.). **Águas Doces no Brasil** – Capital Ecológico, Uso e Conservação, Escrituras Editora, São Paulo, 1999. 703p.

KORFF MÜLLER ENGENHARIA e S&H Umweltengineering GmbH, disponível em < <http://www.acquabrasilis.com.br> >, acesso em: 06 outubro 2002

LAVRADOR FILHO, J., **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**, Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. 198p.

LEITÃO, Sanderson A. M., **Bases para estruturação das atividades de reúso de água no Brasil – Estágio atual**, Artigo apresentado no II Encontro das Águas, Montevideo, 1999. 6p.

MANCUSO, Pedro C. S., **O reúso de água e sua possibilidade na região metropolitana de São Paulo**, Tese apresentada à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. 132p.

MANCUSO, Pedro C. S. & SANTOS, Hilton F., **Reúso de Água**, Editora Malone Ltda. – São Paulo, 2003. 576p.

MENDONÇA, Pedro A. O., **Reuso de água em edifícios públicos - O caso da Escola Politécnica**, Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. 171p.

METCALF & EDDY, **Wastewater engineering: treatment and reuse**, McGraw-Hill – Boston, 2003. 1819p.

MIERZWA, J.C., **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – Estudo de caso Kodak Brasileira**, Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. 399p.

NACE, **The corrosivity of recirculating car wash water**. NACE Publication 3N275, Materials Protection and Performance, v.14, p.9-10, June, 1975.

PIVELI, R.P., **Qualidade das águas**. Apostila curso de pós-graduação em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 98p.

PORTARIA 518 – **Controle e Vigilância da Qualidade de Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade**, Ministério da Saúde, 25/03/2004.

REBOUÇAS, A. C., Braga, B. e Tundisi, J. G., **Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação**. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo e Academia Brasileira de Ciências. Escrituras Editora, São Paulo, 1999. 703p.

SABESP – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, disponível em < <http://www.sabesp.com.br> >, acesso em: 10 agosto 2004.

SABESP – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo & CH2MHill, Relatório **Estabelecimento de Diretrizes Técnicas, Econômicas e Institucionais e de Programa de Ação para Implementação de Sistema de Água de Reúso na RMSP**, São Paulo, 2002.

SANCHES, Vivian L., **Reúso de água para lavagem de veículos**, Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 45p.

SANTOS FILHO, Davino F., **Tecnologia de Tratamento de Água**, 3a. edição, Editora NOBEL, São Paulo, 1989.

SAUTCHÚK, Carla. A., **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações**, Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 332p.

TEIXEIRA, Priscila C., **Emprego da filtração por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água**, Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas – S.P., 2003. 199p.