Campus de São Carlos

**REMOÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
POR MEIO DA OXIDAÇÃO COM OZÔNIO E
PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E
FILTRAÇÃO LENTA**

Edson Pereira Tangerino

Orientador: Prof. Tit. Luiz Di Bernardo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 02.107.103
Ass.: *Kamari*

REMOÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS POR MEIO DA OXIDAÇÃO COM OZÔNIO E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E FILTRAÇÃO LENTA.

Edson Pereira Tangerino

Tese apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos, da
Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Hidráulica e
Saneamento

DEDALUS - Acervo - EESC

31100043557

Orientador: Prof. Tit. Luiz Di Bernardo

São Carlos (SP)
2003

Class.	TESE EESC
Cat.	6398
Tombo	T175/03
Sysno	132.6168

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

T164r Tangerino, Edson Pereira
Remoção de substâncias húmicas por meio da oxidação
com ozônio e peróxido de hidrogênio e filtração lenta
/ Edson Pereira Tangerino. – São Carlos, 2003.

Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 2003.
Área: Hidráulica e Saneamento.
Orientador: Prof. Tit. Luiz Di Bernardo.

1. Substâncias húmicas. 2. Filtração lenta.
3. Oxidação. 4. Ozônio. 5. Peroxído de hidrogênio. I.
Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **EDSON PEREIRA TANGERINO**

Tese defendida e julgada em 30-05-2003 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Tit. **LUIZ DI BERNARDO (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Dr. **BERNARDO ARANTES DO NASCIMENTO TEIXEIRA**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Prof. Dr. **VALTER LÚCIO DE PÁDUA**
(Universidade Federal de Minas Gerais/UFGM)

Aprovado

Prof. Dr. **MAURÍCIO LUÍS SENS**
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS)

Aprovado

Prof. Dr. **JOSÉ EUCLIDES STIPP PATERNIANI**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

Aprovado

Profa. Associada **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia (Hidráulica e Saneamento) e
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Dedico esse trabalho à minha esposa Tereza, aos meus filhos Edson, Giovana, Tatiana e Natália pelo apoio, compreensão, coragem e amor nos anos de realização desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Luiz Di Bernardo pela orientação, apoio e amizade;

Aos colegas do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS - UNESP pelo apoio e incentivo;

Aos professores e funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos – USP que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho;

Aos amigos Edumar, Hélio e Kátia e Sandro pela amizade e colaboração na fase experimental desse trabalho;

À FAPESP pelo auxílio financeiro à pesquisa;

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Definição e origem de substâncias húmicas.....	5
3.2 Cor verdadeira em águas naturais.....	7
3.3 Mecanismos e métodos usuais de remoção de substâncias húmicas.....	9
3.3.1 Coagulação e floculação e filtração.....	10
3.3.2 Trocadores iônicos/aniônicos.....	11
3.3.3 Filtração em membranas.....	12
3.3.4 Adsorção em carvão ativado.....	13
3.3.5 Processos com oxidação.....	15
3.3.6 Biofiltração com pré oxidação.....	16
3.4 Considerações sobre oxidação com ozônio.....	17
3.4.1 Características do ozônio.....	19
3.4.2 Geração do ozônio.....	19
3.4.3 Transferência do ozônio.....	20
3.4.4 Solubilidade do ozônio na água.....	23
3.4.5 Mecanismos da decomposição do ozônio na água.....	23
3.4.6 Ação do ozônio sobre compostos orgânicos.....	24
3.4.7 Vantagens e desvantagens do uso do ozônio.....	24
3.5 Considerações sobre oxidação com peróxido de hidrogênio.....	25
3.5.1 Características do peróxido de hidrogênio.....	25
3.5.2 Aplicações do peróxido de hidrogênio.....	26

3.6	Considerações sobre processos avançados de oxidação.....	26
3.6.1	Ozônio/peróxido de hidrogênio.....	27
3.7	Considerações sobre a remoção de matéria orgânica natural em meio aquoso.....	29
3.8	Filtração lenta.....	32
3.8.1	Filtração lenta precedida de pré-oxidação com ozônio.....	34
3.8.2	Filtração em múltiplas etapas –FiME.....	36
3.9	Considerações sobre a revisão bibliográfica.....	39
4	MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1	Descrição da instalação experimental.....	41
4.1.1	Câmara de chegada de água Bruta.....	42
4.1.2	Pré-filtros.....	44
4.1.2.1	Pré-filtro dinâmico (PFD).....	44
4.1.2.2	Linhas de pré-filtros de escoamento ascendente (PFVA).....	44
4.1.3	Filtros lentos.....	45
4.1.3.1	Filtros lentos FLC1 e FLC2.....	45
4.1.3.2	Filtros lentos FLA1 e FLA2.....	45
4.1.4	Sistema de oxidação com peróxido de hidrogênio.....	50
4.1.5	Sistema de ozonização.....	51
4.2	Obtenção e aplicação das substâncias húmicas.....	53
4.3	Ensaio realizado	54
4.4	Fluxograma de cada ensaio realizado.....	56
4.5	Ensaio auxiliares de oxidação.....	66
4.6	Análises estatísticas dos dados.....	66
4.7	Métodos e frequências de determinação dos parâmetros.....	67
4.7.1	Determinação da dosagem de ozônio consumida.....	69
4.7.2	Determinação do residual de peróxido de hidrogênio.....	70
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
5.1	Considerações iniciais.....	71
5.2	Caracterização das substâncias húmicas extraídas para os ensaios.....	71
5.3	Oxidantes empregados.....	72
5.4	Problemas enfrentados na operação da instalação durante a execução dos ensaios.....	73
5.5	Remoção de cor verdadeira.....	73
5.5.1	Avaliação geral da remoção de cor verdadeira.....	73
5.5.2	Avaliação da remoção de cor verdadeira em cada ensaio.....	75

5.5.2.1	Primeiro ensaio.....	75
5.5.2.2	Segundo ensaio.....	79
5.5.2.3	Terceiro ensaio.....	82
5.5.2.4	Quarto ensaio.....	87
5.5.2.5	Quinto ensaio.....	92
5.5.3	Avaliação dos processos pré-oxidação/filtração lenta quanto à remoção de cor verdadeira.....	96
5.5.4	Desempenho dos filtros, quanto à remoção de cor verdadeira, em função da pré-oxidação.....	102
5.5.5	Remoção de cor verdadeira nos processos de pré-oxidação.....	106
5.6	Cor aparente.....	112
5.7	Absorvância 254nm.....	122
5.8	Carbono orgânico dissolvido	132
5.9	Oxigênio consumido.....	136
5.10	Outros parâmetros.....	139
5.10.1	Turbidez.....	139
5.10.2	Perda de carga.....	148
5.10.3	<i>Escherichia coli</i> e totais.....	163
5.10.4	Nitrogênio amoniacal e nitrato.....	163
5.10.5	Sólidos suspensos totais.....	166
5.10.6	Número e tamanho de partículas.....	168
5.10.7	Condutividade elétrica.....	172
5.10.8	Alcalinidade, Potencial Hidrogeniônico e Temperatura.....	173
5.10.9	Metais.....	174
5.10.10	Oxigênio dissolvido.....	176
5.11	Relação entre parâmetros característicos da água.....	177
5.11.1	Relação entre número de partículas e turbidez.....	177
5.11.2	Relação entre carbono orgânico dissolvido e absorvância 254nm.....	178
5.11.3	Relação entre turbidez e a diferença entre cor aparente e verdadeira.....	181
5.11.4	Relação entre cor verdadeira determinada pelo processo de centrifugação e por filtração em membranas 0,45nm.....	183
5.11.5	Relação entre absorvância 254nm e cor verdadeira.....	185
6	CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES.....	186
	ANEXO A – Resultados dos testes estatísticos.....	190
	ANEXO B – Tabelas de Dados.....	206
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	260

ANEXO A – Relação dos testes estatísticos

TABELA A1:	Teste t entre cor verdadeira efluentes dos filtro FLC2 e FLA2..	191
TABELA A2:	Teste t entre efluentes dos filtros FLC1 e FLC2.....	191
TABELA A3:	Teste t entre efluentes dos filtros FLC1 e FLA1.....	191
TABELA A4:	Teste ANOVA entre os valores de cor aparente dos efluentes dos filtros e teste ANOVA entre os valores das remoções percentuais de cor aparente dos tratamentos.....	192
TABELA A5:	Testes t entre os valores de cor aparente dos efluentes dos filtros.....	192
TABELA A6:	Teste não paramétrico nos dados de COD do primeiro ensaio.....	192
TABELA A7:	Teste não paramétrico nos dados de OC do primeiro ensaio.....	193
TABELA A8:	Teste ANOVA para os efluentes dos quatro filtros lentos do segundo ensaio	193
TABELA A9:	Teste t entre os tratamentos com pré oxidação com peróxido e ozônio e com peróxido apenas, filtros com carvão ativado.....	193
TABELA A10:	Teste t entre os tratamentos com pré oxidação com peróxido e ozônio e com peróxido apenas, filtros com leito de areia.....	194
TABELA A11:	Teste t entre os tratamentos com água natural e pré oxidação com peróxido de hidrogênio e ozônio.....	194
TABELA A12:	Teste t entre os tratamentos com água natural e pré oxidação com peróxido de hidrogênio.....	194
TABELA A13:	Testes t entre os valores de cor aparente dos efluentes dos filtros com e sem carvão.....	195
TABELA A14:	Testes t entre filtros de mesmo leito filtrante, mas com pré-oxidantes diferentes.....	195
TABELA A15:	Teste não paramétrico nos dados de COD do segundo ensaio.....	195
TABELA A16:	Teste não paramétrico nos dados de OC do segundo ensaio.....	196
TABELA A17:	Teste ANOVA entre os tratamentos com NPF e SH e pré oxidação com peróxido de hidrogênio e ozônio mais peróxido apenas.....	196
TABELA A18:	Teste t entre os tratamentos com carvão ativado, com NPF e SH e pré oxidação com peróxido de hidrogênio e ozônio	197
TABELA A19:	Teste t entre os tratamentos com filtros com areia, com NPF e SH e pré oxidação com peróxido de hidrogênio mais ozônio	197
TABELA A20:	Teste ANOVA nos valores de cor aparente dos efluentes dos filtros e dos valores de remoção de cor nos processos oxidação/filtração lenta.....	197
TABELA A21:	Teste t entre os valores de cor dos efluentes dos filtros com carvão e entre os dos filtros com areia.....	198
TABELA A22:	Teste não paramétrico nos dados de COD do terceiro ensaio.....	198
TABELA A23:	Teste não paramétrico nos dados de OC do terceiro ensaio.....	198
TABELA A24:	Teste ANOVA entre os tratamentos com NPF e SH e pré oxidação com ozônio e ozônio mais peróxido apenas.....	199
TABELA A25:	Teste t entre os tratamentos com filtros com areia e areia e carvão, com NPF e SH e pré oxidação com ozônio.....	199
TABELA A26:	Teste t entre os tratamentos com filtros com areia, com NPF e SH e pré oxidação com ozônio mais peróxido de hidrogênio.....	199

TABELA A27	Teste t entre os tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF e SH e pré oxidação com ozônio e ozônio mais peróxido de hidrogênio.....	200
TABELA A28	Teste t entre os tratamentos com filtros com areia, com NPF e SH e pré oxidação com ozônio e ozônio mais peróxido de hidrogênio....	200
TABELA A29	Teste ANOVA nos valores de cor para rente dos efluentes dos filtros e dos valores de remoção de cor nos processos oxidação/filtração lenta.....	200
TABELA A30	Teste t entre os valores de cor dos efluentes dos filtros com carvão e entre os dos filtros com areia.....	201
TABELA A31	Teste não paramétrico nos dados de COD do quarto ensaio.....	201
TABELA A32	Teste não paramétrico nos dados de OC do quarto ensaio.....	201
TABELA A33	Teste t entre os tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF e pré oxidação com ozônio mais peróxido de hidrogênio.....	202
TABELA A34	Teste t entre percentagens de remoção nos tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF e pré oxidação com ozônio mais peróxido de hidrogênio.....	202
TABELA A35	Teste t entre os tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF/SH e sem pré oxidação.....	202
TABELA A36	Teste t entre percentagens de remoção nos tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF/SH e sem pré oxidação.....	203
TABELA A37	Teste t entre os valores de cor aparente dos efluentes dos filtros com e sem carvão ativado.....	203
TABELA A38	Teste ANOVA na remoção percentual de absorvância pelo FLC2 com água NPF/SH e teste t na remoção percentual de absorvância pelo FLC2 com água NPF.....	204
TABELA A39	Teste não paramétrico nos dados de COD do quinto ensaio.....	204
TABELA A40	Teste não paramétrico nos dados de OC do quinto ensaio.....	205

ANEXO B – Relação das Tabelas

TABELA B1:	Valores de absorvância 254nm no primeiro ensaio.....	207
TABELA B 2:	Valores de absorvância 254nm no segundo ensaio.....	207
TABELA B 3:	Valores de absorvância 254nm no terceiro ensaio.....	208
TABELA B 4:	Valores de absorvância 254nm no quarto ensaio.....	208
TABELA B 5:	Valores de absorvância 254nm no quinto ensaio.....	209
TABELA B 6:	Valores de carbono orgânico dissolvido no primeiro ensaio.....	210
TABELA B 7:	Valores de carbono orgânico dissolvido no segundo ensaio.....	210
TABELA B 8:	Valores de carbono orgânico dissolvido no terceiro ensaio.....	211
TABELA B 9:	Valores de carbono orgânico dissolvido no quarto ensaio.....	211
TABELA B 10:	Valores de carbono orgânico dissolvido no quinto ensaio.....	212
TABELA B 11:	Valores de coliformes totais no primeiro ensaio.....	212
TABELA B 12:	Valores de <i>Escherichia coli</i> no primeiro ensaio.....	213
TABELA B 13:	Valores de coliformes totais no segundo ensaio.....	213
TABELA B 14:	Valores de <i>Escherichia coli</i> no segundo ensaio.....	213
TABELA B 15:	Valores de coliformes totais no quarto ensaio.....	213
TABELA B 16:	Valores de <i>Escherichia coli</i> no quarto ensaio.....	213
TABELA B 17:	Valores de coliformes totais no quinto ensaio.....	214
TABELA B 18:	Valores de <i>Escherichia coli</i> no quinto ensaio.....	214
TABELA B 19:	Valores de condutividade no primeiro ensaio.....	214
TABELA B 20:	Valores de condutividade no segundo ensaio.....	214
TABELA B 21:	Valores de condutividade no terceiro ensaio.....	215
TABELA B 22:	Valores de condutividade no quarto ensaio.....	215
TABELA B 23:	Valores de condutividade no quinto ensaio.....	215
TABELA B 24:	Valores de cor aparente no primeiro ensaio.....	216
TABELA B 25:	Valores de cor aparente no segundo ensaio.....	217
TABELA B 26:	Valores de cor aparente no terceiro ensaio.....	218
TABELA B 27:	Valores de cor aparente no quarto ensaio.....	219
TABELA B 28:	Valores de cor aparente no quinto ensaio.....	220
TABELA B 29:	Valores de cor verdadeira no primeiro ensaio.....	221
TABELA B 30:	Valores de cor verdadeira no segundo ensaio.....	222
TABELA B 31:	Valores de cor verdadeira no terceiro ensaio.....	223
TABELA B 32:	Valores de cor verdadeira no quarto ensaio.....	224

TABELA B 33:	Valores de cor verdadeira no quinto ensaio.....	225
TABELA B 34:	Valores de cor verdadeira filtrada no quarto ensaio.....	226
TABELA B 35:	Valores de cor verdadeira filtrada no quinto ensaio.....	227
TABELA B 36:	Valores de concentração de metais no primeiro ensaio.....	228
TABELA B 37:	Valores de concentração de metais no segundo ensaio.....	228
TABELA B 38:	Valores de concentração de metais no quarto ensaio.....	229
TABELA B 39:	Valores de concentração de metais no quinto ensaio.....	229
TABELA B 40:	Valores de concentração de nitrato no primeiro ensaio.....	229
TABELA B 41:	Valores de concentração de nitrato no segundo ensaio.....	229
TABELA B 42:	Valores de concentração de nitrato no terceiro ensaio.....	230
TABELA B 43:	Valores de concentração de nitrato no quarto ensaio.....	230
TABELA B 44:	Valores de concentração de nitrato no quinto ensaio.....	230
TABELA B 45:	Valores de concentrações de oxidantes no primeiro ensaio.....	231
TABELA B 46:	Valores de concentrações de oxidantes no segundo ensaio.....	232
TABELA B 47:	Valores de concentrações de oxidantes no terceiro ensaio.....	233
TABELA B 48:	Valores de concentrações de oxidantes no quarto ensaio.....	234
TABELA B 49:	Valores de concentrações de oxidantes no quinto ensaio.....	235
TABELA B 50:	Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no primeiro ensaio.....	236
TABELA B 51:	Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no segundo ensaio.....	236
TABELA B 52:	Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no terceiro ensaio.....	236
TABELA B 53:	Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no quarto ensaio.....	236
TABELA B 54:	Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no quinto ensaio.....	236
TABELA B 55:	Valores de concentrações de oxigênio consumido no primeiro ensaio.....	237
TABELA B 56:	Valores de concentrações de oxigênio consumido no segundo ensaio.....	237
TABELA B 57:	Valores de concentrações de oxigênio consumido no terceiro ensaio.....	237
TABELA B 58:	Valores de concentrações de oxigênio consumido no quarto ensaio.....	237
TABELA B 59:	Valores de concentrações de oxigênio consumido no quinto ensaio.....	238
TABELA B 60:	Valores de leituras piezométricas e taxa superficial de aplicação no primeiro ensaio.....	239
TABELA B 61:	Valores de leituras piezométricas e taxa superficial de aplicação no segundo ensaio.....	240
TABELA B 62:	Valores de leituras piezométricas e taxa superficial de aplicação no terceiro ensaio.....	241

TABELA B 63:	Valores de leituras piezométricas e taxa superficial de aplicação no quarto ensaio.....	242
TABELA B 64:	Valores de leituras piezométricas e taxa superficial de aplicação no quinto ensaio.....	243
TABELA B 65:	Valores de pH no primeiro ensaio.....	244
TABELA B 66:	Valores de pH no segundo ensaio.....	245
TABELA B 67:	Valores de pH no terceiro ensaio.....	246
TABELA B 68:	Valores de pH no quarto ensaio.....	247
TABELA B 69:	Valores de pH no quinto ensaio.....	248
TABELA B 70:	Valores de sólidos suspensos totais no primeiro ensaio.....	249
TABELA B 71:	Valores de sólidos suspensos totais no segundo ensaio.....	249
TABELA B 72:	Valores de sólidos suspensos totais no quarto ensaio.....	249
TABELA B 73:	Valores de sólidos suspensos totais no quinto ensaio.....	249
TABELA B 74:	Valores de temperatura no primeiro e segundo ensaio.....	250
TABELA B 75:	Valores de temperatura no terceiro e quarto ensaio.....	251
TABELA B 76:	Valores de temperatura no quinto ensaio.....	252
TABELA B 77:	Valores de turbidez no primeiro ensaio.....	253
TABELA B 78:	Valores de turbidez no segundo ensaio.....	254
TABELA B 79:	Valores de turbidez no terceiro ensaio.....	255
TABELA B 80:	Valores de turbidez no quarto ensaio.....	256
TABELA B 81:	Valores de turbidez no quinto ensaio.....	257
TABELA B 82:	Valores de nitrogênio amoniacal no primeiro ensaio.....	258
TABELA B 83:	Valores de nitrogênio amoniacal no segundo ensaio.....	258
TABELA B 84:	Valores médios do número de partículas de cada tamanho para cada ensaio.....	258
TABELA B 85:	Valores de absorvância e cor aparente nos ensaios especiais na coluna de ozonização com água NPF.....	259
TABELA B 86:	Valores de absorvância e cor verdadeira e aparente nos ensaios especiais na coluna de ozonização com água NPF/SH.....	259

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Tipos de câmaras de contato em função do fluxo	21
FIGURA 2 -	Tipos de câmaras de contato em função do fluxo.....	22
FIGURA 3 -	Misturadores tipo turbina.....	22
FIGURA 4 -	Efeito da dosagem de ozônio sobre absorção de UV, geosmin e CODB na água tratada.....	28
FIGURA 5 -	Efeito da variação da relação H_2O_2/O_3 sobre UV, geosmin e CODB na água tratada.....	29
FIGURA 6 -	Vista superior da instalação de Filtração em Múltiplas Etapas.....	41
FIGURA 7 -	Fluxograma geral da instalação FiME.....	43
FIGURA 8a -	Planta do Pré-filtro dinâmico.....	46
FIGURA 8b	Corte do Pré-filtro dinâmico.....	47
FIGURA 9 -	Pré-filtro vertical de escoamento ascendente.....	47
FIGURA 10 -	Filtros lentos FLC1, FLA1, FLC2 e FLA2.....	48
FIGURA 11 -	Bombonas de SH , H_2O_2 e bombas dosadoras tipo peristáltica.....	49
FIGURA 12 -	Recipiente com H_2O_2 concentrado e bombona com o produto dissolvido para aplicação.....	50
FIGURA 13 -	Vista interna do gerador de ozônio.....	51
FIGURA 14 -	Medidores de ozônio fase gasosa e líquida.....	52
FIGURA 15 -	Fluxograma da instalação no primeiro ensaio.....	56
FIGURA 16 -	Esquema vertical da instalação no primeiro ensaio.....	57
FIGURA 17 -	Fluxograma da instalação no segundo ensaio.....	58
FIGURA 18 -	Esquema vertical da instalação no segundo ensaio.....	59
FIGURA 19 -	Fluxograma da instalação no terceiro ensaio.....	60
FIGURA 20 -	Esquema vertical da instalação no terceiro ensaio.....	61
FIGURA 21 -	Fluxograma da instalação no quarto ensaio.....	62
FIGURA 22 -	Esquema vertical da instalação no quarto ensaio.....	63
FIGURA 23 -	Fluxograma da instalação no quinto ensaio.....	64
FIGURA 24 -	Esquema vertical da instalação no quinto ensaio.....	65

FIGURA 25 -	Variação da cor verdadeira ao longo do tempo no primeiro ensaio.....	76
FIGURA 26 -	Remoção de cor verdadeira ao longo do tempo no FLC2 e nos conjuntos coluna de ozonização/filtros FLC1 e FLA1 no primeiro ensaio.....	77
FIGURA 27 -	Remoção de cor verdadeira ao longo do tempo nos filtros FLC1 e FLA1 em relação à saída da coluna de ozonização.....	78
FIGURA 28 -	Variação da cor remanescente dos filtros FLC1 e FLC2 em função da variação da cor afluyente.....	78
FIGURA 29 -	Cor verdadeira e dosagem de pré-oxidantes ao longo do tempo de operação no ensaio 2.....	79
FIGURA 30 -	Cor verdadeira remanescente nos filtros lentos ao longo do tempo de operação no ensaio 2.....	80
FIGURA 31 -	Cor remanescente dos filtros FLC1 e FLA1, com água pré-oxidada com peróxido de hidrogênio e ozônio.....	81
FIGURA 32 -	Cor remanescente dos filtros FLC2 e FLA2, com água pré-oxidada com peróxido de hidrogênio no segundo ensaio.....	81
FIGURA 33 -	Remoção percentual de cor verdadeira no ensaio 2.....	82
FIGURA 34 -	Variação da cor verdadeira ao longo do tempo de operação no ensaio 2.....	83
FIGURA 35 -	Remoção de cor verdadeira no sistema com pré-oxidação, com H_2O_2 e O_3 e filtração lenta no segundo ensaio.....	84
FIGURA 36 -	Remoção de cor verdadeira no sistema com pré-oxidação com H_2O_2 e filtração lenta.....	85
FIGURA 37 -	Comparação da remoção de cor verdadeira nos sistemas com pré-oxidação e filtração lenta com e sem carvão ativado.....	86
FIGURA 38 -	Variação da cor verdadeira ao longo do tempo de operação no ensaio 4.....	87
FIGURA 39 -	Evolução da cor verdadeira a partir do afluyente com substâncias húmicas, coluna de ozonização e filtros FLC1 e FLA1 com o tempo de operação no quarto ensaio.....	88
FIGURA 40 -	Remoção percentual de cor verdadeira nos sistemas de oxidação e filtros lentos, no quarto ensaio.....	89
FIGURA 41 -	Comparação dos rendimentos dos sistema com oxidação com ozônio e filtração lenta com carvão ativado (FLC1) e sistema com oxidação com ozônio e peróxido e filtro com carvão (FLC2).....	90
FIGURA 42 -	Comparação dos rendimentos dos sistema oxidação com ozônio e filtração lenta com areia apenas (FLA1) e sistema com oxidação por ozônio e peróxido e filtro de areia (FLA2).....	91
FIGURA 43 -	Variação da cor verdadeira ao longo do tempo de operação no ensaio 5.....	92
FIGURA 44 -	Influência da dosagem de oxidantes na variação da cor remanescente dos filtros FLC1 e FLA1.....	93
FIGURA 45 -	Relações entre cor efluente e afluyente nos filtros em função da dosagem de peróxido de hidrogênio.....	94
FIGURA 46 -	Variação da relação entre os valores de cor de entrada e saída dos filtros FLC2 e FLA2 em relação à variação da diferença de cor entre os pontos SH e PFVA.....	95
FIGURA 47 -	Relação entre valores de cor afluyente e efluente de cada filtro ao longo do tempo, no quinto ensaio.....	95
FIGURA 48 -	Variações da remoção de cor no processo oxidação/filtro FLC1 com o tempo de operação nos ensaios.....	97

FIGURA 49 -	Variações da remoção de cor no filtro FLC1 com o tempo de operação nos ensaios.....	97
FIGURA 50 -	Variações da remoção de cor no processo oxidação/filtro FLA1 com o tempo de operação nos ensaios.....	98
FIGURA 51 -	Variações da remoção de cor no filtro FLA1 com o tempo de operação nos ensaios.....	98
FIGURA 52 -	Variações da remoção de cor no processo oxidação/filtro FLC2 com o tempo de operação nos ensaios.....	99
FIGURA 53 -	Variações da remoção de cor no filtro FLC2 com o tempo de operação nos ensaios.....	100
FIGURA 54 -	Variações da remoção de cor no processo oxidação/filtro FLA2 com o tempo de operação nos ensaios.....	101
FIGURA 55 -	Variações da remoção de cor no filtro FLA2 com o tempo de operação nos ensaios.....	101
FIGURA 56 -	Variações da remoção de cor no processo oxidação/filtros de areia com o tempo de operação nos ensaios (água NPF).....	103
FIGURA 57 -	Variações da remoção de cor no processo oxidação/filtros de areia com o tempo de operação nos ensaios (água NPF/SH).....	103
FIGURA 58 -	Variações da remoção de cor no processo oxidação/filtros com carvão com o tempo de operação nos ensaios (água NPF).....	104
FIGURA 59 -	Variações da remoção de cor no processo oxidação/filtros com carvão com o tempo de operação nos ensaios (água NPF/SH).....	105
FIGURA 60 -	Comparação dos resultados de remoção de cor nos filtros quando receberam água pré-oxidada com ozônio/peróxido e peróxido/ozônio..	105
FIGURA 61 -	Remoção de cor verdadeira em função da dosagem de ozônio, em todos os ensaios realizados.....	106
FIGURA 62 -	Remoção de cor verdadeira em função da dosagem de ozônio, em água NPF.....	107
FIGURA 63 -	Remoção de cor verdadeira em função da dosagem de ozônio, em água NPF/SH.....	107
FIGURA 64 -	Relação entre cor afluenta e cor removida, para água NPF/SH, ensaio 4.....	108
FIGURA 65 -	Relação entre cor afluenta e cor removida, para água NPF, ensaio 5.....	108
FIGURA 66 -	Relação entre cor removida e cor afluenta de água NPF.....	109
FIGURA 67 -	Cor verdadeira ao longo do tempo à montante e jusante da coluna de ozonização e dosagem de ozônio no primeiro ensaio.....	110
FIGURA 68 -	Cor verdadeira ao longo do tempo à montante e jusante dos pontos de aplicação dos oxidantes e dosagem de ozônio e peróxido no segundo ensaio.....	110
FIGURA 69 -	Remoção de absorvância e cor aparente e verdadeira em função de H_2O_2/O_3 Água com substâncias húmicas.....	111
FIGURA 70 -	Remoção de absorvância e de cor aparente e verdadeira em função da variação da dosagem de ozônio, em água contendo substâncias húmicas.....	112
FIGURA 71 -	Variação da cor aparente ao longo do primeiro ensaio.....	114
FIGURA 72 -	Variação da cor aparente ao longo do segundo ensaio.....	115
FIGURA 73 -	Variação da cor aparente ao longo do terceiro ensaio.....	115
FIGURA 74 -	Variação da cor aparente ao longo do quarto ensaio.....	116
FIGURA 75 -	Variação da cor aparente ao longo do quinto ensaio.....	116

FIGURA 76 -	Frequência acumulada de cor aparente remanescente no ensaio 2, água NPF.....	117
FIGURA 77 -	Frequência acumulada de cor aparente remanescente no ensaio 5, com água NPF e NPF/SH.....	118
FIGURA 78 -	Frequência acumulada de cor aparente remanescente no ensaio 3, com água NPF/SH.....	119
FIGURA 79 -	Frequência acumulada de cor aparente remanescente no ensaio 4, com água NPF/SH.....	119
FIGURA 80 -	Influência da pré-oxidação de água NPF como afluente na remoção de cor aparente em filtros com camada intermediária de carvão ativado....	120
FIGURA 81 -	Influência da pré-oxidação de água NPF como afluente na remoção de cor aparente em filtros com leito de areia.....	121
FIGURA 82 -	Influência da pré-oxidação de água NPF/SH como afluente na remoção de cor aparente em filtros com camada intermediária de carvão ativado.....	122
FIGURA 83 -	Influência da pré-oxidação de água NPF/SH como afluente na remoção de cor aparente em filtros com leito de areia.....	122
FIGURA 84 -	Variação da absorvância 254nm remanescente com o tempo no quarto ensaio.....	123
FIGURA 85 -	Variação dos valores de absorvância no primeiro ensaio.....	125
FIGURA 86 -	Variação dos valores de absorvância no segundo ensaio.....	125
FIGURA 87 -	Variação dos valores de absorvância no terceiro ensaio.....	126
FIGURA 88 -	Variação dos valores de absorvância no quarto ensaio.....	126
FIGURA 89 -	Variação dos valores de absorvância no quinto ensaio.....	127
FIGURA 90 -	Remoção percentual de absorvância nos processos oxidação/filtração lenta ao longo do tempo de operação do quinto ensaio.....	128
FIGURA 91 -	Relação entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com CAG, nos ensaios com água NPF para cada tipo de pré-oxidação empregada.....	129
FIGURA 92 -	Relação entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com areia, nos ensaios com água NPF para cada tipo de pré-oxidação empregada.....	129
FIGURA 93 -	Relação entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com CAG, nos ensaios com água NPF/SH para cada tipo de pré-oxidação empregada.....	130
FIGURA 94 -	Relação entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com areia, nos ensaios com água NPF/SH para cada tipo de pré-oxidação empregada.....	131
FIGURA 95 -	Remoção de absorvância na coluna de ozonização em função da dosagem de oxidantes, no ensaio 5.....	131
FIGURA 96 -	Variação dos valores de COD nos filtros FLC1 e FLA1 e à montante dos mesmos no quinto ensaio.....	133
FIGURA 97 -	Variação dos valores de COD nos filtros FLC2 e FLA2 e à montante dos mesmos no quinto ensaio.....	133
FIGURA 98 -	Remoção percentual de COD nos filtros lentos, no terceiro ensaio.....	134
FIGURA 99 -	Variação dos valores de COD e dosagem de oxidantes ao longo do tempo de operação no ensaio 5.....	135
FIGURA 100 -	Valores de COD antes e após aplicação das substâncias húmicas, no quinto ensaio.....	136

FIGURA 101 - Valores de OC ao longo do primeiro ensaio.....	137
FIGURA 102 - Valores de OC ao longo do segundo ensaio.....	137
FIGURA 103 - Valores de OC ao longo do terceiro ensaio.....	138
FIGURA 104 - Valores de OC ao longo do quarto ensaio.....	138
FIGURA 105 - Valores de oxigênio consumido ao longo do quinto ensaio.....	139
FIGURA 106 - Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no primeiro ensaio.....	141
FIGURA 107 - Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no segundo ensaio.....	142
FIGURA 108 - Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no terceiro ensaio.....	142
FIGURA 109 - Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no quarto ensaio.....	143
FIGURA 110 - Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no quinto ensaio.....	143
FIGURA 111 - Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluente e dosagem de oxidantes no primeiro ensaio.....	145
FIGURA 112 - Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluente e dosagem de oxidantes no segundo ensaio.....	146
FIGURA 113 - Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluente e dosagem de oxidantes no terceiro ensaio.....	146
FIGURA 114 - Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluente e dosagem de oxidantes no quarto ensaio.....	147
FIGURA 115 - Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluente e dosagem de oxidantes no quinto ensaio.....	147
FIGURA 116 - Leituras piezométricas no filtro FLC1 no primeiro ensaio.....	148
FIGURA 117 - Leituras piezométricas no FLA1 no primeiro ensaio.....	149
FIGURA 118 - Leituras piezométricas no filtro FLC2 no primeiro ensaio.....	149
FIGURA 119 - Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidante ao longo do tempo de operação no primeiro ensaio.....	150
FIGURA 120 - Leituras piezométricas no filtro FLC1 no segundo ensaio.....	151
FIGURA 121- Leituras piezométricas no filtro FLA1 no segundo ensaio.....	151
FIGURA 122 - Leituras piezométricas no filtro FLC2 no segundo ensaio.....	152
FIGURA 123 - Leituras piezométricas no filtro FLA2 no segundo ensaio.....	152
FIGURA 124 - Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidante ao longo do tempo de operação no segundo ensaio.....	153
FIGURA 125 - Leituras piezométricas no filtro FLC1 no terceiro ensaio.....	154
FIGURA 126 - Leituras piezométricas no filtro FLA1 no terceiro ensaio.....	154
FIGURA 127 - Leituras piezométricas no filtro FLC2 no terceiro ensaio.....	155
FIGURA 128 - Leituras piezométricas no filtro FLA2 no terceiro ensaio.....	155
FIGURA 129 - Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidante ao longo do tempo de operação no terceiro ensaio.....	15

FIGURA 130 - Leituras piezométricas no filtro FLC1 no quarto ensaio.....	157
FIGURA 131 - Leituras piezométricas no filtro FLA1 no quarto ensaio.....	157
FIGURA 132 - Leituras piezométricas no filtro FLC2 no quarto ensaio.....	158
FIGURA 133 - Leituras piezométricas no filtro FLA2 no quarto ensaio.....	158
FIGURA 134 - Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidantes ao longo do tempo de operação no quarto ensaio.....	159
FIGURA 135 - Leituras piezométricas no filtro FLC1 no quinto ensaio.....	160
FIGURA 136 - Leituras piezométricas no filtro FLA1 no quinto ensaio.....	160
FIGURA 137 - Leituras piezométricas no filtro FLC2 no quinto ensaio.....	161
FIGURA 138 - Leituras piezométricas no filtro FLA2 no quinto ensaio.....	161
FIGURA 139 - Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidantes ao longo do tempo de operação no quinto ensaio.....	162
FIGURA 140 - Variação dos valores de nitrogênio amoniacal no decorrer do primeiro ensaio.....	164
FIGURA 141 - Variação dos valores de nitrato no decorrer do primeiro ensaio.....	165
FIGURA 142 - Valores de sólidos suspensos totais ao longo do primeiro ensaio.....	167
FIGURA 143 - Valores de sólidos suspensos totais ao longo do segundo ensaio.....	167
FIGURA 144 - Valores de sólidos suspensos totais ao longo do quarto ensaio.....	168
FIGURA 145 - Valores de sólidos suspensos totais ao longo do quinto ensaio.....	168
FIGURA 146 - Distribuição média de partículas verificadas no primeiro ensaio.....	169
FIGURA 147 - Distribuição média de partículas verificadas no segundo ensaio.....	170
FIGURA 148 - Distribuição média de partículas verificadas no quarto ensaio.....	170
FIGURA 149 - Distribuição média de partículas verificadas no quinto ensaio.....	171
FIGURA 150 - Distribuição média de partículas em cada ponto de amostragem em função do tamanho das partículas, verificadas no quinto ensaio.....	171
FIGURA 151 - Relação entre o número total de partículas e a turbidez com os dados dos cinco ensaios realizados.....	178
FIGURA 152 - Relação entre carbono orgânico dissolvido e absorvância, no quinto ensaio.....	179
FIGURA 153 - Relação entre carbono orgânico dissolvido e absorvância 254nm, considerando todos pares de valores obtidos nos cinco ensaios.....	179
FIGURA 154 - Variação do COD e ABS com o tempo de operação no terceiro ensaio	180
FIGURA 155 - Relação entre COD e ABS no terceiro ensaio.....	181
FIGURA 156 - Relação entre os dados de turbidez e diferença entre cor aparente e verdadeira, com os dados do PFVA.....	182
FIGURA 157 - Relação entre os dados de turbidez e diferença entre cor aparente e verdadeira, com os dados do FLC2.....	182
FIGURA 158 - Relação entre os dados de turbidez e diferença entre cor aparente e verdadeira, com todos dados observados nos cinco ensaios.....	183
FIGURA 159 - Relação entre cor verdadeira dos efluentes do FLC1 determinadas pelo processo de centrifugação e por filtração em membranas 0,45nm.....	184

FIGURA 160 - Relação entre cor verdadeira dos efluentes do PFVA determinadas pelo processo de centrifugação e por filtração em membranas 0,45nm..	184
FIGURA 161 Relação entre os valores de absorvância 254nm e cor verdadeira de efluente de filtro lento.....	185

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Composição elementar de substâncias húmicas aquáticas.....	6
TABELA 2 -	Principais características estruturais de substâncias húmicas aquáticas.....	6
TABELA 3 -	Classes de compostos naturais de analisáveis especificamente.....	7
TABELA 4 -	Correlações entre cor, absorvância e carbono orgânico dissolvido...	9
TABELA 5 -	Potenciais de oxidação de alguns elementos.....	25
TABELA 6 -	Efeitos do ponto de injeção do peróxido de hidrogênio.....	28
TABELA 7 -	Qualidade da água para tratamento com filtração lenta sem pré-tratamento.....	33
TABELA 8 -	Remoção típica de cor verdadeira encontrada pela pré-ozonização e filtração lenta em areia.....	35
TABELA 9 -	Efeito da pré-ozonização sobre o tempo de carreira do filtro lento de areia.....	36
TABELA 10 -	Características gerais da água bruta em função do arranjo da ETA-FiME.....	38
TABELA 11 -	Características das unidades filtrantes.....	46
TABELA 12 -	Quadro resumo dos ensaios.....	55
TABELA 13 -	Parâmetros, métodos e frequência de determinação.....	67
TABELA 14 -	Pontos de coletas de amostras e análises a serem efetuadas.....	68
TABELA 15 -	Composição elementar das SHs e razões atômicas dos elementos.....	72
TABELA 16 -	Valores máximos, médios e mínimos de cor verdadeira nos ensaios.....	75
TABELA 17 -	Remoção de cor antes e após aplicação de peróxido de hidrogênio.....	90
TABELA 18 -	Valores máximos, mínimos e médios de turbidez nos ensaios.....	113
TABELA 19 -	Valores máximos, médios e mínimos de absorvância 254nm nos cinco ensaios realizados.....	124
TABELA 20 -	Valores máximos, mínimos e médios de turbidez nos ensaios.....	140
TABELA 21 -	Valores máximos e mínimos de remoção de coliformes totais.....	163
TABELA 22 -	Teste estatístico ANOVA fator único com os dados antes e após do processos de oxidação do quinto ensaio.....	165
TABELA 23 -	Valores máximos, médios e mínimos de sólidos suspensos totais nos ensaios realizados.....	166
TABELA 24 -	Faixa de valores de condutividade elétrica.....	172
TABELA 25 -	Valores médios observados de alcalinidade da água bruta nos ensaios.....	173
TABELA 26 -	Valores máximos, médios e mínimos de temperatura da água bruta e do ar verificados nos ensaios.....	173
TABELA 27 -	Valores máximos e mínimos de pH determinados nos ensaios.....	174

