

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

**Proposição, implantação, partida e ajustes de reatores
biológicos e físico-químicos para tratamento e
reciclagem de efluentes de lavadores de veículos em
escala real**

Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães

Campinas
2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E AMBIENTE

**Proposição, implantação, partida e ajustes de reatores
biológicos e físico-químicos para tratamento e
reciclagem de efluentes de lavadores de veículos em
escala real**

Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gomes da Nave Mendes

Dissertação de mestrado apresentada à
Comissão de Pós-Graduação da
Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Estadual de Campinas, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Civil, na área de
concentração em Saneamento e
Ambiente.

Campinas, SP

02/2005

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

M27p

Magalhães, Alex Fabiano Ribeiro de
Proposição, implantação, partida e ajustes de reatores biológicos e
físico-químicos para tratamento e reciclagem de efluentes de
lavadores de veículos em escala real / Alex Fabiano Ribeiro de
Magalhães.--Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Carlos Gomes da Nave Mendes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Águas residuais - Purificação. 2. Água - Reutilização. 3.
Águas residuais – Purificação – Tratamento biológico. 4. Água –
Purificação - Flotação. 5. Flotação. I. Mendes, Carlos Gomes da
Nave. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: Proposition, start and adjust of biological and physiochemical reators for
treatment and recycling of carwash effluent in real scale.

Palavras-chave em Inglês: Sewage – Purification, Reuse of water, Sewage – Purification -
Biological treatment, Water – Purification – Dissolved air
flotation e Flotation.

Área de concentração: Saneamento e Ambiente.

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Tsunao Matsumoto e Edson Aparecido Abdul Nour

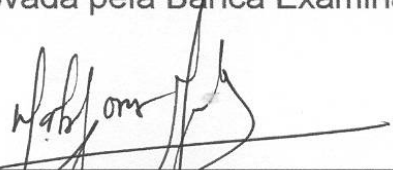
Data da defesa: 17/02/2005

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

**Proposição, implantação, partida e ajustes de reatores
biológicos e físico-químicos para tratamento e
reciclagem de efluentes de lavadores de veículos em
escala real**

Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães

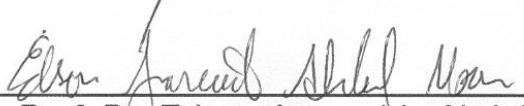
Dissertação de mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Carlos Gomes da Nave Mendes
Presidente e Orientador/FEC-UNICAMP



Prof. Dr. Tsunao Matsumoto
FEIS-UNESP



Prof. Dr. Edson Aparecido Abdul Nour
FEC-UNICAMP

Campinas, 17 de fevereiro de 2005

DEDICATÓRIA

Dedico mais esta conquista a toda minha família, pelo amor, compreensão e apoio emocional durante a realização de mais um importante passo na minha vida.

Dedico em especial ao meu pai e meus avós que, mesmo estando ausentes na vida física, ajudaram-me a vencer esta jornada, principalmente nos muitos momentos de solidão a que estive submetido.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família e meus amigos, pelo amor, carinho, compreensão e incentivo para a transposição de cada pedra que encontrei neste meu caminho;

Em especial, um agradecimento a minha mãe Adélia, pelo exemplo de vida e de luta incansável para alcançar uma vida digna e honesta para si e para seus filhos;

Ao Professor Carlos Gomes da Nave Mendes, pela confiança na minha capacidade de realização, pelo seu apoio e também pelo exemplo de profissional a ser seguido;

A minha amiga Priscila da Cunha Teixeira, pela sua amizade e comprometimento com a busca do sucesso deste projeto;

A empresa CECCATO DMR Ltda. pelo patrocínio total da pesquisa e também pelos bons momentos de convivência que tivemos.

A todos os professores os funcionários da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, que de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Prece da serenidade

Deus,

Dê-me força para mudar as coisas que posso, serenidade para entender as que não posso e sabedoria para entender a diferença.

Sumário

Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas	xxi
Lista de Abreviaturas e Siglas	xxiii
Lista de Símbolos	xxv
Resumo	xxvii
Abstract	xxix

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – OBJETIVOS	03
3 – REVISÃO DA LITERATURA	05
3.1 – Conceitos e definições	05
3.2 – Normas, recomendações e padrões de qualidade para reúso da água	07
3.3 – Descrição dos tipos de lavagem de veículos	09
3.4 – Os benefícios e problemas da reciclagem de efluentes de lavagens de veículos	11
3.5 – Características de efluentes gerados na lavagem de veículos	12
3.6 – Tratamento biológico de águas de lavagens de veículos	14
3.7 – Biofiltros aerados submersos (BAS)	15
3.7.1 – Descrição da tecnologia	16
3.7.2 – Critérios de dimensionamento do BAS	18
3.7.3 – Sistema de aeração	19

3.7.4 – Meio suporte	20
3.8 – Flotação por ar dissolvido (FAD)	21
3.8.1 – Descrição da tecnologia	23
3.8.2 – Critérios de dimensionamento da flotação por ar dissolvido	25
3.9 – Outras tecnologias de tratamento utilizadas em outros países	27
3.10 – Coagulação química e floculação	27
4 – METODOLOGIA	31
4.1 – Considerações iniciais	31
4.2 – Concepção do sistema de tratamento de efluentes proposto	32
4.3 – Biofiltro aerado submerso	36
4.4 – Flotador por ar dissolvido	40
4.5 – A água bruta utilizada	44
4.6 – Aclimação da biomassa para o BAS	44
4.7 – Coleta das amostras	46
4.8 – Equipamentos	48
4.9 – Produtos Químicos	48
4.10 – Operação do sistema	50
4.11 – Problemas ocorridos durante o desenvolvimento da etapa experimental	50
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5.1 – Características da água bruta	54
5.2 – Levantamento das condições operacionais da instalação.....	55
5.2.1 – Resultados do acompanhamento diário.....	56
5.2.2 – Resultados do acompanhamento por doze horas.....	60
5.2.3 - Alterações físicas da instalação protótipo, visando a solução de seus problemas operacionais	63
5.2.3.1 - Nos Biofiltros Aerados Submersos	63
5.2.3.2 - No Flotador por Ar Dissolvido	69
5.3 – Manual de operação	75
6 – CONCLUSÕES	77

7 – RECOMENDAÇÕES	81
8 – BIBLIOGRAFIA	83
ANEXO	89

Lista de Figuras

Figura 3.1: Equipamento para lavagens de veículos tipo túnel	09
Figura 3.2: Equipamento para lavagens de veículos tipo rollover	10
Figura 3.3: Equipamento para lavagens de veículos a jato manual	10
Figura 3.4: Classificação moderna dos processos mecanizados de tratamentos aeróbios, com relação ao estado da biomassa	15
Figura 3.5.a: Difusor tubular de membrana e bolha fina	20
Figura 3.5.b: Difusor em disco de membrana e bolha fina	20
Figura 3.6: Esquema da FAD com pressurização total do afluente	23
Figura 3.7: Esquema do funcionamento da câmara de saturação	23
Figura 4.1: Fluxograma do circuito da água do lavador de veículos	33
Figura 4.2: Detalhes dos reatores e interligações entre as unidades do sistema de tratamento proposto	35
Figura 4.3: Montagem das unidades em escala real no local de estudo	35
Figura 4.4.a: Dispositivos de entrada e saída do biofiltro	36
Figura 4.4.b: Detalhes internos do biofiltro	36
Figura 4.5: Sistema de distribuição de ar dos Biofiltros	37
Figura 4.6: Fotografia mostrando detalhes internos da zona superior dos biofiltros	38
Figura 4.7: Dispositivos de entrada e saída do flotador	40
Figura 4.8: Detalhes internos do flotador	40
Figura 4.9: Vista interna da câmara de flotação mostrando a câmara de saturação e tubulações de entradas do afluente e ar, tomadas para o manômetro e ventosa.....	41

Figura 4.10: Vista externa inferior mostrando o sistema de distribuição de água saturada e descarga de fundo	41
Figura 4.11: Reatores biológicos de bancada, tipo lodos ativados por batelada, utilizados para aclimatação da biomassa e geração de semente aos reatores da instalação protótipo em escala real	46
Figura 4.12: Aspecto da aeração nos reatores biológicos de bancada	47
Figura 5.1: Fluxograma do circuito da água do lavador de veículos	53
Figura 5.2: Valores da turbidez da água coletada nas diversas partes do sistema durante a fase de acompanhamento diário	59
Figura 5.3: Valores da condutividade da água coletada nas diversas partes do sistema durante a fase de acompanhamento diário	59
Figura 5.4: Valores da turbidez da água coletada a cada 30 minutos nas diversas partes do sistema durante a fase de acompanhamento por doze horas	63
Figura 5.5: Dispositivos finais de entrada e saída de ar e de água do BAS	65
Figura 5.6: Dispositivo para evitar a flutuação dos meios suportes dos BAS	65
Figura 5.7: Válvulas de controle de aeração dos biofiltros (da esquerda para a direita: válvula de esfera, válvula de retenção e válvula reguladora de fluxo)	66
Figura 5.8: Aspecto geral da distribuição de ar na superfície do meio suporte proporcionadas pelo dispositivo de aeração	66
Figura 5.9: Tubulação flexível para coleta de espuma na saída de ar dos biofiltros	67
Figura 5.10: Válvulas de bloqueio (superior) e de ajuste (inferior) da vazão de água dos biofiltros	67
Figura 5.11: Dispositivo entrada de ventilação na tubulação de saída dos BAS	68
Figura 5.12: Dispositivos finais de entrada e saída de ar e de água do FAD	71
Figura 5.13: Aspecto do lodo flotado antes da retirada por transbordamento.....	72
Figura 5.14: Detalhes das alterações no controle da entrada de ar, manômetro e válvula de segurança do flotador	72

Figura 5.15: Detalhes do dispositivo (tridente) instalado na câmara de saturação em substituição da ventosa para melhorar o controle do nível de água interno	73
---	----

Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Limitação de qualidade para efluentes de lavagem de veículos e lavanderias	07
Tabela 3.2: Sugestões e critérios para reciclagem de esgoto sanitário	08
Tabela 3.3: Capacidade e consumo de água em função do tipo de equipamento utilizado nas lavagens de veículos	11
Tabela 3.4: Características de águas residuárias de lavagens de veículos	14
Tabela 3.5: Principais parâmetros de dimensionamento de BAS para tratamento de esgotos sanitários, segundo diversos pesquisadores	18
Tabela 3.6: Parâmetros de dimensionamento para BAS tratando esgotos sanitários	19
Tabela 3.7: Parâmetros de projeto para um sistema de FAD	27
Tabela 4.1: Programa de coleta de amostras	47
Tabela 5.1: Características qualitativas do efluente bruto	55
Tabela 5.2: Estimativa de consumo de água por caminhão lavado	55
Tabela 5.3: Acompanhamento diário do sistema de tratamento	58
Tabela 5.4: Acompanhamento do sistema de tratamento por doze horas	62
Tabela 5.5: Problemas detectados no início de operação dos BAS e alterações físicas decorrentes para melhoria das futuras instalações comerciais	64
Tabela 5.6: Aumento progressivo da vazão de alimentação dos BAS com efluente bruto durante a partida da instalação	68

Tabela 5.7: Recomendações para a solução de possíveis problemas operacionais dos BAS	69
Tabela 5.8: Problemas detectados no início de operação do FAD e alterações físicas decorrentes para melhoria das futuras instalações comerciais	70
Tabela 5.9: Recomendações para a solução de possíveis problemas operacionais do FAD	74

Lista de Abreviaturas e Siglas

BAS -	Biofiltro Aerado Submerso
CEMPRE -	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
COT -	Carbono Orgânico Total
DBO -	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO ₅ -	Demanda Bioquímica de Oxigênio ao Quinto Dia
DQO -	Demanda Química de Oxigênio
ETE -	Estação de Tratamento de Esgoto
EVA -	Etileno Acetato de Vinila
FAD -	Flotação por Ar Dissolvido
FEC -	Faculdade de Engenharia Civil
Labpro -	Laboratório de Protótipos de Água e Esgoto da Faculdade de Engenharia Civil, arquitetura e Urbanismo da UNICAMP
Labsan -	Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP
NTK -	Nitrogênio Total Kjeldahl
OMS -	Organização Mundial de Saúde
pH -	Potencial de Hidrogênio
PVC -	Policloreto de Vinil
RAL -	Reservatório de água de lavagem
RI -	Reservatório intermediário
SABESP -	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANASA -	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento
SST -	Sólidos Suspensos Totais

TDH - Tempo de detenção hidráulico

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

Lista de Símbolos

L	litro
m	metro
cm	centímetro
mm	milímetro
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
kg	quilograma
mg	miligrama
kg	quilograma
>	maior
%	por cento
C _v	carga orgânica volumétrica
C _s	carga orgânica superficial
q _s	taxa de aplicação orgânica superficial
τ	tempo de detenção hidráulica
A/S	relação ar sólido (mg ar/mgSS)
ρ_{ar}	massa específica do ar, geralmente igual a 1,3 mg/mL
s _a	solubilidade do ar na água sob pressão atmosférica, em função da temperatura (mg/L)
f	fração de saturação do ar dissolvido na pressão P, no saturador
P	pressão absoluta
X _a	concentração de sólidos no afluente
h	hora
min	minuto

s	segundo
atm	atmosfera
°C	graus centígrados
°	graus
uT	unidade de turbidez
μS	micro Siemens
ppm	parte por milhão
”	polegada

RESUMO

MAGALHÃES, A.F.R. (2005). *Proposição, partida e ajustes de reatores biológicos e físico-químicos para tratamento e reciclagem de efluentes de lavadores de veículos em escala real*. Campinas, 2005, 136p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

Com a intenção de preencher a lacuna decorrente de poucos estudos sobre o tratamento de efluentes da lavagem de veículos, na presente pesquisa, propõe-se um sistema de tratamento composto de biofiltros aerados submersos seguidos por flotação por ar dissolvido na remoção dos principais contaminantes contidos nos mesmos. Para isso, foi concebida, instalada e operada uma instalação protótipo em escala real, visando possibilitar a reutilização do efluente tratado. O sistema foi montado em uma transportadora e destinado ao tratamento dos efluentes de lavagens de caminhões tipo baú através de lavador tipo “rollover”. Apesar de terem sido previstos três meses para a operação do sistema, vários problemas de origem operacional do próprio lavador de veículos impediram a realização dos testes de longa duração. Mesmo assim, o período de testes foi útil para estabelecer-se quais alterações físicas deveriam ser incorporadas à instalação proposta para a solução de diversos problemas específicos relativos à concepção original do sistema, subsidiando dados para a otimização de futuros sistemas a serem implantados em escala real. Concluiu-se que, após as modificações introduzidas, tais como a alteração de dispositivos de entrada e saída dos reatores, substituição de acessórios de controle de pressão e vazão, entre outros, a alternativa proposta para tratamento e reúso deste tipo de efluente é plenamente viável.

PALAVRAS-CHAVE: flotação, biofiltro, reúso de água, lavador de veículos.

ABSTRACT

MAGALHÃES, A.F.R. (2005). *Proposition, start and adjust of biological and physiochemical reactors for treatment and recycling of carwash effluent in real scale*. Campinas, 2003, 136p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

With the intention to contribute for aim of filling out the emptiness provoked by few studies on the treatment of carwash affluent, in this research, it intends to create a treatment system composed of aerated submerged biological filter (BAS) following for the dissolved air flotation (FAD) on the removal of the main pollutants present in this effluent type. For that, it was become designed, installed and operated an installation prototype in real scale, seeking the water recycling. The system was installed at cargo transport interprise and destined to the treatment of the carwash effluent type "rollover". In spite of it have been preview three months for the operation time of the system, several operational problems of the washer accomplish of the long time tests. Even so, the time of tests was useful to establish which physical alterations should be incorporate in the installation proposed for the solution of problems to the original conception of the system, subsidizing data for the otimization of the future systems to be implanted in real scale. This research was finish, after the modifications, such as the alteration of inlet and outlet devices of the reactors, pressure and flow control, among other, the proposal alternative for treatment and reuse of rollover type carwash effluent type is fully viable.

WORD-KEY: flotation, biofilter, water recycling, carwash.

1 – INTRODUÇÃO

Em um momento em que se discute o racionamento de água devido à escassez de mananciais disponíveis, a lavagem de veículos apresenta um alto consumo deste recurso natural, podendo atingir um volume de 260 L por veículo (U.S.EPA (1980)). Além disso, as águas residuárias geradas quase nunca são submetidas ao tratamento e disposição final adequados. Este tipo de prática pode contribuir ainda mais para futuras limitações na disponibilidade de água superficial e água subterrânea, tanto pela captação demasiada, como pela contaminação dos mesmos.

Segundo TEIXEIRA (2003), quanto à captação de água para a lavagem de veículos, utiliza-se água potável tanto da rede pública de abastecimento como água de poços profundos ou de córregos localizados nas proximidades do lavador. Segundo a SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento), só na cidade de Campinas, são aproximadamente 300 postos de combustíveis cadastrados e que retiram água de poços. O custo com a tarifa de consumo de água potável da rede pública de abastecimento é crescente, na medida em que se aumenta o consumo, ou seja, quanto maior é o consumo, maior é o valor pago por cada metro cúbico de água consumido, sendo que o mesmo acontece com a coleta e o afastamento de esgotos. Por estas razões, um sistema eficiente e que permita a reuso dos efluentes das lavagens de veículos poderia amenizar tanto a pressão sobre os recursos naturais (água superficial ou subterrânea) como também para diminuir os gastos na conta de água.

Somente como ilustração, caso todos os 300 postos de combustíveis cadastrados na cidade de Campinas tivessem lavadores de veículos com uma produtividade baixa (de cerca de 30 veículos lavados por dia) a um consumo médio de 150 L/veíc e houvesse sistema de tratamento e reutilização de água em todos estes lavadores, todos com perdas de água máximas (de 30%) durante todo o processo de lavagem, coleta e tratamento, seriam economizados cerca de 945 m³ de água por dia. Esta economia é suficiente para abastecer com água potável a uma população de 4725 habitantes, considerando um consumo *per capita* de 200 L/hab.dia. Esta informação, por si só, já indica uma vantagem de extremamente importante da reciclagem dos efluentes de lavadores de veículos, que é a elevação disponibilidade de água para consumo humano.

No Brasil os estudos sobre tecnologias de tratamento e reciclagem de efluentes da lavagem de automóveis ainda são modestos, apresentando somente alguns resultados com o uso da flotação por ar dissolvido. Dessa forma, existe a necessidade da realização de novos estudos para o tratamento deste tipo de efluente, diversificando as tecnologias utilizadas e visando tornar possível a sua aplicação comercial em empresas como as transportadoras, garagens de ônibus e postos de combustíveis que possuem lavadores de veículos.

O presente trabalho propôs a combinação de processos biológicos e físico-químicos para o tratamento desse tipo de efluente, mais especificamente, o uso de reatores tipo Biofiltro Aerado Submerso e de Flotação por Ar Dissolvido. O estudo proposto foi desenvolvido em instalações de escala real, com vazão de projeto de 500 L/h e que foram instaladas na Transportadora Americana localizada na Avenida Manuel Monteiro de Araújo, número 381, Vila Jaguara em São Paulo-SP, viabilizadas por parceria entre a empresa Ceccato DMR Ltda e a Universidade Estadual de Campinas-Unicamp (Departamento de Saneamento e Ambiente / FEC).

2 – OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi a concepção, projeto, implantação e estabelecimento das condições operacionais iniciais de um sistema de tratamento de efluentes de lavadores de veículos em escala real, composto de reatores biológicos do tipo BAS (Biofiltros Aerados Submersos), seguidos pelo tratamento físico-químico, proporcionado pelo uso da FAD (Flotação por Ar Dissolvido), na remoção de contaminantes presentes nos efluentes de lavadores de veículos de uma transportadora localizada no município de São Paulo-SP. A investigação proposta constituiu-se em parte de uma avaliação mais ampla sobre a potencialidade do uso desses reatores para a reciclagem deste tipo de efluente no mesmo equipamento de lavagem, na tentativa de fechamento de circuito de utilização da água no lavador de veículos.

Os principais objetivos específicos deste trabalho foram:

- a) Determinação das características qualitativas e quantitativas de efluentes gerados em lavadores de caminhões tipo baú;
- b) Determinação das condições operacionais para os dois tipos de reatores utilizados, tais como:
 - b.1) Para os BAS:
 - b.1.a) possibilidade de uso de material suporte alternativo aos convencionais para fixação da biomassa;

b.1.b) aclimação da biomassa ao efluente específico e da fixação ao material suporte proposto;

b.1.c) tipos de dispositivos hidráulicos para controle de vazões de entrada e saída dos reatores quanto às fases líquidas e gasosas;

b.1.d) levantamento dos principais problemas operacionais desse tipo de reator de forma a minimizá-los em futuras instalações padronizadas para uso comercial;

b.2) Para a FAD:

b.2.a) proposição de reator compacto e simplificado para a clarificação do efluente tratado pelos BAS por flotação por ar dissolvido (FAD);

b.1.b) tipos de dispositivos hidráulicos para controle de vazões de entrada e saída dos reatores quanto às fases líquidas e gasosas;

b.2.c) condições operacionais da câmara de saturação operada com pressurização total do afluente, tais como a pressão média de dissolução do ar;

b.2.d) levantamento dos principais problemas operacionais desse tipo de reator de forma a minimizá-los em futuras instalações padronizadas para uso comercial;

c) Elaboração de um manual de operação e manutenção para o sistema proposto, compreendendo todas as etapas do processo.

3 – REVISÃO DA LITERATURA

Segundo KURODA (2002), a escolha de uma alternativa de tratamento e não outra está essencialmente relacionada às características da água bruta a ser tratada. Dessa afirmação pode-se acrescentar que a alternativa a ser escolhida também depende do padrão de qualidade que se espera da água após o tratamento.

Uma vez utilizada, uma determinada água pode ser tratada em estações de tratamento e novamente usada para fins diversos. A qualidade da água servida afluente à estação de tratamento e o objetivo específico do novo uso, estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de implantação, de operação e de manutenção associados.

3.1 – Conceitos e definições

A reutilização ou reúso de água, ou ainda em uma outra forma de expressão, o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo desde muitos anos atrás. Contudo, a demanda crescente por água tem feito do reúso planejado ou da reciclagem da água, um tema atual e de grande importância. Neste sentido, deve-se considerar o reúso e a reciclagem da água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente dos recursos hídricos, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios.

Segundo ANDERSON (1996) e U.S.EPA (1998), existem várias definições de reúso de água na literatura. Alguns autores utilizam termos como reciclagem, recirculação e reaproveitamento como sinônimos. A seguir são apresentadas algumas definições encontradas na literatura sobre reúso e reciclagem, com referência a resíduos sólidos.

- Reúso: Segundo MACHADO et al. (1999), o reúso é o processo pelo qual a água, depois de usada, é reutilizada para o mesmo ou outro fim sem qualquer tipo de tratamento. Como exemplo de reúso, cita-se a utilização dos dois lados da folha de papel e embalagens retornáveis;

- Reciclagem: a) Para MACHADO et al. (1999), a reciclagem é a realização de uma série de atividades e processos, industriais ou não, que permitem separar, recuperar e transformar os materiais. Essas atividades levam a ação de reintroduzir os resíduos no ciclo produtivo; b) É por definição toda operação de gestão de matérias primas secundárias, ou a utilização de resíduos e de materiais, bem como a introdução de matérias já utilizadas nos ciclos econômicos de produção (CEMPRE (2000)).