TABELA 28 -	Teste estatístico ANOVA entre os valores de ferro nos vários ponto de amostragem no quinto ensaio.....	175
TABELA 29 -	Teste estatístico t entre os valores de ferro nos efluentes dos filtros FLC1 e FLA1 no quinto ensaio.....	175
TABELA 30 -	Teste estatístico t entre os valores de ferro à montante e jusante da coluna de ozonização no quinto ensaio.....	176
TABELA 31 -	Valores máximos, médios e mínimos de oxigênio dissolvido nos ensaios realizados.....	177

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Água bruta
AF	Ácido fúlvico
AH	Ácido húmico
AU	Unidade de absorvância
C	Carbono
CAG	Carvão ativado granulado
COD	Carbono orgânico dissolvido
CODB	Carbono orgânico dissolvido biodegradável
COT	Carbono orgânico total
CT	Concentração x tempo de contrato
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
D O	Tempo de operação em dias
DQO	Demanda química de oxigênio
EESC-USP	Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo
ETA	Estação de Tratamento de Água
FiME	Filtração em Múltiplas Etapas
FL	Filtro lento
FLC1	Filtro lento com camada intermediária de carvão ativado granular (1)
FLA1	Filtro lento com leito de areia (1)
FLC2	Filtro lento com camada intermediária de carvão ativado granular (2)
FLA2	Filtro lento com leito de areia (2)
G	Gradiente de velocidade
H	Hidrogênio
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
JC	Jusante da coluna
MC	Montante da coluna
MF	Montante dos filtros lentos
MF ₁	Montante dos filtros FLC1 e FLA1
MF ₂	Montante dos filtros FLC2 e FLA2
MON	Matéria orgânica natural
NPF	Natural pré-filtrada
N	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de sódio

NPF/SH	Natural pré-filtrada com aplicação de substâncias húmicas
NMP	Número mais provável
RMN-C ¹³	Ressonância magnética nuclear – carbono 13
OC	Oxigênio consumido
O	Oxigênio
O ₃	Ozônio
OD	Oxigênio dissolvido
OH	Radical hidroxila
P	Fósforo
PFD	Pré-filtro dinâmico
PFVA	Pré-filtro de velocidade ascendente
pH	Potencial hidrogeniônico
S	Enxofre
SH	Substâncias húmicas
SPDs	Subprodutos da desinfecção
SS	Sólidos suspensos
SST	Sólidos suspensos totais
THM	Trihalometano
TA	Taxa superficial de aplicação
T O	Tempo de operação em dias
UF	Ultrafiltração
UFC	Unidades de formadoras de colônias
UV	Ultravioleta
V	volts

LISTA DE SÍMBOLOS

λ	Comprimento de onda
μm	Micrômetro
$\mu\text{s/cm}$	Microsiemens por centímetro
F	Distribuição F
k	Constantes de reações
kg	Quilograma
kD	Quilodaltons
kwh	Quilowatt hora
mg/L	Miligrama por litro
nm	Nanômetro
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
r	Coefficiente de correlação
R^2	Coefficiente de determinação
t	Distribuição t
uH	Unidade de Hazen
uT	Unidade de Turbidez
wh	Watts hora
G	Gradiente de velocidade

RESUMO

A presença de substâncias húmicas na água de abastecimento tem recebido a atenção de diversos pesquisadores nas últimas décadas, pois pode gerar subprodutos ao ser exposta a agentes oxidantes e desinfetantes. A filtração em múltiplas etapas (FiME) se apresenta como uma alternativa para realizar o tratamento de água de comunidades de pequeno porte, entretanto, a eficiência quanto à remoção de cor verdadeira associada ao carbono orgânico dissolvido ou às substâncias húmicas, tem sido questionada ou relatada como baixa. A filtração lenta com pré-ozonização vem sendo utilizada, pois o ozônio atua nas moléculas da matéria orgânica, aumentando sua biodegradabilidade e seus subprodutos desaparecem logo após a aplicação. A aplicação conjunta do ozônio e peróxido de hidrogênio, tem o objetivo de produzir espécies com radicais livres, de vida curta, que sejam altamente reativos e possam oxidar a maior parte das substâncias presentes na água natural. A presente pesquisa avaliou a remoção de substâncias húmicas na filtração lenta, utilizando para essa avaliação parâmetros indiretos como cor verdadeira, absorvância 254 nm e carbono orgânico dissolvido. Foram realizados cinco ensaios utilizando quatro filtros lentos, sendo dois com camada de carvão ativado granular (CAG), em que foram ensaiadas várias alternativas de pré-oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio. Obteve-se, como principal conclusão, que os filtros lentos com CAG, precedidos de oxidação com ozônio e depois peróxido de hidrogênio, em dosagens adequadas, apresentaram remoção média de cor verdadeira de 64% da cor inicial. Concluiu-se, também, que o peróxido de hidrogênio afeta o desenvolvimento da camada biológica, interferindo no desenvolvimento da perda de carga, na remoção de turbidez e na remoção de substâncias húmicas.

Palavras chave: Substâncias húmicas; filtração lenta; oxidação; ozônio; peróxido de hidrogênio

ABSTRACT

The presence of humic substances in the water of supply has been received attention of several researchers in the last decades, because it can generate by-products when being exposed to oxidants and disinfectant. The multistage filtration (FiME) is an alternative considered to achieve water treatment for small size rural communities, however, the efficiency with relationship to the removal of true color associated to the dissolved organic carbon or to the humic substances, it has been questioned or reported as low. The slow filtration with pre-ozonation is being used, since the ozone acted in the molecules of the organic matter of high molecular weight, increasing its biodegradability and by-products disappear soon after the application. The combined application of the ozone and hydrogen peroxide have the objective of producing species with free radicals, of short-lived, that are highly reagents and can oxidize most of the present substances in the natural water. The present research it evaluated the removal of humic substances in the slow sand filtration, using for that evaluation indirect parameters as true color, absorbance 254 nm and dissolved organic carbon. Five experiments were realized using four slow filters, being two with layer of activated carbon to granulate (CAG), in that several pre-oxidation alternatives were rehearsed with ozone and peróxido of hydrogen. It was obtained, as main conclusion that the slow filters with CAG preceded of oxidation with ozone and hydrogen peroxide, in appropriate dosagens, presented medium removal of true color of 64% of the initial color. It was also concludes that the hydrogen peroxide interferes the development of the biological layer, interfering in the development of the loss of head, in the turbidity removal and in the removal of humic substances

Keywords: Humic substances; slow sand filtration; oxidation; ozone; hydrogen peroxide

1 – INTRODUÇÃO

A desinfecção de águas para abastecimento tem ajudado a erradicar doenças veiculadas pela água, sendo o cloro o agente oxidante mais usado, responsável pela inativação de organismos patogênicos causadores dessas doenças. Nos últimos anos, sem tirar os grandes méritos e atributos do cloro, alguns subprodutos tóxicos, foram descobertos nas águas de abastecimento, originados da ação do cloro sobre compostos orgânicos, tais como as ácidos húmicos e fúlvicos.

A presença de MON em águas de abastecimento tem recebido a atenção de diversos pesquisadores desde a década de 70. A presença elevada de MON em mananciais para abastecimento público apresenta aspectos negativos, dentre os quais pode-se citar: confere cor elevada à água bruta; dependendo dos compostos orgânicos presentes, pode causar odor e sabor; pode gerar subprodutos ao ser exposta a agentes oxidantes e desinfetantes, como, cloro, dióxido de cloro, ozônio, cloraminas, radiação ultravioleta, etc., que podem ser tóxicos, cancerígenos, mutagênicos ou teratogênicos e que em elevadas concentrações e longos períodos de exposição podem causar danos à saúde pública. A MON presente em meio aquoso é formada por processos biológicos naturais de degradação de matéria vegetal e sua interação com argila e demais constituintes do solo, como também pela atividade biológica de algas e outros microrganismos.

A filtração lenta de areia é um método de tratamento apropriado para produzir água potável. É simples, de baixo custo e de tecnologia segura que pode ser usada quando a água superficial está facilmente disponível e com qualidade. A filtração lenta em areia é uma tecnologia de tratamento de água eficiente, que pode produzir efluentes com baixa turbidez, baixa quantidade de impurezas dissolvidas, de bactérias, de vírus entéricos e de protozoários (GALVIS et al., 1997). Em filtros lentos de areia o tratamento da água é alcançada através da combinação de processos físico-químicos e biológicos. Segundo DI BERNARDO (1993), o biofilme que se desenvolve sobre a camada de areia, o "schmutzdecke", é uma comunidade heterogênea que consiste em bactérias, algas, protozoários e invertebrados e seus produtos extracelulares, etc., além de precipitados de ferro e manganês, quando esses metais se encontram no afluente. A atividade de microrganismos no schmutzdecke é um dos fatores

chaves para se obter água de boa qualidade, sendo mais pronunciada no topo do meio filtrante, mas se estendendo até cerca de 40 cm de profundidade. Contudo, para que a filtração lenta apresente resultados satisfatórios, é necessário que as características do afluente estejam limitadas a valores relativamente baixos de turbidez, cor verdadeira, sólidos suspensos, coliformes, etc.

Com o aumento da atividade humana, interferindo nas condições de proteção dos mananciais, surgiu a necessidade de se efetuar o pré-tratamento da água a ser utilizada pela filtração lenta. O processo de filtração em múltiplas etapas se apresenta como a melhor alternativa para essa finalidade, sendo uma combinação de tratamentos em filtros de pedregulho e filtros lentos de areia, mantendo as vantagens de exigir baixos custos de implantação, manutenção e operação. Entretanto, segundo CLEASBY et al. (1984), ELLIS (1985) e COLLINS (1991) apud GALVIS et al. (1997), a sua eficiência, quanto à remoção de cor verdadeira associada ao carbono orgânico dissolvido ou a substâncias húmicas, tem sido questionada ou relatada como baixa, (25 a 30%). GALVIS et al. (1997) apresentaram resultados melhores de remoção de cor, obtidos em instalações FiME, em operação na Colômbia. Várias pesquisas vêm sendo realizadas para melhorar a eficiência de remoção de cor, como a utilização de carvão ativado em camada intermediária do filtro lento ou com a aplicação de ozônio na água bruta, que é chamada biofiltração com pré-oxidação.

Estudos desenvolvidos com filtração lenta precedida de pré-oxidação com ozônio se mostraram como opção para a remoção de cor, segundo GREAVES et al. (1988). O ozônio oxida os compostos de peso molecular alto, transformando-os em composto de menor peso molecular, que são mais facilmente biodegradáveis. Segundo ROOK (1974) apud YORDANOV et al. (1996), a ozonização seguida de filtração lenta pode remover muitos dos materiais orgânicos assimiláveis, prevenindo o recrescimento de microrganismos no sistema de distribuição e também reduzindo os produtos potencialmente formadores de trihalometanos.

Vários pesquisadores, dentre eles RACHWAL et al. (1988), GOULD (1985) apud LANGLAIS et al. (1999), estudaram o uso do carvão ativado na filtração lenta. Todos confirmam que o carvão proporciona aumento de remoção de cor, sabor e odor no efluente do filtro lento, reduzindo também os subprodutos da desinfecção. A camada de carvão ativado granular deve estar sob uma camada de areia, que protege o carvão de uma carga excessiva de matéria orgânica particulada; a camada superior de areia funciona como filtro lento natural e o carvão como adsorvedor, segundo COELHO (2002).

Processos avançados de oxidação geram radicais $\text{OH}^\cdot$, que são altamente reativos e são capazes de oxidar várias combinações de compostos na água. Nesses processos ocorre

uma aceleração da taxa de decomposição de ozônio, a concentração de radicais $\text{OH}^\cdot$ é elevada, o que provoca aumentos na taxa de oxidação. Este procedimento aumenta a contribuição de oxidação radicalar em relação a oxidação direta pelo ozônio. Vários métodos podem ser usados para aumentar a decomposição do ozônio, um dos mais comuns envolve a adição de peróxido de hidrogênio, antes ou depois do ozônio, sendo esse processo conhecido como peroxônio. Peroxônio é um dos germicidas mais potentes e efetivos usado em tratamento de água. É ligeiramente mais efetivo que o ozônio contra bactérias, vírus e cisto de protozoário.

2 – OBJETIVO

A presente pesquisa teve a finalidade de avaliar a influência da pré-oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio no desempenho da filtração lenta, com ou sem camada intermediária de carvão ativado granular, com água bruta previamente condicionada em pré-filtros de pedregulho, quanto à remoção de substâncias húmicas. Ênfases específicas foram dadas para:

- Avaliar o efeito da pré-oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio na filtração lenta, quanto à remoção de parâmetros como cor verdadeira, absorvância 254nm e carbono orgânico dissolvido;
- Avaliar o efeito do carvão ativado granular utilizado como camada intermediária na filtração lenta;
- Avaliar as relações entre os parâmetros característicos da água, como absorvância 254nm, carbono orgânico dissolvido e cor verdadeira.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Definição e origem de substâncias húmicas

A água bruta natural contém matéria orgânica composta principalmente de ácidos carboxílicos, amino ácidos, carboidratos e substâncias húmicas.

Segundo THURMAN(1985) apud LANGLAIS et Al. (1991), as substâncias húmicas têm sido usadas para representar os componentes orgânicos naturais presentes na água, em virtude de sua alta concentração na água (30 a 50%) em relação aos demais componentes e sua origem natural. Essas substâncias são resultantes de reações químicas, fotoquímicas e microbiológicas que ocorrem durante a degradação e polimerização de matéria vegetal. Segundo ARBOLEDA (2000), as substâncias húmicas são compostas de carbono orgânico húmico dissolvido, ácidos húmicos (3,8 a 16,2%), fúlvicos (58 a 86%) e himatomelânico (10,2 a 32,2%), sendo este último o mais solúvel ou hidrófilo.

Freqüentemente, os compostos orgânicos naturais são chamados de substâncias húmicas, podendo estes serem classificados de acordo com a sua solubilidade em meio ácido ou alcalino. As substâncias húmicas são usualmente divididas em duas grandes categorias, a saber: ácidos húmicos, sendo estes solúveis em meio alcalino, mas insolúveis em meio ácido; ácidos fúlvicos, solúveis tanto em meio alcalino como em meio ácido. Embora os ácidos húmicos e fúlvicos apresentem semelhanças estruturais, eles possuem grandes diferenças com relação a pesos moleculares, presença de grupos funcionais e proporção de carbono, oxigênio e nitrogênio, segundo MONTGOMERY (1985). Os ácidos fúlvicos apresentam pesos moleculares da ordem de 200 a 1000 unidades de massa atômica, enquanto o peso molecular de determinados ácidos húmicos pode chegar até 200 000 unidades de massa atômica.

LANGLAIS et al. (1991) apresenta uma tabela da composição típica de ácidos fúlvicos e húmicos, dada pela International Humic Substances Society, mostrada na Tabela 1, e cita que a avaliação do comportamento das substâncias húmicas em tratamentos de água, através de análises efetuadas com substâncias húmicas comerciais, nem sempre é apropriada.

TABELA 1: Composição elementar de substâncias húmicas aquáticas (adaptada de LANGLAIS et al. (1991))

	%C	%H	%O	%N	%S	%P	Total
Ácido Fúlvico	53,75	4,29	40,48	0,68	0,5	0,01	99,71
Ácido Húmico	54,22	4,14	39,00	1,21	0,82	0,01	99,40

Segundo LANGLAIS et al. (1991), as substâncias húmicas apresentam muitas propriedades químicas em função da presença de vários grupos funcionais na sua complexa estrutura, que ainda é pouca conhecida. O autor apresenta algumas das características estruturais das substâncias húmicas, mostradas na Tabela 2.

TABELA 2: Principais características estruturais de substâncias húmicas aquáticas (adaptada de LANGLAIS et al. (1991))

Características Estruturais	Comentário	Referência
Peso Aparente Molecular	Depende do método analítico (UF, gel, raioX): A.H. = 2-5 kD A.F. = 0,5-2 kD	Thurman (1985)
Absorvância UV	Nenhuma faixa característica de A.H. absorve mais do que A.F. Para 11 A.F. (com 254nm): 0,025-0,040 AU/mgC	Oleever and Thurman (1983); Legube et al. (1989)
Conteúdo de carbono aromático	Pelo RMN-C ¹³ 20 a 40% do carbono total	Thurman(1985)
Funções carboxílicas	Por titulometria ou RMN-C ¹³ : 4 a 7meq/gAH ou AF Por titulometria para 11 AF: 1 a 4 meq/gAH ou AF	Thurman(1985); Thurman and Malcolm (1983); Legube et al. (1989)
Funções OH-fenólicas	Por titulometria ou RMN-C ¹³ : 1 a 4 meq/gAH ou AF	Thurman(1985); Thurman and Malcolm (1983)
Conteúdo de carboidratos	2 a 4 % do carbono total	Thurman(1985)
Conteúdo de amino ácido	0,5 a 1% do carbono total	

AH = ácido húmico

AF = ácido fúlvico

AU = unidade de absorvância

RMN-C¹³ = ressonância magnética nuclear – carbono 13

Segundo LANGLAIS et al. (1991), as principais propriedades físico-químico das substâncias húmicas incluem:

- forte reatividade com compostos halogênicos, levando a um alto consumo de cloro no tratamento de água potável e produção de vários compostos orgânicos halogenados voláteis e não voláteis, alguns com natureza fortemente mutagênica;

- significativa adsorbilidade em sólidos, tal como carvão ativado e alumina, mas também em colóides minerais, os quais podem interferir na eficiência dos processos de coagulação/floculação;
- possível complexação com traços de metais, tornando-os mais solúveis e dificultando sua remoção, ou possibilitando complexação com coagulantes metálicos, induzindo a precipitação de matérias húmicas durante os processos de clarificação;
- a possibilidade de que possam combinar com micropoluentes orgânicos, incluindo alguns pesticidas, podendo torná-los mais solúveis na água.

Segundo LANGLAIS et al. (1991), ácidos hidrofílicos fazem parte da composição das substâncias húmicas, cerca de 30%, além de ácidos fúlvicos e húmicos, mas pouco é conhecido sobre essas classes de substâncias húmicas, que são compostas principalmente de açúcares ácidos e ácidos orgânicos simples e polimerizados. Ainda segundo o autor, existem outros compostos que são considerados como substâncias húmicas, mas que são determinados através de análises específicas. Segundo Thurman (1985) apud LANGLAIS et al. (1991), esses compostos podem representar de 20 a 25% do carbono orgânico dissolvido (COD) na água. A Tabela 3 mostra alguns desses compostos.

TABELA 3: Classes de compostos naturais analisáveis especificamente (adaptada de LANGLAIS et al. (1991))

Compostos	Tipos
Carboidratos	Monosacarídeos, oligosacarídeos, polisacarídeos, açúcares ácidos, açúcares amino
Ácidos carboxílicos	Ácidos gordurosos, diácidos, ácidos hidroxil, ácidos aromáticos, fenois, taninos
Amino ácidos	Amino ácidos livres, polipetídeos, proteínas
Hidrocarbonos	Compostos alifáticos saturados ou não, simples e poliaromáticos
Traços de compostos	Aldeídos, esteróides, organosulfídeos, álcoois, cetonas, eters, pigmentos de clorofila e outros

3.2 – Cor verdadeira em águas naturais

A água na natureza, apresenta impurezas causadas por partículas de vários tamanhos e origens, que lhe conferem turbidez e cor. As partículas que causam turbidez em geral são bactérias, algas e argila, sob a forma de partículas grosseiras ou suspensas na forma de colóides. Esses colóides apresentam tamanhos que variam desde 1 µm até 1 µ e são de difícil remoção sem coagulação química. A aparência colorida da água é devido a absorção da luz por material dissolvido, ou quando partículas suspensas dispersam a luz. A cor aparente é

devido a luz absorvida e dispersa; a cor verdadeira depende exclusivamente das espécies dissolvidas na água. Segundo LANGLAIS et al. (1991), a cor verdadeira implica na presença de substâncias que absorvem luz com comprimento de onda de 400 a 800 nm, sugerindo a presença de compostos com estrutura poliaromáticas, moléculas condensadas heterocíclicas, ions complexos (como por exemplo carotenóides, ácidos húmicos, permanganatos, ferro II ou manganês), etc.. Muitas moléculas responsáveis pela cor contêm um ou vários anéis aromáticos, absorvendo luz a partir de 250 nm. Ainda segundo LANGLAIS et al. (1991), muitos pesquisadores têm estabelecido correlações entre medidas de cor no espectrofotômetro na faixa de 400 a 500 nm e a absorvância UV em 254 nm, sendo essa medida mais freqüentemente usada na França e nos Estados Unidos para caracterizar a qualidade da água. Embora nem todos anéis aromáticos produzam cor, existe maior correlação entre cor e aromaticidade, quando a cor é atribuída a compostos húmicos, como é o caso de cor de águas naturais. Os ácidos fúlvicos são mais solúveis em água do que ácidos húmicos, exercendo maior função na origem da cor da água, principalmente de charcos e pântanos. Dependendo da concentração das substâncias húmicas na água, sua cor tenderá do amarelo para o preto. Outros compostos além das substâncias húmicas podem conferir cor à água, como a presença de clorofila, produtos a base de enxofre, resíduos de indústrias têxteis, de metais, etc..

A cor natural em geral é devida a presença de matéria orgânica proveniente da degradação de plantas e animais. As partículas coloidais que conferem cor à água são extremamente finas e, segundo BLACH & CHRISTMAN apud ARBOLEDA (2000), as partículas têm tamanhos que variam de 3,5 a 10 μm , valores bem próximos do limite entre dispersão coloidal e solução verdadeira. Segundo ARBOLEDA (2000), existe discussão entre os pesquisadores se as substâncias que conferem cor à água estão completamente dissolvidas ou em estado coloidal. Outra característica da cor é que sua intensidade diminui com a diminuição do pH, devido às características eletronegativas das partículas presentes no meio, segundo DI BERNARDO (1993).

Segundo RATNAWEERA et al. (1999), em determinados tipos de águas as cores produzidas por várias frações de peso molecular não são semelhantes. Na maioria dos casos analisados pelos autores, cerca de 40% da cor era causada por frações de MON com peso molecular abaixo de 10 000 daltons e aproximadamente 33% da cor são devidos a frações de peso molecular acima de 50 000 daltons, para todas as águas. Ainda segundo os autores, existem fortes correlações entre os valores de cor, absorvância e carbono orgânico dissolvido, com coeficientes de correlação acima de 0,93, conforme pode ser observado na Tabela 4, apresentada pelos autores. Segundo os autores, essas correlações foram obtidas

com base em 100 observações dos parâmetros. Estão apresentadas também as equações relacionando os parâmetros, onde a cor é dada em uH, a absorvância em cm^{-1} e COD em mg/L .

TABELA 4: Correlações entre cor, absorvância e carbono orgânico dissolvido (adaptada de RATNAWEERA et al. (1999))

Parâmetros	Coefficiente de determinação (R^2)	Equação
Cor e UV-abs	0,9467	$\text{Cor} = 186,600 * \text{UV-abs}$
UV-abs e COD	0,9796	$\text{UV-abs} = 0,0402 * \text{COD}$
Cor e COD	0,9283	$\text{Cor} = 7,703 * \text{COD}$

Essas correlações foram obtidas a partir de amostras colhidas em oito fontes de águas naturais da Noruega, sendo que a cor dessas amostras variou de 13 a 166 uH, a absorvância 254 nm de 0,101 a 0,96 cm^{-1} e o COD de 3,0 a 24,0 mg/L . Os coeficientes de determinações obtidos por RATNAWEERA et al. (1999), são relativamente altos em relação aos valores encontrados por outros pesquisadores, podendo ser citado como exemplo o trabalho realizado por BIAN et al. (1999) com águas do rio Chitose no Japão, de 1994 a 1998. Esses autores, utilizando um equipamento Shimadzu TOC 5000 para medir COD, encontraram a relação $\text{COD} = 31,829 * \text{UV-abs } 260 \text{ nm}$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,7661$, valor esse inferior ao obtido por RATNAWEERA et al. (1999).

3.3 - Mecanismos e métodos usuais de remoção de substâncias húmicas

A cor devida a presença de substâncias húmicas pode ser removida da água por diferentes processos de tratamento, pois possuem características variáveis que influenciam nos mecanismos de remoção. O método convencional de remoção é por coagulação e floculação, seguidos de flotação ou sedimentação e filtração. Entretanto, outros processos podem ser utilizados, tais como filtração direta ascendente ou descendente, processos de adsorção em carvão ativado, troca iônica, filtração em membranas e processos de oxidação/biofiltração. Na literatura encontram-se referências à dificuldade de remoção de cor verdadeira através da filtração lenta. Alguns pesquisadores impõem limites à cor verdadeira afluente: VISSCHER et al. (1996) admitem um valor médio de 60 uH, com picos de até 230 uH; o que entende-se como sendo muito alto; GALVIS et al. (1997) afirmam que valores entre 20 e 30 uH, aliados a turbidez entre 10 e 20 uT e contagem de *Escherichia coli*

entre 500 e 10000 NMP/100mL, proporcionam risco médio de implantação dessa tecnologia. A seguir estão descritos alguns dos mais usados métodos de remoção de substâncias húmicas.

3.3.1 – Coagulação, floculação e filtração

Muitas das estações que utilizam a coagulação para remoção de matéria orgânica são baseadas no processo de filtração direta. Os coagulantes normalmente utilizados são o sulfato de alumínio, hidróxi-cloreto de alumínio ou cloreto férrico. A função do coagulante é neutralizar a carga negativa das substâncias húmicas, de maneira que partículas desestabilizadas possam ser formadas, nas quais as substâncias húmicas se agregam e possam ser transportadas para o filtro, onde serão retidas. Nesse processo dois fatores são importantes, o pH de coagulação e a dosagem de coagulantes. Segundo O'MELIA et al. (1999), a dosagem de coagulante depende da concentração de carbono orgânico total na água, existindo freqüentemente uma relação estequiométrica entre o COT e a dosagem de coagulante. Segundo o mesmo autor, o pH e a concentração de cátions bivalentes também interferem na dosagem de coagulantes.

O método convencional de remoção por coagulação e floculação, segundo HESPAHOL (1980), pode não ser muito eficaz, dependendo das características das substâncias húmicas presentes na água. Segundo KRASNER e AMY (1995), OWEN et al. (1995) apud CHOW et al. (1999), a remoção de MON no tratamento convencional, utilizando coagulante inorgânico, é afetada pelas frações ácido húmico/não húmico, pelas características hidrófobas/hidrofílicas e pelo peso molecular de seus constituintes. Segundo RATNAWEERA et al. (1999), MON com peso molecular maior requer menores quantidades de coagulantes do que aquela de menor peso molecular, por unidade de cor removida. Segundo KRASNER e AMY (1995) apud CHOW et al. (1999), em alguns estudos tem sido encontrado que existe remoção preferencial de MON que absorve luz ultravioleta, indicando uma remoção preferencial de compostos aromáticos.

O pH de coagulação é extremamente importante, bem como a turbidez da água bruta, conforme relata DI BERNARDO (1993); para valores extremamente elevados de cor verdadeira em relação à turbidez é necessária maior quantidade de coagulante, sendo que, utilizando sulfato de alumínio, a coagulação em geral ocorre com pH ótimo na faixa de 6 a 8. Segundo DI BERNARDO (1993), águas com cor verdadeira não tão alta em relação à turbidez, apresentam remoção de cor acima de 90% em duas regiões no diagrama de

coagulação do sulfato de alumínio e, nesse caso, o mecanismo de neutralização de carga é dominante na faixa de pH de 4 a 6, enquanto para pH na faixa de 6 a 8 há formação de precipitados que, provavelmente, adsorvem as substâncias húmicas. Para águas naturais com alcalinidade e pH altos, DI BERNARDO (1993) recomenda o uso de cloreto férrico como coagulante, pois este é mais eficiente que o sulfato de alumínio para valores de pH mais elevados. Polímeros contribuem consideravelmente tanto para aumentar a sedimentabilidade dos flocos, como para remoção dos compostos orgânicos, segundo ROBINSON JR apud HESPANHOL (1980).

EIKEBROKK (1999) realizou pesquisas de otimização de dosagens de cinco tipos de coagulantes para filtração direta, com três tipos de água branda, com substâncias húmicas e com baixa alcalinidade e turbidez. Com relação às substâncias húmicas, obteve remoção de 75 a 90% de remoção de cor e de 40 a 70% de remoção de carbono orgânico, utilizando coagulantes metálicos. As condições de pH ótimo para remoção de MON e/ou residuais de metais nem sempre coincidiram com as condições de remoção de turbidez. Segundo o autor, os coagulantes hidróxi-cloreto de alumínio e cloreto férrico apresentaram vantagens em relação ao sulfato de alumínio quanto à dosagem requerida e faixas de pH ótimo de coagulação.

Segundo ODEGAARD et al. (1999), o floculador não é utilizado em muitas estações de filtração direta, mas tem sido demonstrado que a floculação em separado pode ser vantajosa com altos valores de gradiente de velocidade ($G \sim 100 \text{ s}^{-1}$). O autor cita que com o emprego de polímero não iônico como auxiliar de floculação, pode-se operar os filtros com taxas acima de $400 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$. Os autores citam também que várias configurações de meios filtrantes têm sido utilizadas, mas o mais comum são os leitos de antracito e areia.

3.3.2 - Trocadores iônicos/aniônicos

Os processos de remoção de substâncias húmicas em trocadores aniônicos macroporosos baseiam-se no fato que as substâncias húmicas possuem cargas negativas, em valores de pH entre 5 e 8. Em geral, a água bruta é pré tratada em uma micropeneira (abertura de poros de $50 \mu\text{m}$) ou em filtro rápido de areia, quando a turbidez é maior do que 0,5 a 1,0 uT. Em seguida a água passa através dos filtros de troca iônica em paralelo ou em série. Os resíduos dos trocadores iônicos constituem um problema para disposição final, pois são de cor elevada e com alta concentração de substâncias húmicas.

FETTIG (1999) apresentou um trabalho em que efetuou comparação entre quatro meios adsorventes de substâncias húmicas. O autor analisou carvão ativado, resinas de troca

aniônica, resinas carbonáceas e óxido de metais, obtendo como conclusão que o carvão ativado e as resinas de troca aniônica são eficientes como adsorventes de MON. A fração de MON não renovável adsorvida é menor que 10% com carvão ativado, mas pode chegar a 40% em resinas de trocas aniônica. Segundo o autor, a alumina ativada também adsorve significantes parcelas de MON, mas a fração não adsorvível pode chegar a 60%. Quanto às resinas carbonáceas o autor observou que não são próprias para remoção de MON.

Segundo HONGVE et al. (1999), as resinas de troca aniônica vêm sendo empregadas em algumas estações de tratamento de água da Noruega. Algumas dessas estações têm apresentado diminuição na remoção de cor, provavelmente por entupimento da resina pelo ferro presente na água a ser tratada. O autor cita que a limpeza feita com ácido clorídrico tem pequeno efeito, enquanto que o tratamento com uma solução de ditionato de sódio proporciona recuperação da eficiência de tratamento da resina por completo.

3.3.3 - Filtração em membranas

O emprego do processo de remoção de substâncias húmicas por membranas, segundo ODEGAARD et al. (1999), tem aumentado consideravelmente na Noruega e segundo THORSEN (1999) a filtração em membranas está se tornando no sistema preferido para remoção de substâncias húmicas nesse país. Muitas das estações são pequenas, mas algumas de até 16000 m³/d estão utilizando o processo.. O princípio básico do método é passar a água pressurizada, bruta ou pré tratada, em um dispositivo com membranas, onde as moléculas de substâncias húmicas ficam retidas nos poros, sendo arrastadas pela fluxo de água de recirculação no sistema. Segundo ODEGAARD et al. (1999), a eficiência do tratamento depende obviamente dos tamanhos dos poros, sendo usadas normalmente membranas com poros de diâmetros de 1,5 a 5,0 nm. As membranas removem também microrganismos patogênicos, incluindo vírus e bactérias. A escolha do diâmetro dos poros das membranas deve levar em conta a eficiência desejada e o custo de implantação, operação e manutenção. Em geral, quanto menor o diâmetro dos poros mais cara é a membrana e maiores os custos de manutenção e operação. BIAN et al. (1999) realizaram estudos comparativos entre a ultrafiltração e a microfiltração em membranas. Concluíram que as membranas de ultrafiltração com peso molecular de 50, 150 e 200 kD apresentaram eficiência de remoção de substâncias húmicas similar a obtida por microfiltração em poros de 0,1 µm. Empregando pré-coagulação com hidróxi-cloreto de alumínio a eficiência de remoção de absorvância era maior do que 80%, entretanto, os autores citam que há

necessidade de se buscar dosagens ótimas de coagulantes para diminuir o bloqueio dos poros das membranas pelos flocos. Segundo AMY e CHO (1999), a interação entre as membranas e a MON inclui rejeição por exclusão estérica e eletrostática e por entupimento por adsorção. A rejeição da MON e o entupimento são influenciados pelas características da MON (como peso molecular, aromaticidade, conteúdo e carga) e pelas propriedades das membranas (tamanho dos poros, hidrofobicidade e carga), bem como pelas condições de operação.

3.3.4 - Adsorção em carvão ativado

O carvão ativado é o material adsorvente mais freqüentemente utilizado no tratamento de água para abastecimento. Segundo FETTIG (1999), o carvão ativado é obtido de carbono natural, contido em produtos como carvão, turfa ou madeira, por carbonização por pirólise e ativação térmica. O carvão ativado tem estrutura de macroporos e de microporos variável, conforme o tipo de matéria-prima. O volume de poros do produto comercial é em torno de 900 a 1000 mm³/g com uma média de 40% de macroporos (raios > 25nm), mesoporos (raios entre 1nm e 25 nm) e 40% de microporos (raios < 1nm) e a área superficial situa-se em torno de 1000 m²/g, com valor máximo de 1400 m²/g, segundo SONTHEIMER et al. (1988) apud FETTIG (1999). Ainda segundo esses autores, o carvão ativado pode conter na superfície de 5 a 20% em peso de metais e oxigênio. O último pode estar presente na superfície de grupos funcionais ácidos ou básicos, como também em óxidos de metais. Como resultado, a hidrofobicidade da superfície do carvão diminui e as condições para adsorção de solutos hidrofílicos aumenta.

Segundo DI BERNARDO (1993), a maior parte das substâncias húmicas que causam sabor, odor, cor, mutagenicidade e a toxidade podem ser adsorvidas em carvão ativado em pó ou granulado. O carvão em pó é preparado numa suspensão e adicionado à água em pontos como chegada da água bruta ou saída do decantador, enquanto o carvão granulado é colocado em colunas, onde passa a água a ser filtrada. A principal diferença do carvão em pó para o granulado é o tamanho das partículas do material. Com a finalidade de remoção de matéria orgânica, o carvão em pó é o mais utilizado, sendo removido em unidades de pré sedimentação ou nos decantadores, juntamente com os flocos. Ainda segundo DI BERNARDO, é recomendável a realização de ensaios em laboratório, para a determinação da dosagem de carvão ativado em pó, ou a vida útil do carvão granulado, com base na eficiência de remoção de substâncias húmicas. STEVENS et al. (1976) citam que o carvão ativado granulado apresenta sucesso limitado para remoção de substâncias húmicas,

pois sua eficiência está limitada, muitas vezes, a poucas semanas de operação, devendo ser trocado ou reativado após esse período. VERAS (1999) cita que vários fatores influenciam a adsorção no carvão ativado, dentre eles estão:

- a estrutura molecular ou a natureza da substância adsorvida – de maneira geral, os compostos com cadeias ramificadas são mais adsorvíveis do que aqueles que têm cadeias não ramificadas;
- a solubilidade – quanto maior a solubilidade, menor a adsorção;
- grau de ionização – substâncias altamente ionizadas são pouco adsorvidas;
- temperatura – baixas temperaturas favorecem a adsorção;
- grupos nitro – em geral aumentam a adsorção;
- grupos hidroxil, amino e sulfônico – reduzem a adsorção.

Segundo LANGLAIS et al. (1991), quando o carvão é colocado em operação sua capacidade de adsorção é máxima, mas quando sua capacidade diminui, a atividade biológica torna-se mais importante. SONTHEIMER et al. (1988) apud LANGLAIS et al. (1991) realizaram uma revisão bibliográfica sobre CAG e concluíram que pode ser esperada uma significativa atividade biológica no leito de CAG após 5 a 20 dias de operação.

NEWCOMBE (1999) realizou estudos para esclarecer os efeitos da carga do carvão ativado, distribuição dos volumes dos poros, bem como a carga e peso molecular da MON sobre a adsorção. O efeito do pH e da força iônica sobre os mecanismos da adsorção foi determinado. Com pH neutro a MON tem carga negativa, a qual pode afetar a adsorção de várias maneiras. Com baixa concentração superficial no carvão ativado com grupos de carga positiva há uma atração eletrostática direta da superfície da MON. Com alta concentração superficial a adsorção torna-se predominantemente uma atração física, possivelmente devido a interações de anéis hidrofóbicos ou aromáticos. Os efeitos eletrostáticos são principalmente causados pela repulsão lateral da MON. Quanto ao carvão ativado foi mostrado que o grau de ionização da MON adsorvida era fortemente dependente na concentração superficial.

O carvão ativado tem sido utilizado na filtração lenta para melhorar a remoção de compostos orgânicos. Em geral, uma camada intermediária de carvão ativado granular é colocada no leito de areia dos filtros, com espessura entre 8 e 15 cm. PAGE et al. (1996) estudaram a introdução de uma camada de carvão ativado granular no leito do filtro lento de areia e compararam com um filtro lento de camada única de areia, durante seis meses. Os autores observaram que a subcamada de carvão ativado granular não contribuiu para a perda de carga e que a redução de MON (avaliada como COD e carbono orgânico dissolvido biodegradável (CODB)) foi superior no filtro com camada intermediária de carvão ativado granular. Entretanto, houve decréscimo dessa redução de MON com o tempo e, segundo os

autores, o mecanismo dominante foi a adsorção, citam também que na camada biológica ocorreu a redução de CODB e maior nível de biomassa.

3.3.5 – Processos com oxidação

Nos últimos anos, vários produtos químicos têm sido avaliados como potenciais pré-oxidantes, para aumentar a eficiência do tratamento d'água, principalmente a partir da década de setenta, quando começou-se a descobrir os efeitos dos subprodutos da cloração. Têm sido utilizados, dentre outros, dióxido de cloro, ozônio, permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio, ou a combinação deles. Em geral, todos causam significativas mudanças na natureza das substâncias húmicas. A seguir estão descritos alguns dos processos de oxidação mais utilizados:

- Oxidação com cloro e com compostos clorados

O cloro tem sido usado com o objetivo principal de desinfecção, mas possui um forte poder oxidante, que o torna útil para remoção de ferro e manganês, remoção de cor, etc. Entretanto, conforme cita DI BERNARDO (1993), seu uso como oxidante para remoção de cor não é recomendado desde a década de 1970, quando foi descoberto que os subprodutos formados da reação do cloro com as substâncias húmicas, como os trihalometanos e os compostos organo-clorados, podem causar riscos à saúde e são potencialmente cancerígenos. Além de THM, podem ser formados outros subprodutos tais como: haloacetônitrilas, haloacetonas, haloácidos, aldeídos de baixa massa molecular, etc. Segundo DI BERNARDO (2000), quando é necessária a aplicação de cloro na água bruta, como pré-cloração, essa pode ser feita com tempo de contato de 5 a 10 min, seguida de amoniação, através da aplicação de amônia gasosa ou líquida ou sal de amônia. Como alternativa, tem sido utilizado o dióxido de cloro, que é também um poderoso oxidante e pode ser produzido na própria estação através da mistura, por exemplo, do clorito de sódio e ácido clorídrico. Os subprodutos formados com o dióxido de cloro ainda não foram estudados convenientemente, não sendo conhecidos os impactos dos mesmos no ser humano, a menos os de clorito e clorato ou clorato de sódio e ácido sulfúrico, conforme cita DI BERNARDO (2000).

- Oxidação com ozônio

O efeito da ozonização quanto à remoção de cor está diretamente ligado ao efeito do ozônio sobre as substâncias húmicas. Os pesquisadores WATTS (1985) e KILLOPS (1986) apud LANGLAIS et al. (1991) relatam que doses de ozônio entre 1 e 3 mg/mgC podem

remover praticamente toda cor. Estudos desenvolvidos por FLOGSTAD e ODEGAARD (1985) apud LANGLAIS et al. (1991) confirmam que a taxa de consumo de ozônio para remoção de cor pode ser alta e que um certo residual de cor é difícil de remover. Outros estudos mostram que aplicando 1 mgO₃/L em água com cor entre 20 a 50 uH podem reduzir em 10 uH essa cor inicial.

A ozonização para remoção de cor pode ser empregada como pré-tratamento, como ozonização intermediária ou ambos. O uso do ozônio no final do tratamento precisa ser avaliado, devido ao aumento da biodegradabilidade do carbono orgânico com implicações na rede de distribuição. Essa característica de aumento da biodegradabilidade do carbono orgânico tem sido usada para favorecer a remoção desse carbono em filtros rápidos, com carvão ativado, ou em filtros lentos, após a ozonização.

- Oxidação com peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio é um oxidante forte, sendo altamente tóxico e irritante. Deve ser armazenado em recipiente escuro, para prevenir sua fotodecomposição. Seu uso é mais comum em combinação com outros oxidantes, como o ozônio e UV, com o objetivo de produzir espécies com radicais livres de vida curta. Esses radicais são altamente reativos e podem oxidar variedades de contaminantes presentes nas águas naturais. A combinação do ozônio e peróxido de hidrogênio, ou peroxônio como é chamado, apresenta melhor eficiência quanto à remoção de gosto e odor, segundo FERGUSON et al. (1991).

3.3.6 – Biofiltração com pré oxidação

Dos oxidantes citados anteriormente, apenas o ozônio e o peróxido de hidrogênio têm sido estudados em detalhes no contexto da oxidação/biofiltração. Segundo GRAHAM (1999), isso se deve em parte porque o ozônio é um potente oxidante e seu efeito na água desaparece rapidamente, impedindo efeitos adversos no biofiltro subsequente. LANGLAIS et al. (1991) citam que a ozonização de substâncias húmicas, para dosagens na faixa entre 0,2 a 1,0 mgO₃/mgC, tende a aumentar a biodegradabilidade e que reduz a formação de trialometanos quando da cloração posterior, contudo essa redução é menor em águas com baixa alcalinidade. A filtração lenta precedida de ozonização remove subprodutos da ozonização, como formaldeídos, acetaldeídos e glioxal, segundo MALLEY et al. (1991).

KIM et al. (1997) realizaram estudos comparativos entre remoção de COD em leito de carvão ativado de afluente ozonizado e não ozonizado e concluíram que a ozonização

aumenta o tempo de utilização do carvão, bem como aumenta a remoção do COD no leito de carvão.

Segundo GOEL et al. (1995), quando do uso da ozonização e biofiltração deve ser avaliada a dosagem ótima requerida de ozônio em função do aumento da fração biodegradável da matéria orgânica, tendo em vista que MON com baixo peso molecular requer doses altas de ozônio ($>4\text{mgO}_3/\text{mgCOT}$) para resultar em aumento significativo da biodegradabilidade.

3.4 – Considerações sobre oxidação com ozônio

Em 1785 Van Maurem observou que quando se produz descarga elétrica no ar nota-se um cheiro peculiar, o que se atribuiu a um novo gás, que Schonbein, em 1840, denominou ozônio. O ozônio é francamente solúvel na água e é usado em tratamento de água para desinfecção e oxidação. A aplicação inicial do ozônio era, principalmente, para remoção de cor ou gosto e controle de odor. Porém, com as descobertas dos efeitos nocivos dos subprodutos da desinfecção por cloro, o uso de ozônio para desinfecção primária aumentou em todo mundo. Segundo SINGER (1994), nos Estados Unidos têm sido recomendado o uso do ozônio como desinfetante primário e a monocloramina como desinfetante secundário, já que esse produto apresenta efeito residual que assegura a desinfecção ao longo da rede de abastecimento. Segundo CAMEL & BERMOND (1998) apud GRAHAM (1999), o ozônio produz uma variedade de subprodutos decorrentes da oxidação da MON, tais como aldeídos (formaldeído, acetaldeído, glioxal) e ácidos carboxílicos (pirúvico, fórmico, etc.), dentre outros. Não há informação suficiente, até o presente, sobre os riscos desses subprodutos à saúde. Por outro lado, conforme citam FERGUSON et al. (1991), a presença de brometos na água bruta, pode dar origem a bromatos, que são subprodutos da ozonização, potencialmente prejudiciais à saúde, mas isso dependendo da quantidade inicial de brometos. A concentração de brometos na água bruta traz problemas quanto à interpretação dos resultados da ozonização, segundo SPEITEL et al. (1993). Segundo LEGUBE et al. (1995), a relação inicial entre brometos e MON é importante na formação de subprodutos da ozonização, se a presença de MON é bem maior do que de brometos, poucos subprodutos da ozonização dos brometos estarão presentes no efluente.

A ozonização de substâncias húmicas em solução leva a formação de espécies radicais. A formação de radicais OH pode ocorrer por reação direta do ozônio com os compostos orgânicos, produzindo oxidantes secundários, tal como H_2O_2 (que depois reage com o

ozônio para produzir radicais OH) ou pela reação do ozônio com as substâncias húmicas, produzindo radicais intermediários, mas segundo GUITTONNEU et al. (1996), é difícil dissociar estes dois mecanismos.

O ozônio causa substanciais mudanças estruturais nas substâncias húmicas, segundo LANGLAIS et al. (1991), as quais incluem um forte e rápido decréscimo da cor e, em geral, aumenta a biodegradabilidade das substâncias húmicas. Segundo o autor, é difícil quantificar diretamente a extensão desses aumentos, devido a variedade e a sensibilidade dos métodos usados para medir a biodegradabilidade. Medidas indiretas dessa biodegradabilidade envolvem interpretações da remoção de carbono orgânico dissolvido. Segundo esse autor, o ozônio promove pequena redução de COT, em torno de 10% para uma dosagem de 1 mgO₃/mgC; provoca um decréscimo da fração com peso molecular alto e um aumento da fração com peso molecular baixo; ocorre um significativo aumento das funções carboxílicas e formação de subprodutos da ozonização.

A quantidade e a faixa de remoção de carbono orgânico total (COT), segundo HOZALSKI (1999), aumenta diretamente com o aumento da dosagem de ozônio, mas os efeitos são altamente dependentes das características da MON. A ozonização proporciona maior aumento na biodegradabilidade em MON com grande porcentagem de material de peso molecular alto. Essa MON se transforma em material mais facilmente biodegradável; mas as medidas de COT não quantificam essa biodegradabilidade. Aumentando a dosagem de ozônio, aumenta a remoção de MON, indicando que a dosagem de ozônio é um parâmetro para a otimização da remoção de substâncias húmicas pela biofiltração. Estudos realizados por VOLK et al. (1993) sobre os efeitos do ozônio na produção de CODB, mostraram que para uma mesma quantidade de ozônio consumida com um tempo de contato pequeno, associado com uma alta dose de ozônio, era preferível a um longo tempo de contato e uma baixa dose de ozônio. Segundo o autor, a formação ótima de CODB ocorria com doses de ozônio de 0,25 a 0,5 mgO₃/mgCOD, para um tempo de contato de 5 min, sendo que nessas condições apareciam pequenos traços de residual de ozônio e ocorria a máxima redução na absorvância.

Segundo TAKEUCHI et al. (1997), o ozônio reage com as substâncias orgânicas reduzindo seu peso molecular, mas a decomposição para gás carbônico não acontece. Segundo o autor, isso significa que só acontece quebra parcial de cadeias de C-C, mas, através do tratamento com ozônio, não ocorre uma diminuição total de substâncias orgânicas dissolvidas. As substâncias resultantes do tratamento com ozônio são decompostas mais facilmente por ação de microrganismos no filtro biológico com carvão ativado e a adsorvabilidade das substâncias também é mudada.

3.4.1 – Características do ozônio

O ozônio na temperatura ambiente é um gás incolor, com cheiro característico facilmente detectável, mesmo em concentrações baixas, da ordem de 0,02 ppm, e é altamente corrosivo e tóxico.

Uma das vantagens do ozônio é que pode ser gerado no próprio local de aplicação, não exigindo, portanto, transporte e armazenamento. O ozônio é um oxidante com ação desinfetante muito efetiva, sua ação desinfetante se dá por meio do residual de oxigênio molecular remanescente, o qual é instável, desaparecendo da água em poucos minutos.

Segundo LANGLAIS et al. (1991), o ozônio é usado como biocida, como oxidante e como pré-tratamento para aumentar a eficiência de processos subsequentes. Como biocida é usado como desinfetante e controle de algas; como oxidante é usado na oxidação de poluentes inorgânicos, micropoluentes orgânicos (compostos de cheiro e gosto, pesticidas, etc.) e macropoluentes orgânicos (remoção de cor, etc.); como pré-tratamento, no aumento da biodegradabilidade de compostos orgânicos, na destruição de subprodutos potencialmente formadores de trihalometanos e na coagulação como auxiliar dos produtos químicos.

3.4.2 – Geração do ozônio

O ozônio é um gás instável, obtido pela passagem de uma corrente de ar, ou de oxigênio, entre dois eletrodos submetidos a uma diferença de potencial (entre 10 000 e 20 000 volts), ocorrendo a seguinte reação:

A produção do ozônio depende, entre outros fatores, da diferença de potencial, da geometria dos elementos do aparelho gerador, das características dielétricas do isolante, da frequência da corrente de alimentação, do grau de umidade do ar ou oxigênio, da pressão e da temperatura. A energia total consumida é de 20 a 30 wh por grama de ozônio produzido. Um sistema de geração de ozônio geralmente é composto das seguintes unidades:

- equipamentos de preparação do ar contendo filtro, compressor, resfriador e colunas de secagem;

- unidade geradora de ozônio contendo a célula, o dispositivo de controle de voltagem, o dispositivo de refrigeração com água ou ar;
- instrumentação e controle;
- câmara de contato;
- unidade de eliminação do excesso de ozônio.

Segundo a DEGREMONT (1978), existem dois tipos de aparelhos de produção de ozônio: os ozonizadores de placas e os tubulares. Os de placas são constituídos de dielétricos e de eletrodos planos, enquanto que os tubulares são compostos de um tubo dielétrico e dois eletrodos concêntricos. Os tubulares podem ser ainda horizontais ou verticais, segundo a posição dos eletrodos.

3.4.3 – Transferência do ozônio

A transferência do ozônio para a água é feita em câmaras de contato, onde são utilizados dispositivos para dispersão do gás. Os métodos mais comuns para dispersão são:

- difusores porosos;
- injetores;
- misturadores tipo turbina.

A-□.□ Difusores porosos

Os difusores de bolhas são muito usados nos Estados Unidos e em outros países (LANGLAIS et al. 1991). Esse método oferece as vantagens de não exigir energia adicional, proporciona taxas altas de transferência de ozônio, flexibilidade de aplicação, simplicidade operacional e nenhuma parte móvel. São utilizados em colunas de 4 a 5 metros de altura. Quanto ao sentido de fluxo de ozônio e água, podem ser encontrados tanto em contra corrente, onde o ozônio e a água fluem em sentidos opostos, como no mesmo sentido, isto é, o ozônio e a água fluem no mesmo sentido. Pode variar também o número de câmaras, sendo que a maioria de instalações usam duas ou três câmaras de contato (LANGLAIS et al. 1991). Essas colunas podem alcançar de 85 a 95 por cento de eficiência na transferência do ozônio. Normalmente as câmaras são cobertas para que o excesso de ozônio não transferido à água seja coletado e posteriormente destruído. Na Figura 1 são mostrados esquemas dos tipos de câmaras de contato em função do fluxo.

(A) Câmara de contato contra corrente

(B) Câmara de contato contra e a favor da corrente

(C) Câmara de contato a favor da corrente

FIGURA 1: Tipos de câmaras de contato em função do fluxo (Adaptado de EPA(1999))

b) Injetores

O método de contato por injetores é mais comumente usado na Europa, Canadá, e nos Estados Unidos (LANGLAIS et al. 1991). O ozônio é injetado em um fluxo de água na seção contraída de um Venturi, onde a pressão negativa succiona o ozônio para o interior da tubulação, podendo ser utilizado um sistema de recirculação para instalação desse dispositivo. Depois essa água com ozônio é encaminhada à câmara de contato, onde um agitador mecanizado provoca grande turbulência para aumentar a dispersão do ozônio na água a ser tratada. A Figura 2 mostra esquemas de misturadores tipo injetores.

FIGURA 2: Tipos de câmaras de contato em função do fluxo (Adaptado de EPA(1999))

c) Misturadores tipo turbina

São usados misturadores tipo turbina para misturar o ozônio com a água em uma câmara de contato. A Figura 3 ilustra um misturador tipo turbina. A eficiência de transferência de ozônio nesse tipo de misturador pode ser acima de 90 por cento.

FIGURA 3: Misturadores tipo turbina (Adaptado de EPA(1999))

3.4.4 – Solubilidade do ozônio na água

A solubilidade do ozônio na água depende de vários fatores, seguindo a lei de Henry, significando que a concentração de saturação de ozônio na água é proporcional à pressão parcial do gás com ozônio numa dada temperatura. Segundo DI BERNARDO (1993), a superfície de contato entre o gás e o líquido influi sobremaneira na taxa de absorção; para aumentar a eficiência da absorção, o gás contendo ozônio deve ser introduzido na água sob a forma de bolhas de pequenos diâmetros. A altura da coluna de ozonização também influi nessa transferência.

3.4.5 – Mecanismos da decomposição do ozônio na água

A função fundamental exercida pelos ions hidróxidos no início do processo de decomposição do ozônio na água tem sido relatada por vários autores. Na realidade vários compostos podem ser iniciadores, promotores ou inibidores dos processos de reação em cadeia do ozônio e são descritos por LANGLAIS et al. (1991) da seguinte maneira:

- *Iniciadores* - Os iniciadores das reações dos radicais livres, isto é, os compostos capazes de induzir a formação de ions superóxido O_2^- de uma molécula de ozônio, são compostos inorgânicos (por exemplo ions hidroxil (OH^-) ions hidroperóxido (HO_2^-) e alguns cátions) e compostos orgânicos (por exemplo ácido glioxílico, ácido fórmico e substâncias húmicas). Radiação ultravioleta com comprimento de onda de 253,7 nm é também capaz de iniciar o processo de radicais livres. Essa ativação pela radiação UV mais a combinação de H_2O_2/HO_2^- , constituem a base do processo avançado de oxidação;
- *Promotores* – Os promotores das reações de radicais livres são moléculas orgânicas e inorgânicas capazes de regenerar o ânion superóxido O_2^- do radical hidroxil. A taxa com que o O_2^- reage com ozônio é muito maior comparada com a última reação com outros solutos presentes na água. Consequentemente o ânion superóxido pode promover a decomposição do ozônio;

- *Inibidores* – Os inibidores das reações de radicais livres são compostos capazes de consumirem radicais OH, sem regenerar os ânions superóxido O_2^- . Alguns dos mais comuns inibidores incluem ions bicarbonatos e carbonatos, grupos álcalis, álcoois terciários e substâncias húmicas.

A presença de bicarbonatos na água inibe as reações em cadeia de radicais, diminuindo a velocidade de decomposição do ozônio, disponibilizando mais ozônio para reação direta, que é mais seletiva e ocorre menor liberação de radicais OH para oxidação.

As substâncias húmicas, que são macromoléculas, são capazes de exercer a função de iniciadores, promotores ou mesmo de destruidor de radicais, devido suas várias funções, segundo STACHELIN and HOIGNÉ (1985) apud LANGLAIS et al. (1991).

3.4.6 – Ação do ozônio sobre compostos orgânicos

Segundo LANGLAIS et al. (1991), o ozônio em solução aquosa pode atuar sobre vários compostos de duas maneiras:

- pela reação direta do ozônio molecular;
- por reação indireta de espécies radicais que são formadas da decomposição do ozônio na água.

Assim, a ação do ozônio sobre os vários compostos orgânicos presentes em solução aquosa pode ocorrer através de reações diretas do ozônio com os compostos ou, através de reações indiretas promovidas por oxidantes altamente reativos, tais como os radicais hidroxil (OH), formados da decomposição do ozônio na água. Esses radicais e seus produtos de reação podem acelerar a decomposição do ozônio e dar continuidade às reações indiretas, podendo também consumir ozônio, concorrendo com a reação direta desse oxidante com os compostos dissolvidos.

3.4.7 – Vantagens e desvantagens do uso do ozônio

Segundo o EPA (1999), o ozônio apresenta as seguintes vantagens e desvantagens, dependendo da qualidade da água, dosagens aplicadas e tamanho do sistema de ozonização.

- Principais vantagens do ozônio:
 - é mais efetivo do que o cloro, cloraminas e dióxido de cloro para inativação de vírus, *Cryptosporidium* e *Giardia*;
 - oxida ferro, manganês e sulfeto;
 - pode ajudar no processo de clarificação e remoção de turbidez;

- controla cor, gosto e odor;
- é um dos mais eficientes desinfetantes e requer pequeno tempo de contato;
- na ausência de brometos, não são formados subprodutos indesejados da desinfecção;
- Principais desvantagens:
 - subprodutos da desinfecção são formados na presença de brometos, aldeídos, cetonas, etc.;
 - o custo inicial do equipamento é alto;
 - a geração de ozônio requer muita energia;
 - o ozônio é altamente corrosivo e tóxico;
 - requer alto nível de manutenção e operação.

3.5 – Considerações sobre oxidação com peróxido de hidrogênio

3.5.1 – Características do peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio é líquido, transparente, altamente viscoso, mais denso que a água, mas é miscível na água em todas proporções. Decompõe-se em água e oxigênio sem resíduos tóxicos. É vendido em concentrações de 35%, 50% e 70%. É um produto altamente tóxico e corrosivo; deve ser manuseado com cuidado e principalmente evitar o contato com os olhos. Deve ser armazenado em recipiente escuro para prevenir sua fotodecomposição

Tem maior poder de oxidação que o cloro, permanganato de potássio e dióxido de cloro, conforme pode ser observado na Tabela 5.

TABELA 5: Potenciais de oxidação de alguns elementos

Oxidante	Potencial de oxidação (V)
Flúor	3,0
Radical hidroxila	2,8
Ozônio	2,1
Peróxido de hidrogênio	1,8
Permanganato de potássio	1,7
Dióxido de cloro	1,5
Cloro	1,4

3.5.2 – Aplicações do peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio tem grande utilização industrial, principalmente na indústria de papéis; é efetivo na oxidação de ferro e manganês em sistemas de água subterrânea. Segundo informações contidas na página da Internet [www.H₂O₂.com](http://www.H2O2.com) (2001), o peróxido pode ser usado também para desinfecção e controle biológico em águas que circulam em circuito fechado. É usado como polimento final em tratamentos biológicos, reduzindo produtos orgânicos que passam pelo tratamento.

Pode ser usado como auxiliar no processo de floculação/precipitação, onde oxida metais complexos e aumenta a eficiência de floculantes inorgânicos. É utilizado também para eliminação de cheiro em efluentes de tratamento de esgoto. Muitas outras aplicações podem ser encontradas na literatura.

A aplicação do peróxido é simples, envolvendo apenas um injetor no fluxo d'água. A ativação do peróxido de hidrogênio pode sofrer interferência de pH, temperatura e/ou tempo de reação. Através do ajuste desses parâmetros o peróxido de hidrogênio pode oxidar um ou outro poluente, ou favorecer a ação oxidante de outro produto químico.

O peróxido de hidrogênio em ambientes aquáticos está sujeito a vários processos de oxidação ou redução e decomposição, em água e oxigênio. O peróxido de hidrogênio tem vida média na água doce no intervalo de 8 horas a 20 dias; no ar de 10 a 20 horas e no solo desde minutos até horas, dependendo da atividade biológica e contaminantes metálicos (AGUILA, 2002).

A grande dificuldade de trabalhar com peróxido de hidrogênio reside na determinação do seu residual no efluente, dificultando a realização de balanços de massa e cálculo do produto concentração x tempo (CT). Vários métodos são encontrados na literatura, como os apresentados por ROLAND et al.(1997), KIEBER e HELS (1986), BADER et al.(1988), KOSAKA et al.(1998), BELHATECHE e SYMONS (1991), mas todos apresentam restrições de aplicações, interferências, dificuldade de obtenção dos reagentes ou mesmo de faixas de leituras inadequadas.

3.6 – Considerações sobre processos avançados de oxidação

Nos processos avançados de oxidação são produzidos radicais livres altamente reativos. Na decomposição do ozônio os radicais hidróxidos são produzidos normalmente, mas a concentração desses radicais aumenta quando se acelera a taxa de decomposição do

ozônio, aumentando a taxa de oxidação. Vários métodos têm sido utilizados para aumentar a decomposição do ozônio; um dos mais comuns envolve a adição de peróxido de hidrogênio na água ozonizada. Esse processo é conhecido como peroxônio, sendo um dos processos avançados de oxidação, que inclui também os processos de oxidação com ozônio e UV, ozônio e alto pH, peróxido de hidrogênio e UV, e outras combinações. (LANGLAIS et al. 1991).

A ação mais conhecida do peroxônio é como desinfetante, mas várias pesquisas têm sido realizadas, dentre outras, sobre controle de produtos orgânicos e oxidação de compostos que conferem cheiro e gosto à água. Segundo LANGLAIS et al. (1991), muitas moléculas que não são afetadas pela ozonização podem ser degradadas pela ação dos radicais livres.

3.6.1 – Ozônio/peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio é um oxidante forte, sendo altamente tóxico e irritante. Seu uso é mais comum em combinação com outros oxidantes, como o ozônio e UV, com o objetivo de produzir espécies com radicais livres de vida curta, que sejam altamente reativos e possam oxidar a variedade de contaminantes presentes nas águas naturais. Segundo FERGUSON et al. (1991), o uso da combinação ozônio e peróxido de hidrogênio apresenta melhor eficiência quanto à remoção de gosto e odor, mas, segundo TOBIASON et al. (1992), quando é aplicado apenas ozônio, ocorre muitas vezes, melhor eficiência na filtração direta quanto à remoção de carbono orgânico dissolvido.

Experiências paralelas mostraram que o ponto de adição do H_2O_2 é um fator importante. O momento ótimo parece ser o ponto no qual o ozônio, sozinho, já oxidou as moléculas altamente reativas. A implementação do sistema radical torna possível oxidar as moléculas refratárias. Esse processo permite tirar proveito da ação seletiva do ozônio molecular, antes de converter o processo a um ataque não seletivo dos radicais livres (LANGLAIS et al. 1991). Ensaio realizado por DUQUET et al. (1985) apud LANGLAIS et al. (1991) sobre as mudanças na remoção de absorvância (254 nm) depois de 15 min de ozonização para dois tipos de água, cujos resultados estão mostrados Tabela 6, mostram a importância do ponto de aplicação do peróxido de hidrogênio.

TABELA 6: Efeitos do ponto de injeção do peróxido de hidrogênio (adaptada de LANGLAIS et al. 1991)

Tipo de água	Absorvância inicial (254nm) (cm ⁻¹)	Remoção percentual de absorvância		
		O3	O3+H2O2 (t=0)	O3+H2O2 (t=4 a 5min)
Água tratada do Rio Sena	3.6	28	58	75
Água subterrânea	2.4	36	39	67

Ensaio realizado por FREESE et al. (1999) demonstraram que a dosagem de ozônio na faixa de 1,0 a 1,5 mg/L proporciona aumento na remoção de MON e que a melhor relação entre as dosagens de peróxido e de ozônio situa-se na faixa de 0,3 a 0,5. As Figuras 4 e 5 foram adaptadas de FREESE et al. (1999) e ilustram o exposto acima.

O efeito do peroxônio como desinfetante tem sido muito pesquisado, MUTTAMARA et al. (1995) realizaram estudos sobre a remoção de produtos potencialmente formadores de trialometanos na água através do uso do peroxônio. Demonstraram que a aplicação do peróxido de hidrogênio aumenta de 20 a 30% a capacidade do ozônio em remover esses produtos potencialmente formadores de trialometanos. Os autores verificaram também que para uma inativação de 99,99% de coliformes a dosagem mínima de cloro requerida era de 3 mg/L, enquanto que para o peroxônio a dosagem de O₃/H₂O₂ era apenas de 0,6 a 0,34 mg/L, respectivamente.

FIGURA 4: Efeito da dosagem de ozônio sobre absorção de UV, geosmin e CODB na água tratada (adaptado de FREESE et al. (1999))

FIGURA 5: Efeito da variação da relação H_2O_2/O_3 sobre UV, geosmin e CODB na água tratada (adaptado de FREESE et al. (1999))

KUO et al. (1999) realizaram estudos sobre os mecanismos e cinética das reações entre o ozônio e peróxido de hidrogênio. Os resultados desta pesquisa sugerem que é desejável administrar a oxidação por peroxônio, para destruição de poluente pelas reações dos radicais hidroxil em soluções alcalinas de pH abaixo de 11, para uma mesma proporção de ozônio e peróxido de hidrogênio.

Valores altos de alcalinidade no afluente podem tornar ineficiente a aplicação do peroxônio, devido à ação da alcalinidade sobre os radicais OH, conforme constatou SAIA (1999) em sua pesquisa sobre aplicação de processos avançados de oxidação em efluentes de indústria têxtil.

3.7 – Considerações sobre remoção de matéria orgânica natural em meio aquoso

A MON provém de reações químicas, biológicas e fotoquímicas, que ocorrem devido à presença de subprodutos da decomposição de animais e vegetais. Muitos constituintes da água natural são uma coleção de ácidos orgânicos polimerizados, chamados

de substâncias húmicas, e outros tipos de compostos como ácidos carboxílicos, amino ácidos e carboidratos, segundo LANGLAIS et al. (1991).

As substâncias húmicas compreendem uma grande porção da MON dos mananciais de águas de abastecimento e os pesos moleculares dessas substâncias podem variar muito. Segundo HOZALSKI & BOUWER (1999), a distribuição do peso molecular pode afetar significativamente a biodegradabilidade da MON, bem como o potencial de remoção de produtos orgânicos por processos físico-químicos nas estações de tratamento de água.

Compostos com baixo peso molecular seriam mais biodegradáveis por serem mais facilmente transportados através das membranas das células e atacada por enzimas metabólicas. Antes dos compostos de altos pesos moleculares serem biodegradados, eles geralmente têm de ser quebrados em compostos de baixo peso molecular por reações de enzimas catalisadoras, o qual usualmente ocorre com taxas relativamente baixas (MANEM, 1988 apud HOZALSKI & BOUWER, 1999). Portanto, é esperado que as fontes de MON com uma grande porcentagem de seu COD em frações de baixo peso molecular, sejam mais propícias para biodegradação.

A fonte de MON em mananciais de águas de abastecimento sofrem influência da composição da matéria orgânica e distribuição dos grupos funcionais. Uma das fontes de MON em água doce é a biomassa de algas e cianobactérias, as quais são na maior parte alifático e totalmente desprovido de lignina (substância que se deposita nas paredes das células vegetais conferindo a essas notável rigidez, é o que dá consistência à madeira, a qual pode conter até 25% de lignina). Esse material possui poucos constituintes fenólicos e aromáticos. (RASHID 1985 apud HOZALSKI & BOUWER 1999). Em contraste, o material originalmente de solos é derivado de vegetação terrestre que tem alto conteúdo de lignina. Lignina contém uma alta fração de compostos aromáticos, consequentemente MON de origem de solos tendem a Ter uma maior fração aromática do que MON originada de águas por algas e cianobactérias.

WESTERHOFF et al. (1998) analisaram os efeitos da ozonização em águas do Antarctic Lake e de rios com fontes de carbono orgânico, concluíram que a ozonização reduz o conteúdo de carbono aromático e que provoca maiores transformações nas estruturas de MON com maior conteúdo de carbono aromático.

Segundo GOEL et al. (1995), foram realizados estudos, na Universidade Johns Hopkins nos EUA, para examinar como as diferenças das fontes e as características de MON estão relacionadas à sua biodegradabilidade e qual a influência na eficiência da biofiltração. Nesses estudos foram analisados os valores de biodegradabilidade da MON e os valores de

dois parâmetros correspondentes. Esses parâmetros foram a absorvância UV 254nm para a razão UV/COT e percentagem de COD com peso molecular menor que um valor limite de 1000 Daltons. A máxima quantidade de COT biodegradável foi inversamente proporcional a relação UV/COT e proporcional a quantidade de MON com baixo peso molecular. A relação UV/COT pode representar uma medida indireta da aromaticidade da MON, tal que fontes com alta relação UV/COT são consideradas como tendo predominância de ligações de carbono não saturadas. Esse estudo representa um dos primeiros relacionado à correlação da biodegradabilidade da MON, com dois parâmetros relativamente fáceis de serem determinados, ou seja, UV/COT e porcentagem de COD<1000 Daltons. Segundo os autores, outros trabalhos são necessários nesta área para as correlações observadas no estudo e para testar a correlação com outros parâmetros e para desenvolver um método de prever a biodegradabilidade da MON.

A MON presente na água superficial constitui-se em formador potencial de subprodutos da desinfecção (SPDs). A concentração de subprodutos formados depende da concentração de materiais precursores, tipos e dosagens de desinfetantes, da qualidade da água e de fatores como pH, temperatura e tempo de contato. Os SPDs podem ser classificados como: halogenados, que são resultantes da desinfecção por cloro, subprodutos da oxidação por ozônio e subprodutos inorgânicos, resultantes da desinfecção por dióxido de cloro e ozônio, segundo CHOWDHURY (1999). Dentre os halogenados estão os trihalometanos (THMs), que são potencialmente cancerígenos.

A MON presente na água é uma mistura heterogênea de substâncias húmicas e não húmicas, responsável pela formação de subprodutos da oxidação/desinfecção durante o tratamento da água de abastecimento, (CROUÉ et al. 1999). A concentração de carbono orgânico total (COT) é uma indicação da quantidade potencial de formadores de THMs e de outros precursores de subprodutos da desinfecção, segundo SINGER, (1999). A relação entre a absorvância ultravioleta e o carbono orgânico dissolvido (UV/COD) é, segundo ROOK (1977) apud KRASNER (1999), um reflexo do conteúdo de carbono aromático da MON, o que indica a possibilidade da formação de THMs e outros subprodutos da desinfecção.

Quando a água bruta superficial contiver MON, na qual as substâncias húmicas são importantes componentes, segundo GRAHAM (1999), é conveniente e prático considerar dois tipos distintos de água bruta, na qual a proporção de substâncias húmicas em relação a MON pode ser substancialmente diferente, a saber: a) águas de rios e reservatórios de planícies que contêm alta dureza e alcalinidade (>200mg/l como CaCO₃, pH>7), moderadas

cor e turbidez, grande variedade de substâncias naturais e sintéticas; b) águas de rios e reservatórios de planaltos, que são caracterizadas pelo baixo teor de sólidos totais dissolvidos e alcalinidade (< 50 mg/l), baixo pH e turbidez, alta cor e muita MON.

Os processos de remoção da MON presente na água bruta são os mesmos de remoção das substâncias húmicas, já que essas representam a maior parte dos componentes dessa matéria orgânica. Esses processos estão descritos no item 3.3, apenas devem ser ressaltados os cuidados com a formação dos subprodutos resultantes da oxidação por cloro, cujos efeitos nocivos à saúde humana já são bastante estudados e conhecidos, enquanto que, segundo LANGLAIS et al. (1991), os subprodutos da oxidação por ozônio, radiação ultravioleta, peróxido de hidrogênio ou a combinação desses oxidantes não são totalmente conhecidos até o momento.

3.8 – Filtração lenta

A primeira instalação de filtração lenta que se tem notícia, foi construída na Escócia, em 1804, e desde então esse tipo de tratamento vem sendo usado em todo o mundo, em pequenas comunidades rurais e em cidades grandes como Londres, por exemplo. A grande vantagem do filtro lento é a simplicidade das instalações, em geral sem utilizar coagulação com produto químico no processo e, também, o fato de remover com eficiência microrganismos. A água bruta leva de três a doze horas para passar pelo filtro, dependendo da velocidade de filtração adotada. O processo de filtração é o resultado da combinação de várias ações distintas, segundo DI BERNARDO (1993), destacando-se o da ação física de coar. Após um certo tempo de funcionamento, quando ocorre a formação de uma camada biológica, no topo do meio filtrante, denominada superfície de coesão ou como é mais conhecida “*Schmutzdecke*”. A atividade biológica nessa camada é considerada a ação mais importante na filtração lenta. Existe um período de maturação dessa camada biológica que pode variar de horas a dias. SANCHES et al. (1999) realizaram trabalho investigativo sobre a maturação da camada biológica após sua limpeza. Uma das principais conclusões que os autores chegaram foi que a contagem de coliformes é um dos melhores indicativos da maturação da camada biológica, concluíram também que os valores de turbidez não devem ser utilizados para essa finalidade. Os fatores que influem no desempenho da filtração lenta, segundo DI BERNARDO (1993), podem ser agrupados em: qualidade da água bruta, projeto, operação e manutenção. Ainda segundo o autor, somente com a realização de pesquisas é possível determinar as condições apropriadas para cada situação.

A filtração lenta é confiável, podendo produzir água filtrada com baixa turbidez, de protozoários, bactérias e vírus entéricos. Para ser utilizada como único tratamento, alguns critérios devem ser seguidos quanto à qualidade da água bruta, conforme citam GALVIS et al. (1997), que relacionaram alguns desses parâmetros recomendados por vários autores, mostrados na Tabela 7.

TABELA 7: Qualidade da água para tratamento com filtração lenta sem pré-tratamento (adaptada de GALVIS et al. (1997))

Parâmetro	Limites de Qualidade		
	Spencer et al.	Cleasby	Di Bernardo
Turbidez (uT)	5 a 10	5	10
Algas (u/l)	200 000		250 000
Clorofila (mg/m ³)		5	
Cor verdadeira (uH)	15 a 25		5
Absorvância (ABS-254nm) cm ⁻¹	0,08		
Oxigênio Dissolvido	> 6 mg/l		
Fósforo (PO ₄)	30 mg/l		
Amônia	3 mg/l		
Ferro Total (mg/L)	1	0,3	2
Manganês (mg/L)		0,05	0,2
Escherichia coli			200NMP/100mL

Na filtração lenta remoção de cor verdadeira associada a carbono orgânico dissolvido ou a substâncias húmicas é citada na literatura como sendo baixa. Uma revisão feita por GRAHAM (1999) sobre as experiências atuais de remoção de substâncias húmicas, pela combinação da oxidação por ozônio e processos de biofiltração e com emprego de carvão ativado granulado, concluiu que há uma boa eficiência na remoção de cor orgânica, material biodegradável e subprodutos da oxidação, entretanto a remoção global de substâncias húmicas foi modesta. Concluiu que há necessidade de se desenvolverem mais estudos da biomassa dos filtros e sua inter-relação com o material orgânico biodegradável afluente.

Alguns pesquisadores estudaram a utilização de mantas sintéticas no topo da camada de areia, buscando aumento da duração da carreira de filtração, bem como facilidades de limpeza. PATERNIANI (1991) realizou estudos nesse sentido e concluiu que as mantas podem proporcionar aumentos das durações das carreiras de 1,1 a 3,6 vezes e que a limpeza da camada superficial dos filtros foi facilitada. Além disso o autor observou que a utilização de mantas na filtração lenta não interferiu na qualidade físico-química e bacteriológica do efluente produzido. Constatou uma remoção de até 96% de partículas com tamanho variando

entre 4,0 e 12,7 μm , sendo semelhante à obtida por outros pesquisadores. O autor não encontrou relação satisfatória entre os valores de turbidez e o número de partículas.

COELHO (2002) realizou pesquisas sobre remoção de poluentes orgânicos, no caso utilizou a atrazina; concluiu que os filtros lentos com camada intermediária de carvão ativado granular pode ser utilizado para redução da concentração de atrazina a valores inferiores a 2 $\mu\text{g/L}$. Nesse mesmo estudo a autora obteve, em filtros de areia, remoções de cor verdadeira na faixa de 8 a 58%, com uma média de 33% de remoção.

Para águas que não se enquadram nos parâmetros recomendados para filtração lenta, devido à capacidade limitada dos filtros lentos de remoção de turbidez e sólidos suspensos, vem sendo pesquisada e utilizada a Filtração em Múltiplas Etapas (FiME). Na Escola de Engenharia de São Carlos esse tipo de tratamento vem sendo pesquisado por Di Bernardo e colaboradores.