Este estudo considerou e adotou que o termo reciclagem é um termo a ser considerado somente quando se discorre sobre resíduos sólidos e que quando se trata somente de água, o termo reúso é o mais indicado, independentemente se a água utilizada passa por um sistema de tratamento ou não antes de ser reutilizada.

O reúso da água servida em um mesmo local apresentam vantagens como a diminuição da carga de poluentes no ponto de lançamento e a economia de água tratada da rede pública e/ou água de manancial (superficial ou subterrâneo), sem a necessidade de investimentos em redes duplas de distribuição.

3.2 - Normas, recomendações e padrões de qualidade para reúso da água

O reúso da água tem sido feito por muitos anos sem seguir qualquer norma nacional ou internacional. Nos anos 90, alguns estados americanos adotaram uma série de padrões e a OMS (Organização Mundial de Saúde) publicou normas para o reúso da água na agricultura (CROOK & SURAMPALLI (1996)).

Os padrões de reúso da água são direcionados principalmente à proteção da saúde, pois a presença de elementos químicos tóxicos e de microrganismos patogênicos cria um potencial de efeitos adversos em locais onde há riscos de contato, inalação ou ingestão (CROOK & SURAMPALLI (1996)).

As agências estaduais americanas regulamentam padrões para a qualidade da água tratada e níveis de tratamento mínimo necessário para viabilizar sua reciclagem. O tratamento deve ser mais sofisticado a medida em que o nível de exposição humana à água reutilizada aumenta.

As Tabelas 3.1 e 3.2, apresentam alguns parâmetros qualitativos e seus valores limites para o descarte e reúso de águas residuárias.

Tabela 3.1: Limitação de qualidade para efluentes de lavagem de veículos e lavanderias

Poluentes	Limitações propostas (mg/L)	
	Máximo em 24 h	Média em 30 dias
SST	40	20
DBO	100	50
Óleos e graxas	20	10
Cromo	0,74	0,22
Cobre	1,5	0,93
Chumbo	3,7	1,7
Zinco	2,9	1,1

Fonte USEPA (1980)

Tabela 3.2: Sugestões e critério para reciclagem de esgoto sanitário

Categoria de utilização		Metas do tratamento	Exemplos de aplicação
Reúso urbano	Não restrito	Secundário, filtração, desinfecção DBO ₅ : < 10 mg/L Coliformes Fecais: ND/100 mL Turbidez: < 2 NTU Cl ₂ residual: 1 mg/L pH 6 a 9	Irrigação de áreas onde o acesso ao público não é restrito, como parques, playgrounds, <i>campi</i> universitários e residências, descarga de vasos sanitários, lavagem de veículos , lavagem de ruas e pontos de ônibus, combate ao incêndio, construções, sistemas de ar condicionado, etc...
	Acesso restrito	Secundário, desinfecção DBO ₅ : < 30 mg/L TSS: < 30 mg/L Coliformes Fecais: < 200/100 mL Turbidez: < 2 NTU Cl ₂ residual: 1 mg/L pH 6 a 9	Irrigação de áreas onde o acesso ao público pode ser controlado, como campos de golfe, cemitérios, faixas de domínio de auto-estradas, etc...
	Reúso na agricultura em plantas alimentícias	Secundário, filtração, desinfecção DBO ₅ : < 10 mg/L Coliformes Fecais: ND/100 mL Turbidez: < 2 NTU Cl ₂ residual: 1 mg/L pH 6 a 9	Irrigação de plantas que se destinaram ao consumo humano como o plantio de forrageiras e hortaliças.
	Reúso na agricultura em plantas não alimentícias	Secundário, desinfecção DBO ₅ : < 30 mg/L TSS: < 30 mg/L Coliformes Fecais: < 200/100 mL Cl ₂ residual: 1 mg/L pH 6 a 9	Viveiro de plantas ornamentais, proteção contra geadas, pastos, etc...
Reúso Recreacional	Reúso recreacional não restrito	Secundário, filtração, desinfecção DBO ₅ : < 10 mg/L Coliformes Fecais: ND/100 mL Turbidez: < 2 NTU Cl ₂ residual: 1 mg/L pH 6 a 9	Locais com atividades recreacionais na água onde não há limitações impostas para o contato humano.
	Reúso recreacional restrito	Secundário, desinfecção DBO ₅ : < 30 mg/L TSS: < 30 mg/L Coliformes Fecais: < 200/100 mL Cl ₂ residual: 1 mg/L pH 6 a 9	Locais destinados a atividades recreacionais como a pesca, a navegação, a canoagem e outras onde não vá ocorrer o contato direto com a água.
Finalidades ambientais		Tratamentos em níveis específicos de pH, oxigênio dissolvido, coliformes e nutrientes.	Aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca, etc...
Reúso industrial		Secundário, desinfecção DBO ₅ : < 30 mg/L TSS: < 30 mg/L Coliformes Fecais: < 200/100 mL	Refrigeração, alimentação de caldeiras, lavagem de gases, água de processamento, etc...
Recarga de aquíferos		Tratamentos específicos	Recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo

Fonte: TEIXEIRA (2003), adaptado de MUJERIEGO & ASANO (1999)

3.3 - Descrição dos tipos de lavagem dos veículos

Os principais tipos de equipamentos, procedimentos e consumos (ver Tabela 3.3) de água para lavagens de veículos são descritos a seguir.

- **Tipo 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 por bicos de spray e a sujeira é mecanicamente removida por escovas e/ou jatos de água em alta pressão. A seguir, o automóvel é enxaguado com água limpa, e 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.



Figura 3.1: Equipamento para lavagens de veículos tipo túnel

Fonte: JL PHOTOS (2004)

- **Tipo “Rollover”:** Nesse tipo de equipamento 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 em uma vala situada abaixo do sistema.



Figura 3.2: Equipamento para lavagens de veículos tipo rollover

Fonte: CECCATO (2004)

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



Figura 3.3: Equipamento para lavagens de veículos a jato manual

Fonte: JL PHOTOS (2004)

Tabela 3.3: Capacidade e consumo de água em função do tipo de equipamento utilizado nas lavagens de veículos

Tipo	Capacidade (veículos/dia)	Volume consumido por unidade (L/veículo)	Descarga (m³/dia)	Perdas (evaporação e outras) (L/veículo)
Túnel	100-600 média: 250	262	75,7	7-30
Rollover	10-150 média: 75	112-168	11,4	7-30
Jato Manual	40-96 média: 64	*	19,9	*

*Estes valores são variáveis. O 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 se gasta cerca de 75 L por ciclo de lavagem, porém as perdas são superiores aos outros sistemas.

Fonte: Modificado de U.S. EPA (1980)

3.4 - Os benefícios e problemas da reciclagem de efluentes de lavagens de veículos

A reciclagem de água nos lavadores de veículos diminui o consumo de água e o descarte de efluentes, porém, inexistindo a etapa de dessalinização no tratamento, provoca o aumento da concentração de sólidos dissolvidos a medida em que a água recircula. Como esta recirculação altera a qualidade da água, devem-se considerar fatores como a elevação de temperatura, nutrientes, pH, sólidos em suspensão, cargas orgânicas, metais pesados e tóxicos, além dos sólidos dissolvidos, já citados acima (U.S.EPA (1980)).

Segundo TEIXEIRA (2003), o sistema de tratamento a ser implantado para viabilizar a reciclagem 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 esgoto, em águas superficiais ou em fossas e sumidouros.

Os principais problemas a serem enfrentados no desenvolvimento de tecnologias para tratamento visando a reciclagem da água da lavagem de veículos são: área ocupada, geração de odores, geração de lodo, custo de implantação, custo de operação e manutenção, concentração de poluentes, e, eventual necessidade de diluição da água sob recirculação.

3.5 - Características de efluentes gerados na lavagem de veículos

BRAILE & CAVALCANTI (1979), citados por TEIXEIRA (2003), afirmam que nos despejos contendo detergentes existem nutrientes como fósforo e nitrogênio, além de compostos fenólicos, que afetam propriedades organolépticas da água e podem causar a formação de emulsões estáveis de difícil remoção. Após seu lançamento, o detergente pode provocar a formação de espumas disformes nos corpos de água, facilitando o transporte de uma série de microrganismos, principalmente bactérias, exercendo o papel de veículo de parasitas.

HART (2001) afirma que a *Legionella pneumophila*, causadora de pneumonia, pode encontrar ambiente propício para desenvolver-se em sistemas de reúso de água de lavagens de veículos, tendo sido detectada em vários sistemas implantados em postos de gasolina na Holanda. Segundo TEIXEIRA (2003), no entanto, há controvérsias quanto ao risco da presença desta bactéria nos locais citados, pois alguns pesquisadores demonstraram que a manifestação desses microrganismos nos sistemas descritos era muito pequena, não representando perigo de contaminação dos usuários e operadores.

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-se 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.

Ao coletar diversas amostras de efluentes de poços localizados em estabelecimentos de lavagem de veículos nos Estados Unidos, a U.S.EPA (1999) concluiu que os constituintes inorgânicos mais comuns eram compostos de nitrogênio, cloretos, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais. Destes, apenas os cloretos e os sólidos dissolvidos totais excederam os níveis máximos estabelecidos na legislação local.

Os cloretos foram estudados por NACE (1975) e, segundo ele, 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, também variou em função do aumento da umidade relativa do ar e da concentração de sulfatos na atmosfera, maior em cidades industrializadas.

A U.S.EPA (1980) publicou valores de parâmetros presentes em efluentes obtidos para diferentes tipos de lavagem de veículos (Tabela 3.4). 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 sanitário. Chumbo e zinco estiveram presentes em todas as amostras. Os únicos metais, além destes, com presenças significativas foram o cobre e o níquel.

Tabela 3.4 – Características de águas residuárias de lavagens de veículos

Parâmetros	Túnel		Rollover		Lavagem Manual	
	Méd.	Máx.	Méd.	Máx.	Méd.	Máx.
pH (mg/L)	8,7	9,0	7,7	7,7	7,4	8,3
DBO ₅ (mg/L)	42	147	20	132	69	220
DQO (mg/L)	178	517	135	254	238	1120
COT (mg/L)	31	169	31	173	79	160
SST (mg/L)	101	848	158	576	659	2970
Óleos e Graxas (mg/L)	20	239	9,4	188	90	404
Fósforo (mg/L)	1,9	24	0,41	1,9	2,8	3,2

Fonte: Adaptado de U.S.EPA (1980)

3.6 – Tratamento biológico de águas de lavagem de veículos

A biodegradação pode ser definida como a redução da complexidade de moléculas de compostos químicos através da atividade biológica. A conversão de um substrato orgânico, quando completa, transforma-o em compostos inorgânicos e é conhecida como mineralização. Dessa forma, esses produtos são liberados pelos organismos no ambiente (ALEXANDER (1994)).

JÖNSSON E JÖNSSON (1995) apresentaram resultados de pesquisa com efluentes de lavagem de veículos realizada no ano de 1992 em Göteborg, Suécia. Segundo os autores, se for constatada a razão DBO/DQO > 0,5, o efluente é considerado facilmente biodegradável. No entanto, esse tipo de situação, foi encontrada em menos de 50% das amostras analisadas para esse tipo de efluente.

A biodegradação aeróbia é considerada por muitos profissionais da área, uma forte tendência para viabilizar a reciclagem de água de lavagem de veículos. Nos Estados Unidos e Holanda há vários relatos de operação destes sistemas. Dentre outras vantagens, citam-se a possibilidade de reduzir surfactantes, óleos e graxas, nutrientes (nitrogênio e fósforo) sem a necessidade de produtos químicos, como nos

processos físico-químicos. No entanto, alguns surfactantes foram citados como possíveis inibidores da biodegradação, provocando baixo desempenho do reator biológico (ALEXANDER (1994)).

3.7 – Biofiltros aerados submersos (BAS)

Os BAS fazem parte das tecnologias de tratamento biológico aeróbio de águas residuárias, cuja biomassa ativa, manifesta-se aderida em um meio suporte inerte fixo. A presença de biomassa adaptada ao(s) substrato(s) presente(s) no afluente ao reator biológico, e, em alta concentração, é o que garante a eficiência do processo em períodos de detenção pequenos. As estratégias que tornam isso possível podem ser várias, algumas, apresentadas na Figura 3.4, são as mais comuns.

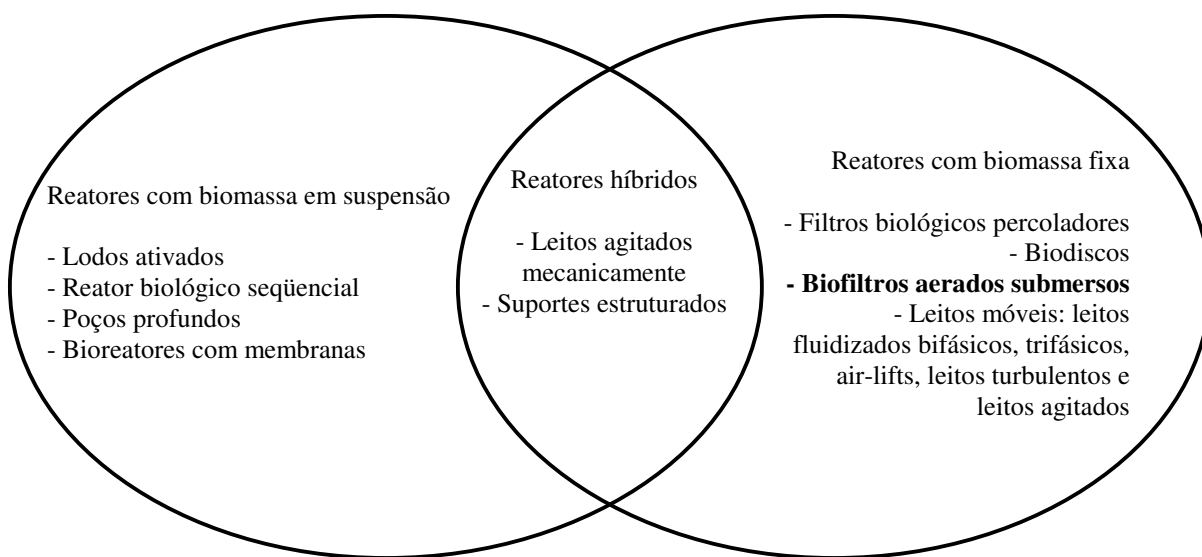


Figura 3.4: Classificação moderna dos processos mecanizados de tratamentos aeróbios, com relação ao estado da biomassa.

Fonte: CHERNICHARO (2001)

3.7.1 – Descrição da tecnologia

Para GONÇALVES et al. (2001), na prática, um biofiltro aerado submerso é constituído por um tanque preenchido com o material apropriado para a fixação da biomassa, através do qual, a água em processo de tratamento e o ar (ou o oxigênio), fluem permanentemente. Na quase totalidade dos processos existentes, o meio suporte, também denominado de “meio filtrante” (*), é mantido sob total imersão pela coluna líquida mantida internamente, caracterizando-os como reatores trifásicos compostos por:

- Fase sólida: constituída pelos, meio suporte e pelas colônias de microrganismos que nele se desenvolvem, sob a forma de um filme biológico (biofilme);
- Fase líquida: composta pelo líquido em fluxo contínuo (afluente);
- Fase gasosa: formada pela aeração artificial e, em reduzida escala, pelos gases advindos da atividade biológica.

(*) daí a denominação “biofiltro”, ao nosso ver, equivocada.

Nos BAS os microrganismos crescem aderidos ao meio suporte, eliminando a necessidade de recirculação de lodos. As bolhas de ar, permanentemente, erodem o biofilme e previnem a colmatação do meio suporte e a turbulência também assegura o bom contato entre o substrato e os microrganismos.

Para WEF (1990) o processo de tratamento biológico empregando biofilme visa remover e degradar a matéria orgânica presente nas águas residuárias através da oxidação bioquímica. A remoção ocorre inicialmente por conversão do material solúvel e coloidal em biofilme, que fica aderido ao material suporte do leito. O biofilme geralmente apresenta uma variada população de microrganismos, incluindo bactérias, protozoários, algas, fungos, vermes e larvas de insetos, que removem a matéria orgânica utilizando o oxigênio transferido do ar à fase líquida.

AISSE (2002) cita que o BAS permite o crescimento de bactérias nitrificantes e outros microrganismos, tais como metazoários, que contribuem para a redução da

massa sólida final. Além disso, o desnível na concentração de oxigênio dissolvido no interior da camada de biofilme, propicia o processo de desnitrificação. Este processo de remoção de nitrogênio pode ser otimizado, introduzindo-se uma zona anóxica dentro do reator, proporcionando a ocorrência do processo de desnitrificação.

A periodicidade da retirada de lodo excedente é mais em função da necessidade de limpeza do meio filtrante. O intervalo de tempo entre as limpezas consecutivas é decorrente de alguns fatores, tais como: a) a concentração de sólidos grosseiros em suspensão presentes nas águas residuárias afluentes; b) o crescimento da massa de microrganismos no reator, proporcional à carga orgânica removida; c) o tipo de meio suporte utilizado.

RÔLO (2003), apresenta as vantagens dos BAS que foram citadas por outros autores, bem como por ele. São elas:

- RÔLO (2003):
 - possui aspecto modular, facilitando eventuais ampliações;
 - rápida entrada em regime de operação;
 - resistência a cargas de choque e a baixas temperaturas;
 - a tecnologia origina ETEs compactas.
- ROGALLA (1992):
 - geração de estações com baixos impactos ambientais;
 - as ETEs são passíveis de serem cobertas e desodorizadas com simplicidade.
- BOF et al. (2001):
 - baixos custos de implantação, operação e manutenção;
 - não demandam mão-de-obra operacional especializada;
 - baixos consumos energéticos e de produção de lodo.

Como desvantagem do BAS, AISSE (2002) cita a necessidade permanente de aeração (dependência de energia elétrica) e o cuidado na escolha do meio suporte, que pode aumentar o custo de implantação.

3.7.2 – Critérios de dimensionamento do BAS

Segundo GONÇALVES (2001), citado por RÔLO (2003) o dimensionamento de um BAS para esgoto doméstico é realizado basicamente mediante a utilização de dados empíricos, obtidos através de experimentação em escala piloto ou em escala real e os principais parâmetros de projeto são:

- Taxa de aplicação de matéria orgânica
 - C_v = carga orgânica volumétrica, cuja unidade é $\text{kgDBO}/\text{m}^3.\text{dia}$ ou $\text{kgDQO}/\text{m}^3.\text{dia}$, ou
 - C_s = carga orgânica superficial, cuja unidade é $\text{kgDBO}/\text{m}^2.\text{dia}$ ou $\text{kgDQO}/\text{m}^2.\text{dia}$
- Taxa de aplicação hidráulica superficial
 q_s = taxa de aplicação hidráulica superficial, cuja unidade é $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$
- Tempo de detenção hidráulica
 τ = tempo de detenção hidráulica, cuja unidade é dia, hora ou min
- Taxa de aeração
Apresentada em $\text{Nm}^3/\text{kgDBO}_{\text{removida}}$

As Tabelas 3.5 e 3.6 apresentam os parâmetros de dimensionamento para BAS, bem como os valores empregados para o tratamento de esgotos sanitários.

Tabela 3.5: Principais parâmetros de dimensionamento de BAS para tratamento de esgotos sanitários, segundo diversos pesquisadores.

Autor	C_v ($\text{gDBO}/\text{m}^3.\text{dia}$)	C_s ($\text{gDBO}/\text{m}^2.\text{dia}$)	q_s ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$)	τ (h)
AISSE et al (2001)	1000	-	30,0	-
MOTA (1995)	-	8 a 33	-	-
GONÇALVES et al (1997)	-	-	9,6 a 34,8	4 a 16

Tabela 3.6: Parâmetros de dimensionamento para BAS tratando esgotos sanitários

Parâmetro	BAS
Carga orgânica volumétrica (kgDBO/m ³ .dia)	3,0 a 4,0
Carga orgânica superficial (kgDBO/m ² .dia)	55 a 80
Eficiência de remoção de DBO (%)	60 a 75
Eficiência de remoção de SS (%)	60 a 75
Eficiência de remoção de DQO (%)	55 a 65
Taxa de aeração (Nm ³ /kgDBO _{removida})	25 a 40
Produção de lodo (kgST/kgDQO _{removida})	0,25 a 0,40
Teor de SV no lodo (%SV/%ST)	0,55 a 0,80

Fonte: CHERNICHARO (2001)

3.7.3 – Sistema de aeração

Normalmente, o BAS dispõe de um sistema direto de aeração artificial, constituído por um soprador e tubulações de ar, porém o suprimento de ar também pode ser realizado por compressores radiais (sem reservatório de acumulação de ar), ou mesmo por um compressor de serviço que, no caso de postos de serviço, já se encontra instalado nas proximidades e possui capacidade ociosa.

A distribuição do ar na seção transversal do biofiltro deve ser realizada de forma a cobri-la por completo, pois caso isso não aconteça, podem ser criadas zonas mortas e, até mesmo, anaeróbias, o que não é favorável ao desempenho do reator.

Os sistemas para distribuição de ar no interior dos biofiltros podem ser constituídos por grelhas, tubulações perfuradas, lajes com difusores ou mesmo por tubulações com difusores.

Os difusores de bolhas grossas ou finas encontrados no mercado são fabricados em cerâmica ou membranas flexíveis e podem ter a forma de disco ou cilíndrica. Os difusores de membrana possuem a conveniência de evitar a entrada de líquido na linha de alimentação de ar na falta deste.

Nas Figuras 3.5a e 3.5b, são apresentados alguns exemplos de difusores de bolhas finas encontrados no mercado, que são montados diretamente na tubulação de alimentação de ar.

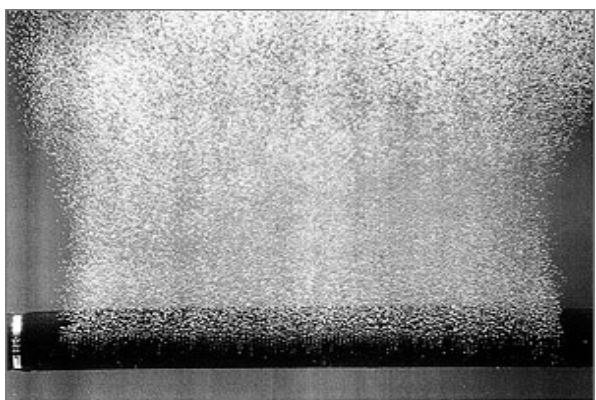


Figura 3.5.a: Difusor tubular de membrana e bolha fina
Fonte: ENVIRONQUIP (2004)



Figura 3.5.b: Difusor em disco de membrana e bolha fina
Fonte: ENVIRONQUIP (2004)

3.7.4 – Meio suporte

GONÇALVES et al. (2001) destacam as seguintes características que um material suporte ideal para um BAS deve apresentar:

- Ter resistência estrutural suficiente para suportar seu próprio peso e mais o peso da biomassa que cresce aderida à sua superfície;
- Ser suficientemente leve para permitir reduções significativas no custo das obras civis;

- Ser biologicamente inerte, não sendo atacado pelos microrganismos do processo e nem ser tóxico a eles;
- Ser quimicamente estável;
- Apresentar alta superfície específica e rugosidade.