3.8.1 – Filtração lenta precedida de pré-oxidação com ozônio

A filtração lenta em areia é uma das mais antigas formas de biofiltração, usados em tratamento de água e têm sido aplicada desde as maiores cidades (ex.: Londres, Paris, Amsterdã, Zurique e Estocolmo) até pequenas comunidades rurais. O extensivo uso tem sido principalmente, segundo GRAHAM (1999), por sua habilidade em obter alta remoção de partículas e microrganismos, isso tem sido o caso de águas provenientes de planaltos, com água bruta em geral de boa qualidade, a qual não requer pré-tratamento. Contudo, tais águas são muitas vezes ricas em cor orgânica, o que constitui um problema, pois os filtros lentos de areia convencionais têm capacidade apenas limitada para remover os compostos orgânicos não específicos, que compreendem o carbono orgânico e componentes de cor orgânica.

A filtração lenta com pré-ozonização tem sido utilizada atualmente quando a água bruta apresenta muita cor de origem orgânica. GRAHAM (1999) cita que os filtros lentos removem de 5 a 40% de carbono orgânico dissolvido (COD). Quando o COD é composto principalmente por substâncias húmicas, a remoção típica de COD fica na faixa de 9 a 15%, enquanto as remoções médias de cor verdadeira e de absorvância UV(254nm) são 42% e 18%, respectivamente. A pré-ozonização, segundo MALLEY et al. (1993), aumenta a biodegradabilidade da matéria orgânica e, conseqüentemente, aumenta a atividade de bactérias na camada biológica do filtro, aumentando a taxa de crescimento da perda de carga, provocando uma diminuição do tempo de carreira da filtração. Entretanto, GREAVES et al. (1988) realizaram trabalhos de investigação em estação piloto de filtração lenta e

observaram que a atividade biológica se desenvolve progressivamente depois da pré-ozonização e não exponencialmente como no filtro que operou sem pré-ozonização.

GRAHAM (1999) apresenta uma tabela, transcrita abaixo na Tabela 8, que resume a remoção de cor pela pré-ozonização e filtração lenta, na qual pode ser visto que a combinação pode levar a alta remoção de cor.

TABELA 8: Remoção típica de cor verdadeira resultante da pré-ozonização e filtração lenta em areia (fonte GRAHAM (1999))

Fonte de água	Cor (uH)	Dosagem de Ozônio (mg/L)	% de remoção	Referência
Seagahan UK	35 – 55	5	70 – 80	Gould et al. 1984
Lake Vymwy UK	15 – 29	2,5 – 3,5	74	Greaves et al. 1988
Lake Vymwy	10 – 35	1,1 – 2,5	52	Cable and Jones 1996
River Dee UK	9 – 74	0,5	58	Yordanov et al. 1996
Model water	48	6,7	67 – 82	Odegaard 1996

Um dos benefícios importantes da menor concentração de COD, após ozonização/filtração lenta em areia, é a menor demanda de cloro e de redução da formação de THM. A ozonização transforma o material húmico inerte em compostos biodegradáveis, os quais podem ser chamados de CODB e, segundo GRAHAM (1999), ocorre um aumento da população bacteriana na superfície do filtro, na camada chamada de “schmutzdecke”.

A ozonização tem efeito direto no desenvolvimento da perda de carga e no tempo de carreira do filtro, como mostrado na Tabela 9; fato observado também por RACHWAL et al. (1988) e por DEMPSEY & FU (1994), mas esses autores verificaram que essa interferência no tempo de carreira é dependente da dosagem de ozônio aplicada.

Pesquisas desenvolvidas por MALLEY et al. (1993) apresentaram bons resultados com pré-ozonização e filtração lenta, principalmente quanto à remoção de subprodutos potencialmente formadores de trihalometanos.

TABELA 9: Efeito da pré-ozonização sobre a duração da carreira do filtro lento de areia (fonte GRAHAM (1999))

Fonte de água	Dosagem de ozônio	Efeito do ozônio na taxa de crescimento da perda de carga e duração da carreira	Referência
Seagahan, UK	5 mgO ₃ /L	Reduzida a duração de carreira	GOUD et al. 1984
Lake Vymwy, Uk	2,5 – 3,5 mgO ₃ /L	Aumento da duração da carreira (34%) no inverno e primavera	GREAVES et al. 1988
River Dee, Uk	<5 mgO ₃ /L	Aumento da taxa crescimento da perda de carga no inverno/menor taxa no verão	MELLANBY, 1991
Lake Vymwy, Uk	1,2-2,5 mgO ₃ /L	Aumento da carreira no inverno/ menor duração no verão	CABLE and JONES 1996
River Dee, UK	0,5 mgO ₃ /mgTOC	Aumento da taxa crescimento da perda de carga (menor duração da carreira) no inverno	YORDANOV et al. 1996
Model water	0,1 a 1,0 mgO ₃ /mgDOC	Nenhum efeito sobre a taxa de crescimento da perda de carga com baixas dosagens (0,1-0,4mgO ₃ /mgDOC) Uma dosagem alta aumenta a perda de carga (1,0mgO ₃ /mgCOD)	DEMPSEY and FU, 1994
Portsmouth, USA	0,5 a 1,0 mgO ₃ /mgDOC	Aumenta taxa de crescimento da perda de carga	MALLEY et al. 1994

3.8.2 – Filtração em múltiplas etapas – FiME

As limitações da filtração lenta em areia e a degradação dos mananciais levaram os pesquisadores a desenvolverem um sistema de pré-tratamento da água bruta com múltiplas barreiras, como cita DI BERNARDO (1997), de tal forma a adequar essa água às condições de funcionamento do filtro lento, para possibilitar a obtenção de água com qualidade aceitável para consumo humano e dentro dos padrões de potabilidade recomendados.

Nesse sistema a água passa por diferentes etapas de tratamento. Na primeira ocorre principalmente a remoção de sólidos grosseiros, embora ocorra também a remoção de organismos e material fino. Essa etapa é chamada de pré-filtração dinâmica (PFD), sendo constituída de um meio granular apropriado de pedregulho, com tamanho menor no topo e maior no fundo, dispostos sobre um sistema de drenagem, constituído por tubos perfurados. Uma parcela da vazão afluenta escoar superficialmente e a outra infiltra; essa parcela que infiltra é coletada pelos drenos e encaminhada ao pré-filtro de escoamento ascendente

(PFVA). Essa unidade constitui de uma outra unidade de pré-filtração em pedregulho, mas de granulometria menor e decrescente no sentido do fluxo da água. Esses pré-filtros de fluxo ascendente apresentam maior facilidade de limpeza, tendo a vantagem de favorecer a acumulação de sólidos no fundo do filtro, onde se localiza o sistema de drenagem, facilitando assim, a limpeza hidráulica ou de fundo das unidades que são feitas através de descargas de fundo. A direção vertical do escoamento reduz as interferências geradas por diferenças de temperatura ou de densidade do fluido, melhorando o comportamento hidráulico da unidade, evitando zonas mortas e produzindo tempos de retenção mais homogêneos. A água após passar por esses dois pré-filtros, já com características mais adequadas à filtração lenta, é então encaminhada ao filtro lento.

GALVIS et al. (1997) citam que na Colômbia a FiME tem apresentado bons resultados nas pequenas comunidades; citam que existem em torno de 50 instalações com essa tecnologia e que têm apresentado bons resultados. Os autores descrevem sete sistemas FiME implantados na região do Vale Cauca, em pesquisa conduzida por um período de seis anos, cujos principais resultados foram:

- todos os sistemas produziram água com turbidez menor que 1 uT, com frequência entre 65 e 98% e menor que 5 uT em mais de 98% do tempo, com remoção na faixa de 83 a 97%;
- em cerca de 97% das amostras os valores de *Escherichia coli* estiveram abaixo de 25 NMP/100mL;
- em 98% do tempo a cor verdadeira esteve abaixo de 15 uH, com remoção entre 44 e 84%.

GALVIS et al. (1997) realizaram pesquisas em instalações pilotos com tecnologia FiME, na mesma bacia do rio Cauca, com o objetivo de comparar diferentes alternativas de pré-filtros. Relatam que, em termos de remoção de cor verdadeira, obtiveram remoções na faixa de 86 a 89%.

A filtração lenta é recomendada nos casos em que a água bruta apresenta qualidade dentro de certos limites e praticamente constante, ou segundo o PROSAB (1999), com características semelhantes às apresentadas pelos efluentes dos pré-tratamentos das instalações FiME. As principais características da água bruta recomendáveis para a aplicação da tecnologia FiME estão apresentadas na Tabela 10.

TABELA 10 – Características gerais da água bruta em função do arranjo da ETA-FiME (fonte PROSAB (1999))

Características da água bruta	Filtração lenta	Pré-filtração dinâmica +filtração lenta	Pré-filtração dinâmica +pré-filtração em pedregulho +filtração lenta
Turbidez (uT)	100%<25	100%<50	100%<200
	95%<10	95%<25	95%<100
Cor verdadeira (uH)	100%<10	100%<25	100%<25
	95%<5	95%<10	95%<10
Sólidos suspensos totais (mg/L)	100%<25	100%<50	100%<200
	95%<10	95%<25	95%<100
Coliformes totais (NMP/100ml)	100%<1000	100%<10000	100%<20000
	95%<500	95%<5000	95%<10000
Coliformes fecais (NMP/100ml)	100%<500	100%<5000	100%<10000
	95%<250	95%<1000	95%<5000
Concentração de ferro total (mg/L)	100%<1,5	100%<3,0	100%<5,0
	95%<1,0	95%<2,0	95%<3,0
Concentração de algas(UPA/ml)	100%<500	100%<1500	100%<5000
	95%<250	95%<1000	95%<500

VERAS (1999) realizou pesquisas em instalação piloto com tecnologia FiME, desenvolvida na USP – São Carlos, com o objetivo de analisar o funcionamento da instalação quanto à variação da taxa de filtração, o comportamento dos filtros lentos com diferentes meios filtrantes e os pré filtros. A instalação era constituída de uma sequência de tratamento, incluindo dois pré-filtros dinâmicos em série, seguidos de três linhas distintas de pré-filtros de fluxo ascendente, filtros lentos com leito de areia e carvão ativado e utilização de mantas sintéticas, no topo da camada filtrante. Não houve diferença entre as três linhas de pré-filtros de escoamento ascendente quanto à remoção dos parâmetros analisados; os filtros lentos com areia, carvão ativado com ou sem mantas sintéticas alcançaram melhores resultados com relação à remoção de ferro e matéria orgânica.

A tecnologia FiME vem sendo investigada quanto à potencialidade de remoção de algas, como é o caso da pesquisa desenvolvida na Universidade de Brasília por MELLO (1998) apud VERAS (1999), onde os autores chegaram à conclusão que a tecnologia FiME apresentou grande potencial no tratamento de águas com elevadas concentrações de algas.

Na China também vem sendo utilizadas instalações FiME, conforme MA et al. (1996), que estão apresentando bons resultados. A tecnologia FiME vem merecendo cada vez mais atenção, devido às características das águas daquele país e aos baixos custos de implantação e de operação.

DI BERNARDO (1997) assegura que a facilidade de operação, a pouca manutenção requerida em tais sistemas e o emprego de mão de obra local, como observado em alguns países em desenvolvimento, além do fato de não ser usado coagulante químico, coloca a filtração em múltiplas etapas em condições privilegiadas para ser utilizada com sucesso no Brasil.

3.9 – Considerações sobre a revisão bibliográfica

Essa revisão bibliográfica foi realizada procurando abordar todos os assuntos envolvidos na pesquisa, de forma sucinta, porém, objetiva e clara, procurando mostrar os resultados de pesquisas relacionadas ao assunto. Assim foram abordados os temas relativos à definição e caracterização das substâncias húmicas, sua relação com a cor da água natural e os métodos mais usuais de remoção. Foram abordados com mais detalhes os processos de oxidação por ozônio e peróxido de hidrogênio, a biofiltração, bem como a filtração lenta, com e sem pré-oxidação, e a filtração em múltiplas etapas.

Ficou evidenciado que a caracterização das substâncias húmicas não é fácil, devido ao grande número de constituintes presentes e sua baixa concentração na água. As características das substâncias húmicas dependem da origem dos materiais de que são formadas, animais ou vegetais, e das características do solo por onde essa água passou.

A remoção das substâncias húmicas apresenta dificuldades em função dessas características variáveis, sendo até mesmo difícil de se estabelecer comparações entre os resultados de diferentes pesquisas realizadas. Como exemplo, pode ser citada a remoção de cor verdadeira na filtração lenta, que, segundo alguns autores, pode chegar a algo em torno de 80%, enquanto que outros citam valores menores que 40%. Outro parâmetro que pode ser citado é o COD, para o qual os autores citam valores de remoções variando de 5 a 40%, além do que muitas vezes não fica claro se os autores estão fazendo referência a carbono orgânico total ou dissolvido.

A pré-ozonização associada à filtração lenta com camada intermediária de carvão ativado, vem sendo pesquisada e utilizada em algumas instalações. Essa combinação tem apresentado bons resultados quanto à remoção de cor, absorvância e carbono orgânico dissolvido. Quanto à utilização do peróxido de hidrogênio, foram encontradas referências sobre seu emprego, em combinação com ozônio e/ou radiação ultravioleta, na remoção de

gosto, odor e atrazina. Dessa forma havia necessidade de se desenvolver uma pesquisa, avaliando a pré-oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio no desempenho da filtração lenta quanto à remoção de substâncias húmicas, com ou sem camada intermediária de carvão ativado e com água bruta previamente condicionada em pré-filtros de pedregulho.

4 – MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho constou de investigação experimental na instalação de filtração em múltiplas etapas, que encontrava-se montada junto à Estação de Tratamento de Água da cidade de São Carlos, construída pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, com pequenas alterações que possibilitaram variações de dosagens de substâncias húmicas, ozônio e peróxido de hidrogênio. Uma vista superior dessa instalação é mostrada na Figura 6.

FIGURA 6: Vista superior da instalação de Filtração em Múltiplas Etapas

4.1 – Descrição da instalação experimental

A água bruta era derivada da adutora do Ribeirão do Feijão para um reservatório, sendo em seguida recalçada para uma câmara localizada no ponto mais alto da instalação,

com dispositivo de medição e de controle de vazão. Por gravidade essa água passava para o pré-filtro dinâmico (PFD). Desse PFD a água passava para uma câmara com vertedor e controle de vazão; através de dispositivo de manobra uma parte da água era encaminhada, por gravidade, ao pré-filtro de escoamento ascendente (PFVA). O excedente do PFD era lançado num canal de coleta e posteriormente recalcado para o ponto de chegada da água bruta da Estação de Tratamento de Água de São Carlos (ETA). Na saída do PFVA ficava o ponto de aplicação, ponto (C) na figura 7, de substâncias húmicas. Desse ponto a água era encaminhada, por gravidade, para a câmara de mistura e de sucção do conjunto elevatório que recalrava para uma caixa de nível constante. Na tubulação de saída dessa caixa de nível constante, ponto (D) na Figura 7, foi instalado um dispositivo construído com tubulações de PVC, em forma de chicanas, para dosagem e mistura do peróxido de hidrogênio. Desse dispositivo derivavam duas tubulações em cujas extremidades foram instalados cotovelos com plugs. Esses plugs, com orifícios perfurados, foram instalados de tal forma que suas alturas pudessem ser reguladas conforme a vazão desejada. Uma dessas tubulações alimentava a coluna de ozonização, que por sua vez alimentava os filtros lentos FLC1 e FLA1. A outra tubulação serviu como linha alternativa de alimentação dos outros dois filtros, quais sejam FLC2 e FLA2.

A seguir é apresentada uma descrição de cada unidade da instalação piloto.

4.1.1 – Câmara de chegada de água bruta

Uma derivação da adutora, com dispositivo automático de fechamento, alimentava a câmara de chegada de água bruta, com capacidade de 500 litros. A água bruta era recalcada por um conjunto elevatório a um recipiente na parte superior da instalação, com vertedor para medição e regulagem da vazão.

FIGURA 7: Fluxograma geral da instalação FiME.

4.1.2 – Pré-filtros

No projeto de pesquisa inicial estava prevista a utilização de um pré-filtro dinâmico de escoamento horizontal e um pré-filtro de escoamento ascendente, mas a partir do terceiro ensaio foram utilizados duas linhas de pré-filtros de escoamento ascendente. Os efluentes dos PFVAs se juntavam logo após a saída do PFVA da linha 3.

4.1.2.1 – Pré-filtro dinâmico (PFD)

O PFD consistia de unidade de chapa metálica, com dimensões em planta de 0,75m x 1,50 m e altura de 1,00 m. Essa unidade possuía pedregulho com granulometria crescente, de forma que o material mais fino localizava-se no topo da unidade. Na parte inferior do pré-filtro existia uma tubulação, com diâmetro de 50mm, com orifícios para coleta da água e encaminhamento para a caixa de distribuição para as linhas de pré-filtros de escoamento ascendente.

4.1.2.2 – Linhas de pré-filtro de escoamento ascendente (PFVA)

Os pré-filtros de escoamento ascendente constavam de três linhas, sendo a primeira linha constituída de quatro pré-filtros instalados em série, a segunda com dois em série e a terceira de um único pré-filtro em camadas de pedregulho. Cada linha era composta dos seguintes materiais:

- Linha 1 – consistia de quatro unidades de chapas metálicas de forma cilíndrica, com diâmetro de 0,80 m, área de $0,50 \text{ m}^2$ e altura de 1,00 m. O material era composto de uma camada de pedregulho em cada unidade, com granulometria decrescente no sentido do escoamento.
- Linha 2 – consistia de duas unidades em série, construídos de chapas metálicas de forma cilíndrica, com diâmetro 0,80 m, área de $0,50 \text{ m}^2$ e altura de 1,50 m. O material filtrante era semelhante ao da linha 1, com duas sub-camadas de pedregulho em cada unidade, sendo a granulometria decrescente no sentido do escoamento
- Linha 3 – consistia de uma única unidade, construída em chapa metálica de forma cilíndrica, com diâmetro de 0,80 m, área de $0,50 \text{ m}^2$ e altura de 2,95 m. O material era

composto de quatro sub-camadas de pedregulho, com granulometria decrescente no sentido do escoamento.

4.1.3 – Filtros lentos

No projeto de pesquisa inicial estava prevista a utilização de dois filtros lentos, mas foram preparadas mais duas unidades, para que os ensaios pudessem ser realizados em tempo hábil. Portanto, foram utilizados quatro filtros no total, sendo dois com meio filtrante de areia e dois com areia e camada intermediária de carvão ativado granulado.

4.1.3.1 - Filtros lentos FLC1 e FLC2

Os filtros lentos FLC1 e FLC2 eram construídos de chapas metálicas, de forma cilíndrica, com diâmetro de 0,80 m, área de 0,50 m² e altura de 2,95 m. Possuíam leitos de areia com camada intermediária de carvão ativado. A camada superior de areia, com tamanho efetivo na faixa de 0,20-0,25 mm, tinha espessura de 30 cm,. A camada de carvão ativado tinha espessura de 30 cm e granulometria de 0,30 a 0,84 mm, com número de iodo da ordem de 800 mg/g. Abaixo do carvão existia uma camada de 10 cm de areia com as mesmas características da camada superior e sob essa camada existia a camada suporte de pedregulho.

4.1.3.2 – Filtro lento FLA1 e FLA2

Os filtros lentos FLA1 e FLA2 eram construídos de chapa metálica, de forma cilíndrica, com diâmetro de 0,80 m, área de 0,50 m² e altura de 2,95 m. Possuíam leitos de areia com espessura de 70 cm, com tamanho efetivo na faixa de 0,20-0,25 mm. A camada de areia estava apoiada sobre a camada suporte de pedregulho, cuja granulometria está indicada na Figura 10. Na Tabela 11 estão descritas as características das unidades filtrantes.

TABELA 11: Características das unidades filtrantes

UNIDADES	TAMANHO DO MATERIAL (mm)		ESPESSURA DA CAMADA (m)
FLC1 E FLC2	CAMADA SUPORTE	31,4 a 50,0	0,30
		15,9 a 25,4	0,15
		7,9 a 12,7	0,10
		3,2 a 6,4	0,10
		1,41 a 2,4	0,10
	MEIO FILTRANTE	0,08 a 1,0(AREIA)	0,10
		0,30 a 0,84 (CAG)	0,30
		0,08 a 1,0(AREIA)	0,30
FLA1 E FLA2	CAMADA SUPORTE	31,4 a 50,0	0,30
		15,9 a 25,4	0,15
		7,9 a 12,7	0,10
		3,2 a 6,4	0,10
		1,41 a 2,4	0,10
	MEIO FILTRANTE	0,08 a 1,0(AREIA)	0,80

Nas Figuras 8, 9 e 10 estão representados, respectivamente, os detalhes dos PFD, PFVA (linha3) e filtros lentos FLA1, FLA2, FLC1, e FLC2 com indicação da composição granulométrica das camadas do material filtrante.

FIGURA 8a: Planta do Pré-filtro dinâmico

FIGURA 8b: Corte do Pré-filtro dinâmico

FIGURA 9: Pré-filtro vertical de escoamento ascendente

CORTE DOS FILTROS LENTOS FLA1 e FLA2

CORTE DOS FILTROS LENTOS FLC1 e FLC2

FIGURA 10: Filtros lentos FLA1, FLA2, FLC1 e FLC2

4.1.4 – Sistema de oxidação com peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio utilizado foi o Clamarin 503 da Degussa-Hüls, mostrado na foto da Figura 12. A solução era preparada com água destilada em recipiente de plástico de 40L, com concentração tal que resultasse em concentrações desejadas nos pontos de aplicações, após mistura com o efluente do PFVA ou da coluna de ozonização. As aplicações do peróxido de hidrogênio foram efetuadas utilizando-se bombas dosadoras, tipo peristáltica, mostradas na foto da Figura 11. As aplicações do peróxido eram efetuadas no dispositivo de mistura instalado na saída da caixa de nível constante, no ponto D da Figura 7, ou após a saída da coluna de ozonização, no ponto F na linha alternativa de alimentação dos filtros FLC2 e FLA2, dependendo do fluxograma do ensaio. A mistura era hidráulica, através da turbulência provocada pelas mudanças de direção na tubulação de ligação da caixa de nível constante e o orifício regulador de vazão ou, conforme o ensaio, no interior da tubulação que interligava a coluna de ozonização à caixa de distribuição de água para os filtros lentos. As medidas das concentrações de peróxido na solução mãe foram efetuadas pelo método titulométrico com permanganato de potássio. O residual foi determinado pelo método cobalto-bicarbonato-espectrofotométrico, indicado com restrições para concentrações de 0,02 a 0,2 mg/L.

FIGURA 11: Bombonas de substâncias húmicas, peróxido de hidrogênio e bombas dosadoras tipo peristáltica

FIGURA 12: Recipiente com peróxido de hidrogênio concentrado e bombona com o produto dissolvido para aplicação

4.1.5 – Sistema de ozonização

O sistema de ozonização era constituído de:

- gerador de ozônio
- difusor e coluna de ozonização
- medidor de vazão de ozônio
- medidor da concentração de ozônio produzido – fase gasosa
- medidor da concentração de residual de ozônio – fase líquida
- destruidor de ozônio

O ozônio foi aplicado sob pressão, através de um difusor poroso, localizado na parte inferior da coluna de ozonização. O ozônio era produzido na própria instalação por um aparelho marca EAGLESAT, modelo OZ-7, com capacidade de produção de 7 g/h. Gerava ozônio a partir do ar atmosférico e era dotado de válvulas reguladoras de vazão e pressão. Na Figura 13 tem-se uma vista interna do ozonizador.

FIGURA 13: Vista interna do gerador de ozônio

A coluna era construída em acrílico com seção circular, com 0,1 m de diâmetro e 5,0 m de altura. O nível d'água na coluna era regulado para um tempo de ozonização de aproximadamente 10 minutos. No topo da coluna foi colocado um dispositivo para forçar a passagem do ozônio excedente por uma camada de iodeto de potássio, onde era consumido, evitando a contaminação da atmosfera. O medidor da concentração do ozônio produzido, na fase gasosa, era da marca IN USA, modelo HI-S, para faixa de medida de 0 a 125 g/m³. As medidas do residual de ozônio, na fase líquida, eram efetuadas no equipamento dotado de sonda instalada em linha, na saída da coluna, da marca Dulcometer&Prominent, modelo OZS 05K2, para faixa de medida de 0 a 2 mg/L. O excesso de ozônio na fase gasosa, ou off gas, era medido pelo método iodométrico descrito em APHA 1985, recomendado pela International Ozone Association (1987). Os medidores de ozônio, fase líquida e gasosa, utilizados na pesquisa estão mostrados na Figura 14.

FIGURA 14: Medidores de ozônio fase gasosa e líquida

4.2 – Obtenção e aplicação das substâncias húmicas

As substâncias húmicas utilizadas nos ensaios foram extraídas de turfas provenientes das margens do Rio Mogi Guaçu, na região do município de Luís Antônio. Foi utilizada a seguinte metodologia de coleta e separação, adaptada de TOLEDO (1973).

- *coleta*: a turfa necessária para extração das substâncias húmicas foi coletada numa região de várzea, tendo-se o cuidado na coleta para obter material homogêneo e na medida do possível isento de areia e argila;
- *extração das substâncias húmicas*: a turfa era colocada em recipiente no qual era aplicada solução de hidróxido de sódio a 0,5 N, na proporção de 1 kg de turfa para cada 100 litros de solução de NaOH; esse material era agitado, com auxílio de agitador mecânico, por período de 18 horas. Esse material era posteriormente mantido em repouso, para que ocorresse a sedimentação de partículas em suspensão; o sobrenadante era retirado e armazenado. Esse material era embalado em embalagens feitas de papel celofane reforçado. Posteriormente essas embalagens eram imersas em solução, composta de água e ácido clorídrico (0,5N) com pH=2, onde ocorria uma primeira diálise por 48h, em seguida era efetuada uma Segunda

diálise em meio água não clorada com renovação contínua, proveniente do poço do Campus da EESC-USP. Eram coletadas amostras da água dessa última diálise, até obter-se reação negativa quanto ao cloreto, mediante aplicação de teste com solução de nitrato de prata. Segundo TOLEDO (1973), no processo de diálise se remove os ácidos orgânicos, ions metálicos, etc. Após esse processo de extração das substâncias húmicas, esse material foi homogeneizado em um tanque de 1000 litros e posteriormente armazenado em bombonas de plástico de 200 litros. Quando da aplicação na instalação, esse material era diluído em água efluente do PFVA. A aplicação das substâncias húmicas foi efetuada por bomba dosadora, tipo peristáltica, mostrada na Figura 12. As substâncias húmicas eram aplicadas na saída do PFVA, no ponto C da Figura 7. A mistura era hidráulica no interior da tubulação e através da turbulência provocada pelo retorno do sistema de recalque da caixa de mistura para a caixa de nível constante, localizada acima da coluna de ozonização.

4.3 – Ensaios realizados

Foram realizados cinco ensaios nos equipamentos da instalação FiME. Cada uma das cinco carreiras de filtração realizadas teve duração média entre dois e três meses, conforme Tabela 12.

Cada ensaio constou de :

ENSAIO 1: Três filtros lentos em operação com água bruta natural pré-filtrada, sendo dois com pré-oxidação por ozônio e o terceiro sem pré-oxidação;

ENSAIO 2: Quatro filtros lentos em operação com água bruta natural pré-filtrada, sendo dois com pré-oxidação por peróxido de hidrogênio e ozônio e os outros dois com pré-oxidação por peróxido de hidrogênio;

ENSAIO 3: Quatro filtros lentos em operação, sendo dois com pré-oxidação por peróxido de hidrogênio e ozônio e os outros dois com pré-oxidação por peróxido de hidrogênio. Nesse ensaio foram aplicadas substâncias húmicas na água bruta natural pré-filtrada, para obter cor verdadeira na faixa de 50 a 70 uH.

ENSAIO 4: Quatro filtros lentos em operação, sendo dois com pré-oxidação por ozônio e os outros dois com pré-oxidação por ozônio e peróxido de hidrogênio. Nesse ensaio foram aplicadas substâncias húmicas na água bruta natural pré-filtrada, para obter cor verdadeira na faixa de 50 a 70 uH. Essa carreira foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação do peróxido de hidrogênio após a aplicação do ozônio. Nesse ensaio foram utilizadas as três linhas de pré-filtros de escoamento vertical, visando obter melhor condicionamento da água a ser utilizada nos demais componentes da instalação.

ENSAIO 5: Quatro filtros lentos em operação, sendo dois com água bruta natural pré-filtrada, com pré-oxidação por ozônio e depois peróxido de hidrogênio. Os outros dois filtros recebendo água pré-filtrada com aplicação de substâncias húmicas e sem pré-oxidação.

Ao final de cada carreira foram realizadas as operações de raspagens das camadas biológicas dos filtros e adequações das instalações, para as condições do ensaio subsequente.

TABELA 12: Quadro resumo dos ensaios

ENSAIO	DURAÇÃO DO ENSAIO (d)	TAXAS DE FILTRAÇÃO DOS PRÉ-FILTROS (m/d)				CONDIÇÕES DE OPERAÇÕES DOS FILTROS LENTOS											
		PFD	PFVA			FLC1			FLA1			FLC2			FLA2		
			LINHA 1	LINHA 2	LINHA 3	TAXA (m/d)	COR (uH)	PRÉ-OXID.	TAXA (m/d)	COR (uH)	PRÉ-OXID.	TAXA (m/d)	COR (uH)	PRÉ-OXID.	TAXA (m/d)	COR (uH)	PRÉ-OXID.
1 ^a	73	18	-	-	16	4	NPF	O ₃	4	NPF	O ₃	4	NPF	-	-	-	-
2 ^a	62	18	-	-	20	4	NPF	H ₂ O ₂ e O ₃	4	NPF	H ₂ O ₂ e O ₃	4	NPF	H ₂ O ₂	4	NPF	H ₂ O ₂
3 ^a	94	18	-	12	12	4	50 a 70	H ₂ O ₂ e O ₃	4	50 a 70	H ₂ O ₂ e O ₃	4	50 a 70	H ₂ O ₂	4	50 a 70	H ₂ O ₂
4 ^a	65	18	8	8	8	3	50 a 70	O ₃	3	50 a 70	O ₃	3	50 a 70	O ₃ e H ₂ O ₂	3	50 a 70	O ₃ e H ₂ O ₂
5 ^a	90	18	-	12	12	3	NPF	O ₃ e H ₂ O ₂	3	NPF	O ₃ e H ₂ O ₂	3	50 a 70	-	3	50 a 70	-

LEGENDA:

NPF ÁGUA NATURAL PRÉ-FILTRADA (sem substâncias húmicas)
 O₃ OZÔNIO
 H₂O₂ PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO
 PFD PRÉ-FILTRO DINÂMICO
 PFVA PRÉ-FILTRO DE ESCOAMENTO VERTICAL ASCENDENTE
 FLC1 FILTRO LENTO 1 (com areia e carvão ativado)
 FLA1 FILTRO LENTO 2 (com areia)
 FLC2 FILTRO LENTO 3 (com areia e carvão ativado)
 FLA2 FILTRO LENTO 4 (com areia)

4.4 – Fluxograma de cada ensaio realizado

Como cada ensaio foi realizado com condições diferentes de aplicações de substâncias húmicas, ozônio e/ou peróxido de hidrogênio, foram necessárias modificações nas instalações conforme fluxogramas e esquemas verticais apresentados nas Figuras 15 a 24.

FIGURA 15: Fluxograma da instalação no primeiro ensaio

FIGURA 16: Esquema vertical da instalação no primeiro ensaio

FLUXOGRAMA DA INSTALAÇÃO
(CARREIRA 2)

FIGURA 17: Fluxograma da instalação no segundo ensaio

FIGURA 18: Esquema vertical da instalação no segundo ensaio

FLUXOGRAMA DA INSTALAÇÃO

(CARREIRA 3)

FIGURA 19: Fluxograma da instalação no terceiro ensaio

ESQUEMA DA INSTALAÇÃO - ENSAIO 3

$$F1 \text{ e } F2 = (SH + H \rho_o + Q_o)$$

$$F3 \text{ e } F4 = (SH + H_2O_2)$$

FIGURA 20: Esquema vertical da instalação no terceiro ensaio

FLUXOGRAMA DA INSTALAÇÃO
(CARREIRA 4)

FIGURA 21: Fluxograma da instalação no quarto ensaio

FLUXOGRAMA DA INSTALAÇÃO
(CARREIRA 5)

FIGURA 23: Fluxograma da instalação no quinto ensaio

FIGURA 24: Esquema vertical da instalação no quinto ensaio

4.5 - Ensaios auxiliares de oxidação

Os ensaios foram realizados na coluna de acrílico, utilizando os equipamentos da instalação para dosagens de substâncias húmicas, ozônio e peróxido de hidrogênio.

Foram realizados três ensaios, sendo o primeiro com água bruta natural com variação da dosagem de ozônio aplicada. No segundo foram aplicadas substâncias húmicas na água bruta e efetuada a ozonização em várias dosagens. No terceiro ensaio foi aplicado, em água contendo substâncias húmicas, peróxido de hidrogênio em várias dosagens, para uma dosagem fixa de ozônio. O tempo entre as coletas de água à montante e à jusante da coluna era de 15 minutos, superior ao tempo de detenção na coluna. Nesses ensaios não houve preocupação com os residuais de ozônio e de peróxido de hidrogênio, já que os efluentes não seriam encaminhados aos filtros lentos.

4.6 – Análises estatísticas dos dados

Foram empregados métodos estatísticos para análise dos dados obtidos nos ensaios. Esses métodos constam da versão 7 do EXCEL e do programa estatístico MINITAB. Esse último método foi empregado nos casos em que o número de dados era pequeno e poderiam não se ajustar à distribuição normal. Do MINITAB foi utilizado o teste não paramétrico de KRUSKAL-WALLIS. Foram utilizados os seguintes testes do EXCEL:

- ANOVA fator único: utilizado nos casos de comparações de médias de mais de dois tratamentos, exemplo para cor dos efluentes dos filtros FLC1, FLA1, FLC2 e FLA2;
- *Teste t – para duas amostras em par para as médias*, para dois tratamentos que receberam o mesmo afluente;
- *Teste t – para amostras com variâncias diferentes*, em geral foram utilizados para análise comparativa entre rendimentos percentuais de remoção de determinado parâmetro, obtidos por dois tratamentos com número de dados menor que 30;
- *Teste F* – em geral foram utilizados para análise comparativa entre rendimentos percentuais de remoção de determinado parâmetro, obtidos por dois tratamentos *para amostra com $n > 30$* .

4.7 – Métodos e frequências de determinação dos parâmetros

Em cada carreira de filtração foram determinados vários parâmetros, com frequência variável, conforme Tabela 13. Foram efetuados ensaios frequentes para determinação das dosagens e residuais de ozônio (fase líquida e gasosa) e peróxido de hidrogênio.

TABELA 13: Parâmetros, métodos e frequência de determinação

	PARÂMETRO	MÉTODO	EQUIPAMENTO	FREQUÊNCIA
1	Absorvância	Filtração em membranas (0,45µm) Espectrofotometria - $\lambda=254$ nm (cubeta de 1 cm)	Espectrofotômetro UV-160 ^a – SHIMADZU	3 x semana
2	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Titulação potenciométrica com ácido sulfúrico – pHmetro, bureta de 10 mL 1/20		1 x semana
3	Carbono Orgânico Dissolvido Não-Purgável (mg/L)	Filtração e combustão com filtração da amostra em membrana MF- SS (porosidade de 0,45µm) acidificação prévia da amostra (ácido clorídrico 2N)	TOC 5000-A-Shimadzu Corporation	3 x semana
4	Coliformes totais e Escherichia coli (NMP/100ml)	Método do substrato definido utilizando-se enzima COLILERT (IDEXX), procedimento Quanti-Tray	Estufa, Seladora Idexx-Quanti-Tray e aparelho Spectroline modelo CM-10; Fluorescence Analysis Cabinet, da Spectronics Corporation	1 x semana
5	Condutividade (µS/cm)	Condutivímetro	- Conductivity Meter DS-15 – HORIBA	1 x semana
6	Cor Aparente (uH)	Espectrofotometria – $\lambda=455$ nm	DR 4000 – HACH	diária
7	Cor Verdadeira(uH)	Centrifugação (3500 rpm durante 30 minutos) e espectrofotometria – $\lambda=455$ nm	Centrífuga de bancada-FANEM, modelo 215 e DR 4000 – HACH455 nm	diária
8	Metais	Espectrofotometria	Espectrofotômetro de absorção atômica – VARIAN AA1275	1 x semana
9	Número de partículas e	Contagem de partícula e distribuição de tamanhos	Contador de partículas marca HIAC/ROYCO 8000 ^A	1 x semana
10	Nitrato (mg/L)	Filtração em membrana (0,45µm) Espectrofotometria – $\lambda=220$ nm	Espectrofotômetro UV-160 a – SHIMADZU	1 x semana
11	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Método de Nessler (HACH) e leitura no espectrofotômetro	DR 2000 – HACH	1 x semana
12	Oxigênio Consumido (mg/L)	Método CETESB, operação e manutenção de ETA	Buretas 10ml, proveta 100ml, erlenmayer 250 e chapa p/ banho maria	1 x semana
13	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Método do eletrodo de membrana	Oxímetro – Digimed, modelo DM4	1 x semana

TABELA 13: Parâmetros, métodos e frequência de determinação (continuação)

14	Ozônio fase gasosa (mg/L)	Iodométrico e espectrofotometria por ultravioleta -	Analizador de ozônio Afx® Instrumentation – In USA Incorporated – modelo HIS	diária
15	Ozônio residual (mg/L)	Iodométrico e amperométrico de pulsação com eletrodos revestidos com membranas	Analizador Dulcometer Prominent – modelo OZS05K2 – em linha	diária
16	pH	Potenciométrico	Potenciômetro ORION- modelo 410	diária
17	Peróxido de Hidrogênio (mg/L) -	Método cobalto- bicarbonato – espectrofotometria	Vidrarias e DR 4000 – HACH	diária
18	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Filtração em membranas, porosidade de 1,2 µm	Estufa 105°C, balança de precisão	1 x semana
19	Temperatura (Co)	Termômetro de mercúrio, escala de 10 a 100 °C	Termômetro modelo INCODERM	diária
20	Turbidez (UT)	Nefelométrico,	TURBIDIMETER 2100P- HACH	diária
21	Vazão	Método volumétrico –	Cronômetro Technos com legibilidade de 1/100s	diária
22	Nível Piezométrico	Leitura em piezômetros	Tubos flexíveis transparentes com diâmetro interno de 5 mm	diária

As análises foram realizadas segundo APHA – Standard Methods for Examintion of Water and Wastewater, 20ª edição 1996, com exceção das análises de residual de peróxido de hidrogênio e ozônio fase líquida e gasosa.

Na Tabela 14 estão relacionados os pontos de coletas de amostras, bem como as análises efetuadas para cada ponto em cada ensaio.