Os primeiros BAS tiveram pedra britada como meio suporte. Este tipo de enchimento ainda é utilizado, porém, várias alternativas estão sendo investigadas, entre elas, podem ser destacados os seguintes materiais: argila expandida; suportes sintéticos estruturados corrugados do tipo colméia; pedaços de polietileno, polipropileno, PVC, outros tipos de plástico e bambu.

3.8 – Flotação por ar dissolvido (FAD)

A flotação é uma operação utilizada para separar partículas de um meio líquido. A separação é obtida introduzindo-se bolhas finas de ar na fase líquida, provocando a ascensão dessas partículas para a superfície, mesmo as com densidade maior que a do líquido. Uma vez na superfície, podem ser coletadas e removidas por escumadeiras, rodos raspadores ou transbordamento.

De acordo com ZABEL & MELBOURNE (1980), citado por SARTORI (1998), os diferentes métodos de produção de bolhas fornecem os seguintes tipos de processos de flotação: flotação eletrolítica, flotação por ar disperso e flotação por ar dissolvido.

A base da flotação eletrolítica é a geração de bolhas de hidrogênio ou oxigênio em uma solução aquosa diluída, através da aplicação de uma corrente elétrica entre dois eletrodos, e, portanto, as bolhas são geradas por eletrólise.

A flotação por ar disperso tende a gerar bolhas maiores que as proporcionadas pelos outros dois tipos de flotação e, por isso, é pouco empregada como unidade de

clarificação de águas em sistemas de tratamento. As bolhas, nesse caso, são geradas pela passagem do ar através dos poros de uma placa porosa, ou mesmo, através da grande turbulência provocada pela passagem por uma turbina em alta rotação.

Na flotação por ar dissolvido, as bolhas são produzidas pela redução brusca da pressão da água pré-saturada com ar. O ar é, então, liberado na forma de pequenas bolhas (10 a 100 μm).

São conhecidos os seguintes tipos de processos de FAD:

- Flotação a vácuo: a água a ser tratada é saturada com ar, posteriormente submetida a uma câmara de vácuo e, em seguida, encaminhada a uma câmara de flotação, onde as pequenas bolhas geradas poderão arrastar os sólidos aos quais se aderiram em direção à superfície;
- Flotação por pressurização: o ar, sob pressão, é dissolvido na água em uma câmara de saturação submetida à uma pressão superior à atmosférica (em geral, de 2 a 6 atm), passando, a seguir, para a câmara de flotação à pressão atmosférica, onde o ar dissolvido é liberado na forma de micro bolhas.

Dependendo de como é executada a passagem da água pela câmara de saturação, a flotação por ar dissolvido pode, ainda ser classificada como:

- FAD com pressurização total do afluente: onde todo o afluente passa pela câmara de saturação.
- FAD com pressurização parcial do afluente: onde apenas uma parte do afluente passa pela câmara de saturação;
- FAD com recirculação do efluente tratado: neste caso, apenas uma parte do efluente tratado passa pela câmara de saturação, promovendo a recirculação.

3.8.1 – Descrição da tecnologia

Na flotação por ar dissolvido com pressurização total do afluente, toda a água a ser tratada é bombeada para uma câmara de saturação que trabalha sob pressão, onde ocorre, também, a admissão de ar comprimido. A concepção das entradas de ar e água é feita de forma a promover agitação e máximo contato entre ambos os fluidos no interior da câmara. A seguir são apresentadas as Figuras 3.6 e 3.7 que ilustram o funcionamento da flotação com pressurização total do afluente e também a dinâmica da câmara de saturação.

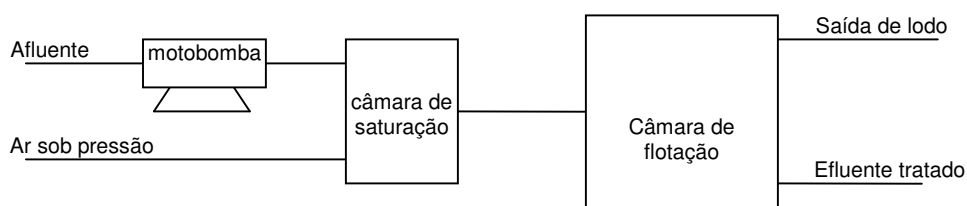


Figura 3.6: Esquema da FAD com pressurização total do afluente

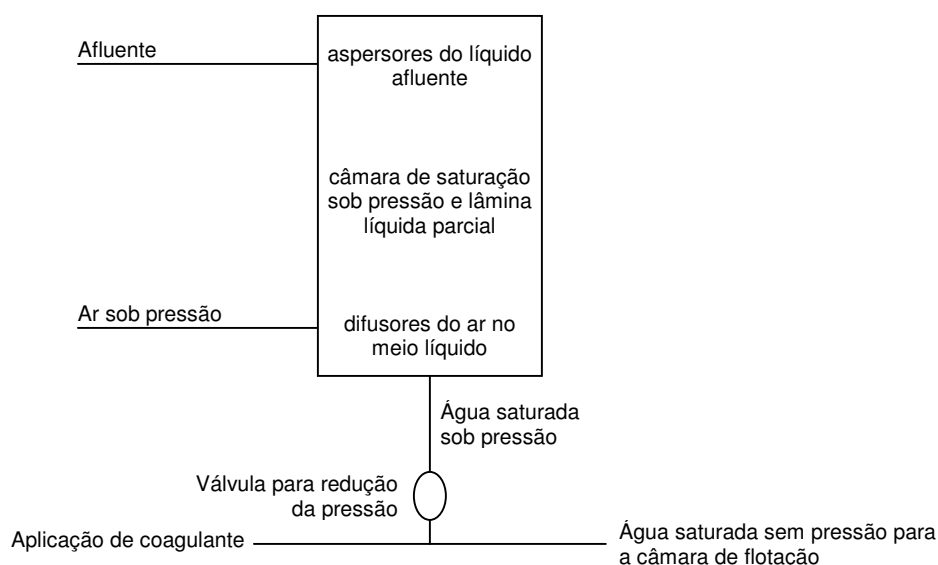


Figura 3.7: Esquema do funcionamento da câmara de saturação

A eficiência de um sistema de FAD é fortemente influenciada pelo parâmetro que relaciona a massa de ar introduzida em relação a massa de sólidos suspensos presentes na água em processo de tratamento, ou seja, na relação “A/S”. Tal fato deve-se à necessidade de criar-se uma força ascensional sobre cada partícula a ser removida (empuxo), proporcional à quantidade de ar incorporado na forma de microbolhas em cada floco (ou partícula). Desta forma, a massa de ar necessário é proporcional à massa de sólidos presentes, além de depender, também, de outros fatores, tais como, o tamanho das bolhas geradas e seu grau de afinidade química com a superfície dos sólidos presentes. Destaca-se aqui, o fato de que, quanto maior o diâmetro da bolha de ar aderida a um sólido, maior deverá ser a força que os une para que não ocorra a separação entre os mesmos durante o processo de ascensão e remoção do lodo superficial, e, desta forma, fica evidente a necessidade de gerarem-se bolhas com o menor diâmetro possível e flocos de partículas como a máxima afinidade com as microbolhas geradas.

Se comparado com a sedimentação, a FAD apresenta algumas vantagens e dentre elas podem ser citadas: a) a capacidade de remoção de sólidos de menores dimensões; b) a geração de lodo mais concentrado, e, portanto, em menor volume; c) economia de água; d) menor consumo de coagulante; e) menor requisito de área, função da possibilidade de aplicação de maiores taxas de escoamento superficiais; f) menor sensibilidade aos efeitos negativos provocados por mudanças de temperatura; g) a coleta de lodo na superfície evita possíveis entupimentos e necessidade de paralisação para limpeza.

Como desvantagens do FAD, podem ser citadas a necessidade permanente de energia elétrica e a maior complexidade operacional.

3.8.2 – Critérios de dimensionamento da flotação por ar dissolvido

Segundo REALI & CAMPOS (1986), os aspectos principais a serem considerados no projeto de unidades de flotação por ar dissolvido são:

- Concentração da suspensão a ser tratada e características da superfície das partículas que a compõem, incluindo seu grau de hidrofobicidade;
- Grau adequado de agregação das partículas primárias, que conduza à quantidade “economicamente viável” de ar requerido para uma flotação eficiente, isto é, os flocos formados devem permitir a adesão de bolhas, de tal modo a não ser necessária uma quantidade de ar muito grande para que este agregado flote. Quanto maior a quantidade de ar injetado no sistema, maior deve ser a pressurização da água e do ar, suas vazões e, conseqüentes consumos de energia, aumentando os custos de operação;
- Velocidade de ascensão dos aglomerados, “bolha + partícula”, a qual se relaciona com a taxa máxima de aplicação superficial a ser adotada na unidade de flotação a ser projetada, sendo, portanto, inversamente proporcional à área necessária na câmara de flotação;
- Fornecimento de bolhas de tamanho adequado ao bom desempenho do processo, isto é, quanto menores as bolhas, maior a aderência destas nos flocos formados e, como conseqüência, maior a eficiência da FAD. Tal requisito está ligado ao projeto adequado da câmara de saturação e do dispositivo responsável pelo decréscimo brusco de pressão no final da linha de saída da câmara de saturação, adentrando na câmara de flotação (deve-se evitar a formação de macrobolhas de ar, que seriam perdidas para a atmosfera).

Segundo TEIXEIRA (2003), os principais parâmetros para o dimensionamento de uma unidade de flotação são a relação Ar/Sólidos (A/S) e o tempo de detenção hidráulico.

AISSE (2002) apresenta uma equação para se determinar a relação A/S na FAD, sendo que, para um sistema no qual toda a vazão a ser tratada for pressurizada (pressurização total do afluente), esta relação assume a seguinte forma:

$$A/S = \frac{\rho_{ar} \times s_a (f \times P - 1)}{X_a} \quad (1)$$

Onde: A/S = relação ar / sólido (mg ar/mg SST);

ρ_{ar} = densidade do ar, função da temperatura e pressão, geralmente adotado igual a 1,3 mg/mL;

s_a = solubilidade do ar na água sob pressão atmosférica, em função da temperatura (mg/L);

f = fração de saturação do ar dissolvido na pressão P, no saturador, que varia de 0,5 (pressurização total) a 0,8 (com recirculação);

$P-1$ = pressão absoluta (atm), a inserção do valor -1 leva em conta que o sistema é para ser operado em condições atmosféricas;

X_a = concentração de sólidos (SST) no afluente (mg/L);

A Tabela 3.7 apresenta alguns valores de parâmetros, corriqueiramente adotados para o projeto de unidades de FAD, segundo diversos autores.

O projeto das unidades do sistema de FAD envolve ainda a opção, adoção ou necessidade de estudos em escala de bancada ou piloto para verificação da necessidade ou não da prévia floculação do afluente, seu período de floculação, e gradiente de velocidade. As variáveis que refletem as características afluentes do sistema de FAD incluem a vazão, a carga de sólidos, a temperatura do líquido e o tipo e a quantidade dos sólidos afluentes e eventuais coagulantes e auxiliares necessários.

Tabela 3.7: Parâmetros de projeto para um sistema de FAD

Parâmetro	Faixa de variação
Pressão na câmara de saturação (kPa)	^{1,2} 200 a ³ 480
Razão de recirculação (%)	⁴ 0 a ¹ 300
A/S (kg de ar/kg SST)	³ 0,005 a ¹ 0,100
Taxa de escoamento superficial (m ³ /m ² .d)	11,52 a 234,24
Carga de sólidos (kg/m ² .h)	³ 2,0 a ¹ 24,4
Tempo de detenção no flotador (min)	^{1,2} 30
Eficiência na remoção de sólidos (%)	³ 70 a ¹ 98,6

Fonte: Modificado de AISSE et al (2001) citando ¹DICK (1972), ²RAMALHO (1977), ³EPA (1975), ⁴METCALF & EDDY (1991)

3.9 – Outras tecnologias de tratamento utilizadas em outros países

Infelizmente não foram encontrados muitos estudos sobre diferentes tecnologias de tratamento de efluentes de lavadores de veículos, porém dos poucos estudos encontrados destacam-se as tecnologias de tratamento de filtração por membranas, centrifugação e também a filtração em uma coluna de carvão ativado granular TEIXEIRA (2003). Estas tecnologias apresentam custo elevado comparado com as tecnologias do sistema proposto, o que têm inviabilizado a sua implantação no Brasil. Um estudo comparativo do custo de implantação e operação entres estas tecnologias é difícil de ser realizado em função da não existência destas tecnologias no Brasil.

3.10 – Coagulação química e floculação

Para CAMPOS & POVINELLI (1987), no tratamento de água, a finalidade da coagulação e floculação é transformar impurezas que se encontram em suspensão fina, em estado coloidal ou em solução, tais como, argilas, substâncias húmicas, bactérias,

protozoários e/ou plâncton, em partículas maiores (flocos) para que estes possam ser removidos por sedimentação e/ou filtração ou, em alguns casos, por flotação. Este mesmo conceito também pode ser aplicado ao tratamento de esgotos sanitários e outros tipos de águas residuárias.

De acordo com MENDES (1989), quando sais de alumínio ou ferro são adicionados à água, sob condições particulares de dosagem de coagulante e pH, diversas espécies hidrolisadas solúveis positivas e com alta capacidade de adsorção são formadas. A adsorção dessas espécies hidrolisadas positivas na superfície dos colóides é responsável pela neutralização das cargas negativas das impurezas ou desestabilização das partículas. O mecanismo de coagulação é, então, denominado “neutralização de cargas”, ou melhor, “adsorção-desestabilização”. Por outro lado, uma dosagem de alumínio ou ferro suficientemente alta e um valor de pH adequado, resultam em uma rápida precipitação de grande quantidade de hidróxido metálico provenientes dos sais coagulantes, formando flocos que “capturam ou varrem” as partículas do meio, neste caso o mecanismo de coagulação é denominado “varredura”.

Segundo AISSE (2002), o processo de coagulação é responsável pela separação das impurezas associadas às partículas, causando a remoção de DBO do esgoto bruto em cerca de 70 e 75% e remoção de SST entre 95 e 98%. A remoção de fosfatos envolve a incorporação desta substância em uma forma particulada e, na sequência, a remoção dos sólidos suspensos. Os tipos de sólidos suspensos nos quais o fosfato pode ser incorporado são biológicos (microrganismos) ou químicos (fosfatos de metal precipitado pouco solúvel).

A floculação constitui-se num processo físico de simples manutenção da água já coagulada em condições tais de agitação, que proporcione a agregação das partículas presentes em flocos, mais facilmente removíveis nas etapas de clarificação posteriores, dentre elas, no caso, a flotação por ar dissolvido. Desta forma, é necessário manter-se a água em agitação lenta, provocada por turbinas mecanizadas, ou submetida ao escoamento em velocidades controladas (floculação hidráulica), por um determinado

período, suficiente para que os flocos formados possam ser eficientemente removidos posteriormente. A intensidade de agitação e o tempo de permanência nesse processo são caracterizados pelos parâmetros, gradiente de velocidade (G_f) e período de floculação (T_f).

4 – METODOLOGIA

4.1 – Considerações iniciais

Neste capítulo serão apresentados, a concepção e as características da instalação em escala real, o detalhamento das unidades utilizadas (BAS e FAD), bem como os equipamentos e os materiais utilizados para a realização dos ensaios durante o desenvolvimento dos trabalhos. Para a realização do estudo proposto, foi concebido e instalado um sistema de tratamento para efluentes de lavadores de veículos em escala real, intensionando-se torná-lo uma instalação protótipo comercializável para futuras instalações semelhantes.

O sistema de tratamento sob estudo foi montado na Transportadora Americana, localizada na Avenida Manuel Monteiro de Araújo, número 381, Vila Jaguara, em São Paulo-SP. O inóculo para desenvolvimento da biomassa utilizada no início da operação do BAS foi aclimatada em reatores biológicos operando em regime de batelada, montados no Laboratório de Protótipos de Água e Esgoto (Labpro) do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP. As análises da água bruta, realizadas durante a pesquisa, foram realizadas no Laboratório de Saneamento (Labsan) da mesma instituição. Os valores de temperatura, pH, turbidez e condutividade, porém, foram determinados no próprio local da instalação.

Durante a realização das análises a temperatura foi medida com termômetro de mercúrio, a medição de pH foi feita através de medidor digital com precisão decimal e com compensação de temperatura, já as análises de turbidez foram realizadas com turbidímetro de leitura digital e precisão decimal.

Os métodos utilizados para a realização das outras análises estão descritos no APHA (2000).

4.2 – Concepção do sistema de tratamento de efluentes proposto

Inicialmente, o sistema de tratamento proposto foi concebido para atender a um lavador de veículos de um autoposto de serviço em Campinas-SP. A vazão de projeto de 500 L/h adotada em função de uma expectativa do número diário de veículos lavados pelo equipamento de lavagem. Foi estimado um volume de efluente diário de 12 m³, gerados durante 8 h de funcionamento do lavador, lavando cerca de 50 veículos por dia. Foi adotado ainda um consumo de 240 L de água para cada veículo lavado.

O circuito da água no sistema de tratamento proposto por este estudo foi concebido e projetado conforme o fluxograma apresentado na Figura 4.1, que é descrito a seguir:

armazenados nos três primeiros compartimentos do tanque separador, já o óleo e a graxa são separados e armazenados no quarto compartimento;

- O reservatório de entrada (RE) recebe a água do sistema separador de areia e óleo e, através de uma bomba submersível, leva esta água até os dois biofiltros. Este reservatório possui um extravasor ligado diretamente à rede coletora de esgotos da SABESP;
- A água do reservatório de entrada passa pelos biofiltros recebendo o tratamento biológico e segue por gravidade para o reservatório intermediário (RI);
- Do reservatório intermediário a água sob tratamento é bombeada até o flotador. No flotador a água sob tratamento é separada dos possíveis sólidos presentes;
- Do flotador, a água pode seguir dois caminhos diferentes: durante a partida do flotador ela deve ser direcionada para o reservatório de entrada e; após alguns minutos após o início do fenômeno da flotação na câmara de flotação, a água tratada pode ser direcionada para o reservatório de água de lavagem, fechando o circuito do sistema de tratamento proposto. Esta configuração se destina a garantir que o efluente não seja enviado para o RAL sem que a flotação esteja estabelecida na câmara de flotação;
- Os resíduos gerados no sistema de tratamento proposto aparecem em três pontos diferentes: na saída de ar dos biofiltros; na câmara de coleta de lodo do flotador (ambos sob a forma de espuma) e no sistema separador de areia e óleo (sob a forma de sólidos, óleos e graxas). Estes resíduos devem passar por um leito de secagem, acondicionamento, e posterior envio a aterro específico.

As Figuras de 4.2 e 4.3 apresentam detalhes de interligações entre as unidades do sistema de tratamento proposto, além de fotografias da montagem no local de realização do estudo.

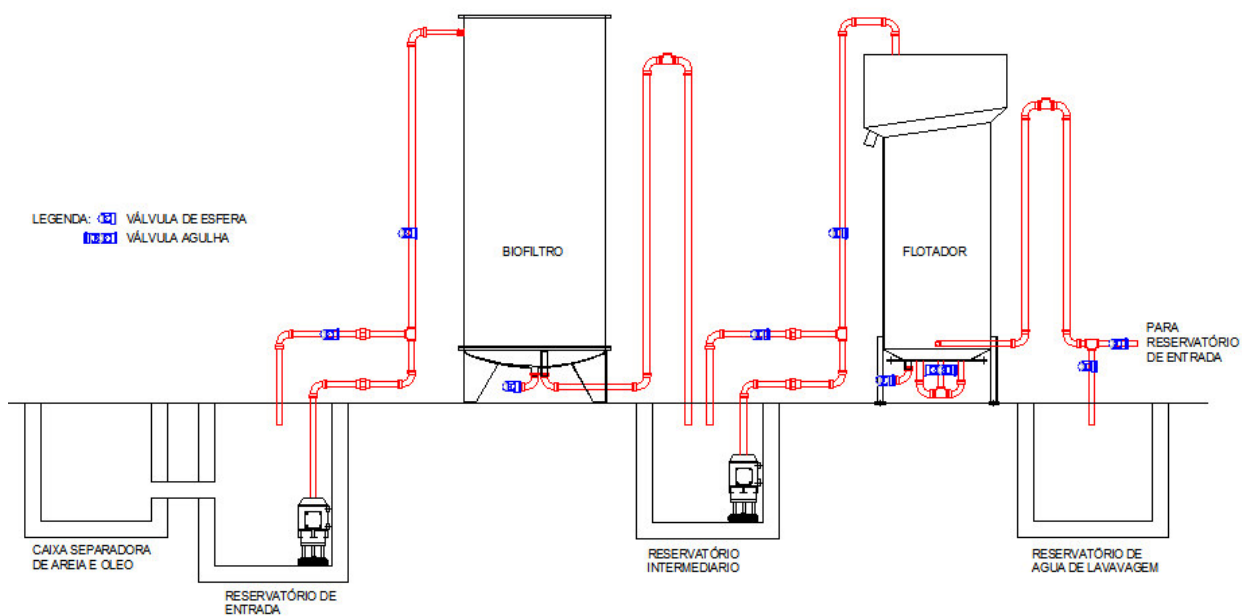


Figura 4.2: Detalhes dos reatores e interligações entre as unidades do sistema de tratamento proposto



Figura 4.3: Montagem das unidades em escala real no local de estudo.

4.3 – Biofiltro aerado submerso

Os dois biofiltros foram projetados para trabalharem ligados em paralelo. As Figuras 4.4a e 4.4b apresentam seus detalhes internos, bem como os dispositivos de entrada e saída.

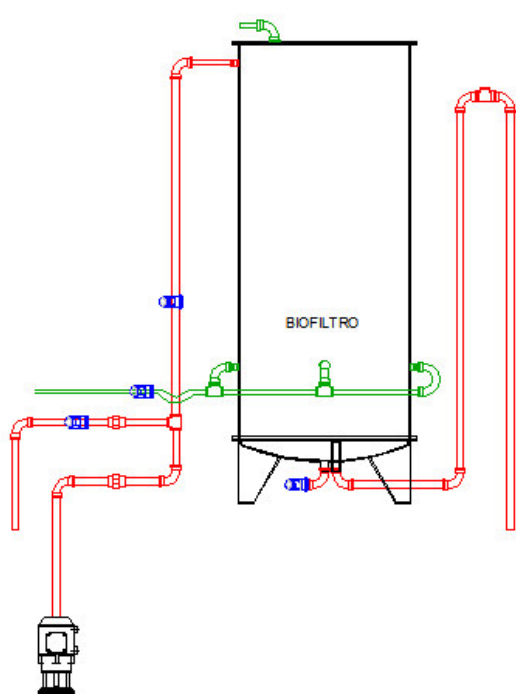


Figura 4.4.a: Dispositivos de entrada e saída do biofiltro (em azul)

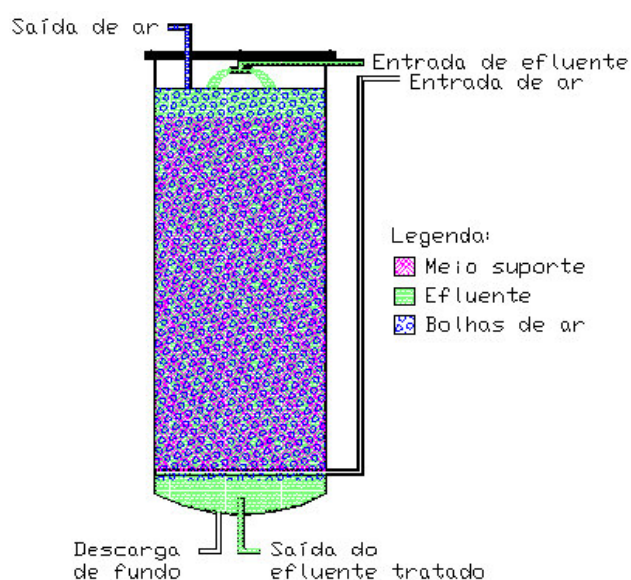


Figura 4.4.b: Detalhes internos do biofiltro

Um dispositivo de aeração instalado próximo ao fundo de cada biofiltro foi criado para que a distribuição de ar, também fosse utilizada como sustentação no meio suporte da biomassa. O manifold de distribuição de ar foi executado em tubos e conexões de aço galvanizado de $\frac{3}{4}$ ", conforme apresentado na Figura 4.5, de forma que, por meio de quatro entradas localizadas externamente (ver Figura 4.4.a, linha verde), o ar acessasse as canalizações internas, dispostas, de tal forma que, pudessem ser desmontadas com facilidade para eventuais manutenções. Nelas, foram executados 28 orifícios de 2,4 mm de diâmetro, distribuídos uniformemente na seção transversal do

biofiltro. A alimentação de ar foi realizada pelo compressor existente do lavador de veículos.



Figura 4.5: Sistema de distribuição de ar dos Biofiltros

Figura 4.5: Vista interna do biofiltro mostrando o manifold de tubulações para distribuição do ar e apoio físico do meio suporte.

A distribuição interna do afluente foi executada em tubulação e conexões de aço galvanizado de $\frac{3}{4}$ " instalada na parte superior dos biofiltros, permitindo o acesso do afluente por meio de descarga livre sobre a superfície do líquido contido nos reatores biológicos em uma derivação em T, posicionada no centro do biofiltro, conforme mostra a fotografia da Figura 4.6, a qual, também permite visualizar a parte superior do meio suporte da biomassa utilizado. Acima do meio suporte foi prevista a manutenção de lâmina d'água de 15 cm com a função de manter a biomassa submersa e permitir uma melhor distribuição do substrato afluente.

Na tentativa de se diversificar as alternativas comerciais para o meio suporte da biomassa, os BAS foram preenchidos por uma espiral cilíndrica com altura de 1,5 m,

composta por camadas de geomanta e EVA, enroladas a partir de uma bóia para piscina tipo espaguete, instalada, sem folgas, no interior de cada biofiltro. Da forma como foi montado o meio suporte, a manta impermeável (EVA) permitiu a formação de um “rocambole” da geomanta permeável, onde a maior parte da biomassa deverá ficar retida e, onde haverá reais condições de estabelecerem-se os fluxos de água e ar no interior dos biofiltros.

As características de cada um dos materiais empregados na confecção do meio suporte deste estudo são apresentadas a seguir:

- Geomanta MacMat 7018 da Maccaferri: Geomanta, na cor preta, fabricada com filamentos espessos de poliamida (nylon) que, fundidos nos pontos de contato, formam uma estrutura tridimensional bastante densa que apresenta vazios em mais de 90% de seu volume;
- Manta de EVA (Etileno Acetato de Vinila), na cor vermelha, com 3 mm de espessura e densidade de 185 kg/m³;
- Flutuador plástico para piscina, tipo espaguete;



Figura 4.6: Fotografia mostrando detalhes internos da zona superior dos biofiltros:

- mantas usadas como meio suporte da biomassa: e
- “T” de entrada e distribuição do afluente

Cada BAS possui as seguintes características:

- Diâmetro: 0,85 m;
- Altura total: 2,00 m;
- Volume útil: 1,13 m³;
- Tempo teórico de detenção hidráulica: 4,5 h;
- Vazão de operação: 0,25 m³/h (em cada biofiltro);
- Taxa de carregamento hidráulico: 10,6 m³/m².dia;
- Diâmetro das tubulações entrada e saída de efluente: ¾”;
- Velocidades de escoamento na tubulação de entrada e saída: 0,3 m/s;
- Descarga de fundo: acionada por válvula esfera com diâmetro de 2”;
- Saída de ar: em tubo de aço galvanizado de ¾”, situada no topo do biofiltro;
- Foi previsto um orifício de ¾” no topo do biofiltro para possibilitar uma possível injeção de nutrientes no interior do biofiltro.

Para este projeto foi estimado um consumo de ar da ordem de 8,2 m³/h nos dois biofiltros, estimativa esta calculada a partir dos seguintes parâmetros:

- DBO = 150 mg/L;
- Q = 250 L/h;
- taxa de aeração = 6 m³O₂/kgDBOremovida;
- peso específico do ar = 1,2 kg/m³;
- relação O₂/ar = 0,23;
- eficiência da transferência = 15%;
- coeficiente de segurança = 1,5
- Cálculo realizado visando a remoção total da DBO.

4.4 – Flotador por ar dissolvido

O flotador foi concebido de forma a torná-lo o mais compacto possível, incorporando num único conjunto, as câmaras de saturação e de flotação, conforme mostrado nas Figuras 4.7 a 4.10. Para uma vazão nominal de $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$, admitiu-se seu funcionamento com pressurização total do afluente e remoção de lodo flotado por transbordamento.

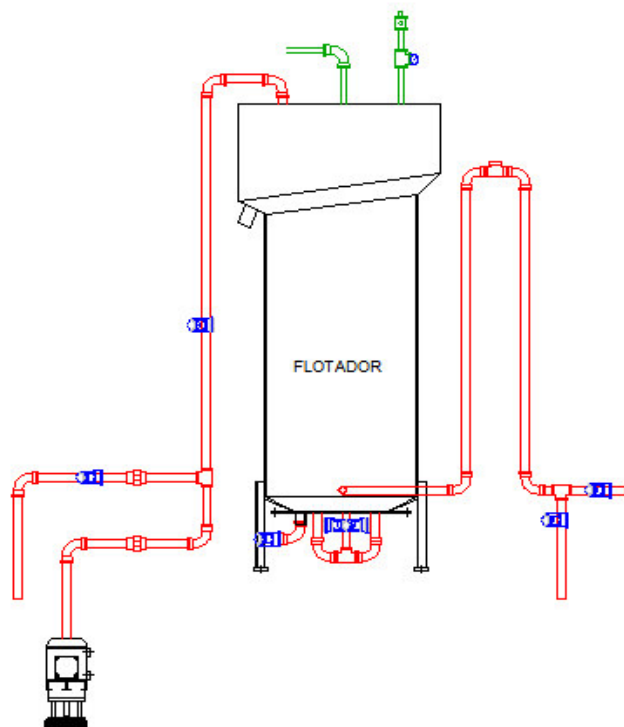


Figura 4.7: Dispositivos de entrada e saída do flotador

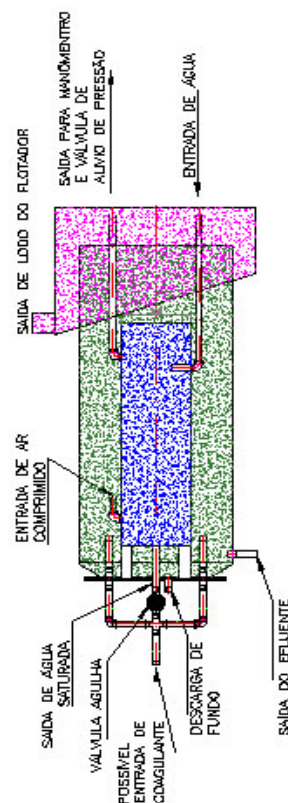


Figura 4.8: Detalhes internos do flotador

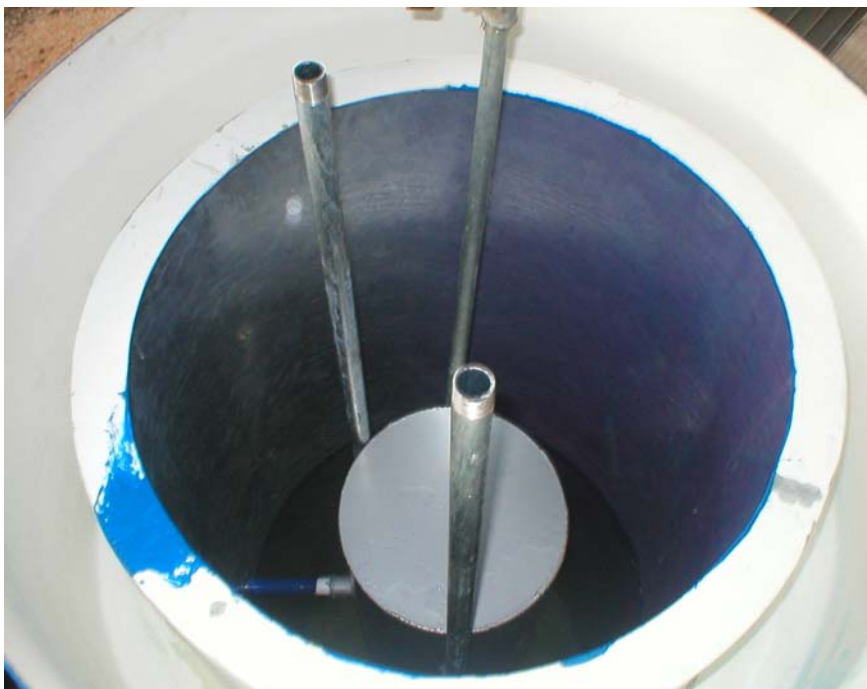


Figura 4.9: Vista interna da câmara de flotação mostrando a câmara de saturação e tubulações de entradas do afluente e ar, tomadas para o manômetro e ventosa.



Figura 4.10: Vista externa inferior mostrando o sistema de distribuição de água saturada e descarga de fundo

O controle de vazões de ar e de água em todos os pontos do flotador foi realizado através de válvulas esfera de $\frac{3}{4}$ ", com exceção da saída da câmara de saturação, feita através de válvula agulha, permitindo o ajuste da pressão interna da câmara de saturação.

Com o intuito de se manter o controle do nível de água no interior da câmara de saturação, foi colocada uma ventosa no nível em que se queria manter a água. Este dispositivo teria o funcionamento da seguinte maneira: quando a água presente na câmara de saturação atingisse um nível inferior ao da ventosa, ela se abriria e permitiria o escape de ar para a atmosfera e provocaria a elevação do nível de água até a posição da ventosa; contrariamente, quando o nível de água na câmara de saturação atingisse um nível superior ao da ventosa, ela se fecharia e dessa forma provocaria o acúmulo de ar na câmara de saturação, com conseqüente aumento da pressão, o que faria o nível de água descer até o nível da ventosa. Dessa forma, imaginou-se que o nível da água variasse pouco dentro da câmara de saturação. Ainda, nesta câmara, a entrada de água foi posicionada no topo e a entrada de ar na base, de maneira a facilitar a turbulência e a saturação da água com o ar.

Um manômetro com leitura de 0 a 7 kgf/cm² e uma válvula de alívio de pressão com ajuste entre 1 e 3 kgf/cm² foram instalados em tubulação com acesso a parte superior da câmara de saturação, com a finalidade de controle e limitação da pressão interna da câmara de saturação.

Foi prevista a possibilidade de entrada de coagulante junto à tubulação de saída da câmara de saturação, logo depois da válvula agulha, porém, durante os testes realizados, não foi possível verificar sua influência na clarificação da água em tratamento em função dos problemas e atrasos ocorridos alheios a nossa vontade, descritos em item posterior.

Conforme já mencionado, a remoção do lodo flotado pode ser feita por transbordamento. Para isso, foi prevista a instalação de válvula solenóide na saída de água tratada, que se fecharia a cada 30 minutos, permaneceria fechada por cerca de 20

segundos e voltaria a se abrir, dando continuidade ao envio da água tratada ao reservatório de água tratada. Com o fechamento da válvula, o nível de água na câmara de flotação subiria até transbordar o lodo flotado para a câmara de coleta em formato anelar, externa à câmara de flotação. Com a abertura da válvula solenóide, o nível da água na câmara de saturação voltaria à posição inicial.

O lodo recolhido pela câmara foi direcionado a um tambor, para posterior envio a aterro específico.

As características e detalhes construtivos do flotador utilizado do presente estudo são descritos a seguir:

- Diâmetro: 0,65 m;
- Altura total: 1,50 m;
- Volume total: 0,5 m³;
- Diâmetro da câmara de saturação: 0,30 m;
- Altura total da câmara de saturação: 0,65 m;
- Volume total da câmara de saturação: 70 L;
- Volume útil do flotador: 430 L;
- Área útil da zona de flotação: 0,26 m²;
- Vazão de operação: 0,50 m³/h;
- Taxa de carregamento hidráulico na zona de flotação: 46 m³/m².dia;
- Tempo de detenção hidráulico na câmara de saturação: 5,5 min;
- Tempo de detenção hidráulico na câmara de flotação: 51,60 min;
- Diâmetro da tubulação de aço galvanizado na entrada e saída de efluente na câmara de saturação: ¾";
- Diâmetro da tubulação de aço galvanizado na entrada e saída de ar na câmara de saturação: ¾";
- Diâmetro da tubulação de aço galvanizado na entrada de efluente na câmara de flotação: ¾";
- Diâmetro da tubulação de PVC na saída do efluente na câmara de flotação: 3";
- Diâmetro da tubulação de PVC na saída do coletor de lodo: 4";

- Diâmetro da tubulação de aço galvanizado de ligação da câmara de saturação com a válvula de segurança e manômetro: $\frac{3}{4}$ ";
- Diâmetro da tubulação de aço galvanizado de ligação da câmara de saturação com a ventosa, colocada a 0,65 m acima do fundo da câmara de saturação, para controle de nível: $\frac{3}{4}$ ";
- Distribuição da água saturada: constituído por 4 tubos de aço galvanizado de $\frac{3}{4}$ " colocados a 90°, com saídas localizadas 10 cm acima do fundo do flotador;
- Descarga de fundo: acionada por válvula esfera com diâmetro de $\frac{3}{4}$ ";
- Ar: fornecido pelo compressor de serviço do lavador de veículos.

4.5 – Água bruta utilizada

A água bruta utilizada neste estudo foi o efluente do lavador de veículos da Transportadora Americana localizada na cidade de São Paulo-SP, onde o sistema de tratamento foi implantado.

Para a realização das análises, as amostras foram coletadas no Reservatório de Entrada (RE), conforme pode ser verificado na Figura 4.1, que recebe a água sob tratamento diretamente da saída do sistema separador de areia e óleo.

4.6 – Aclimação da biomassa para o BAS

Visando gerar a o inóculo da biomassa que foi colocada no interior de um dos BAS durante o início da operação do mesmo, foram montados, no LABPRO, quatro reatores biológicos aeróbios de bancada, tipo lodos ativados por batelada, com volume útil de 4 L cada.

Os reatores foram montados em recipientes transparentes com capacidade total de 5 L. Para o fornecimento de ar aos reatores, foram utilizados aeradores de aquário e duas pedras porosas para a distribuição das bolhas de ar em cada reator. As bombas para fornecimento de ar a cada reator forneceram vazão da ordem de 1,7 L/min.

Para o início de operação destes reatores, estabeleceram-se como fonte de matéria orgânica, diversas combinações de tipos de águas residuárias, visando a disponibilização de maior diversidade de microrganismos. A seguir é apresentada as condições impostas ao início de operação de cada reator, que foi montada aleatoriamente.

- R1: somente esgoto bruto coletado junto à Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP;
- R2: somente efluente da lavagem de veículos do Posto Castelo de Campinas-SP;
- R3: esgoto bruto coletado junto à ETE Samambaia da SANASA em Campinas-SP + efluente da lavagem de veículos do Posto Castelo de Campinas-SP, na proporção de 1:1;
- R4: sobrenadante do reator R2 + efluente da lavagem de veículos do Posto Castelo de Campinas-SP, na proporção de 1:1.

Durante o funcionamento dos reatores, operados como Lodos Ativados por Batelada, conforme metodologia proposta por YAMASSAKI (1997), diariamente, foi substituído 1,0 L de sobrenadante de cada reator pelo mesmo volume de efluente da lavagem de veículos do Posto de Combustíveis da UNICAMP, escolhido em função da proximidade com LABPRO. O sobrenadante era descartado por sifonamento, após um período de 15 min de repouso e sedimentação da biomassa suspensa, proporcionados pelo desligamento do sistema de fornecimento de ar.

O efluente da lavagem de veículos do Posto da UNICAMP era utilizado para reposição do volume dos reatores, somente após a confirmação e/ou correção do pH para que o mesmo ficasse entre 6,5 e 7,5. As Figuras 4.11 e 4.12 ilustram os reatores utilizados para a aclimação da biomassa utilizada para o início de operação do BAS.

4.7 – Coleta das amostras

Durante a operação da instalação protótipo proposta, as coletas de amostras foram realizadas no reservatório de água de lavagem, no reservatório de entrada, na saída de cada biofiltro, no reservatório intermediário e no flotador, conforme já demonstrado na Figura 3.1.

As análises realizadas de DBO, DQO, ST, N e P, durante a fase de avaliação da eficiência do tratamento, seguiram o critério apresentado na Tabela 4.1. Para as análises de turbidez e condutividade as amostras foram coletadas a cada meia hora e nos mesmos pontos apresentados na Tabela 4.1.

Durante o período de realização dos testes operacionais do sistema, foram coletadas amostras diárias nos mesmos pontos.



Figura 4.11: Reatores biológicos de bancada, tipo lodos ativados por batelada, utilizados para aclimação da biomassa e geração de semente aos reatores da instalação protótipo em escala real.



Figura 4.12: Aspecto da aeração nos reatores biológicos de bancada.

Tabela 4.1: Programa de coleta de amostras

Tempo (h) *	RE	BAS1	BAS2	RI	FAD	RAL
0,0	X					
2,0		X	X	X	X	X
4,0					X	X
6,0	X	X	X	X	X	X
8,0					X	X
10,0					X	X
12,0	X	X	X	X	X	X

(*) Contagem de tempo a partir do início de um ensaio, concomitantemente com o início da lavagem diária dos caminhões.

A defasagem de 2 h estabelecida entre o início do acompanhamento da bateria de coleta de amostras e a coleta nos reatores foi escolhida em função do tempo de detenção hidráulico do BAS.

4.8 – Equipamentos

Os equipamentos a utilizados durante a execução dos ensaios foram os seguintes:

- Turbidímetro Hach, modelo Pocket Turbidimeter;
- Condutivímetro Hach, modelo Sension 5;
- Medidor de pH Digimed, modelo DM-20;
- Espectrofotômetro Hach, modelo DR- 4000 U;
- Balança analítica OHAUS, modelo Explorer;
- Cronômetro digital Casio, modelo ABX-20;
- Termômetro de bulbo de mercúrio Icoterm, escala de -10 a 150 °C ;
- Reator de digestão de DQO Hach, modelo COD Reactor;
- Estufa Fanem Ltda., modelo 315 SE;
- Agitador eletromagnético Fisatom, modelo 752 A;

4.9 – Produtos Químicos

Nas etapas experimentais realizadas, não foram utilizados produtos químicos para melhoria do desempenho do sistema, porém, foram adicionados nutrientes (N e P) visando a correção do eventual déficit destes em relação a DBO.

Os nutrientes eram colocados diretamente no reservatório de entrada com uma periodicidade de três vezes por semana. Foram utilizados como fonte de nitrogênio e fósforo as seguintes substâncias:

Uréia P.A. – A.C.S.

Teor mínimo 95%

Ponto de fusão	132-135°C
Máximas impurezas: Cloretos (Cl)	5ppm
Ferro (Fe)	0,001%
Insolúveis	0,01%
Metais pesados (como Pb) ...	0,001%
Resíduos de ignição	0,01%
Sulfatos (SO ₄)	0,001%

Ácido Orto-Fosfórico, 85% P.A. – A.C.S.

Classificação de risco: Saúde	moderado
Inflamabilidade	nulo
Corrosividade	extremo
Reatividade	moderado
Toxicidade	moderado
Contato	severo

Especificação:	P.M.	98,00
	Fórmula química:	H ₃ PO ₄
	Densidade (g/ml a 25°C):	1,710
	Cor (APHA)	10
	Ensaio (H ₃ PO ₄)	85%
	Máximas impurezas: Insolúveis	0,005%
	Cloretos (Cl)	0,003%
	Nitrato (NO ₃)	0,0005%
	Sulfatos (SO ₄)	0,003%
	Ácidos voláteis (CH ₃ COOH)	0,001%
	Arsênico (As)	0.0001%
	Ferro (Fe)	0,003%
	Metais pesados (como Pb)	0,001%
	Manganês (Mn)	0,00005%
	Potássio (K)	0,005%
	Sódio (Na)	0,025%

4.10 – Operação do sistema

Durante o período de operação e coleta de amostras, o sistema de tratamento foi operado segundo o “Manual de Operação e Manutenção”, elaborado durante o período de testes operacionais, apresentado em Anexo.

A medição de vazão para ajuste da mesma foi realizada manualmente, com o uso de recipiente graduado e cronômetro.

4.11 – Problemas ocorridos durante o desenvolvimento da etapa experimental

Inicialmente estava previsto um período de sete meses para a realização desta pesquisa, desde o levantamento bibliográfico até a conclusão dos últimos ensaios para a verificação da eficiência do sistema.

Este prazo, porém, tornou-se curto, em função de atrasos ocorridos em dois momentos da pesquisa, ambos, durante a fase de implantação do sistema e que estavam fora da área de atuação da pesquisa, pois eram dependentes da empresa patrocinadora e também da empresa onde o sistema foi instalado. Inicialmente o projeto seria implantado em um autoposto de serviços na cidade de Campinas-SP (Posto Castelo), porém esta implantação foi inviabilizada por um atraso de cerca de quatro meses na liberação da área em que seriam montados os equipamentos, vale lembrar que todo o sistema proposto foi dimensionado para atender à vazão de efluente deste autoposto de serviço. Decidiu-se então pela implantação em outro local, optando-se por uma transportadora localizada na cidade de São Paulo, sendo necessária uma adaptação dos reatores já dimensionado construídos ao novo espaço físico reservado ao sistema de tratamento. Após a implantação do sistema neste local, houve outro atraso de cerca de um mês, tempo este gasto para a recuperação de um recalque

manifestado na fundação da pista de lavagem dos caminhões por parte da transportadora.