TABELA 14: Pontos de coletas de amostras e análises efetuadas

PONTOS DE COLETA	ANÁLISES EFETUADAS
chegada da água bruta	2-3—4-5-6-8-9-10-11-12-13-18-19-20
saída do pré-filtro dinâmico	3-4-11-13-20
saída do pré-filtro de escoamento ascendente, antes da dosagem de substâncias húmicas	3-4-8-9-10-11-12-13-18-20
saída da caixa de mistura de substâncias húmicas, imediatamente antes da dosagem de peróxido de hidrogênio (dependendo da carreira)	1-3-4-5-20
caixa de entrada da coluna de ozonização	1-3-4-5-8-10-12-13-18-20
caixa de entrada dos filtros lentos	1-3-4-5-8-9-10-12-13-15-17-20
saída do filtro lento com areia	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-18-20
saída do filtro lento com areia e carvão ativado	1-2-3-4-5-6-7-8-9-11-12-13-18-20

4.7.1 – Determinação da dosagem de ozônio consumida

A determinação do ozônio consumido foi efetuada pelo balanço de massa entre entrada e saída da coluna de ozonização, conforme segue:

$$O_3 \text{ cons} = O_3 \text{ apli} - O_3 \text{ off} - O_3 \text{ res}$$

sendo

$O_3 \text{ cons}$: ozônio consumido (mg)

$O_3 \text{ apli}$: concentração de ozônio aplicada (mg)

$$O_3 \text{ apli} = P \cdot Q_{\text{ar}} \cdot T$$

onde:

P : concentração de ozônio produzido (mg/L)

Q_{ar} : vazão de ar na coluna (L/min)

T : tempo de contato na coluna (min)

$O_3 \text{ off}$: concentração de ozônio residual fase gasosa – off gas (mg)

$$O_3 \text{ off} = O_{3\text{rescol}} \cdot Q_{\text{ar}} \cdot T$$

$O_{3\text{rescol}}$: concentração do excesso de gás O_3 no topo da coluna, determinada pelo método iodométrico (mg/L)

$O_3 \text{ res}$: concentração de ozônio residual fase líquida (mg)

$$O_3 \text{ res} = O_{3\text{resliq}} \cdot Q_{\text{água}} \cdot T$$

$O_{3\text{resliq}}$: concentração de O_3 residual líquido na saída da coluna, lida através da sonda do medidor em linha (mg/L)

$Q_{\text{água}}$: vazão de água na coluna (L/min)

A dosagem consumida de ozônio é dada em mg/L pela expressão:

$$D_{O_3\text{CONS}} = O_{3\text{CONS}} / Vol_{\text{água}}$$

onde o $Vol_{\text{água}}$ é o volume de água em contato com o ozônio em litros.

Para facilitar os cálculos foi utilizada uma planilha de cálculo do Excel como segue:

PLANILHA DE DETERMINAÇÃO DA DOSAGEM DE OZÔNIO CONSUMIDA														
DATA	TO	ALT. DE	VAZÃO	VAZÃO DE	CONC.	DOSE	RESIDUAL	OFF	CÁLCULO DE O ₃ CONSUMIDO					
		ÁGUA NA	ÁGUA	DE AR	O ₃	O ₃	DE		O ₃	O ₃	O ₃	O ₃	DOSE O ₃	
		COLUNA	COLUNA	COLUNA	APAR	APLICADA	O ₃	GAS	O ₃	prod.	O ₃ off gas.	O ₃ res.	O ₃ cons.	CONS.
		(m)	L/min	L/h	mg/L	mg/L _{32,5}	mg/L _{32,5}	mg/L ₃₂	mg	mg	mg	mg	mg/L	

4.7.2 – Determinação do residual de peróxido de hidrogênio

A determinação do residual de peróxido de hidrogênio foi efetuada pelo método cobalto-bicarbonato-espectofométrico, obtido na página da Internet H2O2.com (2001) Esse método foi adotado em função da faixa de valores de leitura de 0,02 a 0,2mg/L. O método apresentou certas limitações, como por exemplo, a turbidez da água; nesse caso o problema era contornado, utilizando como branco (para a análise) a água com a mesma turbidez da água a ser analisada (sendo utilizado o efluente do PFVA). Entretanto, ocorreram problemas com os valores do residual à montante e à jusante da coluna de ozonização. Provavelmente o oxigênio injetado na coluna de ozonização distorcia os resultados de jusante da coluna, porquanto o método foi utilizado com essa limitação, não sendo possível realizar o balanço de massa na coluna.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Considerações iniciais

Os valores dos parâmetros analisados constam das tabelas apresentadas no Anexo B; os gráficos, as análises e discussões desses dados estão apresentados nos itens subsequentes desse capítulo. Procurou-se efetuar análises mais detalhadas dos parâmetros turbidez, cor verdadeira e aparente, absorvância, enquanto as análises de outros parâmetros foram efetuadas de maneira mais geral, englobando os vários ensaios. Em muitas das avaliações de remoção de parâmetros, como por exemplo cor verdadeira, foi utilizada a remoção percentual para possibilitar a comparação entre os resultados obtidos nos processos ensaiados. Foram efetuadas também análises relacionando os valores de alguns parâmetros, como por exemplo, cor verdadeira e absorvância, procurando-se obter possíveis relações entre os mesmos.

5.2 – Caracterização das substâncias húmicas extraídas para os ensaios

Para caracterização das substâncias húmicas utilizou-se dos trabalhos realizados por CAMPOS (2002) com substâncias húmicas, obtidas por processo de extração semelhante ao descrito no item 4.2, utilizando turfa originária do mesmo local da presente pesquisa. Segundo o autor, houve necessidade de trabalhar com material seco, posteriormente foi necessário liofilizar um certo volume da solução de SH para realizar essas caracterizações. Através desse procedimento pode-se também obter a concentração das SH na solução. Foram liofilizados cerca de 2 L da solução em um liofilizador da marca Edwards, modelo F101-02-000. Para encontrar-se a concentração de SH, foram adicionados 2 ml desta solução em dois tubos de ensaio e em seguida pesados. Esse material foi novamente liofilizado e pesado até obter-se massa constante. Encontrou-se uma concentração de 2,85 mg/ml de SH para a

solução concentrada obtidas nos processos de diálises e armazenada nas bombonas de 200 litros.

Ainda segundo CAMPOS (2002), a composição elementar das SH em relação a porcentagem de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e oxigênio (O) são as apresentadas na Tabela 15, onde estão apresentados também as razões atômicas dos elementos presentes nas SH. Observa-se que as SH extraídas possuem alta concentração de C e O e baixas de H e N. Verifica-se também que o valor da razão H/C encontrado é próximo de 1,0. Esse valor demonstra que as SH extraídas são originadas provavelmente da degradação de plantas vasculares e não de algas ou de matéria orgânica proveniente da degradação bacteriológica. A alta razão C/N (34,5) confirma essa observação e a razão O/C (0,85), segundo CAMPOS (2002), é relativamente alta, quando comparada com valores encontrados na literatura, o que comprova que essas SH possuem grandes concentrações de grupamentos carbônicos e carboxílicos.

Tabela 15- Composição elementar das SH e razões atômicas dos elementos

Massa %				Razões atômicas		
C	H	N	O*	H/C	O/C	C/N
44,34	3,95	1,50	50,21	1,07	0,85	34,5

*A porcentagem de O foi calculada por diferença

5.3 – Oxidantes empregados

Os valores das dosagens de ozônio consumido e as dosagens aplicadas de peróxido de hidrogênio estão apresentados nas Tabelas B45 a B49 no anexo B. As dosagens de ozônio consumidas foram determinadas conforme descritos no item 4.7.1. Quanto ao peróxido de hidrogênio estão apresentados os dados de dosagens aplicadas. Não foi possível determinar a dosagem consumida de peróxido, devido as dificuldades apresentadas na determinação do residual. Essas dificuldades ocorreram tanto pelo método empregado, cobalto-bicarbonato, quanto pela falta de outros métodos adequados às faixas de valores de residuais que ocorriam nos ensaios ou mesmo pelas condições dos ensaios.

5.4 – Problemas enfrentados na operação da instalação durante a execução dos ensaios

Durante a realização dos ensaios ocorreram vários problemas, o que de uma maneira ou outra podem Ter interferido nos resultados obtidos. O principal problema enfrentado foi a ocorrência de chuvas intensas nas cabeceiras da bacia do Ribeirão Feijão, que por vezes levou à interrupção dos ensaios, tendo em vista a variação dos parâmetros característicos da água bruta, muito acima dos admitidos na instalação FiME. Outro problema encontrado, logo no início dos trabalhos, foi o desenvolvimento de algas ao longo do percurso da água na instalação, exigindo a cobertura de todas as áreas em que ocorria a penetração da luz solar. Ocorreram várias quebras de bombas centrífugas, devido aos desgastes provocados pelo uso contínuo dos equipamentos, mas esses problemas foram contornados com a manutenção de bombas de reserva na instalação. As mangueiras da linha de ozônio, fase gasosa, não resistiam muito tempo em operação, sendo necessária a substituição das mesmas periodicamente. O equipamento de medição de ozônio na fase gasosa apresentou problemas no final do terceiro ensaio, em virtude da temperatura ambiente no laboratório da instalação. Outro problema que merece destaque é o da regulagem da vazão nos vários pontos da instalação, pois até insetos causaram estrangulamentos dos vertedores das caixas de distribuição de vazão. Os registros de gaveta não mantiveram a vazão ao longo do tempo, principalmente quando o fluxo de água provocava vibrações da gaveta ou quando a água continha partículas relativamente grandes em suspensão, como as da água bruta, que entupiam as aberturas dos registros. Outro problema que ocorreu, mas já mencionado, foi com as leituras de residual de peróxido de hidrogênio na saída da coluna de ozonização.

5.5 – Remoção de cor verdadeira

5.5.1 – Avaliação geral da remoção de cor verdadeira

O objetivo principal desse trabalho foi o de avaliar a remoção de substâncias húmicas na instalação FiME, precedida ou não de pré-oxidação com ozônio e/ou peróxido de hidrogênio. Como a análise direta da remoção das SH é de difícil execução e não seria viável a realização dos ensaios necessários ao longo das extensas carreiras de filtração, foram efetuadas análises indiretas, através da remoção de cor verdadeira e aparente, absorvância, carbono orgânico dissolvido e oxigênio consumido.

De maneira geral, os filtros lentos apresentaram rendimento satisfatório na remoção de cor, sendo mais eficientes os com carvão ativado. Na Tabela 16 estão relacionados os

valores máximos, médios e mínimos de cor verdadeira ocorridos nos cinco ensaios realizados. Pode ser observado que o FLC2 foi o que apresentou maior remoção nos dois primeiros ensaios, com cor verdadeira média remanescente de 15 e 7 uH, apresentando remoções médias percentuais de 50 e 70%, contra 44 e 52% do FLC1. Já nos ensaios 3 e 4, onde foram aplicadas substâncias húmicas, os filtros com carvão ativado também apresentaram resultados melhores. Nesses ensaios o filtro FLC1 apresentou efluentes com valores de cor semelhantes ao do FLC2. A camada intermediária de carvão ativado do FLC1 havia sido trocada entre os ensaios 2 e 3, entretanto, o rendimento do FLC2 continuou sendo melhor, tendo em vista que o FLC1 recebeu água ozonizada, com valores de cor menores.

O filtro lento de areia FLA1 apresentou cor remanescente na faixa de 8 a 41 uH no primeiro ensaio e de 4 a 25 uH no segundo, com remoções médias de 44,5% e 46% respectivamente. No segundo ensaio na instalação, o filtro FLA2, na sua primeira carreira de filtração, apresentou efluentes com cor remanescente na faixa de 11 a 31 uH, com média de 18 uH, valores esses bem acima dos valores dos efluentes do FLA1, sendo que esse último já havia efetuado outras carreiras de filtração.

No quinto ensaio os filtros FLC1 e FLA1 receberam afluentes do PFVA, sem aplicação de SH. O FLC1 apresentou efluente com cor remanescente na faixa de 5 a 15 uH, enquanto que do FLA1 a faixa de cor foi de 9 a 26 uH. Os filtros FLC2 e FLA2 trabalharam nesse ensaio com água com aplicação de SH e apresentaram efluentes com cor remanescente nas faixas de 21 a 42 uH e 31 a 50 uH, respectivamente, confirmando mais uma vez a vantagem dos filtros com carvão ativado, mas não apresentaram valores abaixo dos recomendados pela norma.

Os ensaios 3 e 4 foram realizados em períodos em que ocorreram chuvas relativamente intensas, os valores dos parâmetros característicos da água bruta como cor e turbidez tiveram grande variação, ocorrendo também variações desses parâmetros nos efluentes dos pré-filtros e dos filtros lentos, como pode ser observado nos valores de cor verdadeira remanescente do PFVA no terceiro ensaio, que variou de 25 a 168 uH e no quarto variou de 23 a 109 uH. Esses valores de cor verdadeira estão acima dos recomendados por DI BERNARDO (1993) para filtração lenta, consequentemente resultaram em valores altos de cor remanescentes dos efluentes dos filtros lentos, tanto de areia como de carvão ativado.

TABELA 16: Valores máximos, médios e mínimos de cor verdadeira nos ensaios

PONTO	COR	FAIXA DE VALORES DE COR VERDADEIRA (uH)				
		ENSAIO				
		1o	2o	3o	4o	5o
PFVA	MAX	57	38	168	109	64
	MÉD	32	23	52	43	23
	MIN	20	14	25	23	15
SH	MAX	-	-	165	100	85
	MED	-	-	67	63	57
	MIN	-	-	40	46	46
MC	MAX	59	38	161	100	64
	MÉD	32	23	67	63	23
	MIN	10	16	39	46	15
JC	MAX	43	36	120	70	23
	MÉD	24	18	50	43	15
	MIN	14	11	20	31	10
FLC1	MAX	38	17	75	53	15
	MÉD	18	11	33	27	9
	MIN	4	7	9	17	5
FLA1	MAX	41	25	77	57	26
	MÉD	18	13	38	30	13
	MIN	8	4	21	20	9
FLC2	MAX	35	14	58	49	42
	MÉD	15	7	32	26	32
	MIN	3	1	11	18	21
FLA2	MAX	-	31	87	53	50
	MÉD	-	18	45	29	39
	MIN	-	11	19	20	31

5.5.2 – Avaliação da remoção de cor verdadeira em cada ensaio

Os valores de cor verdadeira de cada ensaio estão apresentados nas Tabelas B29 a B33 do Anexo B.

5.5.2.1 – Primeiro ensaio

Esse ensaio foi realizado nos meses de maio e junho de 2001. Nesse período ocorreram chuvas de baixa e alta intensidade pluviométrica, mas que provocaram variações na cor verdadeira, ocorrendo valores de 30 uH a 80 uH. Pode ser notado na Figura 25 que ocorreram interrupções no funcionamento da instalação devido às condições da água bruta nos dias de chuvas fortes. Pode ser notado também que a variação da cor remanescente nos filtros sofreu influência da variação da cor da água bruta. Essa figura foi construída com

linhas interligando os pontos do gráfico para permitir uma melhor visualização do efeito da variação da cor da água bruta nos demais componentes da instalação.

FIGURA 25: Variação da cor verdadeira ao longo do tempo no primeiro ensaio

A variação da cor dos efluentes dos filtros acompanha a variação da cor afluyente. Esse fato sugere até uma relação entre afluyente/efluente, isto é, a cada variação nas características do afluyente corresponde uma certa variação no efluente do componente da instalação, permitindo assim uma análise comparativa da remoção percentual de cor entre as várias condições ensaiadas nas instalações.

A Figura 26 mostra a remoção de cor verdadeira, em porcentagem, ocorrida nesse ensaio. Os valores de remoção foram calculados em relação ao efluente do PFVA, portanto os valores dos filtros FLC1 e FLA1 incluem a remoção ocorrida na coluna de ozonização, o mesmo não ocorre com os valores do filtro FLC2, que recebia diretamente o efluente do PFVA. Pode ser observado que o filtro FLC2 apresentou uma eficiência melhor que os filtros FLC1 e FLA1, mesmo sem receber água pré-oxidada. Isso se deve, provavelmente, ao fato que foi a primeira carreira de filtração do filtro FLC2, com camada intermediária de carvão ativado novo, enquanto que o FLC1 já tinha realizado várias carreiras. Nessa figura pode ser observada também uma diminuição de remoção por parte do FLC1 a partir do quadragésimo oitavo dia de operação. Pode Ter ocorrido uma diminuição da capacidade de adsorção da camada de carvão, motivada ou pelo tempo de utilização desse carvão ou pelo aumento da dosagem de ozônio. Essa observação é melhor visualizada na Figura 27, que mostra a

remoção percentual de cor no filtros FLC1 e FLA1 em relação aos seus afluentes, após a ozonização.

Efetuada-se uma comparação estatística através do teste de hipótese t com os valores das cores remanescentes dos filtros FLA1 e FLC2 e com os valores de cores remanescentes dos filtros FLC1 e FLC2, Tabela A1 e A2 do Anexo A, pode-se afirmar, com grau de confiança de 95%, que ocorreu uma diferença entre as médias, portanto o FLC2, com cor média de 15,2 uH contra 18 uH do FLC1 e do FLA1, apresentou melhor desempenho, mesmo em termos de remoção percentual média, em que o FLC2 apresentou um valor 63% contra 43,5% do FLC1.

Efetuada o teste estatístico entre os filtros FLC1 e FLA1, Tabela A3 do Anexo A, que recebem como afluente a mesma água pré-oxidada, pode-se concluir que os dois filtros apresentaram estatisticamente médias iguais, isto é, não houve diferença entre os dois tipos de tratamentos. Esse resultado não satisfatório do filtro FLC1, nessa carreira de filtração, deveu-se provavelmente ao tempo de uso do carvão e às características desfavoráveis da água bruta a que foi submetido no período de chuva, o que causou uma diminuição significativa na sua capacidade de adsorver substâncias húmicas.

FIGURA 26: Remoção de cor verdadeira ao longo do tempo no FLC2 e nos conjuntos coluna de ozonização / filtros FLC1 e FLA1 no primeiro ensaio

FIGURA 27: Remoção de cor verdadeira ao longo do tempo nos filtros FLC1 e FLA1 em relação à saída da coluna de ozonização

A Figura 28 procura estabelecer uma relação entre os dois filtros com carvão ativado, ou seja FLC1 e FLC2. Estão mostradas as variações de cor verdadeira afluyente e efluente dos filtros. Nessa figura estão traçadas também as linhas de tendência de cor remanescente nos filtros FLC1 e FLC2, pode-se observar que o FLC2 apresenta melhores resultados que FLC1. Tanto o FLC2 como o FLC1 tendem a estabilizar a cor remanescente efluente.

FIGURA 28: Variação da cor remanescente dos filtros FLC1 e FLC2 em função da variação da cor afluyente

5.5.2.2 – Segundo ensaio

Esse ensaio foi realizado no período de julho a setembro de 2001. Ocorreram chuvas a partir da metade do período de operação, chegando a provocar a interrupção do ensaio por algumas horas. Os valores dos parâmetros característicos da água bruta como, por exemplo, cor e turbidez aumentaram, ocorrendo também aumentos desses parâmetros nos efluentes dos filtros, o que pode ser observado na Figura 29. Nessa figura estão relacionados os dias de operação com a cor verdadeira da água bruta, da saída do PFVA, da entrada e saída da coluna de ozonização e da saída dos filtros lentos, bem como a dosagem dos pré-oxidantes peróxido de hidrogênio e ozônio. Pode-se observar também nessa figura que os filtros com camada intermediária de carvão ativado tiveram melhor desempenho que os de areia apenas, sendo que o FLC2 apresentou melhores resultados, como havia ocorrido na primeira carreira.

A cor verdadeira do efluente do FLA2, que estava na sua primeira carreira de filtração, foi relativamente maior que dos demais filtros, aproximando-se da cor da água da saída da coluna de ozonização. Na Figura 30 pode-se observar melhor a diferença de cor remanescente dos filtros FLC1 e FLC2, com carvão ativado, e dos filtros com leito filtrante de areia apenas, FLA1 e FLA2.

FIGURA 29: Cor verdadeira e dosagem de pré-oxidantes ao longo do tempo de operação no ensaio 2

FIGURA 30: Cor verdadeira remanescente nos filtros lentos ao longo do tempo de operação no ensaio 2.

Os filtros de areia apresentaram cor remanescente acima de 10 uH, enquanto que os com carvão ativado mantiveram valores entre 5 e 10 uH. O filtro FLC2, em sua Segunda carreira de filtração, apresentou valores menores que o FLC1, com camada de carvão utilizado em vários ensaios anteriores.

Na Figura 31 pode-se observar que o filtro FLC1 sofreu menos influência da variação da cor afluente do que o filtro FLA1. Até a metade do ensaio o filtro FLC1 apresentou cor remanescente equivalente ao FLA1, depois da metade o FLA1 passou a apresentar cor bem maior, provavelmente devido aos efeitos causados pelo peróxido de hidrogênio à sua camada biológica, o que provocou uma diminuição da perda de carga no filtro.

Na Figura 32 pode ser observado que o efluente do filtro FLC2 apresentou cor remanescente abaixo de 5 uH na maior parte do ensaio, com 69% de média de remoção em relação ao efluente do PFVA. Foi um resultado extremamente eficiente quando comparado ao resultado do FLA2, que apresentou uma remoção média de 22%, para a mesma condição a que foi submetido o FLC2. Apenas, deve ser ressaltado que era a primeira carreira de filtração do filtro FLA2 e o mesmo ainda não estava de todo amadurecido.

FIGURA 31: Cor remanescente dos filtros FLC1 e FLA1, com água pré-oxidada com peróxido de hidrogênio e ozônio

FIGURA 32: Cor remanescente dos filtros FLC2 e FLA2, com água pré-oxidada com peróxido de hidrogênio no segundo ensaio

A Figura 33 mostra a remoção percentual de cor verdadeira nesse ensaio em relação a água afluenta aos dois sistemas oxidação/filtração, isto é, relacionando a cor da água efluente do PFVA e dos efluentes dos filtros lentos. Podem ser confirmadas as observações

obtidas nas figuras anteriores, apenas ressaltando o bom desempenho do FLC2, que tinha como pré-oxidante apenas o peróxido de hidrogênio.

FIGURA 33: Remoção percentual de cor verdadeira no ensaio 2

Efetuada-se uma análise estatística dos dados obtidos nesse ensaio, obtém-se resultados que confirmam as observações efetuadas com base nos gráficos das figuras anteriores. O teste ANOVA, Tabela A8 do Anexo A, indica que ocorreu diferença entre os tratamentos, sendo que o FLC2 apresentou melhor média de remoção de cor verdadeira.

Os teste estatísticos t, mostrados nas Figuras A9 a A12 do Anexo A, indicaram que os filtros com camada intermediária de carvão ativado apresentaram melhor remoção de cor verdadeira. Os testes indicaram também que ocorreram diferenças entre as médias dos filtros FLC1 e FLC2, bem como entre os filtros FLA1 e FLA2, como havia sido observado nos gráficos.

5.5.2.3 – Terceiro ensaio

Esse ensaio teve início no final do mês de setembro e se estendeu até o final de dezembro. Esse ensaio foi o que mais interrupções sofreu, pois ocorreram muitas chuvas que causaram variações dos parâmetros característicos da água bruta, principalmente cor e turbidez. Essas variações podem ser observadas na Figura 34, onde estão apresentados os valores de cor verdadeira do efluente dos pré filtros, do ponto logo após receber substâncias

húmicas da entrada e saída da coluna, bem como as cores remanescentes dos filtros lentos. Pode-se observar que quando a cor afluenta aos filtros se mantinha em torno de 50 a 70 uH, os efluentes dos filtros mantinham uma faixa de cor de 20 a 40 uH, mas com o aumento da cor afluenta, chegando a atingir até 160 uH, a cor dos efluentes dos filtros atingiram valores bem maiores, independente do tempo decorrido da carreira de filtração. Pode ser observado também que o efluente do FLC2 foi o que menor cor remanescente manteve ao longo do ensaio, mas a diferença com o FLC1 já não foi tão grande como nos ensaios anteriores. Antes desse ensaio a camada de carvão ativado do FLC1 havia sido trocada e seu rendimento aumentou, mostrando que o tempo de utilização do carvão interfere na sua capacidade de remoção de cor verdadeira.

FIGURA 34: Variação da cor verdadeira ao longo do tempo de operação no ensaio 3

A Figura 35 mostra o comportamento dos filtros FLC1 e FLA1 quanto à remoção percentual de cor verdadeira, ao longo do tempo de operação, no segundo ensaio. O FLA1 apresentou uma remoção percentual na faixa de 40 a 60%, sendo que nos primeiros vinte dias de operação seu rendimento foi maior, quando a aplicação de peróxido foi realizada numa razão H_2O_2/O_3 de 0,5, mas depois esse rendimento caiu.

FIGURA 35: Remoção de cor verdadeira no sistema com pré-oxidação com H_2O_2 e O_3 e filtração lenta no terceiro ensaio

O FLC1 apresentou remoção na faixa de 45 a 60%, sendo seus valores de remoção maiores que do FLA1. O aumento da dosagem de ozônio aparentemente não implicou em aumento da remoção de cor, talvez pela influência do peróxido sobre a camada biológica.

A Figura 36 mostra o comportamento dos filtros FLC2 e FLA2 quanto à remoção percentual de cor verdadeira, ao longo do tempo de operação do segundo ensaio. O FLC2 apresentou uma remoção percentual inicialmente na faixa de 50 a 60%, mas após aplicação do peróxido com dosagem de 0,7 mg/L, essa remoção apresentou uma ligeira queda e ficou numa faixa em torno de 50%, caindo depois para faixa de 40 a 50%, sendo que nesse período não foi aplicado oxidante. Posteriormente foi efetuada nova aplicação de peróxido, ocorrendo um aumento de remoção percentual de cor, mas coincidentemente havia iniciado um período de chuvas fortes, o que impede afirmar que a aplicação do peróxido implicou em aumento do rendimento do filtro. O FLA2 apresentou remoção na faixa de 30 a 50% no início do ensaio, mas após a aplicação de peróxido na dosagem de 0,7 mg/L a remoção caiu para a faixa de 20% e 30%, aumentando depois de um período sem oxidante e voltando a cair após outra aplicação de peróxido.

FIGURA 36: Remoção de cor verdadeira no sistema com pré-oxidação com H_2O_2 e filtração lenta

A Figura 37 mostra comparação da remoção percentual de cor verdadeira nos sistemas com pré-oxidação e filtração lenta com e sem carvão ativado, bem como a variação da cor do afluente antes e após aplicação das substâncias húmicas. O sistema com pré-oxidação com peróxido de hidrogênio e filtro lento com leito de areia (FLA2), foi o que apresentou menor remoção, com valores de remoção na faixa de 20 a 40%. Entretanto, o FLC2 com carvão ativado e com o mesmo afluente, obteve remoção de cor verdadeira na faixa de 50 a 60%. O sistema com pré-oxidação com peróxido seguido depois por ozônio e filtro lento FLC1 com carvão ativado também apresentou remoções na faixa de 50 a 60%. Deve ser observado que o FLC1 nesse ensaio já contava com camada nova de carvão ativado e que a aplicação do peróxido não foi efetuada de forma contínua. A remoção no sistema oxidação/filtro lento FLA1 foi menor que os valores obtidos pelos filtros com carvão, mas acima dos valores obtidos no filtro FLA2, ficando a remoção na faixa 40 a 50%. Nesse caso ficou evidente o efeito da remoção de cor pela pré-ozonização.

FIGURA 37: Comparação da remoção de cor verdadeira nos sistemas com pré-oxidação e filtração lenta com e sem carvão ativado no terceiro ensaio

Aplicando-se o teste ANOVA, Tabela A17 do Anexo A, nos valores de cor remanescente dos quatro filtros, pode-se concluir que houve diferenças nos tratamentos, sendo que os filtros com carvão ativado apresentaram melhores resultados de remoção de cor. Aplicando-se o teste de hipótese de dados emparelhados nos filtros FLC1 e FLC2, Figuras A18 do Anexo A, conclui-se que não houve diferença entre as médias das cores remanescentes. Entretanto, aplicando o mesmo teste aos filtros FLA1 e FLA2, pode-se concluir que ocorreu diferença entre os tratamentos, sendo que o FLA1 com afluente pré-oxidado com H_2O_2 e O_3 , apresentou efluente com cor média inferior ao FLA2 com afluente pré-oxidado com H_2O_2 .

Quanto à ação do peróxido de hidrogênio pode-se observar que o peróxido não proporcionou remoção significativa de cor, pois a média (67 uH) e o desvio padrão (17 uH) de cor das amostras após aplicação do peróxido são iguais aos valores a montante do ponto de aplicação.

Analizando a remoção de cor verdadeira em cada filtro, tomando por base o seu afluente, isto é, JC/(FLC1 ou FLA1) e SH/(FLC2 ou FLA2), conclui-se que os filtros com pré-oxidação com peróxido apresentaram melhores porcentagens de remoção, ou seja 52,6% e 33,3% contra 32,7% e 22,6%, respectivamente.

5.5.2.4 – Quarto ensaio

Esse ensaio teve início em meados de março de 2002 e se estendeu até meados de maio de 2002. No início do ensaio ocorreram algumas chuvas fracas, que provocaram variações dos parâmetros característicos da água bruta, mas ocorreram também chuvas fortes em dois períodos, sendo que as mais intensas e duradouras ocorreram na terceira semana do ensaio, o que levou a interrupção do tratamento por três dias consecutivos. Outras chuvas fortes ocorreram em torno do quinquagésimo dia de operação. Os valores observados de cor nesse ensaio estão mostrados na Figura 38, onde estão apresentados os valores de cor verdadeira na saída dos pré-filtros, no ponto imediatamente após aplicação das substâncias húmicas, na saída da coluna de ozonização, na entrada dos filtros lentos 3 e 4 e nas saídas dos quatro filtros.

FIGURA 38: Variação da cor verdadeira ao longo do tempo de operação no ensaio 4

O ozônio propicia maior remoção de cor que os filtros lentos com camada intermediária de carvão ativado e esses, por sua vez, mais do que os filtros apenas com areia. Essa observação pode ser visualizada na Figura 39, que mostra a variação de cor verdadeira ao longo do tempo de operação no sistema com pré-oxidação com ozônio, onde pode ser visto também que a cada modificação da cor afluenta corresponde uma variação da cor efluente de cada componente.

FIGURA 39: Evolução da cor verdadeira no aflrente após aplicação das substâncias húmicas, à jusante da coluna de ozonização e na saída dos filtros FLC1 e FLA1 com o tempo de operação no quarto ensaio

Na Figura 40 estão apresentados os valores de remoção percentual de cor verdadeira no sistema com pré oxidação com ozônio, bem como no sistema com pré oxidação com ozônio e em seguida com aplicação de peróxido de hidrogênio. Pode-se notar que a partir do trigésimo dia de operação ocorreu um aumento no percentual de remoção de cor em todos os filtros. Como isso ocorreu para todos os sistemas de oxidação-filtração, então, nesse caso, não se pode afirmar que a aplicação do peróxido após ozonização tenha aumentado o rendimento. Esse aumento de rendimento ocorrido pode ser entendido através da análise da Figura 41, onde estão mostrados os valores de cor na saída do PFVA, no ponto após aplicação das substâncias húmicas (SH) e os valores de remoção percentual de cor até a saída dos filtros com carvão. O aumento da remoção percentual de cor ocorreu a partir do momento que a cor do PFVA passou a diminuir, com conseqüente aumento da dosagem de substâncias húmicas, para manter a cor na faixa de 50 a 70 uH.

FIGURA 40: Remoção percentual de cor verdadeira pelos sistemas de oxidação e filtros lentos, no quarto ensaio

As Figuras 41 e 42 procuram mostrar as diferenças ocorridas na remoção percentual de cor nos dois sistemas de pré-oxidação e filtração lenta com e sem carvão ativado, respectivamente, comparando basicamente o rendimento SH/FLC1 com SH/FLC2 e SH/FLA1 com SH/FLA2. O peróxido de hidrogênio começou a ser aplicado a partir do 44º dia de operação. Até esse dia os filtros FLC2 e FLA2 apresentavam remoções percentuais de cor maiores do que FLC1 e FLA1 respectivamente. Após iniciada a aplicação do peróxido de hidrogênio essa situação se inverteu, ou seja, os filtros que estavam recebendo água pré-oxidada somente com ozônio apresentaram remoções percentuais de cor maiores do que aqueles que recebiam água pré oxidada com ozônio e peróxido. Portanto a aplicação do peróxido de hidrogênio diminui a remoção percentual de cor nos sistemas oxidação/filtração lenta.

Essa constatação gráfica pode ser confirmada através da análise das médias das remoções de cor antes e após a aplicação do peróxido. O FLA2 apresentou remoção média de 53% contra 49% do FLA1 antes do início da aplicação do peróxido, e 58% contra 61% no período após o início da aplicação. É importante citar que essas remoções referem-se ao sistema oxidação/filtração e que ocorreu um aumento da remoção de cor pelo ozônio, devido ao aumento da quantidade de substâncias húmicas aplicadas, conforme constatado anteriormente. Nos sistemas com filtração com camadas de carvão, aconteceu de forma

semelhante, mas com diferenças menores entre as médias antes e depois da aplicação do peróxido de hidrogênio, conforme pode ser observado na Tabela 17.

TABELA 17: Remoção de cor verdadeira antes e após aplicação de ozônio e peróxido de hidrogênio

OXIDANTE	Remoção de cor verdadeira(%)			
	SH/FLC1	SH/FLC2	SH/FLA1	SH/FLA2
O ₃	54,4	55,1	49,3	53,5
O ₃ /H ₂ O ₂	65,2	64,6	61,3	58,2

FIGURA 41: Comparação dos rendimentos dos sistema com oxidação com ozônio e filtração lenta com carvão ativado (FLC1) e sistema com oxidação com ozônio mais peróxido e filtros com carvão (FLC2)

FIGURA 42: Comparação dos rendimentos dos sistema oxidação com ozônio e filtração lenta com areia apenas (FLA1) e sistema com oxidação por ozônio mais peróxido e filtro de areia (FLA2)

Efetuada o teste ANOVA, Tabela A24 do Anexo A, nos dados de remoções percentuais de cor conclui-se que houve diferenças entre os tratamentos, sendo que as médias obtidas nos tratamentos com filtros com carvão foram maiores que nos filtros com areia. Essas diferenças não foram tão grandes quanto nos ensaios anteriores, pois a capacidade de adsorção das camadas de carvão já havia diminuído com o tempo de utilização. A cor remanescente dos filtros manteve-se entre 20 e 25 uH, com uma remoção média em torno de 58% para os filtros com carvão ativado e em torno de 54% para os filtros de areia.

As análises estatísticas, mostradas nas Tabelas A25 e A26 do Anexo A, entre as médias dos filtros com carvão ativado contra as médias dos filtros com areia, indicam novamente a vantagem do carvão ativado quanto à remoção de cor.

Pode ser observado que a diferença, em relação à cor verdadeira, entre o efluente do FLC2 e do FLC1, foi muito pequena ao longo do ensaio. Estatisticamente não houve diferença entre as médias dos dois filtros, pelo teste de hipótese de amostras emparelhadas, mostrada na Tabela A27 do Anexo ^a

O teste estatístico, mostrado na Tabela A28 do Anexo A, entre os filtros FLA1 e FLA2 também indicam que não houve diferença entre os tratamentos, concluindo-se portanto que a aplicação do peróxido de hidrogênio não trouxe benefícios quanto à remoção de cor verdadeira.

5.5.2.5 – Quinto ensaio

Esse ensaio teve início em 21/05/2002 e término em 18/08/2002. Foi um período de poucas chuvas, que ocorreram no final do mês de junho e início de agosto, mas não chegaram a provocar a interrupção da carreira de filtração. Essas chuvas, apesar de apresentarem pouca intensidade, causaram variações na cor da água bruta e nos efluentes dos componentes da instalação. Os filtros FLC1 e FLA1 receberam água natural pré-filtrada e pré-oxidada com ozônio e depois com peróxido de hidrogênio. Os filtros FLC2 e FLA2 receberam água natural pré-filtrada com cor verdadeira mantida na faixa de 50 a 70 uH, através da aplicação de substâncias húmicas. A Figura 43 mostra a variação dos valores de cor nos vários pontos de coleta ao longo do tempo. O efluente dos filtros que receberam água NPF e pré oxidada apresentaram, em 95% do tempo, valores de cor na faixa de 7 a 11 uH (FLC1) e de 10 a 16 uH (FLA1), enquanto que os efluentes da linha com SH ficaram, em 95% do tempo, na faixa de 28 a 37 uH (FLC2) e de 34 a 43 uH (FLA2), respectivamente.

FIGURA 43: Variação da cor verdadeira ao longo do tempo de operação no ensaio 5

Na Figura 44 pode-se observar os efeitos da variação da cor afluenta ao sistema oxidação/filtração lenta com e sem carvão, bem como visualizar a remoção conseguida pelo ozônio e pelo filtro com carvão ativado.

O peróxido de hidrogênio, na dosagem aplicada nesse ensaio, não removeu cor e não teve influência no rendimentos dos filtros FLC1 e FLA1, conforme pode ser confirmado na Figura 45, onde a porcentagem de remoção de cor se manteve estável, independentemente da dosagem de peróxido. Já o ozônio removeu em média 36% da cor afluenta, enquanto que o filtro com camada de carvão removeu 40% contra 14% do filtro de areia.

O teste estatístico t mostrado na Tabela A33 do Anexo A, no caso emparelhado para duas médias, realizado com os valores de cor remanescente dos efluentes dos filtros FLC1 e FLA1, indicaram que o FLC1 apresentou melhores resultados do que o FLA1. Esse mesmo resultado foi obtido através do teste t aplicado às porcentagens de remoção de cor, Tabela A34 do Anexo ^a Esses mesmos testes aplicados aos valores dos efluentes dos filtros FLC2 e FLA2, também mostraram a superioridade dos filtros com camada intermediária de carvão ativado, ver Figuras A35 e A36 do Anexo ^a

FIGURA 44: Influência da dosagem de oxidantes na variação da cor remanescente dos filtros FLC1 e FLA1

FIGURA 45: Relações entre cor verdadeira efluente e influente nos filtros em função da dosagem de peróxido de hidrogênio

A Figura 46 foi construída com a finalidade de analisar a interferência causada pelas substâncias húmicas na eficiência de remoção de cor nos filtros FLC2 e FLA2. Os valores da diferença de cor dos pontos imediatamente antes e após aplicação das substâncias húmicas (SH-PFVA) foram lançados no eixo principal das ordenadas, enquanto que as relações entre os valores de cor dos afluentes e dos efluentes dos filtros FLC2 e FLA2 foram lançados no segundo eixo das ordenadas. No eixo das abcissas estão os dias de operação do quinto ensaio. Nesse caso não foi encontrada nenhuma relação entre os rendimentos dos filtros com a variação da quantidade de SH.

A Figura 47 procura mostrar a relação entre valores de cor afluente e efluente de cada filtro (MFi/FLi) ao longo do tempo. Pode-se notar que os filtros com carvão ativado apresentaram rendimentos semelhantes, em torno de 40% de remoção, lembrando que o FLC1 recebia água sem SH e pré-oxidada com ozônio e peróxido, enquanto que o FLA2 recebia água com SH e sem pré-oxidação. Os rendimentos dos filtros com leito de areia apenas apresentaram diferenças nos percentuais de remoção de cor, sendo que o FLA2 que recebia água com SH apresentou rendimento melhor.