Em função da necessidade da adaptação do sistema proposto, a vazão de projeto do sistema ficou subdimensionada em relação à vazão efluente do lavador de caminhões da transportadora, dessa forma, o excedente de vazão efluente, que não era tratada pelo lavador, foi direcionada para a rede pública de coleta de esgotos.

Dessa forma, o prazo previsto inicialmente (sete meses) foi ampliado em mais três, para viabilizar a conclusão da pesquisa, porém, insuficientes para o que havia sido planejado executar, já que, durante esse período, tive raras oportunidades reais de operação do sistema ocasionados pela falta de efluentes gerados no lavador de caminhões. As poucas operações do lavador foram executadas em períodos noturnos e sem aviso prévio, além de que grande parte do volume de efluentes gerados era perdida por infiltração no solo provocada por fissuras nas estruturas dos reservatórios de recepção e armazenamento de efluentes, novamente vale lembrar que a recuperação dos reservatórios estava fora do alcance desta pesquisa e deveria ser realizada pela transportadora onde o sistema foi montado.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A instalação protótipo proposta foi implantada em substituição a um outro sistema de tratamento, já previsto anteriormente, usando a tecnologia de lodos ativados. Desta forma, a configuração geral do sistema proposto sofreu algumas adaptações para se adequar à realidade do local de implantação. A Figura 5.1 ilustra a configuração final do sistema de tratamento após as adaptações necessárias.

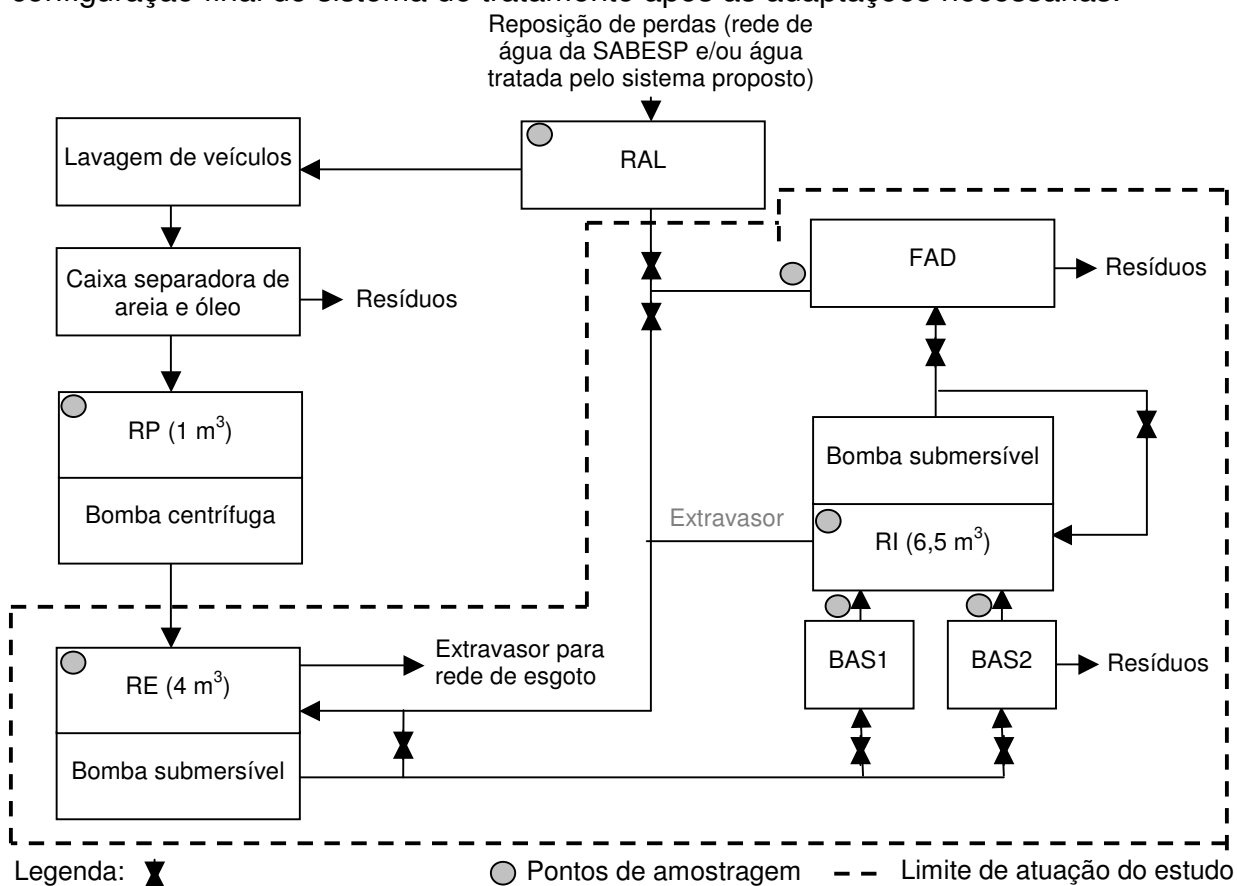


Figura 5.1: Fluxograma do circuito da água do lavador de veículos

A principal adaptação em relação ao sistema proposto originalmente foi a inclusão de um reservatório preliminar junto à saída da caixa separadora de areia e óleo. Esta inclusão teve que ser realizada em função da previsão deste reservatório no projeto do sistema de tratamento por lodos ativados que antecedeu o sistema proposto.

O sistema proposto foi elaborado pensando-se no funcionamento contínuo do equipamento de lavagem, porém, durante o período de coleta de amostras, ocorrido em agosto e setembro de 2004, o lavador de caminhões não trabalhou diariamente, tendo funcionado somente alguns dias por semana, fora do horário comercial e por uma duração que variou de três a oito horas. Este comportamento proporcionou uma limitação quanto ao bom funcionamento do sistema de tratamento proposto, bem como no número de coletas de amostras para análise e avaliação da eficiência, em virtude da falta de efluente a ser tratado e provável deficiência na formação plena da biomassa aderida ao meio suporte dos biofiltros. Dessa forma o sistema de tratamento foi testado, principalmente, quanto à funcionalidade do circuito hidráulico.

5.1 – Características da água bruta

As análises da água para caracterização da água bruta durante o período da aclimação da biomassa foram prejudicadas em função do não funcionamento do lavador de veículos, o mesmo acontecendo após o início do seu funcionamento. Foram analisados, contudo, durante os poucos dias em que houve lavagem de caminhões, alguns parâmetros para caracterização qualitativa da água bruta, sendo estes apresentados na Tabela 5.1. Os métodos utilizados para as análises estão descritos no Standard Methods 20ª edição (APHA (2000)).

Durante o funcionamento do lavador, foram realizadas algumas medições para se estimar do consumo de água para cada caminhão lavado, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.2. Os valores foram conseguidos através da medição da

variação do volume de água no reservatório preliminar (RP) antes e após a lavagem dos caminhões.

Tabela 5.1: Características qualitativas do efluente bruto

Parâmetro	Valores
Temperatura (°C)	12 - 32
pH	6,2 - 7,8
Turbidez (uT)	60 - 150
Condutividade (µS/cm)	1210 - 1310
DQO (mg/L)	76,5 - 372,8
DBO (mg/L)	2,3 - 163,5
Nitrogênio total (mg/L)	1,4 - 4,7
Fósforo total (mg/L)	2,66 - 3,86
ST (mg/L)	761 - 850

Tabela 5.2: Estimativa do consumo de água por caminhão lavado

Tipo do caminhão baú	Consumo (L)
Pequeno	210 - 280
Grande	350 - 480

5.2 – Levantamento das condições operacionais da instalação

Os dados obtidos para a determinação das condições operacionais dos dois tipos de reatores (BAS e FAD) foram prejudicados pela falta de efluentes durante a fase de coleta de dados, obrigando-nos a executar a recirculação contínua do efluente tratado mantendo-se o circuito hídrico totalmente fechado, até que o lavador retornasse ao funcionamento que se deu apenas por alguns dias por semana, fora do horário comercial e por períodos variáveis entre três a oito horas.

Durante os trinta dias de coleta de amostras, foram adquiridos dois tipos de resultados, sendo um deles de acompanhamento diário e outro de acompanhamento durante doze horas.

5.2.1 – Resultados do acompanhamento diário

A coleta de informações diárias aconteceu por um período de vinte e dois dias, durante os quais, foram monitoradas as vazões nas diversas partes do sistema e executadas as intervenções e ajustes necessários para seu controle; os volumes de água presentes nos reservatórios e realizadas análises de condutividade e turbidez das amostras coletadas em sete pontos: RAL, RP, RE, BAS1, BAS2, RI e FAD.

Esses dados são resumidos e apresentados na Tabela 5.3 e Figuras 5.2 e 5.3, onde se verifica que o funcionamento do lavador de veículos ocorreu somente por cinco vezes. Durante os dias de funcionamento do lavador, procedeu-se ao retorno da água tratada para o RAL de forma que fosse caracterizada sua reciclagem. Nos demais dias (sem lavagem de caminhões), a água tratada foi transferida diretamente para o RE, promovendo a recirculação da mesma somente pelo sistema de tratamento. Esta medida foi tomada visando garantir o funcionamento contínuo do sistema de tratamento, de forma que pudessem ser mantidas as condições mínimas de sustentação da biomassa presente nos biofiltros, até que uma nova geração de efluente fosse concretizada no lavador. Afortunadamente, essas condições foram muito aquém das consideradas necessárias para a aclimação e estabilização da biomassa nas concentrações de equilíbrio dinâmico em situações normais de funcionamento do lavador. Tal fato impossibilitou o levantamento de dados sobre o desempenho do sistema como unidade de tratamento das águas residuárias geradas em lavadores de veículos, conforme previsto nos objetivos iniciais do presente estudo.

Como acompanhamento do volume de água contido sob recirculação, também foi monitorado o volume de água sob tratamento contido em cada reservatório, como também pode ser verificado na Tabela 5.3.

A partir do décimo quarto dia do acompanhamento diário, o flotador foi desligado em função do aparecimento de uma trinca na tubulação de recalque da bomba provocado por vibração excessiva, o reparo nesta tubulação consistiu na substituição da tubulação danificada e também na confecção de um dispositivo para se evitar a vibração. Estes reparos foram realizados pela empresa patrocinadora da pesquisa e não foram realizados em tempo suficiente para a continuidade do acompanhamento diário do flotador

Mesmo com esta configuração desfavorável para se conseguir valores de eficiência representativos do sistema em função do não formação ou manutenção completa da biomassa dos biofiltros, conseguiu-se valores de remoção de turbidez entre 43 e 89 %.

Tabela 5.3: Acompanhamento diário do sistema de tratamento

[illegible]

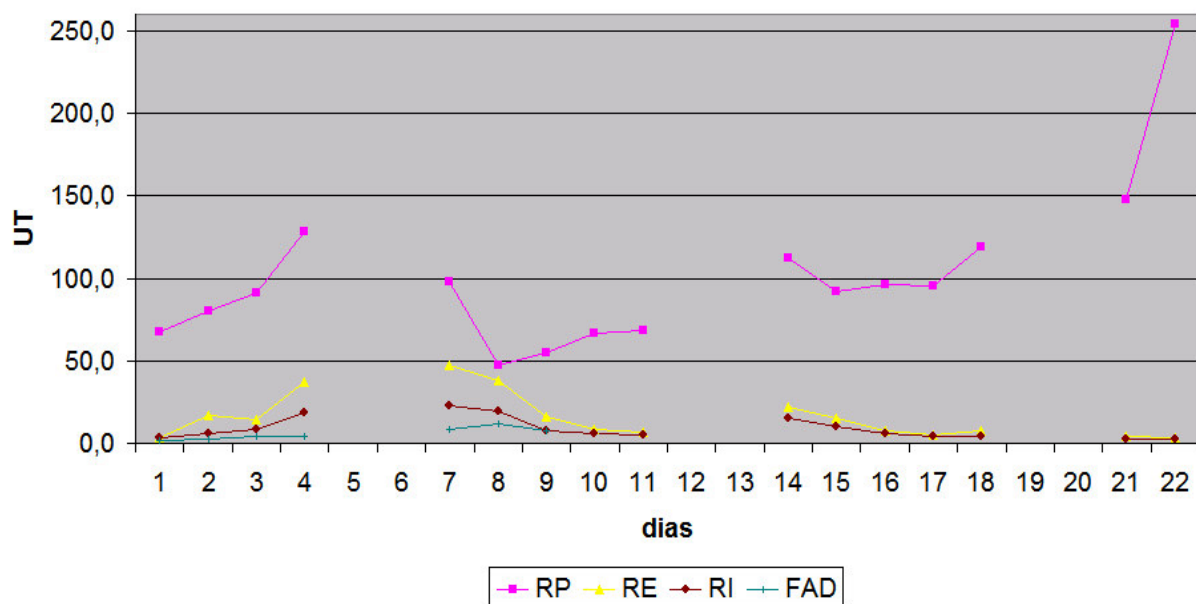


Figura 5.2 - Valores da turbidez da água coletada nas diversas partes do sistema durante a fase de acompanhamento diário.

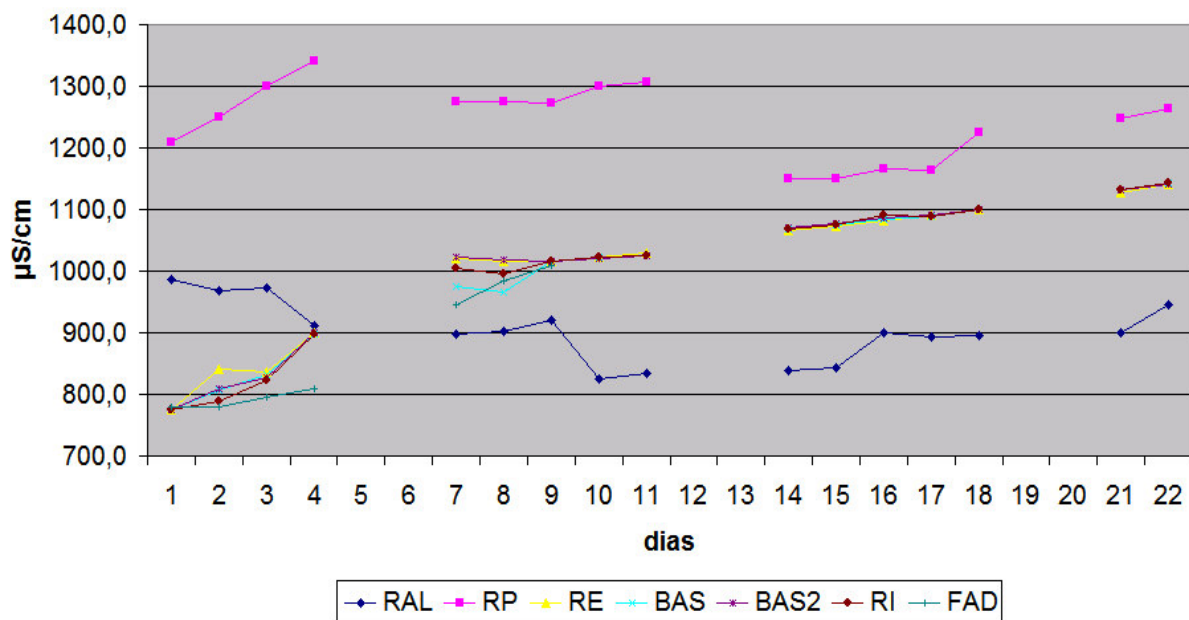


Figura 5.3 - Valores da condutividade da água coletada nas diversas partes do sistema durante a fase de acompanhamento diário.

5.2.2 – Resultados do acompanhamento por doze horas

Como a situação descrita no item anterior permanecia inalterada ao final do prazo estabelecido para desenvolvimento da fase experimental do presente trabalho, resolveu-se, num último esforço, verificar o funcionamento das instalações durante um pulso de geração de efluentes pelo lavador, por um período de doze horas, apesar de que, neste curto período, seria inviável o estabelecimento das condições de equilíbrio nos biofiltros.

A coleta de dados nesse experimento se iniciou a partir do retorno do lavador ao funcionamento, com a alimentação imediata do sistema de tratamento e a contagem de tempo. A coleta de amostras foi realizada a cada meia hora, durante todo o período de doze horas a partir da admissão do efluente bruto no RE. Neste experimento, foram realizadas análises de condutividade e turbidez das amostras nos sete pontos de coleta, já mencionados anteriormente: RAL, RP, RE, BAS1, BAS2, RI e FAD. Para as análises de DQO, foram realizadas coletas seguindo os critérios estabelecidos na Tabela 4.1. Os resultados dessa fase são apresentados na Tabela 5.3 e Figuras 5.2 3 5.3.

Novamente, o período de operação do lavador foi insuficiente para proporcionar a geração de um volume de efluentes brutos capaz de sustentar a operação da instalação protótipo pelo período previsto e, após quatro horas de funcionamento, houve necessidade de retornar a água tratada ao Reservatório de Entrada (RE), fechando-se o circuito hídrico interno do próprio tratamento.

Os resultados de DQO e de turbidez indicam ligeiras reduções de seus valores durante as primeiras horas de funcionamento do sistema, porém, com dados insuficientes para permitir qualquer conclusão sobre o desempenho da instalação. Devido ao tempo de detenção teórico de 4,5 horas nos biofiltros, seria necessária a permanência de uma alimentação contínua de, pelo menos, as doze horas previstas para o experimento, de forma que houvesse a renovação completa da água contida nos

reatores ao início do experimento, o que não ocorreu devido a interrupção das operações de lavagem após quatro horas. De qualquer forma, mesmo com o contínuo funcionamento do lavador, seriam necessários alguns dias de funcionamento normal para que a situação de equilíbrio fosse obtida nos reatores biológicos. São comuns, para o caso de sistemas de lodos ativados, períodos de operação contínuos de, pelo menos, duas vezes da duração fixada para a idade do lodo mantida no sistema. No caso deste trabalho, como o parâmetro idade do lodo não é determinável para reatores biológicos de leito fixo, a exemplo dos BAS utilizados, seria recomendável uma operação por um período de, aproximadamente, um mês, sem interrupções prolongadas para que o sistema pudesse atingir as condições de equilíbrio, o que, infelizmente, não foi possível.

Mesmo com esta configuração desfavorável para se conseguir valores de eficiência representativos do sistema em função do não formação ou manutenção completa da biomassa dos biofiltros, conseguiu-se valores de remoção de turbidez entre 34 e 90 % e de DQO entre 10% e 50%.

Em função do curto período de acompanhamento por 12 h, os resultados deste monitoramento sofreram influência do volume de água contido no sistema sob recirculação para a tentativa de manutenção da biomassa nos biofiltros.

Tabela 5.4 - Acompanhamento do sistema de tratamento por doze horas

Horário (1/2 h)	RAL		RE			BAS1			BAS2			RI			FAD		
	Turbidez (UT)	Condutiv. ($\mu\text{S/cm}$)	Turbidez (UT)	Condutiv. ($\mu\text{S/cm}$)	DQO (mg/L)	Turbidez (UT)	Condutiv. ($\mu\text{S/cm}$)	DQO (mg/L)	Turbidez (UT)	Condutiv. ($\mu\text{S/cm}$)	DQO (mg/L)	Turbidez (UT)	Condutiv. ($\mu\text{S/cm}$)	DQO (mg/L)	Turbidez (UT)	Condutiv. ($\mu\text{S/cm}$)	DQO (mg/L)
	3,9	1056,0	34,0	1231,0	126,5	2,9	1241,0		3,1	1241,0		3,2	1245,0		3,2	1246,0	
1	3,9	1061,0	33,3	1244,0		3,3	1240,0		4,5	1240,0		3,3	1246,0		3,2	1244,0	
2	3,6	1060,0	30,5	1225,0		4,1	1237,0		6,2	1237,0		3,6	1244,0		3,4	1244,0	
3	3,5	1069,0	30,5	1230,0		5,1	1236,0		7,7	1236,0		4,0	1244,0		3,4	1244,0	
4	4,0	1082,0	30,9	1228,0		8,0	1233,0	77,8	9,6	1233,0	76,5	5,5	1241,0	64,0	3,8	1241,0	64,0
5	4,1	1080,0	30,1	1230,0		10,0	1238,0		10,5	1238,0		6,3	1232,0		4,4	1242,0	
6	4,0	1079,0	33,4	1226,0		10,6	1234,0		11,6	1234,0		7,6	1237,0		5,4	1236,0	
7	4,4	1093,0	32,8	1222,0		12,2	1233,0		13,0	1233,0		8,6	1238,0		6,2	1239,0	
8	4,3	1090,0	32,0	1221,0		13,0	1232,0		14,1	1232,0		10,0	1239,0	62,8	7,7	1241,0	62,8
9			29,6	1220,0		12,7	1234,0		14,4	1234,0		10,9	1240,0		8,3	1242,0	
10			27,1	1224,0		12,4	1234,0		14,9	1234,0		10,5	1239,0		9,1	1241,0	
11			24,9	1228,0		12,2	1239,0		15,0	1232,0		12,1	1238,0		10,0	1239,0	
12			22,4	1228,0	86,5	12,8	1239,0	81,5	14,3	1235,0	109,0	12,2	1238,0	77,8	10,6	1240,0	77,8
13			22,0	1228,0		11,3	1240,0		14,2	1236,0		12,2	1237,0		11,0	1240,0	
14			20,8	1233,0		10,7	1242,0		13,7	1237,0		12,2	1240,0		11,5	1239,0	
15			19,6	1237,0		10,2	1241,0		13,0	1238,0		12,0	1240,0		11,6	1239,0	
16			18,8	1234,0		9,6	1245,0		12,5	1240,0		11,8	1240,0	64,0	11,5	1240,0	64,0
17			18,8	1237,0		8,9	1244,0		12,3	1240,0		11,4	1240,0		11,5	1240,0	
18			20,3	1235,0		8,6	1245,0		11,6	1242,0		11,3	1241,0		11,2	1239,0	
19			18,3	1244,0		10,9	1245,0		12,2	1241,0		10,9	1242,0		11,1	1240,0	
20			17,5	1246,0		10,1	1246,0		11,7	1241,0		10,9	1242,0	65,3	10,9	1242,0	71,5
21			16,6	1246,0		9,7	1248,0		11,3	1242,0		10,8	1243,0		11,0	1242,0	
22			16,7	1241,0		9,8	1245,0		10,7	1245,0		10,4	1244,0		10,6	1243,0	
23			16,2	1241,0		10,0	1246,0		10,7	1245,0		10,4	1245,0		10,5	1241,0	
24			16,3	1244,0	76,5	9,2	1246,0	71,5	10,3	1246,0	62,8	10,3	1245,0	60,3	10,3	1242,0	102,8

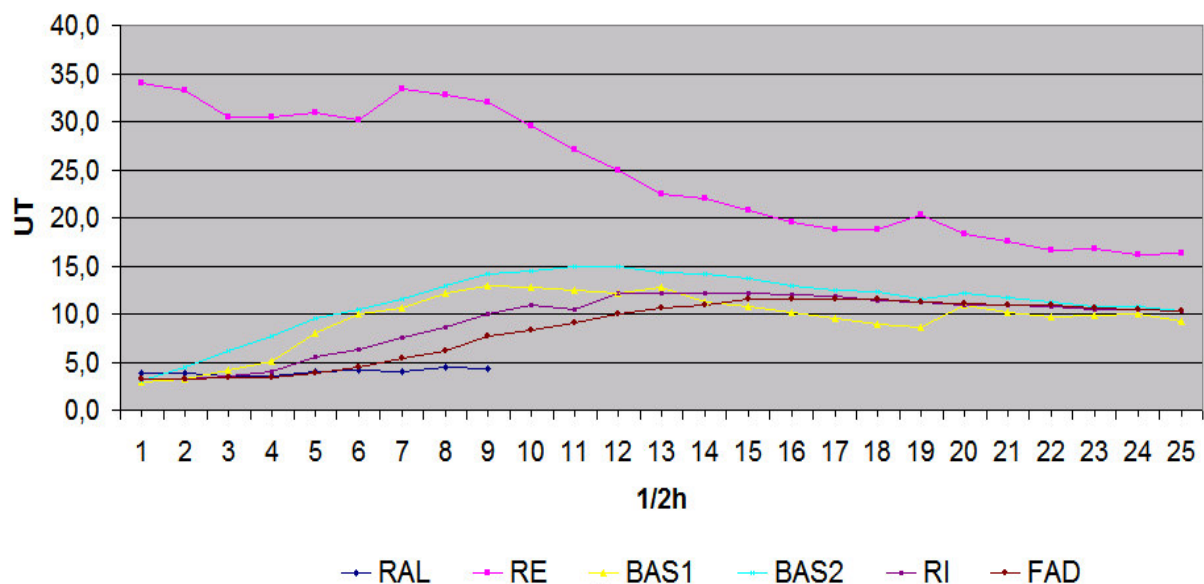


Figura 5.4 - Valores de turbidez da água coletada a cada 30 minutos nas diversas partes do sistema durante a fase de acompanhamento por doze horas.

5.2.3 – Alterações físicas da instalação protótipo, visando a solução de seus problemas operacionais

5.2.3.1 - Nos Biofiltros Aerados Submersos

No período de testes iniciais (partida) e da operação do BAS, alguns problemas foram encontrados até o ajuste do seu funcionamento.

A Tabela 5.5 apresenta os principais problemas encontrados durante a partida dos BAS, bem como as modificações implementadas para solucionar tais problemas.

Tabela 5.5 - Problemas detectados no início de operação dos BAS e alterações físicas decorrentes para melhoria das futuras instalações comerciais.

Problemas encontrados	Modificações implementadas
Subida do meio suporte até a superfície d'água, em função da menor densidade deste em relação à da água.	Colocação de quatro suportes construídos com tubo de PVC de 4" sobre o meio suporte, com altura suficiente para que este tocasse a tampa do BAS (ver Figura 5.6). Dessa forma, quando o meio suporte tentasse subir quando do enchimento do BAS com água, ele seria impedido pelos suportes.
Dificuldade de ajuste da vazão de ar nos biofiltros apenas com válvula esfera de $\frac{3}{4}$ ". O excesso de ar no interior dos biofiltros provoca turbulência interna e conseqüente formação de espuma, a qual escoava através da saída de ar, já a falta de aeração promove o funcionamento anaeróbio do biofiltro e o conseqüente aparecimento de maus odores.	Instalação de uma válvula controladora de vazão ar de $\frac{1}{4}$ " em série com a válvula de esfera de $\frac{3}{4}$ ", a qual passou a funcionar como válvula de bloqueio de ar (ver Figura 5.7).
Entrada de água sob tratamento na tubulação de ar comprimido, retornando até o reservatório de ar do compressor de serviço.	Instalação de uma válvula unidirecional em série com a válvula de controle de ar e a válvula de bloqueio de ar e elevação da tubulação de fornecimento de ar até o topo do biofiltro.
Surgimento de espuma na saída de ar dos biofiltros.	Instalação de uma tubulação flexível para a coleta da espuma e acumulação desta em bombonas plásticas. Toda a espuma coletada foi recirculada pelo tratamento (ver Figura 5.9).
Dificuldade de ajuste da vazão de água nos biofiltros apenas com válvula esfera de $\frac{3}{4}$ ".	Instalação de válvulas de agulha de $\frac{3}{4}$ " em série com a válvula esfera. A válvula de esfera passou a ter função de bloqueio e a de agulha a função de ajuste da vazão de água (ver Figura 5.10).
Formação de sifão e conseqüente esvaziamento do BAS quando do bloqueio da vazão de água de entrada.	Foi idealizado um dispositivo de quebra de sifão (abertura de ventilação) na tubulação de saída de água do BAS com abertura para a atmosfera (ver Figura 5.11).

Depois de implementadas as modificações no BAS, nova configuração dos dispositivos de entrada e saída de ar e de água ficou estabelecida, apresentada na Figura 5.5. As Figuras de 5.6 a 5.11 ilustram algumas implementações realizadas.

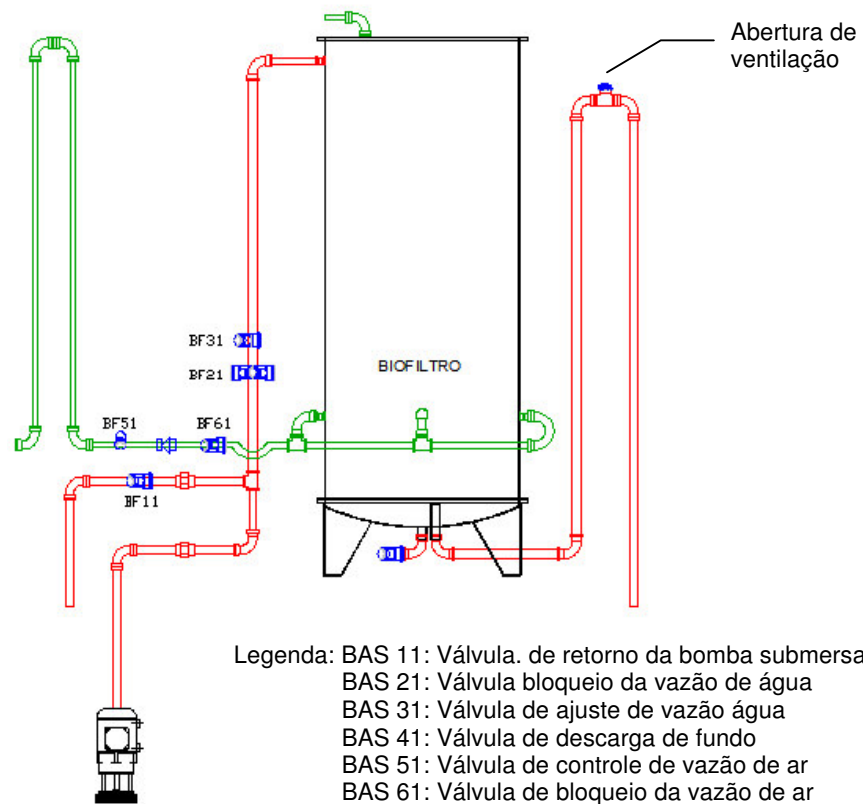


Figura 5.5 - Dispositivos finais de entrada e saída de ar e de água do BAS



Figura 5.6 - Dispositivo para evitar a flutuação dos meios suportes dos BAS



Figura 5.7 - Válvulas de controle de aeração dos biofiltros (da esquerda para a direita: válvula de esfera, válvula de retenção e válvula reguladora de fluxo)



Figura 5.8 - Aspecto geral da distribuição de ar na superfície do meio suporte proporcionadas pelo dispositivo de aeração



Figura 5.9 - Tubulação flexível para coleta de espuma na saída de ar dos biofiltros



Figura 5.10 - Válvulas de bloqueio (superior) e de ajuste (inferior) da vazão de água dos biofiltros



Figura 5.11 - Dispositivo entrada de ventilação na tubulação de saída dos BAS.

Com relação à necessidade de se realizar a geração de inóculo para o início da operação do BAS, esta etapa pode ser dispensável, caso o início de operação dos biofiltros siga uma programação de aumento progressivo da vazão até se atingir a vazão de projeto, conforme Tabela 5.6. Essa afirmação foi constatada em função dos resultados de redução de DQO dos reatores BAS1 e BAS2, que apresentaram valores semelhantes, embora o BAS1 tenha recebido o inóculo de biomassa produzido em laboratório, o que não aconteceu com o BAS2.

Tabela 5.6 - Aumento progressivo da vazão de alimentação dos BAS com efluente bruto durante a partida da instalação.

% da vazão de projeto	Duração (dias)
10	2
25	2
50	2
75	2
100	-

Após as alterações físicas terem sido implantadas, o controle operacional dos biofiltros passou a ser simples, tendo-se registrado alguns detalhes e ajustes, ainda, necessários, apresentados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Recomendações para solução de possíveis problemas operacionais dos BAS

Problema	Solução
Bomba do reservatório de entrada não é acionada pela chave bóia ou inexistência de alimentação.	Verificar a fonte de energia elétrica do sistema de recalque ou operação do relé térmico da bomba, restabelecendo-o em caso de necessidade. Verificar a necessidade de escorva da bomba ou utilizar bomba submersível
Falta de ar comprimido nos biofiltros	Verificar a fonte de energia elétrica no compressor ou operação do relé térmico do mesmo, restabelecendo-o em caso de necessidade. Conferir abertura das válvulas de entrada de ar dos biofiltros.
Aparência e/ou odor desagradável da água na saída dos biofiltros	Este fato ocorre sempre que não existe fornecimento de ar suficiente para a manutenção das condições aeróbias no interior dos biofiltros. O problema pode ser resolvido pelo aumento da vazão de ar .
Arraste excessivo de água e/ou espuma.	Reajustar a vazão de ar através da válvula de entrada de ar de cada biofiltro. O excesso de ar nos biofiltros provoca turbilhonamento no interior destes, causando falta de controle da vazão afluyente e excesso de espuma na saída de ar do biofiltro. Necessidade de execução de descarga de fundo para retirada do excesso de lodo presente no meio suporte com conseqüente aumento da perda de carga.
Vazão de água servida nos biofiltros diferente de 4 L/min	Ajustar a vazão, individualmente, regulando válvulas de entrada. Verificar possível obstrução por deposição de sólidos nas válvulas ou rotor da bomba. Possível necessidade de descarga de fundo ou geração de excesso de espuma pela aeração.

5.2.3.2 - No Flotador por Ar Dissolvido

No período de testes iniciais (partida) e da operação do FAD, alguns problemas foram encontrados até o ajuste do seu funcionamento.

A Tabela 5.8 apresenta os principais problemas encontrados durante a partida do FAD, bem como as modificações implementadas para solucionar tais problemas.

Tabela 5.8 - Problemas detectados no início de operação do FAD e alterações físicas decorrentes para melhoria das futuras instalações comerciais.

Problemas encontrados	Modificações implementadas
Dificuldade de ajuste da vazão de ar na câmara de saturação apenas com válvula esfera de $\frac{3}{4}$ ". O excesso de ar na câmara de saturação provoca diminuição do nível de água interno na câmara de saturação com possível drenagem completa e escape do ar para a câmara de flotação na forma de borbulhamento grosseiro. A falta de ar, ou queda da pressão na câmara de saturação a valores abaixo de 1 kgf/cm ² interrompe o processo de flotação.	Instalação de uma válvula controladora de vazão ar de $\frac{1}{4}$ " em série com a válvula de esfera de $\frac{3}{4}$ ", que passou a funcionar como válvula de bloqueio de ar (ver Figura 5.14).
Durante operações de partida do flotador, ocorrência de período superior a 30 minutos para início satisfatório do surgimento do fenômeno de flotação.	Instalação de uma segunda válvula controladora de vazão de ar de $\frac{1}{4}$ " em paralelo com a primeira. Durante as operações de partida do flotador, as duas válvulas fornecem ar para a câmara de saturação, interrompendo-se o fluxo de uma delas pelo fechamento de válvula de esfera de $\frac{1}{2}$ ", instalada em série, após o surgimento do fenômeno de flotação.
Entrada de água sob tratamento na tubulação de ar comprimido, retornando até o reservatório de ar do compressor de serviço.	Instalação de válvula unidirecional (retenção) em série com as de controle e de bloqueio de ar, além da elevação da tubulação de fornecimento de ar até o topo do flotador.
Dificuldade de ajuste da vazão de água no flotador apenas com válvula esfera de $\frac{3}{4}$ " na entrada da câmara de saturação.	Instalação de uma válvula agulha de $\frac{3}{4}$ " em série com a válvula esfera. A válvula de esfera passou a ter função de bloqueio e a válvula agulha, função de ajuste da vazão de água.
Impossibilidade de controle do nível de água na câmara de saturação.	Eliminação da ventosa para proporcionar esse ajuste. Elaboração de um dispositivo para controle de nível constituído por um tridente em tubo de aço galvanizado de $\frac{3}{4}$ " com vazão de saída de ar para a atmosfera regulada por uma válvula reguladora de fluxo de $\frac{1}{4}$ " (ver Figura 5.15).
Formação de sifão e conseqüente esvaziamento da câmara de flotação quando do desligamento do flotador.	Instalação de um dispositivo de entrada de ventilação no topo da tubulação de saída de água do flotador, a exemplo do que foi feito para os BAS.
Vibração excessiva da tubulação de recalque da bomba submersa.	Instalação de um suporte metálico de sustentação da tubulação de recalque.

Após a implementação das modificações sugeridas no FAD, nova configuração dos dispositivos de entrada e saída de ar e de água ficou estabelecida, conforme apresentado na Figura 5.12. As Figuras de 5.13 a 5.15 apresentam alguns detalhes das adaptações físicas implementadas.

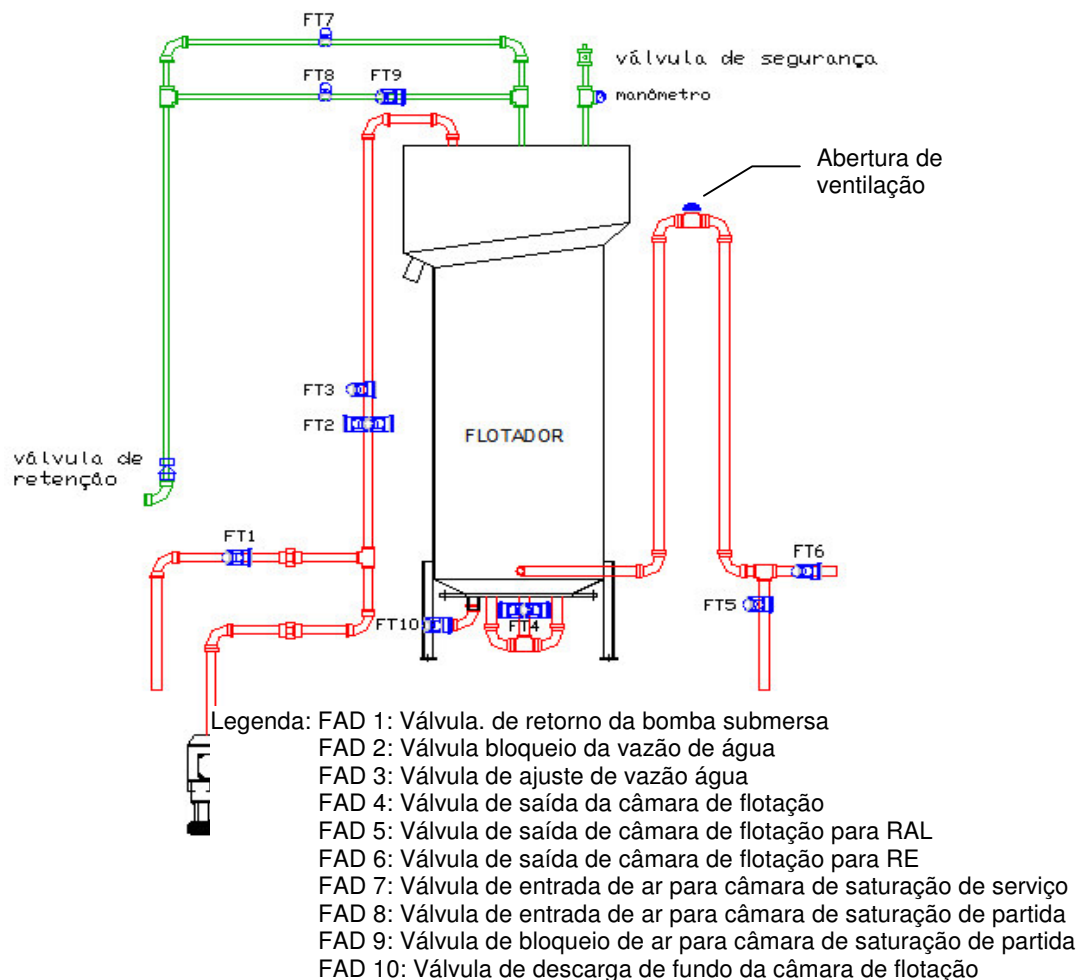


Figura 5.12 - Dispositivos finais de entrada e saída de ar e de água do FAD

Destaca-se aqui, a grande dificuldade de controle operacional da câmara de saturação em virtude do não funcionamento adequado da ventosa para limitações de variação do nível de água e pressão internas. Essa falha provoca o colapso total do funcionamento dessa unidade por inviabilizar a geração de água saturada, responsável para a ocorrência da clarificação por flotação. A solução do problema, conforme já

mentionado na Tabela 5.9 e detalhado na Figura 5.15, foi a instalação de tubulação provida de ranhuras que proporcionam a saída do excesso de ar que adentra a câmara. Desta forma, com o equilíbrio entre as pressões de água e de ar, o nível de água estabelecer-se-á em um valor intermediário ao comprimento das ranhuras, mantendo-se as condições de geração de água saturada em estabilidade.



Figura 5.13 - Aspecto do lodo flotado antes da retirada por transbordamento.

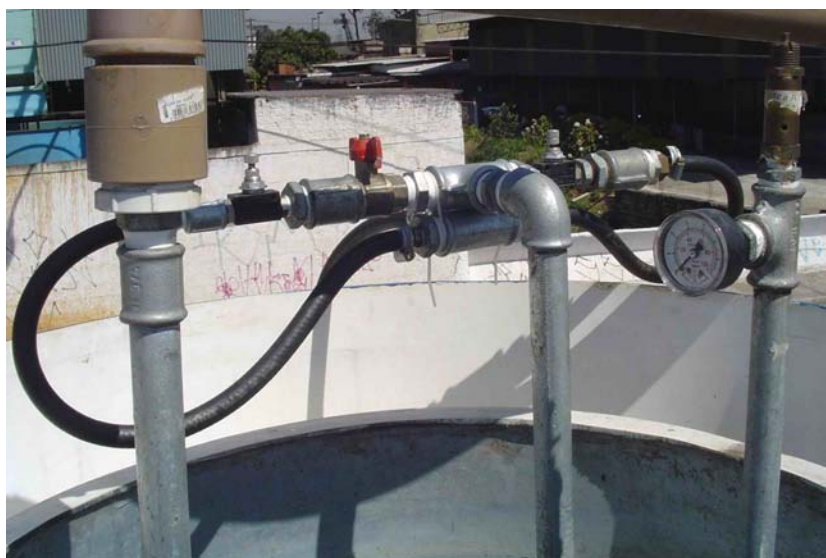


Figura 5.14 - Detalhes das alterações no controle da entrada de ar, manômetro e válvula de segurança do flotador

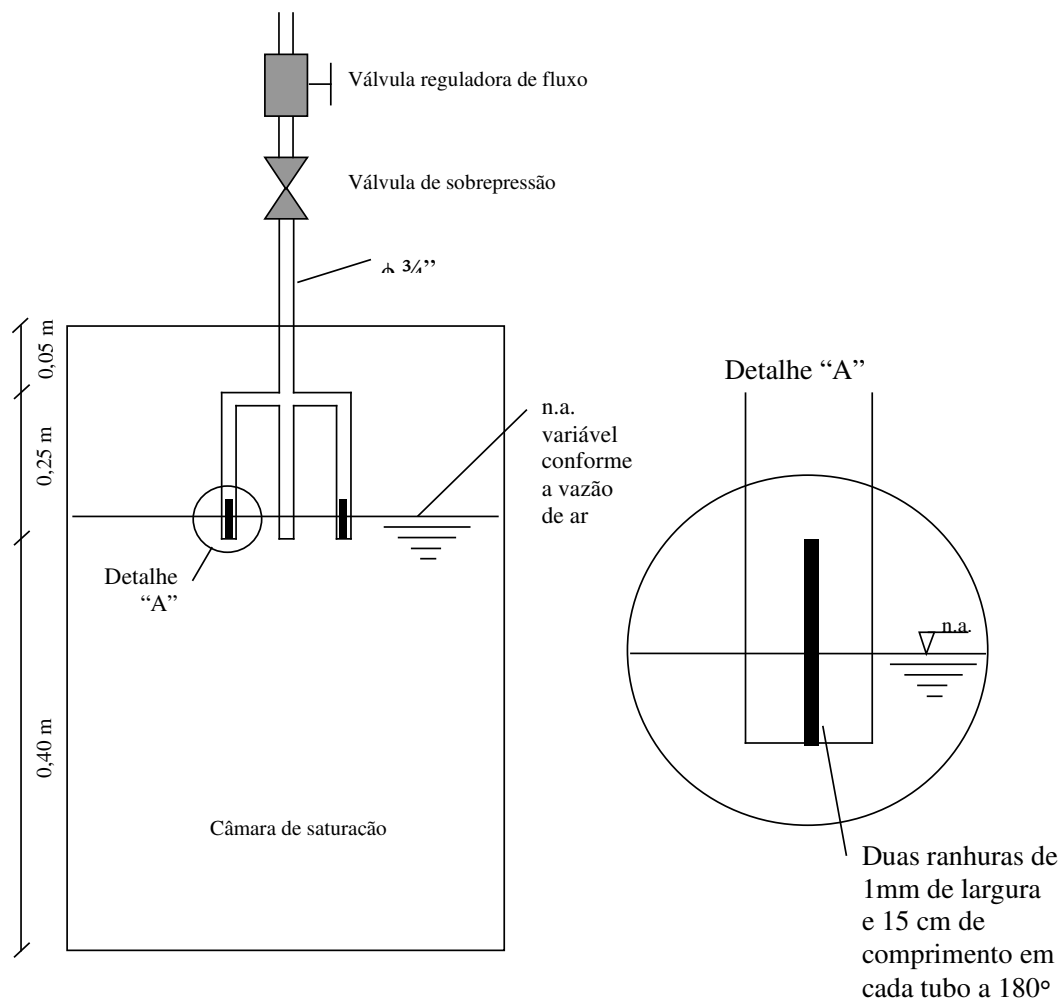


Figura 5.15 - Detalhes do dispositivo (tridente) instalado na câmara de saturação em substituição da ventosa para melhorar o controle do nível de água interno.

Os diversos problemas já mencionados de falta de funcionamento do lavador, impossibilitaram a realização de testes para a verificação da real necessidade de adição de coagulantes ao afluente do FAD. Adotou-se como premissa inicial que a remoção dos sólidos suspensos arrastados dos biofiltros poderia ser feita pelo FAD sem uso de qualquer produto químico, porém, isso não pode ser comprovado em função da impossibilidade de estabelecimento das condições de equilíbrio nos BAS.