FIGURA 46: Variação da relação entre os valores de cor verdadeira de entrada e saída dos filtros FLC2 e FLA2 em relação à variação da diferença de cor entre os pontos SH e PFVA

FIGURA 47: Relação entre valores de cor verdadeira afluentes e efluentes de cada filtro ao longo do tempo, no quinto ensaio

5.5.3 – Avaliação dos processos pré-oxidação/filtração lenta quanto à remoção de cor verdadeira

Os ensaios realizados foram efetuados com água natural pré filtrada, com pré oxidação com ozônio, com ozônio mais peróxido de hidrogênio e com peróxido de hidrogênio mais ozônio, bem como com água natural pré filtrada com aplicação de substâncias húmicas, com e sem pré oxidação. Nas Figuras 48 a 55 são mostradas as relações entre remoção de cor nos processos com e sem pré-oxidação/filtros lentos, com ou sem carvão ativado, ao longo dos ensaios realizados. Foram reunidos os dados de cada filtro obtidos nos cinco ensaios e lançados em gráficos, relacionando a remoção percentual de cor com o tempo de operação.

No filtro FLC1 foram realizados cinco ensaios, sendo três com água NPF e dois com NPF/SH. Nos ensaios com água NPF foi utilizada pré-oxidação, sendo que no primeiro foi empregado somente ozônio, no segundo foi aplicado o peróxido seguido do ozônio e no terceiro ensaio com água NPF foi aplicado ozônio e depois peróxido. No ensaio em que foram aplicadas SH, foram utilizados dois processos de oxidação, o primeiro com peróxido e depois ozônio e o segundo com ozônio apenas. Os dados de remoção foram lançados nas Figuras 48 e 49, onde pode ser observado que para água NPF os melhores resultados, ou mais constantes, foram obtidos com pré-oxidação com ozônio seguido de peróxido de hidrogênio, mas a vantagem sobre peróxido mais ozônio foi pequena. Nos ensaios com água com SH os resultados do quarto ensaio foram melhores, onde foi efetuada pré oxidação apenas com ozônio. Deve ser lembrado o fato observado no quarto ensaio, relacionado ao efeito do ozônio sobre as SH aplicadas, que é maior do que sobre as substâncias naturais que conferem cor verdadeira à água natural, portanto na comparação desse ensaios esse fator deve ser levado em consideração.

FIGURA 48: Variações da remoção de cor verdadeira no processo oxidação/filtro FLC1 com o tempo de operação nos ensaios

FIGURA 49: Variações da remoção de cor verdadeira no filtro FLC1 com o tempo de operação nos ensaios

No filtro FLA1 também foram realizados cinco ensaios, com as mesmas características da água afluenta e condições de pré-oxidação do FLC1. Os dados de remoção foram lançados nas Figuras 50 e 51, onde pode ser observado que quando foi utilizada água NPF, a aplicação de ozônio ofereceu resultados ligeiramente melhores, mas muito variáveis.

A aplicação de ozônio e depois peróxido manteve um rendimento mais constante na faixa de 40 a 50% de remoção, enquanto que para água com SH os melhores resultados foram obtidos com a aplicação somente de ozônio.

FIGURA 50: Variações da remoção de cor verdadeira no processo oxidação/filtro FLA1 com o tempo de operação nos ensaios

FIGURA 51: Variações da remoção de cor verdadeira no filtro FLA1 com o tempo de operação nos ensaios

No filtro FLC2 foram realizados cinco ensaios, sendo dois com água NPF e três com SH. No primeiro ensaio com água NPF foi utilizada água sem pré-oxidação e no segundo foi aplicado apenas o peróxido de hidrogênio. Em dois dos três ensaios em que foi utilizada água com SH foram utilizados pré-oxidação, sendo que no primeiro foi aplicado apenas peróxido de hidrogênio e no segundo ozônio mais peróxido de hidrogênio. O terceiro ensaio foi realizado sem pré-oxidação. Os dados de remoção foram lançados nas Figuras 52 e 53.

Nos ensaio em que foi utilizada água NPF sem aplicação de substâncias húmicas, os melhores resultados foram obtidos com pré-oxidação efetuada com peróxido de hidrogênio, mas esse filtro apresentou excelentes resultados com água sem pré-oxidação. Já para água NPF/SH os melhores resultados foram obtidos quando a pré-oxidação foi efetuada com ozônio mais peróxido. Entretanto, considerando a remoção ocorrida somente no filtro, (ver Figura 53) a aplicação do peróxido levou a resultados melhores do que as outras condições ensaiadas.

FIGURA 52: Variações da remoção de cor verdadeira no processo oxidação/filtro FLC2 com o tempo de operação nos ensaios

FIGURA 53: Variações da remoção de cor verdadeira no filtro FLC2 com o tempo de operação nos ensaios

Com o filtro FLA2 foram realizados apenas quatro ensaios, com as mesmas condições dos quatro últimos ensaios do FLC2. Os dados de remoção foram lançados nas Figuras 54 e 55. Foi realizado somente um ensaio com água NPF pré-oxidada com peróxido, sendo obtida uma remoção média de cor de 24%. Os melhores resultados para água NPF/SH foram obtidos com pré oxidação com ozônio seguido de peróxido de hidrogênio. Nesse caso efetuando-se uma comparação dos dados referentes ao ensaio sem pré oxidação com pré oxidação com peróxido, os resultados são equivalentes. A aplicação do peróxido não trouxe vantagens nem para água NPF nem para água com SH.

FIGURA 54: Variações da remoção de cor verdadeira no processo oxidação/filtro FLA2 com o tempo de operação nos ensaios

FIGURA 55: Variações da remoção de cor verdadeira no filtro FLA2 com o tempo de operação nos ensaios

Pode-se tirar uma conclusão importante das observações efetuadas sobre os resultados apresentados nos ensaios dos processos de oxidação/filtração lenta, qual seja: a pré oxidação com ozônio ou com ozônio seguido de peróxido apresentaram melhores valores

de remoções de cor verdadeira, ou apresentaram valores de remoções de cor mais constantes ao longo do tempo de operação.

A pré-oxidação com ozônio sozinho apresentou bons resultados quanto à remoção de cor, em água com ou sem aplicação das substâncias húmicas. O efeito do peróxido de hidrogênio não foi tão significativo quando aplicado sozinho ou mesmo quando aplicado antes do ozônio.

5.5.4 – Desempenho dos filtros, quanto à remoção de cor verdadeira, em função da pré-oxidação

A – Filtros de areia

Os dados de remoção percentual de cor obtidos nos processos oxidação/filtros com leito de areia, FLA1 e FLA2, nos vários ensaios com água NPF foram agrupados na Figura 56, enquanto que os dados com água NPF/SH foram agrupados na Figura 57.

Os três tratamentos em que foi utilizada pré-oxidação envolvendo ozônio se equivaleram, quando foi utilizada água NPF como afluente aos processos oxidação/filtração. A melhor média de remoção foi obtida com pré-oxidação com ozônio apenas. A pré oxidação com peróxido sozinho apresentou remoções bem abaixo das outras condições de pré oxidação.

Nos ensaios onde foi utilizada água NPF/SH os melhores resultados obtidos foram com a pré-oxidação com ozônio ou ozônio seguida de peróxido de hidrogênio. Novamente a pré-oxidação com peróxido sozinho não levou a resultados satisfatórios, sendo seus resultados equivalentes aos resultados obtidos nos filtros sem pré-oxidação do afluente.

FIGURA 56: Variações da remoção de cor verdadeira no processo oxidação/filtros de areia com o tempo de operação nos ensaios (água NPF)

FIGURA 57: Variações da remoção de cor verdadeira no processo oxidação/filtros de areia com o tempo de operação nos ensaios (água NPF/SH)

B – Filtros com camada intermediária de carvão ativado

Os dados de remoção percentual de cor, obtidos nos sistemas oxidação/filtros com leito de areia com camada intermediária de carvão ativado (FLC1 e FLC2) nos vários ensaios com água NPF, foram agrupados na Figura 58, enquanto que os dados com água NPF/SH foram agrupados na Figura 59.

Quando foi utilizada água NPF como afluente aos sistemas oxidação/filtração, o filtro FLC2 apresentou excelentes resultados no ensaio com pré-oxidação do afluente com peróxido de hidrogênio, embora esse filtro tenha apresentado valores altos de remoção no primeiro ensaio sem oxidante. Os resultados com pré oxidação com ozônio e ozônio mais peróxido também foram satisfatórios, tanto no FLC1 como no FLC2.

Nos ensaios em foi utilizada água NPF/SH o filtro FLC2 não repetiu o mesmo desempenho que apresentou sem pré-oxidação ou com água pré-oxidada com peróxido. Os resultados obtidos, tanto pelo FLC1 como pelo FLC2, com a ozonização foram melhores e quando o peróxido foi aplicado após o ozônio foram ligeiramente superiores.

FIGURA 58: Variações da remoção de cor verdadeira no processo oxidação/filtros com carvão com o tempo de operação nos ensaios (água NPF)

FIGURA 59: Variações da remoção de cor verdadeira no processo oxidação/filtros com carvão com o tempo de operação nos ensaios (água NPF/SH)

Na Figura 60 estão lançados em separado os dados de remoção de cor nos filtros, utilizando água pré-oxidada com ozônio mais peróxido e peróxido mais ozônio. Pode-se observar que a aplicação do peróxido após a ozonização levou a resultados ligeiramente melhores nos filtros, como havia sido observado anteriormente.

FIGURA 60: Comparação dos resultados de remoção de cor verdadeira nos filtros quando receberam água pré-oxidada com ozônio/peróxido e com peróxido/ozônio

5.5.5 – Remoção de cor verdadeira nos processos de pré-oxidação

Em todos ensaios realizados foram obtidos dados de cor imediatamente antes e depois da aplicação dos oxidantes. No caso de oxidação por ozônio as amostras eram coletadas à montante e à jusante da coluna. Quando era efetuada aplicação do peróxido, as coletas eram feitas antes e depois do ponto de aplicação, que variou conforme o ensaio. Nos ensaios em que o peróxido era aplicado antes do ozônio, o ponto de coleta era entre o PFVA e o ponto à montante da coluna; no caso em que a aplicação do peróxido ocorria após a ozonização, a coleta era feita antes da entrada dos filtros lentos (MF). Esses dados estão apresentados nas tabelas do Anexo B, em conjunto com valores de cor de outros pontos de coleta. Com base nesses dados foi construído o gráfico da Figura 61, onde pode ser notada a grande dispersão dos valores de remoção percentual de cor, com uma média de remoção em torno de 30%. Não foi possível obter boa correlação entre a dosagem de ozônio consumida e correspondente remoção percentual de cor.

FIGURA 61: Remoção de cor verdadeira em função da dosagem de ozônio, em todos os ensaios realizados

A Figura 62 mostra a remoção obtida no sistema de ozonização nos ensaios em foi utilizada água NPF, enquanto que na Figura 63 estão os dados para água NPF/SH. Pode-se notar que o aumento da dosagem de ozônio não proporciona um aumento direto de remoção de cor. A remoção obtida com água NPF variou em média de 22% no segundo ensaio a 34% no quinto ensaio. A distribuição dos pontos não apresenta nenhuma linha de tendência com boa correlação. Com água NPF/SH ocorreu o mesmo fato, com remoções médias de 25% no

terceiro ensaio e 35% no quarto, também não apresentando linha de tendência com boa correlação.

FIGURA 62: Remoção de cor verdadeira em função da dosagem de ozônio, em água NPF

FIGURA 63: Remoção de cor verdadeira em função da dosagem de ozônio, em água NPF/SH

As Figuras 64 e 65 mostram as relações ocorridas entre os valores de cor removida, isto é, diferença entre os valores de cor do afluente e os do efluente da coluna de ozonização,

em função dos valores de cor afluenta à coluna. No caso de água NPF ocorreu melhor correlação entre os dados, podendo-se esperar, considerando os dados obtido e nas condições dos ensaios realizados, uma remoção média de 0,38 uH para cada unidade da cor afluenta, enquanto que para água com NPF/SH essa expectativa é de 0,32. Já no conjunto dos dados, Figura 66, foi observada uma relação entre os dados, com coeficiente de correlação igual a 0,9.

FIGURA 64: Relação entre cor verdadeira afluenta e cor verdadeira removida, para água NPF/SH, ensaio 4

FIGURA 65: Relação entre cor verdadeira afluenta e cor verdadeira removida, para água NPF, ensaio 5

FIGURA 66: Relação entre cor verdadeira removida e cor verdadeira afluenta de água NPF

A análise da pré-oxidação efetuada com peróxido de hidrogênio e/ou ozônio indica que o peróxido, na dosagem utilizada, pouco efeito proporcionou quanto à remoção de cor. Os testes de hipótese indicaram que não há, estatisticamente, diferença entre as médias das cores dos pontos antes da aplicação do peróxido e após aplicação. A remoção média obtida com o peróxido foi em torno de 1% apenas.

A Figura 67 mostra claramente a remoção de cor obtida com a ozonização no primeiro ensaio. Pode ser observado que antes do início da ozonização os valores de cor remanescente do MC e do JC eram praticamente iguais. Após iniciada a ozonização as diferenças de cor entre os dois pontos são visíveis. Já a Figura 68 mostra a remoção de cor na pré-oxidação no segundo ensaio. Fica claro que o peróxido não causa remoção direta de cor, enquanto que o ozônio remove cor numa faixa de 20 a 30%, nas dosagens aplicadas tanto de peróxido como de ozônio.

FIGURA 67: Cor verdadeira ao longo do tempo à montante e jusante da coluna de ozonização e dosagem de ozônio no primeiro ensaio.

FIGURA 68: Cor verdadeira ao longo do tempo à montante e jusante dos pontos de aplicação dos oxidantes e dosagem de ozônio e peróxido no segundo ensaio

Comparando-se a porcentagem média de remoção de cor obtida no filtro FLC2 na primeira (53%) e na Segunda carreira (70%), pode-se dizer que a aplicação do peróxido apresentou vantagens. O desempenho do FLA2 nos mesmos ensaios com peróxido não mostraram vantagens em relação às outras condições de operação.

Ensaio realizado em separado na coluna de ozonização, com ou sem aplicação de peróxido de hidrogênio, cujos dados estão apresentados nas Tabelas B85 e B86 do Anexo B, levaram a resultados semelhantes aos obtidos na presente pesquisa. A principal conclusão obtida foi que a remoção de cor verdadeira aumenta com o aumento da dosagem de ozônio, mas se estabiliza numa faixa de 35% de remoção e que o peróxido de hidrogênio não auxilia na remoção de cor, chegando até a causar uma diminuição na remoção percentual com o aumento da dosagem, conforme pode ser observado na Figura 69, extraída do trabalho do congresso. Nessa figura estão relacionados os dados de remoção de cor verdadeira e aparente, bem como absorvância 254 nm em função das dosagens de oxidantes.

FIGURA 69 : Remoção de absorvância e cor aparente e verdadeira em função de H_2O_2/O_3 , água com substâncias húmicas

No ensaio em que foram introduzidas substâncias húmicas, utilizando apenas ozônio como oxidante, a remoção de cor verdadeira aumentou com o aumento da dosagem de ozônio, mas tendeu a valores em torno de 30 a 35%, para dosagens acima de 3 mg/L. A remoção de absorvância 254 nm tendeu a valores entre 25 a 30%, conforme pode ser visto na Figura 70. A remoção de cor aparente é menor, como era de se esperar, já que o efeito do

ozônio ocorreu mais sobre as substâncias dissolvidas que aquelas que conferem cor aparente à água.

FIGURA 70 : Remoção de absorvância, de cor aparente e verdadeira em função da variação da dosagem de ozônio, em água contendo substâncias húmicas

5.6 – Cor aparente

Os valores de cor aparente determinados nos ensaios estão apresentados nas Tabelas B24 a B28 do Anexo B. Na Tabela 18 estão relacionados os valores máximos, médios e mínimos de cor aparente ocorridos nos cinco ensaios realizados. Nos dois primeiros ensaios ocorreu uma variação de cor da água bruta de 88 a 270 uH, enquanto que no terceiro e quarto ensaios a faixa de variação foi bem maior, de 114 uH a valores acima de 520 uH, valores esses bem acima do recomendado por Di Bernardo (1993) para filtração lenta em múltiplas etapas. Essa variação ocorreu devido aos período de chuvas relativamente intensas, o que levava a interromper o tratamento nesses períodos, embora nem sempre isso tenha sido possível, pois algumas vezes os picos de cor aparente ocorreram no período noturno.

Os pré-filtros PFD e PFVA proporcionaram uma boa remoção de cor aparente, com remoção média de até 59%, no quinto ensaio. A remoção média proporcionada pelo ozônio foi de 16%, enquanto que a proporcionada pelo peróxido, nas dosagens utilizadas, foi menor que 1%. Os filtros lentos com camada intermediária de carvão ativado removeram em média 56%, enquanto que os filtros com leito de areia removeram 40%, considerando todos os ensaios.

TABELA 18: Valores máximos, mínimos e médios de cor aparente nos ensaios

PONTO	VALOR	FAIXA DE VALORES DE COR APARENTE (uH)				
		ENSAIO				
		1	2	3	4	5
AB	MÁX	271	197	>520	>520	324
	MÉD	143	118	192	187	124
	MÍN	102	88	114	126	80
PFVA	MÁX	119	91	765	393	109
	MÉD	72	55	115	97	50
	MÍN	51	43	55	55	32
SH	MÁX	-	-	765	340	148
	MÉD	-	-	134	120	88
	MÍN	-	-	78	86	44
MC	MÁX	167	93	865	340	109
	MÉD	74	55	133	120	50
	MÍN	49	43	78	86	32
JC	MÁX	80	81	466	285	100
	MÉD	58	48	112	96	44
	MÍN	37	37	65	63	29
MF1	MÁX	80	81	466	285	98
	MÉD	58	48	112	96	43
	MÍN	37	37	65	63	30
MF2	MÁX	119	93	865	199	146
	MÉD	72	55	133	91	88
	MÍN	51	43	78	60	44
FLC1	MÁX	84	31	139	110	39
	MÉD	34	21	67	49	16
	MÍN	16	14	33	28	7
FLA1	MÁX	86	51	160	121	52
	MÉD	35	28	67	57	39
	MÍN	17	15	33	33	18
FLAC2	MÁX	72	21	114	116	52
	MÉD	29	12	56	51	39
	MÍN	8	6	22	29	18
FLA2	MÁX	-	53	164	127	78
	MÉD	-	36	75	59	50
	MÍN	-	25	24	39	37

A variação da cor aparente dos efluentes dos filtros está relacionada com a variação da cor afluenta aos mesmos, como pode ser observado nas Figuras 71 a 75, correspondentes aos valores de cor aparente nos cinco ensaios realizados. Foram traçadas as linhas ligando os pontos para ilustrar a correlação entre cor afluenta e efluente aos filtros, mostrando também os dias em que houve necessidade de interromper o tratamento em virtude das chuvas intensas.

Os filtros com camadas intermediárias de carvão ativado apresentaram diferenças significativas em relação aos filtros com areia apenas, quanto à remoção de cor aparente. A maior remoção percentual média foi de 79%, obtida pelo FLC2 no primeiro ensaio e a mínima foi de 38%, sendo essa remoção obtida pelo FLC1 no terceiro ensaio. Os filtros com leito de areia obtiveram remoções médias na faixa de 40 a 50%. Os testes estatísticos realizados (ver Tabelas A4, A5, A13, A14, A20, A21, A29, A30 e A37 do anexo A), comprovam a maior eficiência dos filtros com carvão, com exceção dos resultados do FLC1 no primeiro e segundo ensaios, onde seus rendimentos se igualaram estatisticamente aos do FLA1. Esse filtro não estava mais removendo cor de maneira satisfatória, pois sua camada de carvão já estava com sua capacidade de adsorção comprometida, em virtude de Ter sido utilizada anteriormente em várias carreiras de filtração.

O filtro FLA2 na sua primeira carreira de filtração levou aproximadamente 40 dias para apresentar resultados com valores próximos aos demais, provavelmente, tenha sido esse o tempo de maturação desse filtro lento e/ou da camada biológica.

FIGURA 71: Variação da cor aparente ao longo do primeiro ensaio

FIGURA 72: Variação da cor aparente ao longo do segundo ensaio

FIGURA 73: Variação da cor aparente ao longo do terceiro ensaio

FIGURA 74: Variação da cor aparente ao longo do quarto ensaio

FIGURA 75: Variação da cor aparente ao longo do quinto ensaio

Observando-se as Figuras 76 e 77, pode-se notar que o efluente do FLC2 foi o que apresentou cor aparente com valor abaixo de 15 uH na maior parte do ensaio, valor esse recomendado para água de abastecimento para consumo humano pela portaria 1469 do Ministério da Saúde. Esse fato ocorreu em 80% do tempo de operação do segundo ensaio, onde a água afluenta aos filtros era água NPF, com cor aparente variando entre 40 e 60 uH em 80% do tempo.

FIGURA 76: Frequência acumulada de cor aparente remanescente no ensaio 2, água NPF

FIGURA 77: Frequência acumulada de cor aparente remanescente no ensaio 5, com água NPF e NPF/SH

No quinto ensaio o FLC1 apresentou efluente com cor abaixo de 15 uH em 51% do tempo, recebendo também água NPF. Em todos os ensaios os filtros com leito de areia não apresentaram efluentes com cor aparente abaixo de 15 uH, como pode ser observado nas Figuras 78 e 79. Nessas figuras pode ser observado também que o FLC2, recebendo água NPF/SH com cor aparente na faixa de 70 a 100 uH, não apresentou em nenhum momento efluente com cor aparente abaixo de 15 uH. Com base nas análises dessas figuras, pode-se concluir portanto, que se a água afluente aos filtros lentos não apresentar cor aparente dentro de certos limites, o efluente não apresentará valores de cor dentro dos padrões recomendados pelo Ministério da Saúde. Os filtros com camada intermediária de carvão ativado apresentam melhor remoção que os filtros apenas com areia, mas deve ser avaliada a vida útil do carvão e esse carvão deve ser renovado com certa frequência.

FIGURA 78: Frequência acumulada de cor aparente remanescente no ensaio 3, com água NPF/SH

FIGURA 79: Frequência acumulada de cor aparente remanescente no ensaio 4, com água NPF/SH

As Figuras 80 a 83 mostram a remoção percentual de cor aparente em função do tempo de operação para cada tipo de processo de oxidação/filtração lenta e com água NPF. A Figura 80 refere-se aos processos com filtração com camada intermediária de carvão ativado e a Figura 81 aos filtros de areia. Para os filtros com carvão ativado a combinação dos oxidantes ozônio e depois peróxido de hidrogênio é a que apresentou melhores resultados, como havia ocorrido com remoção de cor verdadeira. Esses resultados foram melhores principalmente quando a relação de dosagens H_2O_2/O_3 esteve acima de 0,2.

O filtro FLC2 foi o que melhor desempenho apresentou nos dois primeiros ensaios, como também havia ocorrido com cor verdadeira, apresentou uma remoção percentual na faixa de 70 a 85%, quando o efluente foi pré-oxidado com peróxido.

Os filtros com leito de areia apresentaram bons resultados com água pré-oxidada com ozônio e também com a combinação ozônio e depois peróxido. Pode-se observar também que os resultados obtidos com H_2O_2/O_3 foram relativamente bons, mas diminuíram com o aumento da relação H_2O_2/O_3 e com o efeito do peróxido sobre a camada biológica.

FIGURA 80: Influência da pré-oxidação de água NPF como afluente na remoção de cor aparente em filtros com camada intermediária de carvão ativado

FIGURA 81: Influência da pré-oxidação de água NPF como afluente na remoção de cor aparente em filtros com leito de areia

Nos ensaios em que foram aplicadas substâncias húmicas, a pré-oxidação com ozônio apresentou melhores desempenhos, mas a pré-oxidação com ozônio mais peróxido apresentou valores próximos aos do ozônio. Os testes estatísticos realizados, comparando a remoção percentual dos filtros FLC1 e FLC2, Anexo A, confirmam essa observação. A oxidação com peróxido apresentou resultados muito bons no filtro FLC2 com carvão, mas péssimos no filtro FLA2 de areia.

Os filtros FLC2 e FLA2 recebendo água NPF/SH sem pré-oxidação tiveram rendimentos inferiores aos filtros que recebiam água pré-oxidada, entretanto quando a perda e carga aumentou, a remoção percentual melhorou, chegando aos níveis dos demais, ver Figuras 82 e 83.

FIGURA 82: Influência da pré-oxidação de água NPF/SH como afluente na remoção de cor aparente em filtros com camada intermediária de carvão ativado

FIGURA 83: Influência da pré-oxidação de água NPF/SH como afluente na remoção de cor aparente em filtros com leito de areia

5.7 – Absorvância 254 nm

Os valores de absorvância 254 nm observados nos ensaios estão apresentados nas Tabelas B1 a B5 do Anexo B. A análise da remoção de absorvância, a exemplo do que

ocorreu com a remoção de cor verdadeira, mostrou que os filtros com camada intermediária de carvão ativado proporcionaram melhor remoção do que os com areia apenas, como pode ser observado, por exemplo, na Figura 84 que mostra a remoção de absorvância no quarto ensaio. Nessa figura também fica claro o efeito do ozônio e do peróxido de hidrogênio quanto à remoção de absorvância, comparando-se as curvas SH e JC e as curvas JC e MF, respectivamente, antes e depois da aplicação dos oxidantes.

FIGURA 84: Variação da absorvância 254nm remanescente com o tempo no quarto ensaio

Na Tabela 19 estão relacionados os valores máximos, médios e mínimos de absorvância 254 nm ocorridos nos cinco ensaios realizados. Nos dois primeiros ensaios com água bruta natural pré filtrada a absorvância variou de 0,035 a 0,226 cm^{-1} , enquanto que os efluentes dos filtros com carvão ativado variaram de 0,011 a 0,053 cm^{-1} e de 0,023 a 0,082 cm^{-1} nos filtros de areia. Já no terceiro e quarto ensaios, onde ocorreu aplicação de substâncias húmicas no afluente aos filtros, a faixa de variação de absorvância no afluente foi bem maior, de 0,101 a 0,238 cm^{-1} ; os efluentes dos filtros com carvão apresentaram variação de 0,023 a 0,124 cm^{-1} , enquanto que para os efluentes dos filtros com areia a faixa de variação foi de 0,026 a 0,296 cm^{-1} . Quando ocorriam picos de absorvância no afluente, esses picos se refletiam nos efluentes dos filtros. O filtro FLC2, com camada intermediária de carvão ativado, foi o de melhor desempenho, apresentou uma remoção média de 71% nos ensaios com água, sem aplicação de substâncias húmicas e de 53% quando essas foram aplicadas.

TABELA 19: Valores máximos, médios e mínimos de absorvância 254nm nos cinco ensaios realizados

FAIXA DE VALORES DE ABSORVÂNCIA 254nm (cm ⁻¹)		ENSAIO				
PONTO	VALOR	1	2	3	4	5
PFVA	MAX	0,089	0,068	0,226	0,142	0,101
	MED	0,057	0,053	0,126	0,075	0,047
	MIN	0,045	0,035	0,073	0,051	0,031
SH	MAX	x	x	0,238	0,156	0,135
	MED	x	x	0,150	0,104	0,089
	MIN	x	x	0,101	0,087	0,070
MC	MAX	0,076	0,068	0,238	0,129	0,101
	MED	0,054	0,053	0,146	0,079	0,047
	MIN	0,041	0,042	0,098	0,064	0,031
JC	MAX	0,056	0,056	0,184	0,129	0,067
	MED	0,044	0,044	0,115	0,080	0,037
	MIN	0,035	0,035	0,069	0,060	0,027
FLC1	MAX	0,053	0,038	0,122	0,079	0,031
	MED	0,029	0,025	0,065	0,048	0,018
	MIN	0,011	0,016	0,023	0,033	0,007
FLA1	MAX	0,082	0,055	0,296	0,106	0,060
	MED	0,036	0,031	0,107	0,057	0,027
	MIN	0,023	0,023	0,026	0,040	0,014
FLC2	MAX	0,041	0,025	0,124	0,082	0,055
	MED	0,023	0,015	0,064	0,048	0,039
	MIN	0,013	0,011	0,044	0,034	0,021
FLA2	MAX	x	0,070	0,199	0,117	0,112
	MED	x	0,044	0,119	0,055	0,062
	MIN	x	0,035	0,072	0,039	0,050

No último ensaio os filtros FLC1 e FLA1 receberam água NPF pré-oxidada com ozônio e depois peróxido; os filtros FLC2 e FLA2 receberam água NPF/SH sem pré-oxidação. A faixa de variação dos valores de absorvância do efluente do filtro FLC1 foi de 0,007 a 0,031 cm⁻¹, enquanto que do FLA1 variou de 0,014 a 0,060 cm⁻¹. O filtro FLC2 apresentou efluente com valores de absorvância na faixa de 0,021 a 0,055 cm⁻¹, com remoção média de 56.5%; a faixa do FLA2, para a mesma água afluenta, ficou entre 0,050 a 0,112 cm⁻¹, com remoção média de 29.5%.

As Figuras 85 a 89 mostram os valores médios mais desvio padrão, média e média menos desvio padrão de absorvância dos vários pontos de coleta, nos cinco ensaios realizados. Esses valores representam 95% dos dados observados em cada ensaio, excluindo os valores extremos que podem, eventualmente, conter erros grosseiros de medidas.

Nessas figuras pode-se visualizar perfeitamente o efeito da aplicação das substâncias húmicas, da ozonização, da filtração lenta com camada intermediária de carvão e da filtração lenta apenas em leito de areia.

FIGURA 85: Variação dos valores de absorvância no primeiro ensaio

FIGURA 86: Variação dos valores de absorvância no segundo ensaio

FIGURA 87: Variação dos valores de absorvância no terceiro ensaio

FIGURA 88: Variação dos valores de absorvância no quarto ensaio

FIGURA 89: Variação dos valores de absorvância no quinto ensaio

A Figura 90 mostra a influência da pré oxidação com ozônio e depois peróxido em água natural e a remoção percentual nos filtros FLC2 e FLA2 com substâncias húmicas e sem pré oxidação. Mostra a maior eficiência dos filtros com carvão ativado e mostra que com o aumento dos valores de absorvância no afluente aumenta a remoção percentual nos processos oxidação/filtração lenta. Mostra também que o FLC2, embora recebendo água NPF/SH, apresentou remoção percentual equivalente a remoção obtida no processo oxidação/filtração com carvão ativado com água NPF. Outra observação importante é que o FLC1 não desenvolveu perda de carga e manteve um rendimento aproximado ao do FLC2 que desenvolveu a perda de carga ao longo do ensaio.

FIGURA 90: Remoção percentual de absorvância nos processos oxidação/filtração lenta ao longo do tempo de operação do quinto ensaio

No quinto ensaio o FLC1 não desenvolveu perda de carga, provavelmente porque recebia água pré-oxidada com o ozônio e peróxido e, como será mostrado mais a frente no trabalho, o residual de peróxido ou mesmo o de ozônio interferem na formação da camada biológica. Sabe-se que essa camada é a principal responsável pela formação da perda de carga. Portanto o desempenho do filtro FLC1 pode Ter sido prejudicado nesse ensaio pela aplicação do peróxido de hidrogênio.

As Figuras 91 e 92 apresentam as relações (C/C_0) entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com carvão e dos filtros com areia respectivamente, sendo mostrados os valores obtidos para cada tipo de pré-oxidação, empregada nos ensaios com água NPF. Nos filtros com camada intermediária de carvão ativado a pré oxidação com ozônio e depois peróxido levou a resultados melhores e mais constantes, na faixa de 40 a 60% de remoção de absorvância 254 nm, sendo que o filtro FLC2 apresentou melhores resultados quando operou com afluente pré-oxidado com peróxido. Os filtros com areia apresentaram remoções na faixa de 20 a 40%, com vantagem para pré-oxidação com ozônio e também com ozônio e depois peróxido.

FIGURA 91: Relação entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com CAG, nos ensaios com água NPF para cada tipo de pré-oxidação empregada

FIGURA 92: Relação entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com areia, nos ensaios com água NPF para cada tipo de pré-oxidação empregada

As Figuras 93 e 94 apresentam as relações entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com carvão e sem respectivamente, nos ensaios com água NPF/SH para

cada tipo de pré-oxidação empregada. Os filtros com camada intermediária de carvão ativado apresentaram resultados que variaram de 30 a 70% de remoção de absorvância. O filtro FLC2 apresentou resultados melhores que os demais, mesmo sem pré-oxidação. A remoção de absorvância com água NPF/SH sem pré oxidante ficou na faixa de 50 a 60%, quando foi aplicada a pré-oxidação com ozônio e depois peróxido a faixa de remoção foi de 40 a 60%. O teste ANOVA aplicado nos dados de remoção percentual de absorvância pelo filtro FLC2, (ver Tabela A38 do Anexo A) indica que não houve diferença entre os tratamentos com e sem pré-oxidação. Quanto aos filtros com leito de areia é interessante notar que a remoção obtida pelos filtros ficaram na faixa de 20 a 40%, como havia ocorrido com água NPF. A pré-oxidação com ozônio e depois peróxido apresentou ligeira vantagem sobre as demais alternativas ensaiadas.

FIGURA 93: Relação entre valores de absorvância afluentes e efluentes dos filtros com CAG, nos ensaios com água NPF/SH para cada tipo de pré-oxidação empregada

FIGURA 94: Relação entre valores de absorvância afluente e efluente dos filtros com areia, nos ensaios com água NPF/SH para cada tipo de pré-oxidação empregada

Na Figura 95 estão mostradas as remoções de absorvância obtidas na coluna de ozonização, isto é, a diferença entre os valores de absorvância à montante (efluente do PFVA) menos os de jusante (JC), em função da dosagem de oxidantes no ensaio 5.

FIGURA 95: Remoção de absorvância na coluna de ozonização em função da dosagem de oxidantes, no ensaio 5

Pode-se observar que a remoção variou com a variação da dosagem de ozônio e aumentou com o aumento da relação H_2O_2/O_3 após sessenta dias de operação, atingindo valores máximos de remoção, quando a relação estava em torno de 0,5.

5.8 – Carbono orgânico dissolvido

Nas Tabelas B 6 a B 10, são mostrados os valores observados de carbono orgânico dissolvido não purgável. Os valores obtidos de COD apresentaram alguns resultados insatisfatórios, que nem sempre tinham coerência entre valores de entrada e saída de um determinado dispositivo de tratamento. Esse fato deveu-se principalmente aos problemas apresentados pelo equipamento de leitura do COD, sendo que o mesmo deixou de funcionar ou não proporcionava resultados coerentes em inúmeras ocasiões. Quando ocorria a quebra do equipamento, as amostras tinham de ser preservadas por alguns dias com HCl 0,2%, até que o conserto fosse providenciado. Outro problema que ocorreu foi que o equipamento era utilizado para leituras de COD de resíduos industriais e domésticos e, em consequência, as leituras efetuadas logo após eram prejudicadas, mesmo realizando os procedimentos de limpeza recomendados pelo fabricante. Essas limpezas constavam de fazer passar água destilada por várias vezes no equipamento.

Os dados do terceiro e quinto ensaios foram um pouco mais consistentes, pois nesses ensaios ocorreram menos problemas com o equipamento. As Figuras 96 e 97 mostram os dados do quinto ensaio. Na Figura 96 estão os valores de COD dos filtros que receberam água NPF pré-oxidada com ozônio e depois peróxido de hidrogênio. Pode-se observar que o filtro com camada intermediária de carvão ativado apresentou valores menores de COD no efluente, com remoção média de 38% em relação ao afluente, enquanto que a do filtro com areia foi de 22%. A Figura 97 mostra os resultados dos filtros FLC2 e FLA2 que receberam água NPF/SH sem pré-oxidação. O filtro com camada intermediária de carvão ativado apresentou também valores menores do que o de areia; a remoção média desse filtro foi de 43%, enquanto que a do filtro com areia apenas foi de 13%.

Nesse ensaio, como nos demais, não foi possível estabelecer uma correlação entre dosagem de oxidante e variação do COD.

FIGURA 96: Variação dos valores de COD nos filtros FLC1 e FLA1 e à montante dos mesmos no quinto ensaio

FIGURA 97: Variação dos valores de COD nos filtros FLC2 e FLA2 e à montante dos mesmos, no quinto ensaio

A Figura 98 ilustra melhor a diferença de rendimento dos filtros, com camada intermediária de carvão e filtros com leito de areia apenas, quanto à remoção percentual de COD. Esses dados correspondem ao terceiro ensaio onde foram aplicadas substâncias húmicas nos afluentes dos quatro filtros. Pode-se observar também que não ocorreu

diferença grande entre os processos de oxidação, isto é, a oxidação com peróxido mais ozônio numa linha de tratamento e peróxido na outra linha não apresentaram diferença significativa de rendimento. A remoção percentual apresentou em alguns casos valores negativos, provavelmente devido aos problemas de leituras já citados e ao intervalo de tempo de coleta das amostras entre as unidades da instalação. Esse intervalo não correspondia ao tempo de detenção de cada unidade de tratamento e isso pode Ter levado a distorções nos resultados nos períodos de chuvas, onde a qualidade da água sofreu grande variação.

FIGURA 98: Remoção percentual de COD nos filtros lentos, no terceiro ensaio

A Figura 99 mostra a variação do COD no processo de oxidação com ozônio e depois peróxido no ensaio 5. Através da análise dessa figura pode-se observar que não houve relação entre a dosagem de oxidante e os valores de COD, pois os valores observados à jusante da coluna de ozonização, ora eram menores que os de montante, ora eram maiores, o mesmo ocorrendo com os valores antes e após a aplicação de peróxido de hidrogênio. Essa observação pode ser estendida aos outros ensaios em termos de média dos valores de remoção obtidos antes e depois da oxidação. Nos ensaios 2 e 4 os valores médios de COD à montante da coluna de ozonização foram menores que os de jusante, enquanto que nos demais ensaios os valores de jusante é que foram menores. Uma análise com os dados do quarto ensaio poderia levar a concluir que a ozonização modifica as partículas, de tal modo que aumenta o valor de COD, mas os resultados dos outros ensaios não permitem afirmar esse fato.

FIGURA 99: Variação dos valores de COD e dosagem de oxidantes ao longo do tempo de operação no ensaio 5

As substâncias húmicas aplicadas aumentaram em média o carbono orgânico dissolvido de 1,4 para 1,9 mg/L. Essas substâncias foram aplicadas com a finalidade de manter a cor verdadeira na faixa de 50 a 70 uH, mas os valores de COD após a aplicação não ficaram numa determinada faixa, como se poderia esperar. A Figura 100 mostra a variação dos valores de COD antes e depois da aplicação das substâncias húmicas no quinto ensaio.