De qualquer forma, foi possível verificar visualmente, a formação de espuma contendo certa quantidade de sólidos na superfície do flotador, com até 7 cm de

espessura. Sua remoção pôde ser feita por transbordamento, sem qualquer problema ao final de cada dia. O volume de lodo coletado variou conforme a quantidade de detergente remanescente dos biofiltros e oscilou entre 0 e 4 L de espuma por dia.

Como a remoção da turbidez pelo FAD apresentou, na maior parte do tempo, baixos valores de eficiência, torna-se importante a continuidade desse estudo com a utilização de coagulantes para a verificação de sua influência na clarificação final da água e melhoria de suas condições para sua reciclagem.

Verificou-se que, mantendo as vazões de ar e de água constantes e uma pressão de trabalho superior a 2 kgf/cm² na câmara de saturação, a flotação apresenta boas condições de trabalho. Após as alterações físicas terem sido implantadas, o controle operacional do flotador passou a ser simples, tendo-se registrado alguns detalhes e ajustes, ainda, necessários, apresentados na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Recomendações para solução de possíveis problemas operacionais do FAD

Problemas	Soluções
Bomba de alimentação de água da câmara de flotação não é acionada pela chave bóia	Verificar a fonte de energia elétrica do sistema ou operação do relé térmico da bomba submersível, restabelecendo-o, em caso de necessidade.
Vazão do flotador diferente de 8 L/min	Regular válvulas da linha de recalque da bomba e de retorno do excesso ao RI. Verificar possíveis obstruções dessas válvulas por sólidos presentes no RI.
Turbilhonamento da água sob tratamento na câmara de flotação provocada pelo escape de ar da câmara de saturação.	Conferir ajuste de abertura da válvula de sobrepressão do tridente com auxílio do manômetro. Verificar funcionamento da bomba de alimentação de água.
Não ocorrência do fenômeno de flotação da água sob tratamento.	Verificar pressão na câmara de saturação e corrigi-la em caso de necessidade. Ajustar vazões de ar e de água.
Retardo prolongado na ocorrência do fenômeno de flotação quando de sua ligação.	Ajustar a vazão de ar nas válvulas de controle de fluxo, mantendo a pressão mínima estabelecida para o sistema.

5.4 – Manual de operação

Durante o período de testes operacionais do sistema de tratamento proposto, foram realizadas observações sobre o seu funcionamento e comportamento. Estas observações serviram de base para a elaboração de um “Manual de Operação e Manutenção” que é apresentado em Anexo.

6 – CONCLUSÕES

Ao final dos trabalhos da pesquisa conclui-se que:

- a) A instalação protótipo para tratamento de efluentes de lavadores de veículos constituída de reator biológico, tipo biofiltro aerado submerso, seguida de reator físico-químico, tipo flotação por ar dissolvido, após as modificações físicas implantadas, demonstrou ser passível de aplicação em situações similares em escala real, constituindo-se em sistema compacto, de custo e de implantação e operação competitivo com as alternativas atualmente empregadas (lodos ativados) e, de operação simplificada;
- b) Para a manutenção da vazão afluyente aos biofiltros praticamente constante é fundamental que o sistema de recalque proporcione uma vazão mínima, 20% superior à vazão dos biofiltros. Este excedente de vazão será direcionada novamente para o RE através da derivação da linha de recalque, de maneira a que seja mantida uma vazão mínima de recirculação. Isto se faz necessário para a manutenção das válvulas de ajuste de vazão afluyente aos biofiltros desobstruídas (sem o entupimento por lodo) e também condições apropriadas de agitação do volume contido no reservatório (homogeneização da água no RE);
- c) O ajuste da aeração mínima necessária para o bom funcionamento dos biofiltros pode ser atestado pela não exalação de odores desagradáveis nos efluentes destes que, em caso contrário, passa a trabalhar em condições anaeróbias;

- d) O meio suporte proposto para fixação da biomassa nos BAS constituiu-se em alternativa viável, não oferecendo qualquer problema de obstrução dos fluxos de água ou de ar ali presentes, podendo-se, ainda, melhorá-lo, trocando-se a manta de EVA por lona plástica negra comum, diminuindo-se a tendência de flutuação do meio suporte;
- e) O ajuste da vazão de ar consumido na câmara de saturação deve ser feito pela instalação de válvulas de controle fino do fluxo de forma a proporcionar a regularização das grandes variações de pressão ocorridas no reservatório do compressor;
- f) A vazão de ar na alimentação da câmara de saturação, sempre deverá ser superior ao consumo decorrente de sua dissolução na água sob pressão e, seu excesso, drenado pelo dispositivo (tridente) provido de ranhuras proposto. Caso isso não seja estabelecido, perde-se o controle do nível de água interno à câmara e a geração de água saturada fica prejudicado;
- g) O surgimento do fenômeno de flotação, proporcionado pela geração de microbolhas na câmara de flotação, manifestou-se para pressões superiores a 1 kgf/cm² na câmara de saturação, mantendo-se estável para pressões superiores a 1,5 kgf/cm²;
- h) Apesar das condições operacionais adversas enfrentadas pela falta e intermitência na geração de efluentes pelo lavador de veículos com a conseqüente impossibilidade de estabilização da biomassa nos BAS, obtiveram-se remoções próximas a 50% para a turbidez e DQO, mesmo sem o uso de coagulantes na entrada do FAD. Desta forma, em situações normais, acredita-se que o sistema proposto venha a ter uma real possibilidade de uso no tratamento e reciclagem da água ao próprio lavador;

- i) A incorporação da câmara de saturação internamente ao corpo do flotador, proporcionou compacidade à unidade de FAD, facilitando a construção de futuros sistemas similares comercializáveis em escala real;
- j) Pela observação do aspecto do lodo flotado gerado durante o desenvolvimento da fase experimental é notória a necessidade de aplicação de coagulante antes da FAD de forma a proporcionar a coagulação das partículas e colóides presentes na água após o tratamento pelos BAS;
- k) O descarte de lodo pelo processo de transbordamento ocorreu de forma espontânea ou forçada, sem manifestar quaisquer problemas para o FAD na dimensão (diâmetro) testada. Tal fato, atribui-se à espessa camada de espuma provocada pelo residual de detergentes presentes na água, que pela estabilidade, possibilitou a realização de descartes com intervalo prolongado (até mesmo diários), apesar da não utilização do coagulante, o que, certamente alterará, para intervalos menores, esses procedimentos;

7 – RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento experimental e dificuldades enfrentadas durante a realização do presente estudo permite recomendar que:

- a) Seja feita a continuidade operacional da instalação montada na Transportadora América, numa situação futura de estabilidade operacional do lavador de veículos, com geração diária de efluentes e correção dos problemas de infiltração dos reservatórios de armazenamento da água provocados por fissuras em suas estruturas e fundações;
- b) Sejam testados outros tipos de meio suporte para a biomassa dos BAS, trocando-se a manta de EVA por mantas plásticas negras, evitando-se a tendência de flutuação e diminuindo custos de implantação;
- c) Sejam testados outros tempos de detenção e taxas de escoamento superficial nos BAS e FAD, respectivamente, de forma que, tais parâmetros possam ser estabelecidos para situações normais de tratamento e reciclagem de efluentes de lavadores de veículos em escala real;
- d) Sejam realizados estudos de emprego de coagulantes e da necessidade, ou não, de inclusão do processo de floculação a montante da FAD (ou incorporada a este), de forma a otimizar a unidade de clarificação para esse tipo de efluente;

- e) Executar um estudo da hidrodinâmica dos reatores biológicos com o meio suporte proposto;
- f) Que sejam incluídos medidores de vazão nas entradas de ar tanto dos biofiltros como do flotador;
- g) Estudo comparativo de custo/benefício entre a saturação total e saturação parcial deste tipo de efluente;
- h) Que seja testado o uso de um filtro de areia no efluente do flotador, de maneira a melhorar e/ou garantir a clarificação da água tratada.

8 – BIBLIOGRAFIA

AISSE, M. M.; JÜRGENSEN, P.; REALI, M. A. P.; PENETRA, R. G.; FLORÊNCIO, L.; ALÉM SOBRINHO, P.. Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por sistema de flotação. *Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios*. Carlos A. L. Chernicharo (coordenador). Belo Horizonte, 2001. p333 – 76.

AISSE, M. M. *Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios, Volume I*. 2002. 283 p. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ALEXANDER, M. *Biodegradation and biodeterioration*. Academic Press, Inc, Ithaca, New York, 1994. 302 p.

ANDERSON, J.M. *Current water recycling initiatives in Australia: Scenarios for the 21st century*. Water Science Technology, 1996. 33:37-43.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAM WATER WORKS PUBLIC ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. Standard Methods for examination of water and wastewater. 20° ed. Washington, DC, APHA/AWWA/WEF. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2000.

BRAILE, P. M., CAVALCANTI, J. G. W. A. *Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais*. São Paulo, 1979. CETESB.

CAMPOS, J. P.; POVINELLI, J. *Coagulação e Floculação. Técnicas de Abastecimento de Água*. São Paulo, CETESB, 2V. 1987. p.91-120.

CECCATO. Linha Comercial. Disponível em:
<http://www.ceccato.com.br/l_comercial/lcm_v.php>. Acesso em: 16 de abril de 2004.

CEMPRE. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. São Paulo, 2000. 246 p. CEMPRE. 1995.

CHERNICHARO, C. A. L., coordenador. *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*. PROSAB 2. Belo Horizonte: Segrac Ed., 2001.

CROOK, J., SURAMPALI, R.Y. *Water reclamation and reuse criteria in the U. S.*. Water Science and Technology. 1996, 33: 451-462.

DICK, R. I.. Sludge treatment in: WEBER, W. J. *Physicochemical Processes for Water Quality Control*, New York, John Wiley, 1972. Cap. 12, p.533 – 596.

ENVIRONQUIP. Sistemas de aeração. Disponível em
<<http://www.environquip.com.br>>. Acesso em 16 de abril de 2004.

EPA - ENVIRONMENTAL AGENCY PROTECTION – *Process design Manual for Suspendend Solids Removal*, USEPA Tecnology Transfer, 1975.

GONÇALVES, R. F.; ARAÚJO, V. L.; CHERNICHARO, C. A.. *Tratamento Secundário de Esgoto Sanitário Através da associação em Série de Reatores UASB e Biofiltros Aerados Submersos*. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, Foz do Iguaçu, 1997. Anais. Rio de Janeiro, ABES, 1997. p.450-61.

GONÇALVES, R. F. et al. *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme*. In: CHERNICHARO, C. A. L., coordenador. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. PROSAB 2. Belo Horizonte: Segrac Ed., 2001. p. 171-278.

HART, K. *Keep Legionella out of your customer's reclaim system*. *Water Technology*. 2001. Disponível em <[http://waternet.com/article.asp?IndexID= 6631879](http://waternet.com/article.asp?IndexID=6631879)>. Acesso em: 27 fev. 2004.

JL PHOTOS. Carwash. Disponível em: <<http://jl-company.com/JL-Carwash.html>>. Acesso em: 16 de abril de 2004.

JÖNSSON, C., JÖNSSON, A.S. *The influence of degreasing agents used at car washes on the performance of ultrafiltration membranes*. *Desalination*, 1995. 100: 115-123.

JÜRGENSEN, D. et al. *Avaliação do sistema reator RALF e Flotação por ar dissolvido no tratamento de esgoto sanitário*. Curitiba: Sanepar, 2001.

KURODA, E. K. *Avaliação da filtração direta ascendente em pedregulho como pré-tratamento em sistemas de dupla filtração*. 238 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

MACHADO, E. E. W. et al.. *Manual de Saneamento*. Brasil: FNS (Fundação Nacional de Saúde), Ministério da Saúde. 1999. 373 p.

MEDEIROS-LEITÃO, S. A. *Bases para a Estruturação das Atividades de Reúso de Águas no Brasil: Estágio Atual*. II Encontro das Águas. Montevideu-Uruguai, 02 a 17/07/1999.

MENDES, C.G.N. *Estudo da coagulação de águas sintéticas e naturais com turbidez e cor variáveis*. São Carlos. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1989.

METCALF e EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 3rd ed. New York, Mc Graw Hill, 1991. 1334p.

MOTA, S. L.. *Tratamento de Esgoto Sanitário em Bio-Reator Aeróbio de Leito Fixo Submerso*. Dissertação de mestrado apresentada à COPPE/UFRJ. 102p. Anexos. 1995.

MUJERIEGO, R.; ASANO, T.. *The role advanced treatment in wastewater reclamation and reuse*. Water Science Technology, 40, n. 4-5, p.1-9. 1999.

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

RAMALHO, R. S.. *Introduction to Wastewater Treatment Process*. New York, Academic Press, 1977. 409p.

REALI, M.A.P., CAMPOS, J.R. *Emprego de Flotação por ar dissolvido na clarificação de águas para abastecimento*. Boletim nº5, Boletim de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1986.

ROGALLA, F.; ROUDON, G.. *Biocarbene Aerated filters – ten years after: past, present and plenty potential*. Water Science and Technology, v. 26, n.4-5, p. 363-364, 1992.

RÔLO, M. C. *Pós-tratamento de reator UASB utilizando filtro biológico aerado submerso*. 2003. 200 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

STARTORI, L.. *Influência do uso de polímeros sintéticos no desempenho da flotação por ar dissolvido aplicada no tratamento de água para abastecimento*. 191 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

TEIXEIRA, P. C. *Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água*. 2003. 171 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

U.S.EPA. *Development Document for Effluent Limitations guidelines and standards for the auto and other laundries point source category*. EPA 820-B-80-100, Office of Water and Waste Management, Washington, D.C, 1980.

U.S.EPA. *Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits*. EPA 909-F-98-001, Water Division Region IX, San Francisco, California, 1998.

U.S.EPA. *The Class V Underground Injection Control Study*. EPA/816-h-99-014d. vol4, Office of Water, Washington, D.C., 1999.

WEF – Water Environment Federation. *Wastewater biology: the microfile*. Alexandria (USA): WEF; 1990.

YAMASSAKI, C. M.. Determinação de parâmetros de projeto e operação de lodos ativados por batelada. 19. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu. ABES. 1997.

ZABEL, T. F.; MELBOURNE, J. D.. *Flotation*. In: LEWIS, W. M.. *Developments in water*. London, Applied Science. V. 1, p. 139-191. 1980.

ANEXO

**Manual de operação e manutenção
do sistema de tratamento de
efluentes de lavadores
de veículos**

Índice

- 1 - Introdução
- 2 - Apresentação do sistema proposto
 - 2.1 - Apresentação geral do sistema de tratamento
 - 2.2 - Biofiltro
 - 2.3 - Flotador
- 3 - Especificações Técnicas
 - 3.1 - Biofiltro
 - 3.2 - Flotador
 - 3.3 - Especificações das peças utilizadas
- 4 - Operação e Manutenção
 - 4.1 - Reservatório de água de lavagem (RAL)
 - 4.2 - Sistema separador de areia e óleo
 - 4.3 - Reservatório preliminar (RP)
 - 4.4 - Reservatório de entrada (RE)
 - 4.5 - Biofiltros (BAS)
 - 4.6 - Reservatório intermediário (RI)
 - 4.7 - Flotador (FAD)
 - 4.8 - Acompanhamento do sistema
- 5 - Problemas e soluções

1 - Introdução

Este manual descreve o funcionamento do sistema de tratamento de efluentes de lavadores de veículos fabricado pela Ceccato DMR Ltda, composto por biofiltros aerados submersos e flotação por ar dissolvido para uma vazão de projeto de 500 L/h.

O sistema de tratamento é composto por dois biofiltros aerados submersos que trabalham em paralelo e um flotador por ar dissolvido. Os biofiltros são responsáveis pelo tratamento biológico do efluente do lavador de veículos e o flotador é o responsável pela retirada dos materiais sólidos remanescentes na água sob tratamento.

O sistema de tratamento foi idealizado e aperfeiçoado para que haja o mínimo de intervenção humana sobre o mesmo durante o seu funcionamento.

Termos técnicos adotados:

- Biofiltro (BAS): Biofiltro aerado submerso;
- Biofiltro aerado submerso: Dispositivo de tratamento de águas servidas, que utiliza um meio suporte como sustentação de microrganismos e oxigênio para a remoção de contaminantes da água servida;
- Efluente: Água servida (água suja), proveniente da lavagem de veículos;
- Flotador (FAD): Flotador por ar dissolvido;
- Flotador por ar dissolvido: Dispositivo de tratamento de águas servidas que utiliza uma câmara de compressão, seguida de uma câmara de decompressão para provocar o aparecimento de microbolhas de ar na água sob tratamento. As microbolhas se agrupam às impurezas presentes na água e fazem com que estas impurezas subam para a superfície, onde podem ser retiradas com facilidade;
- Reservatório de água de lavagem (RAL): Reservatório utilizado para se manter o nível mínimo de água limpa necessário para o funcionamento do equipamento de lavagem;

- Reservatório de entrada (RE): Reservatório que recebe água sob tratamento do reservatório preliminar e a direciona para os biofiltros;
- Reservatório Intermediário (RI): Reservatório que recebe água sob tratamento dos biofiltros e a direciona para o flotador;
- Reservatório preliminar (RP): Reservatório que recebe água sob do sistema separador de areia e óleo e a direciona para o reservatório de entrada;
- Sistema separador de areia e óleo: Sistema composto por quatro compartimentos em série e que possui projetado para reter os sólidos grosseiros, além de óleos e graxas presentes no efluente do lavador de veículos;
- Sedimentação: Operação de separação de sólidos e líquido onde a água é colocada em estado de repouso ou sob agitação reduzida em um compartimento. A sedimentação acontece apenas pela descida e acúmulo dos sólidos no fundo do compartimento.

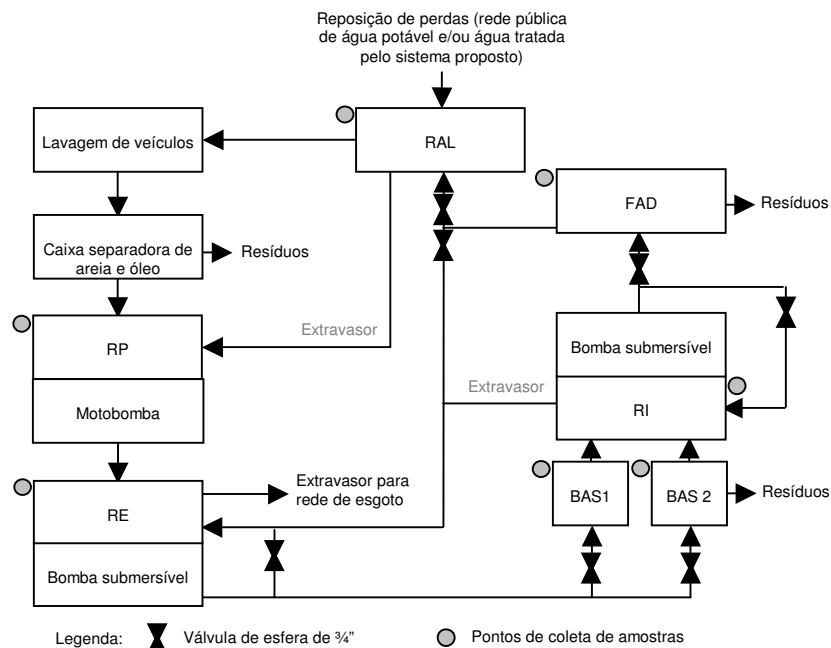
2 - Apresentação do sistema de tratamento

A seguir é apresentado o sistema completo de tratamento de efluentes de lavadores de veículos fabricado pela Ceccato DRM Ltda., bem como uma visão geral das tecnologias de tratamento utilizadas (biofiltro e flotador).

2.1 - Apresentação geral do sistema de tratamento

O sistema de tratamento fabricado pela Ceccato DMR Ltda foi idealizado para que a água servida do lavador, depois de tratada, seja totalmente reutilizada, retornando ao reservatório de água de lavagem como água limpa.

O circuito da água no sistema de tratamento fabricado pela Ceccato DMR Ltda. de veículos é esquematizado e descrito a seguir.

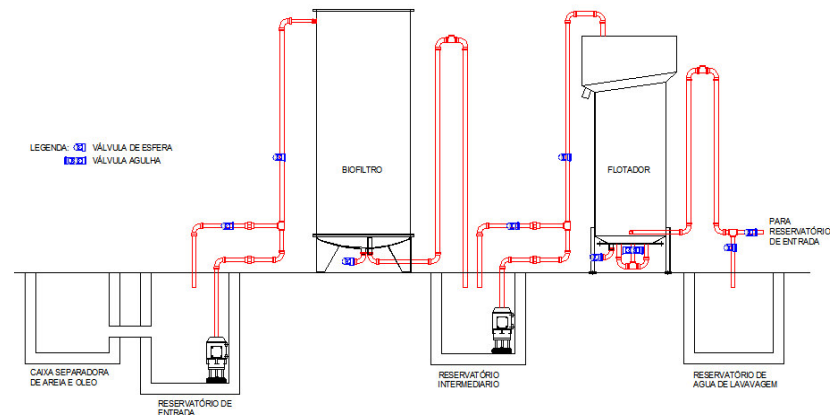


Fluxograma do circuito no uso da água

- A água a ser usada na lavagem de veículos (armazenada no reservatório de água de lavagem) advêm de duas fontes independentes, do sistema de abastecimento publico de água potável e/ou da recirculação do efluente após tratamento. Tanto o extravasor, como a tubulação de descarga de fundo do reservatório de água de lavagem, direciona a água deste reservatório para o reservatório preliminar;
- A água do reservatório de água de lavagem é bombeada pelo equipamento de lavagem e utilizada na lavagem de veículos. A água, agora suja, escorre pelo piso e é direcionada para uma canaleta de coleta no centro do lavador. A seguir a água servida é direcionada para o sistema separador de areia e óleo;
- O sistema separador de areia e óleo é responsável pela separação e retenção dos sólidos sedimentáveis e também de óleos e graxas que foram incorporados à água no momento da lavagem dos veículos. Os sólidos sedimentáveis retidos, permanecem armazenados nos três primeiros compartimentos do tanque separador, já o óleo e a graxa são separados e armazenados no quarto compartimento;
- O efluente do sistema separador de areia e óleo é direcionado por gravidade até o reservatório preliminar. Do reservatório preliminar, o efluente é bombeado até o reservatório de entrada;
- O reservatório de entrada recebe a água do reservatório preliminar e, através de uma bomba submersa, leva esta água até os dois biofiltros. Este reservatório possui o seu extravasor ligado diretamente à rede coletora de esgotos da concessionária local;

- A água do reservatório enterrado passa pelos biofiltros recebendo o tratamento biológico e segue para o reservatório intermediário;
- Do reservatório intermediário a água sob estudo é bombeada até o flotador. No flotador a água sob tratamento é separada dos possíveis sólidos ainda presentes;
- Do flotador, a água tratada pode ser direcionada para dois destinos diferentes: durante o início de operação do flotador ela deve ser direcionada para o reservatório de entrada e depois da entrada em operação do flotador a água tratada pode ser direcionada para o reservatório de água de lavagem, fechando o circuito do sistema de tratamento desenvolvido e fabricado pela Ceccato DMR Ltda;
- Os resíduos gerados no sistema de tratamento proposto aparecem em três pontos diferentes: na saída de ar dos biofiltros; na câmara de coleta de lodo do flotador (ambos sob a forma de espuma), além dos sólidos e óleos contidos pelo sistema separador de areia e óleo. Estes resíduos devem passar por um leito de secagem, acondicionados e posteriormente enviados para um aterro específico.

A figura a seguir ilustra a passagem da água servida por todas as etapas do processo de tratamento fabricado pela Ceccato DRM Ltda.



Esquemas e detalhes das unidades e reatores do sistema de tratamento proposto

2.2 - Biofiltro

Resumidamente, um biofiltro aerado submerso é constituído por um compartimento preenchido com material suporte (onde os microrganismos permanecem aderidos), através do qual esgoto e ar fluem permanentemente.

A seguir é apresentada uma figura que ilustra o biofiltro fabricado pela Ceccato DMR Ltda.

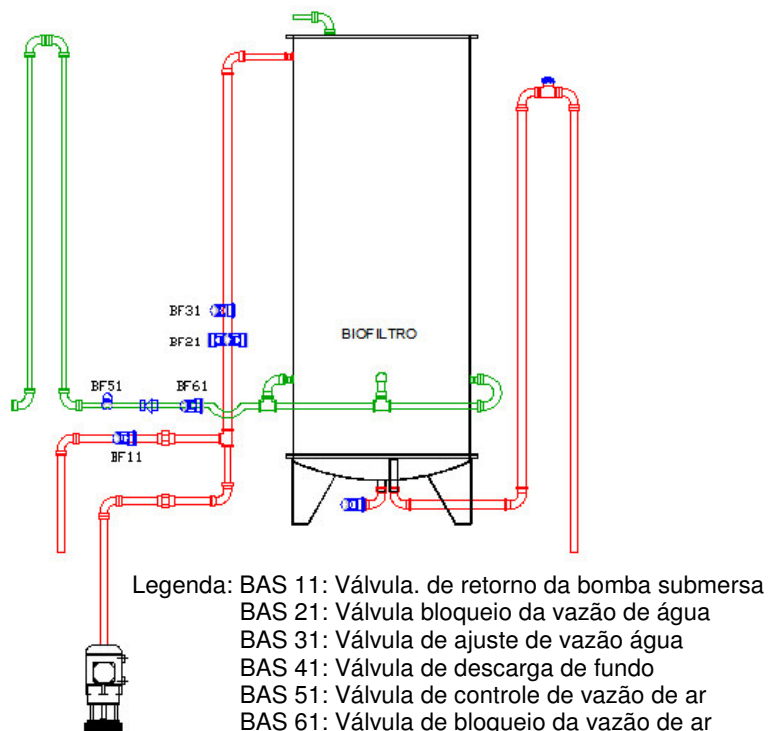


Ilustração e detalhes das válvulas do Biofiltro

As principais vantagens do biofiltro aerado submerso são a capacidade de gerar estações passíveis de serem cobertas e desodorizadas com simplicidade, baixos custos de implantação, operação e manutenção, não demandam mão-de-obra especializada para o seu funcionamento, rápida entrada em regime de operação e resistência a cargas de choque e a baixas temperaturas. Como única desvantagem

pode se apresentar a necessidade permanente de aeração, embora esta exija um baixo consumo de energia elétrica.

2.3 - Flotador

Um flotador é um equipamento utilizado para conseguir-se a separação de sólidos e líquidos utilizando-se o fenômeno da flotação.

A flotação é uma operação utilizada para separar partículas de um meio líquido. A separação é obtida introduzindo-se pequenas bolhas de ar na água, estas microbolhas são agrupadas aos sólidos presentes na água, provocando a sua ascensão para a superfície, mesmo as com densidade maior do que a do líquido. Uma vez na superfície podem ser coletadas e removidas por dispositivos apropriados.

A seguir é apresentada uma figura que ilustra o flotador fabricado pela Ceccato DMR Ltda.

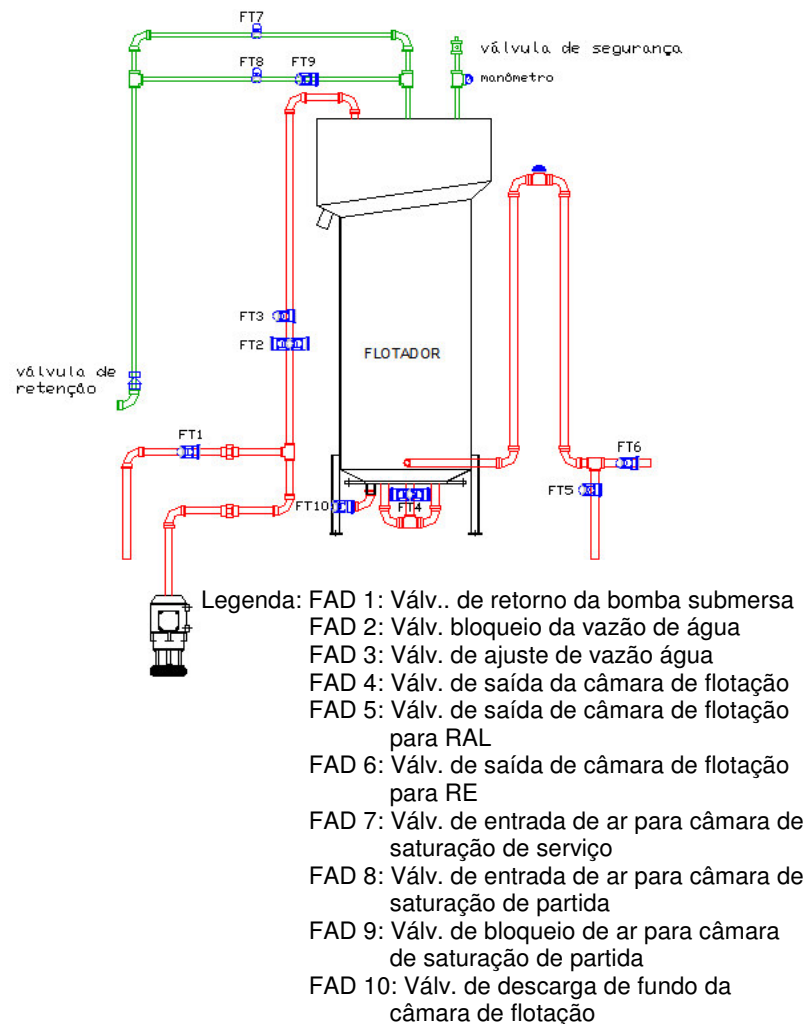


Ilustração e detalhes das válvulas do flotação

Se comparado com a sedimentação, a flotação apresenta as seguintes vantagens: capacidade de separação de sólidos de menores dimensões; geração de lodo mais concentrado; menor consumo de coagulante e menor necessidade de área. Como única desvantagem da flotação pode ser citada a necessidade permanente de energia elétrica.

3 - Especificações Técnicas

3.1 - Biofiltro

O controle de vazão dos biofiltros é realizado através de válvulas esfera de $\frac{3}{4}$ " e válvulas agulha de $\frac{3}{4}$ ".

Para o BAS a produção de lodo será contida na FAD.

As características e detalhes construtivos do biofiltro utilizado no sistema de tratamento são descritos a seguir:

- Diâmetro: 0,85 m;
- Altura total: 2,00 m;
- Volume útil: 1,13 m³;

3.2 - Flotador

O flotador foi projetado com saturação total do afluente.

As características e detalhes construtivos do flotador utilizado no presente estudo são descritos a seguir:

- Diâmetro: 0,65 m;
- Altura total: 1,50 m;
- Volume total: 0,5 m³;

4 - Operação e Manutenção

4.1 - Reservatório de água de lavagem (RAL)

O reservatório de água de lavagem poder ser abastecido com água limpa através de duas fontes independentes:

- Com água da rede pública de abastecimento através da válvula de esfera RAL1, localizada no lado do reservatório oposto ao do sistema de tratamento;
- Com água do sistema de tratamento através da válvula FAD5 do flotador.

Este reservatório pode ser esvaziado através da válvula esfera RAL2, localizada no interior do reservatório preliminar.

De maneira a garantir a qualidade da água neste reservatório, ele deve permanecer fechado e deve ser realizada uma limpeza das paredes e fundo do reservatório sempre que a superfície destes apresentar sujeira no fundo ou camada de lodo nas paredes.

4.2 - Sistema separador de areia e óleo

Este sistema de separador não necessita de intervenção humana para a sua operação.

O sistema separador de areia e óleo é constituído por quatro compartimentos em série e trabalha por gravidade, havendo a passagem da água sob tratamento de uma câmara a outra. Não existem equipamentos ou válvulas neste sistema separador.

Será necessária a realização de uma limpeza manual nas quatro câmaras do sistema separador, retirando os sólidos sedimentados, óleo e graxa uma vez a cada mês ou em um tempo menor se quando houver acúmulo excessivo de sujeira nas câmaras. A sujeira retirada deve ser acondicionada e enviada para um aterro específico.

4.3 - Reservatório preliminar (RP)

Este reservatório não necessita de intervenção humana para a sua operação.

O reservatório preliminar recebe água sob tratamento somente do sistema separador de areia e óleo.

Uma motobomba centrífuga envia a água sob tratamento para o reservatório de entrada. A operação da motobomba é realizada automaticamente através de uma chave bóia elétrica controlada pelo nível de água.

O ajuste da operação da chave bóia elétrica deve ser realizado de maneira a que a motobomba seja ligada antes que o nível de água atinja a tubulação de descarga da água vinda do sistema separador de areia e óleo e desligada antes que o nível de água atinja a válvula de retenção da tubulação de sucção da motobomba. Este ajuste deve ser adotado para que o nível de água não interfira no funcionamento do sistema separador de areia e óleo e também não permita que a motobomba funcione sem água.

Será necessária a realização de limpeza das paredes e fundo do reservatório sempre que a superfície destes apresentar sujeira no fundo ou camada de lodo nas paredes.

4.4 - Reservatório de entrada (RE)

Este reservatório de entrada não necessita de intervenção humana para a operação.

A água sob tratamento pode chegar a este reservatório por três fontes independentes:

- Reservatório preliminar: através da motobomba centrífuga;
- Reservatório intermediário: através do extravasor do mesmo;
- Flotador: através da válvula esfera FAD6.

A bomba submersível localizada neste reservatório leva a água sob tratamento até os biofiltros e um extravasor direciona o excesso de água para a rede de coleta de esgotos da concessionária local.

O funcionamento da bomba submersível acontece de forma automática e a automação é garantida através do acionamento de duas chaves bóia elétrica. O ajuste da chave bóia superior deve ser realizado de maneira a permitir a partida da bomba antes que o nível de água atinja o nível do extravasor deste reservatório, já o acionamento da chave bóia inferior deve ser feito de maneira que a bomba seja desligada assim que o nível da água atinja o corpo da bomba submersível.

Será necessária a realização de limpeza das paredes e fundo do reservatório sempre que a superfície destes apresentar sujeira no fundo ou camada de lodo nas paredes.

4.5 - Biofiltros (BAS)

Os biofiltros recebem água sob tratamento do reservatório de entrada através de uma bomba submersível e após passar pelo biofiltro é direcionada para o reservatório intermediário.

A vazão de água sob tratamento é ajustada pela válvula agulha BAS21, para o biofiltro 1, e BAS22, para o biofiltro 2. De maneira a permitir a continuidade do ajuste de vazão é recomendado que se mantenha a tubulação de recalque da bomba submersível sob pressão, isto é conseguido mantendo-se a válvula de retorno da bomba submersível BAS11 quase totalmente fechada.

O bloqueio completo da passagem de água sob tratamento pelos biofiltros pode ser realizado pela válvula esfera BAS31, para o biofiltro 1, e BAS32 para o biofiltro 2.

A vazão de ar é ajustada pela válvula agulha BAS51, para o biofiltro 1, e BAS52, para o biofiltro 2. A ajuste de vazão de ar deve ser realizado de maneira a garantir uma aeração suficiente para a respiração dos microrganismos presentes no interior dos biofiltros, isso pode ser observado através do odor presente na água que sai de cada biofiltro, caso esta água apresente um cheiro desagradável é necessário aumentar a aeração com a abertura das válvulas BAS51 para o biofiltro 1 e BAS52 para o biofiltro 2.

O bloqueio completo da passagem de ar pelos biofiltros pode ser realizado através da válvula esfera BAS61, para o biofiltro 1, e BAS62 para o biofiltro 2.

Caso haja a necessidade do bloqueio simultâneo da passagem de ar pelos biofiltros, este pode também ser realizado através do fechamento da válvula esfera BAS4, localizada dentro da canaleta de tubos.

Será necessária a realização de medição da vazão de água sob tratamento diariamente e, se necessário, o reajuste da vazão para 4 L/min através das válvulas BAS21, para o biofiltro 1, e FB22, para o biofiltro 2. Caso não se consiga ajustar esta vazão mesmo com as válvulas BAS21 e BAS22

totalmente abertas, fechar lentamente a válvula BAS1, visando ao aumento da pressão na tubulação de recalque da bomba submersível.

Conferir diariamente a presença da aeração através do ruído provocado na válvula de retenção pela passagem de ar pela mesma. A válvula de retenção fica localizada ao lado da válvula BAS61, para o biofiltro 1, e BAS62 para o biofiltro 2.

4.6 - Reservatório intermediário (RI)

Este reservatório não necessita de intervenção humana para a sua operação.

O reservatório intermediário recebe água sob tratamento dos biofiltros e, através da bomba submersível do flotador leva esta água para a câmara de saturação do flotador.

O funcionamento da bomba submersível acontece de forma automática e a automação é garantida através do acionamento de duas chaves bóia elétrica. O ajuste da chave bóia superior deve ser realizado de maneira a permitir a partida da bomba antes que o nível de água atinja o nível do

extravasador deste reservatório, já o acionamento da chave bóia inferior deve ser feito de maneira que a bomba seja desligada assim que o nível da água atinja o corpo da bomba submersível.

O extravasador deste reservatório direciona o excesso de água para o reservatório de entrada.

Será necessária a realização de limpeza das paredes e fundo do reservatório sempre que a superfície destes apresentar sujeira no fundo ou camada de lodo nas paredes.

4.7 - Flotador (FAD)

O flotador é constituído por três câmaras, uma câmara de saturação, uma câmara de flotação e uma câmara de coleta de lodo.

A câmara de saturação recebe água sob tratamento através da bomba submersível do flotador.

O ajuste da vazão de entrada de água na câmara de saturação é realizado pelas válvulas esfera de retorno da bomba submersível FAD1 e pela válvula agulha FAD2. Já para

a vazão de saída de água da câmara de saturação o ajuste é realizado através da válvula agulha FAD4.

O bloqueio total da vazão de água sob tratamento na câmara de saturação pode ser realizado pela válvula esfera FAD3.

Após passar pela câmara de saturação, a água sob tratamento chega até a câmara de flotação através da válvula agulha FAD4.

Da câmara de flotação, a água já tratada pode ser direcionada para o reservatório de água de lavagem através da válvula FAD5 ou para o reservatório de entrada através da válvula FAD6 (somente durante a partida do flotador e até que se atinja o fenômeno de flotação).

O ar comprimido consumido pelo flotador é fornecido pelo compressor de serviço do lavador de veículos e é usado somente na câmara de saturação. Existem duas entradas de ar na câmara de saturação do flotador, uma entrada de ar de serviço, através da válvula reguladora de fluxo FAD7, e outra entrada de ar de partida, através da válvula reguladora de fluxo FAD8. Durante a partida do flotador, as duas válvulas (FAD7 e FAD8) fornecem ar para a câmara de saturação,

porém, após o início da flotação, a entrada de ar de serviço é bloqueada através da válvula esfera FAD9. O ajuste da vazão de ar no flotor deve ser realizado visando o aparecimento de microbolhas na câmara de flotação, porém, sem que estas provoquem turbilhonamento da água nesta câmara.

O bloqueio da passagem de ar pelo flotor pode ser realizado através do fechamento da válvula esfera FAD10, localizada dentro da canaleta de tubos.

A seqüência de partida do flotor é realizada com a partida da bomba submersível e o ajuste da vazão e pressão na câmara de saturação é realizado através das válvulas FAD1, FAD2 e FAD4. É necessário ajustar as três válvulas de maneira a se conseguir uma vazão de saída de 8 L/min a uma pressão de 2,0 kgf/cm².

O ajuste das válvulas FAD1, FAD2 e FAD4 seguem a seguinte regra:

- Vazão baixa e pressão baixa: fechar lentamente a válvula de retorno da bomba do flotor FAD1 ou abrir lentamente a válvula de entrada da câmara de saturação FAD2;
- Vazão baixa e pressão alta: abrir lentamente a válvula de saída da câmara de saturação FAD4;

- Vazão alta e pressão baixa: fechar lentamente a válvula de saída da câmara de saturação FAD4;
- Vazão alta e pressão alta: fechar lentamente a válvula de entrada da câmara de saturação FAD2 ou abrir lentamente a válvula de retorno da bomba do flotor FAD1.

Será necessária a realização de medição da vazão de água sob tratamento diariamente e, se necessário, o ajuste da vazão para 8 L/min através das válvulas FAD1, FAD2 e FAD4, sempre mantendo a pressão na câmara de compressão em 2,5 kgf/cm² (a medição é feita através no manômetro do flotor).

Conferir diariamente a presença do efeito da flotação visualmente observando a superfície da câmara de flotação, caso seja necessário ajustar a vazão de ar da câmara de flotação através da válvula FAD7. A válvula FAD7 deve ser aberta lentamente quando não houver microbolhas suficiente para provocar a flotação das partículas suspensas ou fechada, também lentamente, quando há borbulhamento e agitação da água na câmara de flotação.

Os resíduos gerados no flotor (espuma) deve ser acondicionada e enviada para um aterro específico.

4.8 - Acompanhamento do sistema

Visando assegurar e facilitar o acompanhamento do sistema de tratamento fabricado é apresentada, a seguir, uma tabela com as informações mensais necessárias, os campos são preenchidos com informações diárias.

Tabela de acompanhamento do sistema de tratamento

Mês:														Ano:
Dia	RAL	RE	BAS1				BAS2				FAD			
	DQO mg/L	DQO mg/L	Q L/min	pH	Ar sim/não	DQO mg/L	Q L/min	pH	Ar Sim/não	DQO mg/L	Q L/min	P Kgf/cm ²	pH	DQO mg/L
01														
02														
03														
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														

5 - Problemas e soluções

Problemas	O que fazer
Sujeira acumulada no fundo e paredes dos reservatórios	Realizar limpeza manual no fundo e nas paredes com vassoura e limpar o fundo com motobomba para piscina. OBS: O material retirado pela motobomba deve ser direcionado para um leito de secagem.
Bomba do reservatório preliminar não é acionada pela chave bóia	Verificar a fonte de energia elétrica do sistema ou operação do relé térmico da motobomba e restabelecer. Escorvar a bomba.
Bomba do reservatório preliminar fica ligada e não joga água no reservatório de entrada	Retirar a tubulação de sucção e verificar o funcionamento da válvula de retenção e a possível presença de sujeira presa a ela. Toda sujeira presa à válvula de retenção impossibilita o seu perfeito funcionamento. Para o novo funcionamento da bomba é necessário normalizar o funcionamento da válvula de retenção e preencher a tubulação de sucção da bomba com água até que o nível desta atinja o dispositivo preparado para esta tarefa, localizado junto à bomba centrífuga.
Bomba do reservatório de entrada não é acionada pela chave bóia	Verificar a fonte de energia elétrica do sistema ou operação do relé térmico da bomba submersa e restabelecer. O relé térmico está identificado como QF5 dentro do painel do sistema de tratamento.

Falta de ar comprimido nos biofiltros	Verificar a fonte de energia elétrica no compressor ou operação do relé térmico do mesmo e restabelecer. Conferir abertas as válvulas de entrada dos biofiltros (BAS51 e BAS61 para biofiltro 1 e BAS52 e BAS62 para biofiltro 2) e a válvula geral dos biofiltros (BAS4), localizada na canaleta e próxima ao biofiltro 1.
Aparência e odor desagradável na água sob tratamento na saída dos biofiltros	Este fato ocorre sempre que não existe uma quantidade de ar suficiente para a respiração dos microrganismos dentro dos biofiltros. Para eliminar este problema basta aumentar a vazão de ar nos biofiltros através das válvulas BAS51 para biofiltro 1 e BAS52 para biofiltro 2
Excesso de ar nos biofiltros	Reajustar a vazão de ar através da válvula reguladora de fluxo de cada biofiltro (BAS51 para biofiltro 1 e BAS52 para biofiltro 2), o ajuste pode ser observado através do ruído provocado pela passagem de ar na válvula de retenção localizada ao lado da válvula reguladora de fluxo. O excesso de ar nos biofiltros provoca turbilhonamento no interior destes, causando falta de controle da vazão de água servida e excesso de espuma no sistema coletor de espuma.
Vazão de água servida nos biofiltros diferente de 4 L/min	Ajustar a vazão, individualmente, através da válvula agulha de cada biofiltro (BAS21 para biofiltro 1 e BAS22 para biofiltro 2) e/ou através da válvula BAS1. Para ajudar a manter a vazão constante nos biofiltros é necessário que a

	tubulação de recalque da bomba submersível esteja sob pressão, o que é conseguido com a realização do ajuste da vazão dos biofiltros somente com uma abertura mínima da válvula de retorno da bomba submersível BAS11.
Bomba do reservatório intermediário não é acionada pela chave bóia	Verificar a fonte de energia elétrica do sistema ou operação do relé térmico da bomba submersível e restabelecer. O relé térmico está identificado como QF3 dentro do painel do sistema de tratamento.
Vazão do flotador diferente de 8 L/min	Ajustar a vazão do flotador. Este ajuste de vazão é realizado através de três válvulas: válvula de esfera de retorno da bomba do flotador (FAD1), válvula agulha de entrada da câmara de saturação (FAD2), válvula agulha de saída da câmara de saturação (FAD4), conforme descrito a seguir: -Redução de vazão e redução de pressão: fechar lentamente a válvula de retorno da bomba do flotador (FAD1) ou abrir lentamente a válvula de entrada da câmara de saturação (FAD2); -Redução de vazão e aumento de pressão: abrir lentamente a válvula de saída da câmara de saturação (FAD4); -Aumento de vazão e redução de pressão: fechar lentamente a válvula de saída da câmara de saturação (FAD4); -Aumento de vazão e aumento de pressão: fechar lentamente a válvula de entrada da câmara de saturação (FAD2) ou abrir lentamente a válvula de retorno da bomba do flotador (FAD1).

Turbilhonamento da água sob tratamento na câmara de flotação	Ajustar a vazão de ar através da válvula reguladora de fluxo de operação (FAD7), com fechamento parcial desta válvula.
Falta de flotação da água sob tratamento na câmara de flotação	Ajustar a vazão de ar através da válvula reguladora de fluxo de operação (FAD7), com abertura parcial desta válvula.
Demora do efeito de flotação durante o início da operação do flotador.	Ajustar a vazão de ar através da válvula reguladora de fluxo de partida (FAD8).