FIGURA 100: Valores de COD-np antes e após aplicação das substâncias húmicas no quinto ensaio

5.9 – Oxigênio consumido

Os valores de oxigênio consumido obtidos nos ensaios estão apresentados nas Tabelas B55 a B59 do Anexo B. Pode-se observar que os filtros com camadas intermediárias de carvão ativado apresentaram melhor rendimento quanto à remoção de matéria orgânica, tendo como parâmetro o oxigênio consumido. Nas Figuras 101 a 104, onde estão plotados os valores de OC nos quatros primeiros ensaios, pode-se observar que os valores de OC dos filtros FLC1 e FLC2 estão na maioria dos casos abaixo dos valores observados para os filtros FLA1 e FLA2, comprovando a melhor eficiência dos filtros com carvão ativado. Nos ensaios com água NPF a melhor remoção percentual média de OC nos filtros com carvão foi de 92%, no caso tinha sido utilizado pré oxidação com peróxido. Nesses ensaios a melhor remoção obtida nos filtros de areia ficou em 57%, utilizando peróxido ou ozônio e depois peróxido como pré-oxidante. Quando o afluente aos filtros continha substâncias húmicas o filtro FLC2 apresentou a melhor remoção percentual, em torno de 85%, recebendo afluente pré-oxidado com ozônio e depois peróxido de hidrogênio.

FIGURA 101: Valores de OC ao longo do primeiro ensaio

FIGURA 102: Valores de OC ao longo do segundo ensaio

FIGURA 103: Valores de OC ao longo do terceiro ensaio

FIGURA 104: Valores de OC ao longo do quarto ensaio

No quinto ensaio, na linha com SH, o oxigênio consumido do ponto MF₂ ficou na faixa de 1,5 a 2,5 mg/L e o efluente do filtro FLC2 ficou em torno de 0,5 mg/L, enquanto que do FLA2 ficou na faixa de 1,0 a 2,0 mg/l, como pode ser observado na Figura 105. A remoção média no FLC2 foi de 60% e do FLA2 de 28%. Na linha com água NPF pré-oxidada com ozônio e depois peróxido o OC afluente aos filtros lentos, no caso o efluente do PFVA, variou de 0,5 a 2,0 mg/L, enquanto que na saída da coluna variou de 0,5 a 1,7 mg/L. O efluente do FLC1 variou na faixa de 0 a 1,5 mg/L, enquanto que do FLA1 variou também nessa faixa de valores, mas com valores pouco maiores que do FLC1. A remoção média do FLC1 foi de 62% e do FLA1 de 57%

FIGURA 105: Valores de oxigênio consumido ao longo do quinto ensaio

5.10 – Outros parâmetros

5.10.1 – Turbidez

Os valores de turbidez determinados ao longo dos ensaios estão apresentados nas Tabelas B77 a B81 do Anexo B. Na Tabela 20 estão relacionados os valores máximos, médios e mínimos de turbidez ocorridos nos cinco ensaios realizados. Nos dois primeiros ensaios a turbidez da água bruta variou de 12 a 34 uT, enquanto que nos dois últimos ensaios a faixa de variação foi bem maior, de 10 a 222 uT. Nos dias de chuvas intensas, quando ocorriam picos de turbidez na água bruta, os filtros lentos eram preservados. Entretanto, isso

não ocorreu em 100% dos casos, pois muitas vezes os picos de turbidez na água bruta ocorriam no período noturno e acabavam refletindo em toda instalação, atingindo também os filtros lentos.

Os filtros com camada intermediária de carvão ativado não apresentaram diferenças significativas quanto à remoção de turbidez em relação aos filtros com areia apenas, com exceção do FLC2 que na sua primeira carreira chegou a apresentar turbidez remanescente abaixo de 1 uT. Em geral, os valores de turbidez remanescente nos quatro filtros foram semelhantes, com valores médios em torno de 3 a 8 uT, com exceção do quinto ensaio onde a turbidez variou de 2,6 a 4,1 uT. Nesse ensaio a qualidade da água bruta afluente às instalações FiME foi melhor, com turbidez média em torno de 15,8 uT.

TABELA 20: Valores máximos, mínimos e médios de turbidez nos ensaios

PONTO	VALOR	FAIXA DE VALORES DE TURBIDEZ (uT)				
		ENSAIO				
		1	2	3	4	5
AB	MAX	34,40	20,90	222,70	87,10	38,40
	MED	19,08	15,36	27,43	23,67	15,63
	MIN	13,60	12,00	15,30	16,30	10,20
PFVA	MAX	18,20	11,20	97,80	48,90	12,60
	MED	9,23	7,21	13,42	10,81	6,41
	MIN	6,47	5,86	6,72	6,55	4,55
SH	MAX	-	-	90,00	38,30	11,80
	MED	-	-	14,06	11,16	6,86
	MIN	-	-	7,11	6,87	4,69
MC	MAX	20,30	11,40	89,20	38,30	12,60
	MED	9,25	7,06	13,68	11,16	6,41
	MIN	6,56	5,79	6,99	6,87	4,55
JC	MAX	11,40	11,10	85,60	33,30	11,10
	MED	8,17	6,88	13,86	10,83	6,49
	MIN	5,93	5,55	7,32	6,72	4,61
MF ₂	MAX	-	-	-	22,80	-
	MED	-	-	-	10,25	-
	MIN	-	-	-	6,60	-
MF ₁	MAX	-	-	-	-	11,00
	MED	-	-	-	-	6,21
	MIN	-	-	-	-	4,65
FLC1	MAX	10,10	6,96	21,00	15,70	6,45
	MED	5,24	3,35	8,46	5,74	2,61
	MIN	2,73	0,98	4,09	3,22	1,53
FLA1	MAX	13,40	7,94	25,40	17,10	10,80
	MED	5,50	4,39	8,30	6,39	4,05
	MIN	2,77	2,55	2,86	3,95	2,89
FLC2	MAX	9,11	6,44	17,30	17,60	4,48
	MED	4,04	2,47	6,43	6,10	2,67
	MIN	0,98	0,94	2,67	3,30	1,66
FLA2	MAX	-	16,20	23,60	19,30	6,96
	MED	-	5,51	7,74	7,13	3,18
	MIN	-	2,96	2,16	4,89	2,23

A turbidez dos efluentes dos filtros lentos está diretamente relacionada com a turbidez do afluente aos mesmos. Portanto, é de fundamental importância a escolha do manancial a ser utilizado, bem como a sua proteção ao longo do tempo de utilização, para que a instalação de tratamento não seja submetida aos picos de turbidez e cor. Esses picos prejudicam a qualidade da água tratada, bem como podem comprometer o leito filtrante, com a conseqüente necessidade de remoção freqüente desse material para limpeza. O efeito da variação da turbidez da água bruta sobre a turbidez remanescente dos filtros lentos pode ser observado nas Figuras 106 a 110. No terceiro ensaio ocorreram chuvas fortes ao longo de todo tempo, enquanto que no quarto ensaio ocorreram chuvas no final do ensaio, podendo-se notar que a turbidez remanescente dos filtros mantinha-se na faixa de 4 a 5 uT, mas após a ocorrência das chuvas a água bruta apresentou valores de turbidez bem mais altos.

FIGURA 106: Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no primeiro ensaio

FIGURA 107: Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no segundo ensaio

FIGURA 108: Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no terceiro ensaio

FIGURA 109: Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no quarto ensaio

FIGURA 110: Valores de turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos no quinto ensaio

Nos ensaios em que foi efetuada a pré oxidação com ozônio ou com ozônio e peróxido de hidrogênio, não pôde ser notada nenhuma influência da pré-oxidação sobre a remoção de turbidez nos filtros. A turbidez média à montante e à jusante da coluna de

ozonização foram praticamente iguais, o mesmo acontecendo com os valores antes e após a aplicação do peróxido de hidrogênio.

As Figuras 111 a 115 mostram a remoção de turbidez ocorrida nos filtros lentos nos cinco ensaios. No primeiro ensaio a remoção média foi de 43,4%, 41,3% e 55,9% nos filtros FLC1, FLA1 e FLC2, respectivamente. O FLC2 foi o de melhor rendimento, apresentando remoção na faixa de 43,6% a 68,3% em 95% do tempo de operação. Pode ser observado que ocorreu uma diminuição no rendimento do FLC1 e FLA1, após iniciada a pré oxidação com ozônio do afluentes aos dois filtros. Ocorreu uma diminuição nas leituras piezométricas ao mesmo tempo dessa queda de rendimento do FLC1; provavelmente ocorreu um pico no residual de ozônio muito alto, no período noturno, que pode ter afetado a camada biológica dos filtros, com maior intensidade no filtro FLC1.

No segundo ensaio a dosagem de ozônio foi menor e mais controlada, mas a aplicação de peróxido de hidrogênio, antes do ozônio, trouxe problemas para a camada biológica do filtro FLA1. Pode-se notar que a remoção percentual de turbidez desse filtro diminuiu rapidamente após início da aplicação do peróxido. Até esse ensaio não se tinha informações sobre o efeito da dosagem de peróxido sobre a camada biológica dos filtros lentos, nesse caso a dosagem era de 0,3 mg/L, chegando a 1,0 mg/L e terminando esse ensaio em 0,7 mg/L. As medidas efetuadas de residual de peróxido mostraram que o mesmo não era de todo consumido, apresentando valores na entrada do filtro, próximos às dosagens aplicadas. Nesse ensaio é interessante notar que o FLC2 apresentou ótima remoção de turbidez, na faixa de 70 a 80%. Seu rendimento aumentou quando aumentava a dosagem de peróxido e diminuiu quando essa dosagem diminuía, diferentemente do que aconteceu com o filtro FLA1. A remoção média foi de 54,0%, 39,2%, 66,6% e 23,7% nos filtros FLC1, FLA1, FLC2, e FLA2, respectivamente.

No terceiro ensaio ocorreram muitas chuvas intensas, que causaram várias interrupções da carreira. A remoção média foi de 31,2%, 33,4%, 47,1% e 39,2% nos filtros FLC1, FLA1, FLC2 e FLA2, respectivamente. O efeito da variação da turbidez da água afluentes aos filtros pode ser bem observada através dos resultados desse ensaio. Nesse ensaio foram aplicadas substâncias húmicas e a turbidez média antes e após a aplicação foram praticamente a mesma, com diferença em torno de 0,5 uT apenas. A remoção percentual média de turbidez nesse ensaio ficou entre 31% e 49%, sendo que para os filtros FLC1 e FLA1 essa remoção se manteve em torno de 20 a 30% apenas, talvez pelo fato de receberem água pré-oxidada com ozônio e peróxido de hidrogênio.

No quarto ensaio os filtros apresentaram remoções na faixa de 30 a 50%, mas a remoção do FLA2, após o início da aplicação do peróxido, caiu para a faixa de 20 a 30%. O

filtro FLC2 foi o que melhor remoção percentual apresentou depois do início da aplicação do peróxido depois do ozônio. A remoção média foi de 45,6%, 30,1%, 42,4% e 30,1% nos filtros FLC1, FLA1, FLC2 e FLA2, respectivamente.

No quinto ensaio os filtros FLC1 e FLA1 receberam água NPF com pré oxidação com ozônio e depois peróxido. A remoção percentual no FLC1 situou-se na faixa de 50 a 70% ao longo do ensaio, enquanto que no FLA1 ficou na faixa de 30 a 50%. Esse fato sugere que o filtro com camada de carvão ativado tem capacidade de remover mais turbidez do que o filtro com areia apenas. Uma explicação possível para tal fato é que esse filtro já estava na sua terceira carreira seguida de operação e como reteve maior quantidade de partículas por adsorção na camada com carvão, conseguiu uma remoção maior de turbidez nesse ensaio. Os filtros FLC2 e FLA2 receberam água NPF/SH sem pré-oxidação e apresentaram remoções na faixa de 50 a 70%, sendo essa faixa de remoção a melhor apresentada por esses filtros quando recebiam água NPF/SH. A remoção média foi de 58,8%, 36,3%, 57,0% e 49,4% nos filtros FLC1, FLA1, FLC2 e FLA2, respectivamente.

FIGURA 111: Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluente e dosagem de oxidantes no primeiro ensaio

FIGURA 112: Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluente e dosagem de oxidantes no segundo ensaio

FIGURA 113: Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluente e dosagem de oxidantes no terceiro ensaio

FIGURA 114: Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluyente e dosagem de oxidantes no quarto ensaio

FIGURA 115: Valores de remoção percentual de turbidez nos filtros lentos, turbidez afluyente e dosagem de oxidantes no quinto ensaio

5.10.2 – Perda de carga

As Tabelas B60 a B64 contêm os valores de leituras piezométricas ocorrida em cada filtro lento, bem como os valores das taxas de aplicação nos filtros. As perdas de carga entre as camadas de filtração podem ser obtidas calculando-se as diferenças das leituras piezométricas entre os pontos de montante e de jusante da camada.

As Figuras 116, 117 e 118 mostram o desenvolvimento das leituras piezométricas e a variação da taxa de aplicação (TA) em cada filtro no primeiro ensaio. Pode ser notado que quando ocorria uma variação na TA, ocorria variação nas leituras piezométricas do filtro, mas essas leituras piezométricas voltavam ao normal tão logo a taxa era corrigida. Esse fato pode ser bem visualizado na Figura 117, correspondente ao filtro lento FLA1. Ocorreram variações bruscas da TA no trigésimo sexto e no quinquagésimo terceiro dias de operação, causando variações na curva de leituras piezométricas do FLA1.

Essas variações de taxa ocorreram em virtude de causas diversas, como por exemplo, insetos enroscados na saída dos vertedores, mas a principal causa nos dois primeiros ensaios foi a variação do nível dos quatro vertedores na caixa de distribuição de vazões. Esse problema foi resolvido com a eliminação dessa caixa e instalação de dispositivos com nível constante e orifícios com altura regulável na entrada de cada filtro.

FIGURA 116: Leituras piezométricas no filtro FLC1 no primeiro ensaio

FIGURA 117: Leituras piezométricas no FLA1 no primeiro ensaio

FIGURA 118: Leituras piezométricas no filtro FLC2 no primeiro ensaio

A Figura 119 mostra a variação das leituras piezométricas na camada superficial de cada filtro e as dosagens de oxidantes com o tempo de operação no primeiro ensaio. Os

filtros FLC1 e FLA1 receberam água NPF pré-oxidada com ozônio. Pode ser notada que as leituras piezométricas do filtro FLC1 diminuiu após ocorrência de pico na ozonização, com o conseqüente aumento do residual de ozônio na entrada do filtro, o que pode Ter causado danos à camada biológica, causando a diminuição da leitura piezométrica e aumento da turbidez, conforme mostrado no item 5.10.1. Nesse caso do FLC1 ocorreu simultaneamente variação da taxa de aplicação, o que potencializou a variação da perda de carga. Essa interferência do residual de ozônio na perda de carga está de acordo com o que foi citado por RACHWAL et al. (1988) e por DEMPSEY & FU (1994).

FIGURA 119: Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidante ao longo do tempo de operação no primeiro ensaio

No segundo ensaio a aplicação do peróxido de hidrogênio no afluente aos três filtros, provocou danos à camada biológica, mas a variação da TA provocou variações instantâneas na curva de leituras piezométricas, como havia ocorrido no primeiro ensaio, como pode ser observado nas Figuras 120 a 123. Nessas figuras são mostrados os desenvolvimentos das leituras piezométricas e a variação da TA em cada filtro no segundo ensaio. Nesse ensaio essa variação pode ser notada com mais clareza nas curvas de leituras piezométricas do FLC1 e do FLC2.

FIGURA 120: Leituras piezométricas no filtro FLC1 no segundo ensaio

FIGURA 121: Leituras piezométricas no filtro FLA1 no segundo ensaio

FIGURA 122: Leituras piezométricas no filtro FLC2 no segundo ensaio

FIGURA 123: Leituras piezométricas no filtro FLA2 no segundo ensaio

A Figura 124 mostra a variação das leituras piezométricas na camada superficial de cada filtro lento e as dosagens de oxidantes com o tempo de operação no segundo ensaio. Os filtros FLC1 e FLA1 receberam água NPF pré-oxidada com peróxido de hidrogênio e depois ozônio, enquanto que os filtros FLC2 e FLA2 receberam água pré-oxidada com peróxido de

hidrogênio apenas. A aplicação do peróxido de hidrogênio causou mudanças nas curvas de leituras piezométricas dos filtros, sendo que o filtro FLA2 apresentou os reflexos dessa interferência logo no início da aplicação, o FLA1 apresentou os reflexos dez dias depois de iniciada a aplicação e o FLC1 por volta de trinta dias após, quando a dosagem de peróxido foi aumentada para 0,7 mg/L.

FIGURA 124: Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidante ao longo do tempo de operação no segundo ensaio

O FLC2 não chegou a mostrar efeitos da pré-oxidação com peróxido. As leituras piezométricas do FLA1 voltaram a condição inicial do ensaio, o mesmo ocorrendo com o FLA2, provavelmente toda camada biológica deve ter sido eliminada. O efeito do peróxido sobre a matéria orgânica pode ser observado no copo de PVC branco, onde era lançada a água da caixa de nível constante. Quando a água não continha peróxido formava uma camada de limbo nesse copo e quando o peróxido era aplicado essa camada desaparecia.

As Figuras 125 a 128 mostram o desenvolvimento das leituras piezométricas e a TA em cada filtro lento no terceiro ensaio. Nesse ensaio foi iniciada a aplicação das substâncias húmicas. As TAs variaram menos nesse ensaio em função do melhor controle das vazões afluentes a cada filtro, proporcionada pelos dispositivos de nível constante com orifícios de altura regulável, instalados na linha de alimentação de cada filtro. Portanto, a variação nas curvas de leituras piezométricas de cada filtro, devido a variações da TA, foi menor. Entretanto, ocorreram variações provocadas pelo entupimento dos orifícios, em decorrência

de desprendimento de algas filamentosas, acumuladas nas tubulações ou por pequenos pedaços de plásticos da cobertura dos pré-filtros, que se soltaram no final do ensaio.

FIGURA 125: Leituras piezométricas no filtro FLC1 no terceiro ensaio

FIGURA 126: Leituras piezométricas no filtro FLA1 no terceiro ensaio

FIGURA 127: Leituras piezométricas no filtro FLC2 no terceiro ensaio

FIGURA 128: Leituras piezométricas no filtro FLA2 no terceiro ensaio

Como no segundo ensaio foi observado que o peróxido de hidrogênio afetava a perda de carga nos filtros lentos, nesse ensaio procurou-se comprovar esse fato variando-se a dosagem. Na primeira semana de operação dos filtros não foi aplicado oxidante, depois

iniciou-se a aplicação de ozônio e peróxido. A influência do residual de peróxido sobre a camada biológica pode ser percebida logo em seguida nos quatro filtros. O FLA2 foi o primeiro a mostrar esses sinais com as leituras piezométricas diminuindo após dois dias de aplicação dos oxidantes. As leituras piezométricas dos filtros FLC1 e FLA1 começaram a diminuir após aumento da dosagem de peróxido, por volta do vigésimo dia de operação e o FLC2 após o trigésimo dia, como pode ser observado na Figura 129. As leituras piezométricas nos filtros FLA1, FLC2 e FLA2 voltaram a aumentar depois de suspensa a aplicação do peróxido, mas quando a aplicação foi reiniciada as leituras piezométricas voltaram a cair nesses filtros.

FIGURA 129: Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidante ao longo do tempo de operação no terceiro ensaio

Nas Figuras 130 a 133 pode ser observado que as taxas de aplicação nos quatro filtros foram reduzidas para aproximadamente $3,0 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$. Essa mudança de taxa nesse ensaio ocorreu em virtude dos afluentes aos quatro filtros lentos terem de passar pela coluna de ozonização. Essa diminuição da taxa serviria também para avaliar o efeito dessa variação na remoção de cor. Ocorreram algumas variações de vazões afluentes aos filtros novamente devidos a entupimentos causados por algas e plásticos, mas que não trouxeram prejuízos ao desenvolvimento da perda de carga nos filtros.

FIGURA 130: Leituras piezométricas no filtro FLC1 no quarto ensaio

FIGURA 131: Leituras piezométricas no filtro FLA1 no quarto ensaio

FIGURA 132: Leituras piezométricas no filtro FLC2 no quarto ensaio

FIGURA 133: Leituras piezométricas no filtro FLA2 no quarto ensaio

Nesse ensaio o afluente aos quatro filtros lentos era pré-oxidado com ozônio, sendo que o afluente aos filtros FLC2 e FLA2 ainda recebia peróxido após a ozonização. A aplicação do peróxido foi feita após o quadragésimo quarto dia de operação e em concentração baixa (0,1 mg/L), para verificar se traria danos também à camada biológica. Na Figura 134 pode ser observado que com as dosagens empregadas tanto de ozônio como de peróxido não ocorreu interferência na camada biológica desses filtros. O filtro FLC1, recebendo água pré-oxidada com ozônio, apresentou variação no desenvolvimento da perda de carga, mas não foi possível estabelecer correlações entre as dosagens de oxidantes e essas variações.

Nesse ensaio praticamente não ocorreram problemas com as TA, somente ao final do ensaios é que algas filamentosas causaram entupimento dos orifícios dos filtros FLC2 e FLA2, conforme pode ser notado nas Figuras 135 a 138.

FIGURA 134: Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidantes ao longo do tempo de operação no quarto ensaio

FIGURA 135: Leituras piezométricas no filtro FLC1 no quinto ensaio

FIGURA 136: Leituras piezométricas no filtro FLA1 no quinto ensaio

FIGURA 137: Leituras piezométricas no filtro FLC2 no quinto ensaio

FIGURA 138: Leituras piezométricas no filtro FLA2 no quinto ensaio

Na Figura 139 são mostrados as variações das leituras piezométricas nas camadas superficiais dos quatro filtros no quinto ensaio, ressaltando que os filtros FLC1 e FLA1 receberam água NPF pré-oxidada com ozônio e depois peróxido, enquanto que os filtros

FLC2 e FLA2 recebiam água NPF/SH sem pré-oxidação. Pode ser observado o desenvolvimento normal da perda de carga dos filtros FLC2 e FLA2 até atingirem o limite de 100 cm, enquanto que a perda do filtro FLC1 não chegou a aumentar e a do FLA1 apresentou crescimento até o início da aplicação do peróxido, ficando estabilizadas enquanto a dosagem era relativamente baixa, mas caindo logo após o aumento da dosagem de peróxido.

A análise do desenvolvimento perda de carga nos filtros lentos, após a aplicação do peróxido de hidrogênio, pode sugerir um controle do tempo de operação do filtro, através do controle da formação da camada biológica, como ocorreu no quinto ensaio. Entretanto, isso deve ser muito bem investigado sob vários aspectos, principalmente quanto ao aumento da penetração de impurezas nas camadas inferiores do meio filtrante. A título investigativo, após o encerramento da carreira dos filtros FLC2 e FLA2, foram efetuadas aplicações de peróxido de hidrogênio nos seus afluentes, com dosagens relativamente altas. Nesse caso não ocorreram diminuições das leituras piezométricas e também as vazões que os mesmos permitiam passar pelo seus leitos filtrantes não aumentaram, para aquele nível d'água de 100 cm. Portanto, considerando esse parâmetro apenas, deve ser avaliado qual dosagem deve ser utilizada, em qual tempo de operação e durante quantos dias o peróxido deve ser aplicado.

FIGURA 139: Leituras piezométricas nos filtros e dosagem de oxidantes ao longo do tempo de operação no quinto ensaio

5.10.3 - *Escherichia coli* e coliformes totais

Nas Tabelas B11 a B18 estão apresentados os resultados das análises de coliformes totais e fecais realizadas ao longo dos ensaios. A remoção de coliformes na coluna foi de 100% em todos ensaios em que foi empregada a pré-oxidação por ozônio. A aplicação do peróxido de hidrogênio reduziu os coliformes totais na faixa de 5,6 a 27% no segundo ensaio, enquanto que a remoção de *Escherichia coli* foi de 100%. No terceiro ensaio não foram efetuadas análises de coliformes por falta temporária de reagentes.

Os filtros lentos que recebiam água ozonizada apresentavam efluentes, na maioria do tempo, com contagem menor que um de coliformes, mas alguns resultados diferiam desse valor, provavelmente por falhas na coleta ou no manuseio das amostras. No ensaio 5 o filtro FLC1 apresentou um valor alto resultante da aplicação direta de água do PFVA durante a lavagem do PFD no dia anterior à coleta das amostras. Os filtros lentos de areia que receberam água sem pré oxidação apresentaram porcentagens de remoção variando de 80,7%, no início da carreira, a 100% no final; os filtros com camada intermediária de carvão ativado apresentaram remoções na faixa de 94 a 100%. Resultados semelhantes foram obtidos por COELHO (2002), AGUILA (2002) e ALMEIDA (2001), enquanto que VERAS (1999) encontrou remoção média de coliformes totais de 98,7 %. Os filtros lentos no segundo ensaio, quando receberam água pré-oxidada com peróxido apresentaram remoções na faixa de 72 a 86%, indicando que o peróxido exerce influência sobre a camada biológica, diminuindo sua capacidade de remoção de coliformes totais e fecais. Na Tabela 21 são apresentados os valores máximos e mínimos de remoção de coliformes totais, para as várias condições ensaiadas.

TABELA 21: Valores máximos e mínimos de remoção de coliformes totais

VALORES	REMOÇÃO PERCENTUAL DE COLIFORMES TOTAIS					
	PRÉ-TRAT	OXIDAÇÃO		FILTRO LENTO		
	PFD+PFVA	OZÔNIO	PERÓXIDO	S/PRÉ OXID.	C/ PRÉ-OXIDAÇÃO	
					OZÔNIO	PERÓXIDO
MÁXIMO	99	100	27	100	100	98
MÍNIMO	61	99	6	81	100	42

5.10.4 – Nitrogênio amoniacal e nitrato

Nas Tabelas B40 a B44 estão apresentados os valores de nitrato e os valores de nitrogênio amoniacal estão nas Tabelas B82 e B83. Tanto os valores de nitrogênio amoniacal como de nitrato encontrados na água bruta e nos efluentes das unidades da instalação,

estavam abaixo dos valores estabelecidos pela Portaria nº 1469 do Ministério da Saúde. Nas Figuras 140 e 141 estão apresentados, respectivamente, os valores de nitrogênio amoniacal e nitrato observados no primeiro ensaio. Pode-se notar uma diminuição do nitrogênio amoniacal e aumento dos valores de nitrato no efluente do PFVA em relação a água bruta, indicando ocorrência de nitrificação nas unidades de pré-tratamento, como relatado por COELHO (2002). As unidades de filtração lenta promoveram significativa redução nos valores de nitrato, sendo que os filtros com camada intermediária de carvão ativado apresentaram reduções maiores que os de areia apenas.

FIGURA 140: Variação dos valores de nitrogênio amoniacal no decorrer do primeiro ensaio

FIGURA 141: Variação dos valores de nitrato no decorrer do primeiro ensaio

Aplicando o teste estatístico ANOVA, ver Tabela 22 , entre os valores de nitrato à montante e à jusante da coluna de ozonização conclui-se que não ocorreu diferença significativa entre suas médias, indicando que a ozonização não reduziu os valores de nitrato nas dosagens ensaiadas. O mesmo ocorrendo com o peróxido de hidrogênio.

TABELA 22: Teste estatístico ANOVA fator único com os dados antes e após do processos de oxidação do quinto ensaio

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
SH	9	7,66432	0,851591	0,11732
MC	9	8,0747	0,897189	0,082365
JC	9	6,3143	0,701589	0,075218

ANOVA

efe da varia.	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,188518	2	0,094259	1,028637	0,372724	3,402832
Dentro dos	2,199231	24	0,091635			
Total	2,387749	26				

5.10.5 – Sólidos suspensos totais

Nas Tabelas B70 a B73 do Anexo B estão apresentados os valores de sólidos suspensos totais. Na Tabela 23 estão apresentados os valores máximos, médios e mínimos de sólidos suspensos totais observados na água bruta, na saída dos pré-filtros e nos efluentes dos filtros lentos nos dois primeiros e nos dois últimos ensaios. A água bruta apresentou valores variando de 3,9 a 1,7 mg/L, enquanto que os filtros lentos apresentaram valores na faixa de 0,05 a 1,9 mg/L. Não foi possível identificar interferências dos oxidantes nos valores de sólidos suspensos totais nas dosagens empregadas.

Na Figuras de 142 a 145 são mostrados os valores de sólidos suspensos totais ao longo de cada ensaio. Na Figura 146, correspondente ao quinto ensaio, pode ser notada a eficiência da pré-filtração quanto a remoção de sólidos suspensos totais, através da comparação dos valores de SST da água bruta e do efluente do PFVA. A remoção média na pré-filtração foi de 88%. Os filtros lentos apresentaram remoção média de 40% de SST.

TABELA 23: Valores máximos, médios e mínimos de sólidos suspensos totais nos ensaios realizados

FAIXA DE VALORES DE SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)		ENSAIO			
PONTO	VALOR	1	2	4	5
AB	MAX	10,6667	5,7000	12,4000	12,5758
	MED	6,4611	4,7306	10,7069	7,1364
	MIN	3,9000	3,2000	6,7500	4,7000
PFVA	MAX	2,5333	1,6500	2,0000	2,0000
	MED	1,3905	0,8096	1,3800	0,8500
	MIN	0,4667	0,3333	0,7000	0,3500
FLC1	MAX	0,9333	1,1000	1,0500	1,2400
	MED	0,5667	0,6224	0,6313	0,5120
	MIN	0,1000	0,1622	0,2500	0,2400
FLA1	MAX	1,0000	10,0408	1,4545	1,1507
	MED	0,5732	2,2028	0,9358	0,5947
	MIN	0,0253	0,0518	0,2909	0,4000
FLC1	MAX	1,8667	0,5867	0,9500	0,6526
	MED	0,6926	0,3085	0,7175	0,3223
	MIN	0,0750	0,1070	0,5500	0,1600
FL A2	MAX	-	1,2637	1,6296	0,5800
	MED	-	0,7152	1,0633	0,3550
	MIN	-	0,1667	0,4667	0,0800

FIGURA 142: Valores de sólidos suspensos totais ao longo do primeiro ensaio

FIGURA 143: Valores de sólidos suspensos totais ao longo do segundo ensaio

FIGURA 144: Valores de sólidos suspensos totais ao longo do quarto ensaio

FIGURA 145: Valores de sólidos suspensos totais ao longo do quinto ensaio

5.10.6 – Número e tamanho das partículas

Ao longo dos ensaios 1, 2, 4 e 5 foram realizadas contagens do número de partículas para tamanhos variando, nos dois primeiros ensaios, de 1,2 a 48 μm , já nos dois últimos

ensaios os tamanhos analisados variaram de 2 a 48 μm . Os resultados dessas contagens estão apresentados nas Tabelas B84.

As Figuras 146 a 149 mostram a distribuição do número médio de partículas em função do tamanho e dos pontos de amostragens analisados em cada ensaio. O que mais chamou a atenção foram os valores de montante e jusante da coluna de ozonização, pois o número total de partículas aumentou de montante para jusante, principalmente no quinto ensaio. As substâncias húmicas provocaram aumento médio de 65% de todos tamanhos de partículas, mas para os tamanhos de 4 e 8 μm esse aumento foi de 72%. Os pré filtros removeram em média 96% das partículas afluentes, enquanto que os filtros lentos removeram em média 69% das partículas afluentes aos mesmos.

FIGURA 146: Distribuição média de partículas no primeiro ensaio

FIGURA 147: Distribuição média de partículas no segundo ensaio

FIGURA 148: Distribuição média de partículas no quarto ensaio

FIGURA 149: Distribuição média de partículas no quinto ensaio

A Figura 150 está representando de forma tridimensional a distribuição média de partículas obtidas no quinto ensaio. Pode ser observado que o filtro FLC2 apresentou o menor número de partículas em todos tamanhos, sendo esse o filtro que apresentou os menores valores de cor e turbidez no efluente. Pode ser visualizado nessa figura o fato descrito anteriormente sobre o maior número de partículas à jusante da coluna em relação aos valores de montante.

FIGURA 150: Distribuição média de partículas em cada ponto de amostragem em função do tamanho das partículas, no quinto ensaio

5.10.7 – Condutividade elétrica

Nas Tabelas B19 a B23 do Anexo B estão apresentados os valores de condutividade elétrica observados nos pontos de coleta de amostras nos cinco ensaios e na Tabela 24 estão apresentados os valores máximos, médios e mínimos de cada ensaio. A condutividade elétrica da água bruta variou de 13,47 a 21,80 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que os menores valores foram observados em épocas de estiagem e os maiores nos períodos chuvosos. Os valores dos efluentes dos pré-filtros, basicamente, acompanharam a variação ocorrida nos valores da água bruta, sendo que o mesmo aconteceu com os efluentes dos filtros lentos. As substâncias húmicas aplicadas aumentaram em média 7,8% a condutividade elétrica. Os filtros com carvão ativado apresentaram sempre valores inferiores aos dos filtros com areia apenas, indicando que o carvão ativado remove sais minerais presentes no meio. Os processos de oxidação aparentemente não influenciaram na condutividade elétrica.

TABELA 24: Faixa de valores de condutividade elétrica

FAIXA DE VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)							
PONTO	VALOR	ENSAIO					
		1	2	3	4	5	
AB	MAX	16,99	15,88	21,80	19,03	18,32	18,40
	MED	16,53	14,79	18,33	18,33	16,45	16,88
	MIN	16,06	13,47	16,48	17,69	15,46	15,83
PFVA	MAX	17,35	15,86	20,60	19,20	20,20	18,64
	MED	16,63	14,95	18,06	18,59	16,98	17,04
	MIN	15,90	13,26	16,50	17,46	15,69	15,76
SH	MAX	-	-	21,00	20,20	19,72	20,31
	MED	-	-	18,58	19,26	17,29	18,38
	MIN	-	-	16,79	18,22	15,99	17,00
MC	MAX	nd	15,96	21,20	19,40	20,20	19,19
	MED	nd	15,00	18,60	19,05	16,98	17,41
	MIN	nd	13,35	16,90	18,36	15,69	16,08
JC	MAX	nd	15,82	21,20	19,62	19,80	19,11
	MED	nd	14,89	18,34	19,15	17,12	17,38
	MIN	nd	13,99	16,84	18,20	15,88	16,23
MF2	MAX	nd	15,96	21,20	19,40	19,72	19,07
	MED	nd	15,00	18,60	19,05	17,29	17,49
	MIN	nd	13,35	16,90	18,36	15,99	16,15
MF1	MAX	nd	15,82	21,20	19,62	19,70	19,09
	MED	nd	14,89	18,34	19,15	16,97	17,34
	MIN	nd	13,99	16,84	18,20	15,84	16,22
FLC1	MAX	14,04	14,63	19,19	20,20	18,08	17,23
	MED	11,76	12,82	17,24	18,38	13,69	14,78
	MIN	9,48	11,56	16,03	16,98	14,88	13,79
FLA1	MAX	16,87	16,62	20,20	19,37	19,38	18,49
	MED	16,45	14,72	17,77	18,99	16,81	16,95
	MIN	16,03	13,81	16,31	18,51	15,80	16,09
FLC2	MAX	14,17	18,12	19,10	20,80	18,50	18,14
	MED	13,55	14,76	16,86	18,07	15,47	15,74
	MIN	12,93	12,78	14,86	16,15	13,84	14,11
FLA2	MAX	-	17,23	21,20	21,20	19,81	19,86
	MED	-	15,79	17,72	19,20	17,34	17,51
	MIN	-	14,49	15,48	18,41	16,44	16,21

5.10.8 – Alcalinidade, Potencial Hidrogeniônico e Temperatura

Nas Tabela B65 a B69 no anexo B estão apresentados os dados de pH e nas Tabelas B74 a B76 estão os dados de temperatura. Esses parâmetros foram determinados como auxiliares nas análises, não estando relacionados diretamente com a remoção de substâncias húmicas. A determinação da alcalinidade serve para verificar possíveis interferências no processo de ozonização, já que dependendo do valor da alcalinidade presente no afluente da coluna, a oxidação poderia se dar pelos radicais OH ou pelo O₃ diretamente, sendo essa última mais seletiva e menos eficiente. Como a alcalinidade da água bruta era baixa a oxidação na coluna de ozonização deve Ter ocorrido principalmente pelos radicais OH. Os valores médios de alcalinidade observados nos ensaios estão apresentados na Tabela 25.

TABELA 25: Valores médios observados de alcalinidade da água bruta nos ensaios

ALCALINIDADE MÉDIA (mg/L CaCO ₃)	
ENSAIO	ÁGUA BRUTA
1	7,7
2	8,4
3	6,4
4	7,0
5	6,7

A temperatura da água bruta variou de 14 a 27 °C no período de realização dos ensaios, com valor médio mais próximo de 20 °C, conforme pode ser observado na Tabela 26.

TABELA 26: Valores máximos, médios e mínimos de temperatura da água bruta e do ar verificados nos ensaios

FAIXA DE VALORES DE TEMPERATURA °C										
VALORES	ENSAIO									
	1		2		3		4		5	
	AB	AR	AB	AR	AB	AR	AB	AR	AB	AR
MAX	25	30	26	34	27	33	26	34	22	29
MED	20	20	20	23	23	24	23	25	19	21
MN	14	9	17	17	20	17	21	20	15	13

Na Tabela 27 estão apresentados os valores máximos e mínimos de pH em cada ensaio. O pH da água bruta variou de 6,28 a 8,12 no primeiro ensaio e foi essa a maior variação observada, já que nos demais ensaios o pH ficou na faixa de 6,3 a 7,6. Essa variação não interfere muito nas leituras de cor verdadeira.

TABELA 27: Valores máximos e mínimos de pH determinados nos ensaios

		FAIXA DE VALORES DE pH				
PONTO	VALOR	ENSAIO				
		1	2	3	4	5
AB	MAX	8,12	7,60	7,42	7,60	7,40
	MIN	6,28	6,46	6,36	6,59	6,61
PFVA	MAX	8,59	7,68	7,55	7,68	7,53
	MIN	6,59	6,70	6,59	6,82	6,80
SH	MAX	-	-	9,17	7,81	7,87
	MIN	-	-	6,19	6,95	6,92
MC	MAX	7,70	7,67	7,95	7,69	7,53
	MIN	6,70	6,32	6,58	6,24	6,80
JC	MAX	7,37	7,58	7,57	7,55	7,59
	MIN	6,71	6,21	5,83	6,52	6,64
MF2	MAX					7,87
	MIN					6,92
MF1	MAX					7,57
	MIN					6,72
FLC1	MAX	7,91	6,46	7,65	6,80	6,97
	MIN	5,61	5,57	5,67	5,17	5,86
FLA1	MAX	8,43	7,48	7,76	7,48	7,51
	MIN	6,59	6,45	6,37	6,15	6,76
FLC2	MAX	8,84	7,10	6,71	7,24	6,60
	MIN	6,45	6,26	6,00	5,85	6,12
FLA1	MAX		7,63	7,40	7,76	7,73
	MIN		6,42	6,56	6,50	6,90

5.10.9 – Metais

Os dados levantados dos metais cobre, zinco, ferro, manganês e cromo ao longo dos ensaios estão apresentados nas Tabelas B36 a B39 do Anexo B. Na maioria dos casos não foi detectada a presença de metais como: cromo, zinco, cobre; em geral, não ocorreu remoção de metais ao longo do sistema de tratamento nos ensaios realizados. O ferro foi o metal mais encontrado, sendo efetuado teste estatístico ANOVA com os dados do quinto ensaio, ver Tabela 28. Pode ser observado que não há diferença entre as médias dos tratamentos, isto é, não houve diferença significativa entre os valores de ferro do afluente aos filtros lentos e dos efluentes.

TABELA 28: Teste estatístico ANOVA entre os valores de ferro nos vários ponto de amostragem no quinto ensaio

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
PFVA	9	2,34	0,26	0,02095
MF3-4	9	2,58	0,28667	0,020775
MF1-2	9	2,35	0,26111	0,014036111
JC	8	2,31	0,28875	0,007955357
FLC1	9	1,08	0,12	0,001725
FLA1	9	3,19	0,35444	0,143452778
FLC2	8	0,68	0,085	0,0018
FLA2	9	2,12	0,23556	0,147652778

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,48576	7	0,06939	1,505913303	0,18197	2,16131
Dentro dos grupos	2,85702	62	0,04608			
Total	3,34278	69				

Foi realizado o teste estatístico t para variâncias diferentes entre os dados do filtro lento FLC1, com carvão, e FLA1 de leito de areia apenas, mostrado na Tabela 29. Esse teste indicou que não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, porquanto, o filtro com carvão não promoveu mais remoção de ferro do que o filtro com areia.

TABELA 29: Teste estatístico t entre os valores de ferro nos efluentes dos filtros FLC1 e FLA1 no quinto ensaio

Teste-t: duas amostras
presumindo variâncias diferentes

	FLC1	FLA1
Média	0,12	0,35444
Variância	0,00173	0,14345
Observações	9	9
Hipótese da diferença de média	0	
gl	8	
Stat t	-1,8459	
P(T<=t) uni-caudal	0,05106	
t crítico uni-caudal	1,85955	
P(T<=t) bi-caudal	0,10212	
t crítico bi-caudal	2,30601	

Na Tabela 30 é mostrado o teste estatístico t entre os valores de ferro à montante e à jusante da coluna de ozonização. Como pode ser observado pelos valores de $t_{obs} < t_{crítico}$ não houve diferenças entre as médias dos valores, portanto a ozonização, na dosagem empregada, não removeu ferro, o mesmo ocorrendo com o peróxido de hidrogênio.

TABELA 30 FIGURA 154: Teste estatístico t entre os valores de ferro à montante e jusante da coluna de ozonização no quinto ensaio

Teste-t: duas amostras
presumindo variâncias diferentes

	PFVA	JC
Média	0,26	0,28875
Variância	0,02095	0,007955
Observações	9	8
Hipótese da diferença de média	0	
gl	13	
Stat t	-0,4988	
P(T<=t) uni-caudal	0,313127	
t crítico uni-caudal	1,770932	
P(T<=t) bi-caudal	0,626255	
t crítico bi-caudal	2,160368	

5.10.10 – Oxigênio dissolvido

Nas Tabelas B50 a B54 do anexo B estão apresentados os valores de oxigênio dissolvido observados nos ensaios. Alguns valores extremos podem ser verificados, mas acredita-se que sejam mais devidos a erros de leitura ou do aparelho do que a valores que realmente possam Ter ocorridos. Na Tabela 31 estão apresentados os valores máximos, médios e mínimos observados na água bruta, na saída dos pré-filtros e nos efluentes dos filtros lentos. A água bruta apresentou valores variando de 6,9 a 9,1 mg/L, o mesmo acontecendo com o efluente do PFVA; os filtros lentos com leito de areia apresentaram valores na faixa de 7,0 a 9,1 mg/L; os filtros com camada intermediária de carvão apresentaram valores de OD bem menores que os demais, ficando na faixa de 2 a 6 mg/L, sendo que o mesmo fato ocorreu nos ensaios realizados por ALMEIDA (2001), AGUILA (2002) e COELHO (2002). Essa diminuição do OD após passar pelos filtros com camada intermediária de carvão ativado, deve-se principalmente a reações químicas, e não biológicas, com o carvão. Não foi possível identificar interferências dos oxidantes nos valores de oxigênio dissolvido.

TABELA 31: Valores máximos, médios e mínimos de oxigênio dissolvido nos ensaios realizados

FAIXA DE VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)		ENSAIO				
PONTO	VALOR	1	2	3	4	5
AB	MAX	8,5	8,6	7,8	7,7	9,1
	MED	8,2	8,2	7,5	7,4	8,2
	MIN	8,1	7,9	7,3	6,9	7,8
PFVA	MAX	8,6	8,4	8,0	7,7	9,1
	MED	8,3	8,1	7,6	7,4	8,2
	MIN	8,1	7,8	7,0	6,9	7,6
FLC1	MAX	3,1	4,0	3,6	3,2	6,4
	MED	2,1	3,2	2,5	3,0	3,5
	MIN	1,0	2,5	2,0	2,7	2,4
FLA1	MAX	8,7	11,1	8,0	7,8	9,1
	MED	8,4	8,9	7,7	7,6	8,2
	MIN	8,1	8,0	7,3	7,5	7,8
FLC2	MAX	6,0	5,6	3,2	3,2	6,2
	MED	4,3	4,2	2,7	2,8	3,6
	MIN	2,7	2,6	2,1	2,5	2,9
FLA2	MAX		8,3	7,6	7,8	9,1
	MED		8,1	7,0	7,6	8,1
	MIN		8,0	6,2	7,4	7,1

5.11 – Relação entre parâmetros característicos da água

5.11.1 – Relação entre número de partículas e turbidez

Existe uma certa relação entre o número total de partículas e a turbidez, como pode ser observado na Figura 151. O coeficiente de correlação, $r = 0,824$, indica que essa relação é razoável.

FIGURA 151: Relação entre o número total de partículas e a turbidez com os dados dos cinco ensaios realizados

5.11.2 – Relação entre carbono orgânico dissolvido e absorvância 254 nm

Não foi encontrada uma boa relação entre os valores observados de carbono orgânico dissolvido e os valores de absorvância 254nm, conforme pode ser observado na Figura 152, que mostra a relação entre esses dados no quinto ensaio. O coeficiente de correlação entre os dados obtido foi relativamente baixo ($r = 0,36$), indicando a baixa relação entre os parâmetros. Nesse caso devem ser salientadas as dificuldades encontradas na determinação dos valores de COD ao longo da realização dos ensaios, o que pode Ter levado a essa baixa correlação entre esses parâmetros. O equipamento de leitura de COD apresentou defeitos em várias ocasiões.

FIGURA 152: Relação entre carbono orgânico dissolvido e absorvância, no quinto ensaio

Na Figura 153 estão lançados todos os pares de valores de COD e ABS obtidos ao longo dos cinco ensaios, aproximadamente 700 pares. Não foi observada uma boa relação entre esses dados, como pode ser comprovado pelo coeficiente de correlação entre os dados $r = 0,25$.

FIGURA 153: Relação entre carbono orgânico dissolvido e absorvância 254nm, considerando todos os pares de valores obtidos nos cinco ensaios

A melhor relação entre COD e ABS encontrada foi no terceiro ensaio com os dados obtidos com o efluente do PFVA. Esses dados estão representados nas Figuras 154 e 155. A Figura 154 mostra a variação de COD e ABS ao longo do tempo de operação, onde pode ser notado que a variação dos valores de absorvância acompanhava a variação do COD. Na Figura 155 pode ser observada a relação direta entre os valores de ABS e COD, com coeficiente de correlação de $r = 0,80$. Esse coeficiente de correlação corresponde a um coeficiente de determinação R^2 igual a 0,64, inferior, portanto, aos obtidos por BIAN et al. (1999) e por RATNAWEERA et al. (1999), respectivamente 0,76 e 0,97. Esse coeficiente de determinação obtido comprova que não foram encontradas boas relações entre os valores observados de carbono orgânico dissolvido e os valores de absorvância 254 nm. Os efluentes dos filtros com camada intermediária de carvão ativado também não apresentaram boa correlação entre os dados de COD e absorvância.

FIGURA 154: Variação do COD e ABS com o tempo de operação no terceiro ensaio

FIGURA 155: Relação entre COD e ABS no terceiro ensaio

5.11.3 – Relação entre turbidez e a diferença entre cor aparente e verdadeira

As figuras 156 e 157 procuram mostrar possíveis relações entre os dados de turbidez e a diferença entre os valores de cor aparente e cor verdadeira. Pode-se notar na Figura 156 que realmente existe uma relação para os dados do efluente do PFVA, com uma correlação acima de 92%. Na Figura 157 também pode ser notada essa relação para os dados do FLC2, com coeficiente de correlação acima de 90%. Na Figura 158 estão relacionados todos os dados observados nos cinco ensaios, onde pode-se notar também uma boa correlação entre os valores de turbidez e da diferença entre os valores de cor, com coeficiente de correlação em torno de 0,95. Essas relações podem ser úteis, numa eventualidade, para estimativa da cor verdadeira de uma amostra, através das leituras de cor aparente e de turbidez, utilizando-se a equação $Turb.=0,1899(Ap.- Ver.)$, mas observando-se que essa relação foi obtida para as condições ensaiadas.

FIGURA 156: Relação entre os dados de turbidez e diferença entre cor aparente e verdadeira, com os dados do PFVA

FIGURA 157: Relação entre os dados de turbidez e diferença entre cor aparente e verdadeira, com os dados do FLC2

FIGURA 158: Relação entre os dados de turbidez e diferença entre cor aparente e verdadeira, com todos dados observados nos cinco ensaios

5.11.4 – Relação entre cor verdadeira determinada pelo processo de centrifugação e por filtração em membranas 0,45 µm

Os valores de cor verdadeira por filtração em membranas estão apresentados nas Tabelas B34 e B35, correspondentes aos ensaios 4 e 5. Na Figura 159 é mostrado um exemplo de relação entre os valores de cor verdadeira determinada pelo processo de centrifugação e os valores correspondentes, determinados pelo processo de filtração em membranas 0,45 µm, onde foram utilizados os valores dos efluentes do filtro lento FLC1 nos ensaio 4 e 5. Pode ser notado que existe uma boa correlação entre os dados, indicando que a cor verdadeira pode ser determinada com segurança pelo processo de filtração em membranas 0,45 µm. Esse processo apresenta a vantagem de ser mais prático e se mostra mais confiável, pois o manuseio da cápsula de centrifugação pode levar a erros de medidas, principalmente, para águas com muitas partículas em suspensão. Entretanto, o emprego das membranas deve ser analisado com mais cuidado, sob o aspecto da absorção de partículas dissolvidas que conferem cor a água. Essa observação pode ser verificada pela relação média de 0,96 entre a cor filtrada e centrifugada dos efluentes dos filtros lentos. Outro aspecto a ser analisado é quanto a colmatção da membrana para águas com maior quantidade de

partículas em suspensão, caso dos efluentes do PFVA em que a relação média de cor filtrada e centrifugada ficou em 0,74, conforme pode ser observado na Figura 160.

FIGURA 159: Relação entre cor verdadeira dos efluentes do FLC1 determinadas pelo processo de centrifugação e por filtração em membranas 0,45 μ m

FIGURA 160: Relação entre cor verdadeira dos efluentes do PFVA determinadas pelo processo de centrifugação e por filtração em membranas 0,45 μ m

5.11.5 – Relação entre absorvância 254 nm e cor verdadeira

A Figura 161 é um exemplo da relação entre absorvância 254 nm e cor verdadeira obtida no quinto ensaio no efluente do filtro lento FLC2. Nos demais pontos de coleta ocorreu de forma semelhante. O coeficiente de correlação entre os pontos é baixo ($r = 0,057$), o mesmo acontecendo com os dados dos outros pontos de coleta analisados, indicando que não foi obtida boa correlação entre os parâmetros.

FIGURA 161: Relação entre os valores de absorvância 254nm e cor verdadeira de efluente de filtro lento

6 . – CONCLUSÕES

Com base no trabalho experimental realizado conclui-se:

- Existe uma relação direta entre os parâmetros característicos da água bruta e do efluente da instalação FiME. Quando a cor verdadeira afluenta aos filtros era mantida em torno de 50 a 70 uH, os efluentes dos filtros apresentaram cor verdadeira de 20 a 40 uH, mas com o aumento da cor afluenta, a cor dos efluentes dos filtros atingiram valores bem maiores;
- A remoção dos parâmetros indicativos de substâncias húmicas como cor verdadeira, carbono orgânico dissolvido, absorvância 254nm é mais eficiente em filtros com camada intermediária de carvão ativado granular, precedido de pré-oxidação por ozônio ou ozônio seguido de peróxido de hidrogênio. Com essa última combinação resultou numa remoção média de 64% de cor verdadeira;
- A oxidação com ozônio sozinho apresentou resultados satisfatórios quanto à remoção de cor verdadeira, tanto em água com aplicação das substâncias húmicas como sem, com uma média de remoção em torno de 30%, mas não foi possível obter correlação razoável entre a dosagem de ozônio consumida e correspondente remoção percentual de cor. O efeito do peróxido de hidrogênio não foi tão significativo quando aplicado sozinho ou mesmo quando aplicado antes do ozônio. A pré-oxidação com ozônio ou com ozônio seguido de peróxido de hidrogênio apresenta melhores resultados, ou resultados mais constantes ao longo do tempo de operação, com base nos resultados apresentados pelos processos de oxidação/filtração lenta;

- Os residuais de ozônio e/ou peróxido de hidrogênio aparentemente têm influência na camada biológica, diminuindo a perda de carga, mas podem diminuir a remoção de cor e turbidez nos filtros lentos. Dosagens acima de 0,1 mg/L de peróxido de hidrogênio interferem na camada biológica dos filtros lentos. O FLC2 apresentou inicialmente uma remoção percentual de cor verdadeira na faixa de 50 a 60%, mas após aplicação do peróxido de hidrogênio com dosagem de 0,7 mg/L, essa remoção apresentou uma ligeira queda e ficou numa faixa em torno de 50%, caindo depois para faixa de 40 a 50%. No presente trabalho o efeito do residual dos oxidantes sobre a camada biológica ocorreu mais sobre a remoção de turbidez do que de cor verdadeira;
- Quando foi utilizada água NPF sem pré-oxidação nos ensaios, os filtros lentos com leito de areia apresentaram remoção média de cor verdadeira de 33%, enquanto os filtros com camada intermediária de carvão apresentaram remoção média de cor verdadeira de até 63%. Para água NPF pré-oxidada, a remoção média nos processos oxidação/filtração com areia variou de 21,5 a 52,8%, contra uma variação de 43,5 a 69% nos processos oxidação/filtração com carvão ativado. Quando foi utilizada água NPF/SH sem pré-oxidação nos ensaios, os filtros lentos com leito de areia apresentaram remoção média de cor verdadeira de 31%, enquanto os filtros com camada intermediária de carvão apresentaram remoção média de cor verdadeira de 43,5%. Para água NPF/SH pré-oxidada, a remoção média nos processos oxidação/filtração com areia variou de 33 a 46%, contra uma variação de 53,6 a 59,7% nos processos oxidação/filtração com carvão ativado.
- Quanto à remoção de cor aparente, os pré-filtros PFD e PFVA proporcionaram uma boa eficiência, com remoção média de até 59%. A remoção média proporcionada pelo ozônio foi de 16%, enquanto a proporcionada pelo peróxido, nas dosagens utilizadas, foi menor que 1%. Os filtros lentos com camada intermediária de carvão ativado removeram em média 56% da cor aparente afluyente, enquanto os filtros com leito de areia removeram 40%, considerando todos os ensaios. A combinação dos oxidantes ozônio e depois peróxido de hidrogênio é a que apresentou melhores resultados quanto à remoção de cor aparente. Esses resultados foram melhores principalmente quando a relação H_2O_2/O_3 esteve acima de 0,2;

- Quanto à remoção de absorvância 254 nm, nos filtros com camada intermediária de carvão ativado, a pré oxidação com ozônio e depois peróxido levou a resultados melhores e mais constantes, com remoção na faixa de 40 a 60%, sendo que o filtro FLC2 apresentou melhores resultados quando operou com afluente pré-oxidado com peróxido. Os filtros com areia apresentaram remoções de absorvância 254nm na faixa de 20 a 40%, sendo que a pré-oxidação com ozônio ou com ozônio mais peróxido de hidrogênio apresentaram resultados equivalentes entre si e melhores do que as demais combinações de pré-oxidação;
- As substâncias húmicas aplicadas provocaram aumento médio de 65% de todos tamanhos de partículas, sendo que esse aumento foi de 72% para os tamanhos de 4 e 8 μm . Os pré filtros removeram em média 96% das partículas afluentes, enquanto que os filtros lentos removeram em média 69% das partículas afluentes aos mesmos. Na coluna de ozonização o número total de partículas aumentou de montante para jusante, principalmente no quinto ensaio;
- A remoção de coliformes na coluna de ozonização foi de 100% e os efluentes dos filtros lentos apresentaram na maioria do tempo contagem zero de coliformes. O peróxido de hidrogênio apresentou remoção de 5,6 a 27% de coliformes totais, enquanto que os filtros lentos que receberam água pré-oxidada com peróxido apresentaram remoções na faixa de 42 a 98%;

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Pesquisar a eficiência; quanto à remoção de cor verdadeira, que pode ser obtida em uma coluna com carvão ativado granular instalada após os filtros lentos;
- Estudar a viabilidade da implantação de um reservatório de acumulação à montante da captação, para garantir funcionamento da instalação FiME nos períodos de chuvas intensas em que ocorrem picos de turbidez, cor, etc.;
- Efetuar estudos visando a eliminação do residual de oxidantes, antes de atingirem a camada biológica dos filtros lentos;
- Pesquisar métodos e sistemas de controle de crescimento de algas nas instalações;
- A vida útil do carvão ativado deve ser avaliada, bem como os custos de renovação do mesmo, quando do estudo da relação benefício/custo de uma instalação FiME com ou sem camada intermediária de carvão ativado nos filtros lentos;
- Pesquisar a influência do residual de peróxido de hidrogênio na camada biológica;
- Avaliar o emprego do peróxido de hidrogênio para diminuir a perda de carga nos filtros lentos e aumentar a carreira de filtração, devendo ser efetuada uma avaliação sobre qual dosagem pode ser utilizada, em qual tempo de operação e durante quantos dias o peróxido deve ser aplicado.
- Pesquisar novas tecnologias de geração de ozônio;

ANEXO A

A-1 – TESTES ESTATÍSTICOS NOS PARÂMETROS DO PRIMEIRO ENSAIO

A-1.1 – Cor verdadeira

TABELA A1: Teste t entre cor verdadeira efluentes dos filtro FLC2 e FLA2

Teste-t: duas amostras em par para médias			$T_o > T_c$ $pV < 0,05$ Rejeitar hipótese Há diferença entre os tratamentos
	<i>FLA1</i>	<i>FLC2</i>	
Média	18,0222	15,2222	
Variância	67,6586	55,6313	
Observaç	45	45	
Correlaçã	0,8375		
Hipótese	0		
gl	44		
Stat t	4,14571		
$P(T \leq t) u$	7,6E-05		
t crítico u	1,68023		
$P(T \leq t) b$	0,00015		
t crítico b	2,01537		

TABELA A2: Teste t entre efluentes dos filtros FLC1 e FLC2

Teste-t: duas amostras em par para média			$T_o > T_c$ $pV < 0,05$ Rejeitar hipótese Há diferença entre os tratamentos
	<i>FL C1</i>	<i>FLC2</i>	
Média	17,9778	15,2222	
Variância	59,3859	55,6313	
Observaç	45	45	
Correlaçã	0,81344		
Hipótese	0		
gl	44		
Stat t	3,98589		
$P(T \leq t) u$	0,00012		
t crítico u	1,68023		
$P(T \leq t) b$	0,00025		
t crítico b	2,01537		

TABELA A3: Teste t entre efluentes dos filtros FLC1 e FLA1

Teste-t: duas amostras em par para média			$T_o < T_c$ $pV > 0,05$ Aceitar hipótese de igualdade das médias Nesse caso não houve estatisticamente diferença entre os tratamentos
	<i>FL 1</i>	<i>FLA1</i>	
Média	17,9778	18,0222	
Variância	59,3859	67,6586	
Observaç	45	45	
Correlaçã	0,8659		
Hipótese	0		
gl	44		
Stat t	-0,0717		
$P(T \leq t) u$	0,47157		
t crítico u	1,68023		
$P(T \leq t) b$	0,94313		
t crítico b	2,01537		

A-1.2 Cor Aparente

TABELA A4: Teste ANOVA entre os valores de cor aparente dos efluentes dos filtros e teste ANOVA entre os valores das remoções percentuais de cor aparente

Anova: fator único							Anova: fator único						
RESUMO							RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia			Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia		
FL C1	46	1554	33,7826	168,707			PF/FLC2	42	2638,14	62,8129	109,497		
FL A1	46	1626	35,3478	235,076			MC/FLC1	43	2353,83	54,7403	93,0371		
FL C2	46	1315	28,587	158,159			MC/FLA1	43	2284,82	53,1353	148,454		
ANOVA							ANOVA						
Fonte da	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Fonte da	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre gru	1152,36	2	576,181	3,07601	0,04939	3,06321	Entre gru	2278,13	2	1139,06	9,73091	0,00012	3,06869
Dentro dc	25287,4	135	187,314				Dentro dc	14632	125	117,056			
Total	26439,8	137					Total	16910,1	127				
HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS													

TABELA A5: Testes t entre os valores de cor aparente dos efluentes dos filtros

Teste-t: duas amostras em par para médias				Teste-t: duas amostras presumindo variâncias dif			
	FLC 1	FL A1			FL C1	FL C2	
Média	33,7826	35,3478		Média	33,7826	28,587	
Variância	168,707	235,076		Variância	168,707	158,159	
Observaç	46	46		Observaç	46	46	
Correlaçã	0,88506			Hipótese	0		
Hipótese	0			gl	90		
gl	45			Stat t	1,9491		
Stat t	-1,4825			P(T<=t) u	0,0272		
P(T<=t) u	0,07258			t crítico u	1,66196		
t crítico u	1,67943			P(T<=t) b	0,0544		
P(T<=t) b	0,14517			t crítico b	1,98667		
t crítico b	2,0141			NÃO HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS			
NÃO HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS							

A-1.3 Carbono Orgânico Dissolvido

TABELA A6: Teste não paramétrico nos dados de COD do primeiro ensaio

Kruskal-Wallis Test: C1 versus C2									
Kruskal-Wallis Test on C1									
COD - ENSAIO 1 FL1-FL2-FL3									
C2	N	Median	Ave Rank	Z					
1	21	11,00	11,0	-6,43					
2	21	32,00	32,0	0,00					
3	21	53,00	53,0	6,43					
Overall	63		32,0						
H = 55,13 DF = 2 P = 0,000									
P<0,05 - HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS									

A-1.4 – Oxigênio consumido

TABELA A7: Teste não paramétrico nos dados de OC do primeiro ensaio

Kruskal-Wallis Test: C1 versus C2

Kruskal-Wallis Test on C1

OC - ENSAI 1

C2	N	Median	Ave Rank	Z
1	5	3,000	3,0	-3,06
2	5	8,000	8,0	0,00
3	5	13,000	13,0	3,06
Overall	15		8,0	

H = 12,50 DF = 2 P = 0,002

P<0,05

HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS

A-2 – TESTES ESTATÍSTICOS DO SEGUNDO ENSAIO

A-2.1 Cor Verdadeira

TABELA A8: Teste ANOVA para cor verdadeira dos efluentes dos quatro filtros lentos do ensaio 2

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
FL C1	39	430	11,0256	7,65722
FL A1	39	478	12,2564	18,9325
FL C2	39	270	6,92308	7,86235
FL A2	39	717	18,3846	18,4008

ANOVA

Fonte da	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre gru	2631,2	3	877,066	66,3779	1,7E-27	2,66411
Dentro dc	2008,41	152	13,2132			
Total	4639,61	155				

Há diferença entre tratamentos

TABELA A9: Teste t entre os tratamentos com pré oxidação com peróxido e ozônio e com peróxido apenas, filtros com carvão ativado

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes			<p>pV<0,05 e To>Tc Rejeitar hipótese nula Há diferença entre tratamentos</p>
	FLC 1	FL C2	
Média	11,0256	6,92308	
Variância	7,65722	7,86235	
Observaç	39	39	
Variância	7,75978		
Hipótese	0		
gl	76		
Stat t	6,50351		
P(T<=t) u	3,7E-09		
t crítico u	1,66515		
P(T<=t) b	7,4E-09		
t crítico b	1,99168		

<p>pV<0,05 e To>Tc Rejeitar hipótese nula Há diferença entre tratamentos</p>
--

TABELA A10: Teste t entre os tratamentos com pré oxidação com peróxido e ozônio e com peróxido apenas, filtros com leito de areia.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes			pV<0,05 e To >Tc Rejeitar hipótese nula
	FLA1	FL A2	
Média	12,2564103	18,3846	Não é possível afirmar que H2O2+O3 seja melhor ou pior que H2O2
Variância	18,9325236	18,4008	
Observaç	39	39	
Variância	18,6666667		
Hipótese	0		
gl	76		
Stat t	-6,2635019		
P(T<=t) u	1,0329E-08		
t crítico u	1,66515065		
P(T<=t) b	2,0658E-08		
t crítico b	1,99167516		

TABELA A11: Teste t entre os tratamentos com água natural e pré oxidação com peróxido de hidrogênio e ozônio.

Teste-t: duas amostras em par para médias			To <Tc pV<0,05 Rejeitar hipótese Há diferença entre tratamentos
	FLC 1	FLA1	
Média	10,8409091	12,5909	
Variância	7,25317125	17,9683	
Observaç	44	44	
Correlaçã	0,25491639		
Hipótese	0		
gl	43		
Stat t	-2,6354241		
P(T<=t) u	0,00581978		
t crítico u	1,68107135		
P(T<=t) b	0,01163956		
t crítico b	2,01669081		

TABELA A12: Teste t entre os tratamentos com água natural e pré oxidação com peróxido de hidrogênio.

Teste-t: duas amostras em par para médias			idem Há diferença entre tratamentos
	FLC2	FL A2	
Média	6,92307692	18,3846	
Variância	7,86234818	18,4008	
Observaç	39	39	
Correlaçã	0,8120369		
Hipótese	0		
gl	38		
Stat t	-27,593589		
P(T<=t) u	4,8029E-27		
t crítico u	1,68595307		
P(T<=t) b	9,6058E-27		
t crítico b	2,02439423		

A-2.2 Cor aparente

TABELA A13: Testes t entre os valores de cor aparente dos efluentes dos filtros com e sem carvão

Teste-t: duas amostras em par para médias			Teste-t: duas amostras em par para médias		
	FLC 1	FL A1		FL C2	FL A2
Média	21,0667	27,6	Média	11,7949	36,6667
Variância	21,7	73,1091	Variância	20,1147	76,386
Observaç	45	45	Observaç	39	39
Correlaçã	0,35389		Correlaçã	0,76825	
Hipótese	0		Hipótese	0	
gl	44		gl	38	
Stat t	-5,3696		Stat t	-25,79	
P(T<=t) u	1,4E-06		P(T<=t) u	5,5E-26	
t crítico u	1,68023		t crítico u	1,68595	
P(T<=t) b	2,8E-06		P(T<=t) b	1,1E-25	
t crítico b	2,01537		t crítico b	2,02439	
HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS			HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS		

TABELA A14: Testes t entre filtros de mesmo leito filtrante, mas com pré-oxidantes diferentes

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias dif		
	FL C1	FL C2		FL A1	FL A2
Média	21,0667	11,7949	Média	27,6	36,0476
Variância	21,7	20,1147	Variância	73,1091	76,2416
Observaç	45	39	Observaç	45	42
Hipótese	0		Hipótese	0	
gl	81		gl	84	
Stat t	9,28115		Stat t	-4,5547	
P(T<=t) u	1,1E-14		P(T<=t) u	8,8E-06	
t crítico u	1,66388		t crítico u	1,6632	
P(T<=t) b	2,2E-14		P(T<=t) b	1,8E-05	
t crítico b	1,98969		t crítico b	1,98861	
HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS			HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS		

A-2.3 Carbono Orgânico Dissolvido

TABELA A15: Teste não paramétrico nos dados de COD do segundo ensaio

Kruskal-Wallis Test: C3 versus C4				
Kruskal-Wallis Test on C3				
COD - ENSAIO 2				
C4	N	Median	Ave Rank	Z
1	19	10,00	10,0	-6,45
2	19	29,00	29,0	-1,91
3	17	47,00	47,0	2,22
4	18	64,50	64,5	6,34
Overall	73		37,0	
H = 67,49 DF = 3 P = 0,000				
P<0,05 HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS				

TABELA A21: Teste t entre os valores de cor dos efluentes dos filtros com carvão e entre os dos filtros com areia

Teste-t: duas amostras em par para médias			Teste-t: duas amostras em par para médias		
	FL C1	FL C2		FLA1	FL A2
Média	67,381	56,3452	Média	70,5476	74,881
Variância	581,251	410,277	Variância	706,178	834,588
Observaç	84	84	Observaç	84	84
Correlaçã	0,81597		Correlaçã	0,93297	
Hipótese	0		Hipótese	0	
gl	83		gl	83	
Stat t	7,25072		Stat t	-3,8168	
P(T<=t) u	9,9E-11		P(T<=t) u	0,00013	
t crítico u	1,66342		t crítico u	1,66342	
P(T<=t) t	2E-10		P(T<=t) t	0,00026	
t crítico b	1,98896		t crítico b	1,98896	

A-3.3 – Carbono orgânico Dissolvido

TABELA A22: Teste não paramétrico nos dados de COD do terceiro ensaio

Kruskal-Wallis Test: C5 versus C6					
Kruskal-Wallis Test on C5					
COD - ENSAIO 3					
C6	N	Median	Ave Rank	Z	
1	20	10,50	10,5	-6,67	
2	20	30,50	30,5	-2,22	
3	20	50,50	50,5	2,22	
4	20	70,50	70,5	6,67	
Overall	80		40,5		
H = 74,07 DF = 3 P = 0,000					
P<0,05 HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS					

A-3.4 – Oxigênio Consumido

TABELA A23: Teste não paramétrico nos dados de OC do terceiro ensaio

Kruskal-Wallis Test: C5 versus C6

Kruskal-Wallis Test on C5

OC - ENSAIO 3

C6	N	Median	Ave Rank	Z
1	9	5,000	5,0	-4,44
2	9	14,000	14,0	-1,48
3	9	23,000	23,0	1,48
4	9	32,000	32,0	4,44
Overall	36		18,5	

H = 32,84 DF = 3 P = 0,000

P<0,05

HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS

TABELA A27: Teste t entre os tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF e SH e pré oxidação com ozônio e ozônio mais peróxido de hidrogênio

Teste-t: duas amostras em par para médias			$ t_{ob} < t_c $ $pV > 0,05$ conclusão: Não há diferença entre as médias
	FLC 1	FLC2	
Média	26,7273	26,4364	
Variância	67,9057	53,5098	
Observaç	55	55	
Correlaçã	0,93347		
Hipótese	0		
gl	54		
Stat t	0,72412		
P(T<=t) u	0,23606		
t crítico u	1,67357		
P(T<=t) b	0,47212		
t crítico b	2,00488		

TABELA A28: Teste t entre os tratamentos com filtros com areia, com NPF e SH e pré oxidação com ozônio e ozônio mais peróxido de hidrogênio

Teste-t: duas amostras em par para médias			$ t_{ob} < t_c $ $pV > 0,05$ conclusão: Não há diferença entre as médias
	FL 2	FL 4	
Média	29,6364	28,6909	
Variância	78,532	62,0323	
Observaç	55	55	
Correlaçã	0,89117		
Hipótese	0		
gl	54		
Stat t	1,74402		
P(T<=t) u	0,04342		
t crítico u	1,67357		
P(T<=t) b	0,08685		
t crítico b	2,00488		

A-4.2 Cor Aparente

TABELA A29: Teste ANOVA nos valores de cor para rente dos efluentes dos filtros e dos valores de remoção de cor nos processos oxidação/filtração lenta

Anova: fator único				
RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
FL C1	57	2807	49,2456	344,581
FL A1	57	3236	56,7719	477,786
FLC2	57	2913	51,1053	387,167
FLA2	57	3338	58,5614	366,965

ANOVA						
Fonte da	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre gru	3388,58	3	1129,53	2,86591	0,03748	2,6449
Dentro dc	88284	224	394,125			
Total	91672,6	227				

Anova: fator único				
RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
FLC1/JC	57	2763,3	48,479	78,4019
FLA1/JC	57	2309,57	40,5187	135,313
FLC2/MF	57	2530,16	44,3887	94,5603
FLA2/MF	57	2014,02	35,3337	89,3238

ANOVA						
Fonte da	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre gru	5368,67	3	1789,56	18,0036	1,7E-10	2,6449
Dentro dc	22265,5	224	99,3996			
Total	27634,2	227				

TABELA A30: Teste t entre os valores de cor dos efluentes dos filtros com carvão e entre os dos filtros com areia

Teste-t: duas amostras em par para médias			Teste-t: duas amostras em par para médias		
	FLC 1	FLC23		FLA1	FLA2
Média	49,2456	51,1053	Média	56,7719	58,5614
Variância	344,581	387,167	Variância	477,786	366,965
Observaç	57	57	Observaç	57	57
Correlaçã	0,93225		Correlaçã	0,90877	
Hipótese	0		Hipótese	0	
gl	56		gl	56	
Stat t	-1,9712		Stat t	-1,4767	
P(T<=t) u	0,02682		P(T<=t) u	0,07268	
t crítico u	1,67252		t crítico u	1,67252	
P(T<=t) t	0,05365		P(T<=t) t	0,14536	
t crítico b	2,00324		t crítico b	2,00324	

A-4.3 Carbono Orgânico Dissolvido

TABELA A31: Teste não paramétrico nos dados de COD do quarto ensaio

Kruskal-Wallis Test: C9 versus C10 COD - ENSAIO 5 FL1 e FL2 Kruskal-Wallis Test on C9				
C10	N	Median	Ave Rank	Z
1	31	16,00	16,0	-6,76
2	31	47,00	47,0	6,76
Overall	62		31,5	
H = 45,76 DF = 1 P = 0,000 P<0,05 HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS				

A-4.4 – Oxigênio Consumido

TABELA A32: Teste não paramétrico nos dados de OC do quarto ensaio

Kruskal-Wallis Test: C7 versus C8

Kruskal-Wallis Test on C7

OC - ENSAIO 4

C8	N	Median	Ave Rank	Z
1	11	6,000	6,0	-4,92
2	11	17,000	17,0	-1,64
3	11	28,000	28,0	1,64
4	11	39,000	39,0	4,92
Overall	44		22,5	

H = 40,33 DF = 3 P = 0,000

P<0,05

HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS

A-5 – TESTES ESTATÍSTICOS DO QUINTO ENSAIO

A-5.1 – Cor Verdadeira

TABELA A33: Teste t entre os tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF e pré oxidação com ozônio mais peróxido de hidrogênio

Teste-t: duas amostras em par para médias			$T > T_c$ REJEITAR A HIPÓTESE NULA $P_v < 0,05$ rejeitar hipótese nula FLC1 MELHOR QUE FLA1
	FL C1	FLA1	
Média	9	13	
Variância	3,6962	7,59494	
Observaç	80	80	
Correlaçã	0,74779		
Hipótese	0		
gl	79		
Stat t	-19,497		
$P(T \leq t) u$	3,2E-32		
t crítico u	1,66437		
$P(T \leq t) b$	6,3E-32		
t crítico b	1,99045		

TABELA A34: Teste t entre percentagens de remoção nos tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF e pré oxidação com ozônio mais peróxido de hidrogênio

Teste-t: duas amostras em par para médias			$T > T_c$ REJEITAR A HIPÓTESE NULA $P_v < 0,05$ rejeitar hipótese nula FLC1 MELHOR QUE FLA1
	FLC1/PFV	LA1/PFVA	
Média	60,6483	43,2372	
Variância	44,2676	67,9929	
Observaç	80	80	
Correlaçã	0,57121		
Hipótese	0		
gl	79		
Stat t	22,1157		
$P(T \leq t) u$	6,9E-36		
t crítico u	1,66437		
$P(T \leq t) b$	1,4E-35		
t crítico b	1,99045		

TABELA A35: Teste t entre os tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF/SH e sem pré oxidação

Teste-t: duas amostras em par para médias			$T > T_c$ REJEITAR A HIPÓTESE NULA $P_v < 0,05$ rejeitar hipótese nula FLC2 MELHOR QUE FLA2
	FL C2	FLA2	
Média	32,2625	38,575	
Variância	18,753	19,1335	
Observaç	80	80	
Correlaçã	0,71431		
Hipótese	0		
gl	79		
Stat t	-17,16		
$P(T \leq t) u$	1,1E-28		
t crítico u	1,66437		
$P(T \leq t) b$	2,3E-28		
t crítico b	1,99045		

TABELA A36: Teste t entre percentagens de remoção nos tratamentos com filtros com areia e carvão, com NPF/SH e sem pré oxidação

<i>FLC2/MF3-LA2/MF3-4</i>			T>Tc	REJEITAR A HIPÓTESE NULA
Média	43,4604	32,3389	Pv<0,05	rejeitar hipótese nula
Variância	59,1109	74,9484	FLC2 MELHOR QUE FLA2	
Observaç	80	80		
Correlaçã	0,75566			
Hipótese	0			
gl	79			
Stat t	17,1955			
P(T<=t) u	9,9E-29			
t crítico u	1,66437			
P(T<=t) t	2E-28			
t crítico b	1,99045			

A-5.2 – Cor Aparente

TABELA A37: Teste t entre os valores de cor aparente dos efluentes dos filtros com e sem carvão ativado

Teste-t: duas amostras em par para médias			Teste-t: duas amostras em par para médias		
<i>FLC1</i>		<i>FL A1</i>	<i>FL C2</i>		<i>FL A2</i>
Média	16,2262	26,5714	Média	39,3929	49,9286
Variância	24,7795	58,537	Variância	35,0848	44,4045
Observaç	84	84	Observaç	84	84
Correlaçã	0,76085		Correlaçã	0,67348	
Hipótese	0		Hipótese	0	
gl	83		gl	83	
Stat t	-18,828		Stat t	-18,82	
P(T<=t) u	5,3E-32		P(T<=t) u	5,5E-32	
t crítico u	1,66342		t crítico u	1,66342	
P(T<=t) t	1,1E-31		P(T<=t) t	1,1E-31	
t crítico b	1,98896		t crítico b	1,98896	
HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS			HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS		

A-5.3 – Absorvância

TABELA A38: Teste ANOVA na remoção percentual de absorvância pelo FLC2 com água NPF/SH e teste t na remoção percentual de absorvância pelo FLC2 com água NPF

253							Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes	
Anova: fator único								
RESUMO								
	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia			
	NPF/SH-H2O2	20	1141,008	57,05041	84,34772			
	NPF/SH-O3/H2O2	40	2166,395	54,15988	30,07682			
	NPF/SH-S/OX	79	4431,844	56,09929	63,45192			
ANOVA								
	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	NPF-S/OXNPF-H2O2	
	Entre grupos	143,8788	2	71,93938	1,26653	0,28511	Média 63,85963 71,49108	
	Dentro dos grupos	7724,852	136	56,80039			Variância 118,4443 64,53813	
	Total	7868,731	138				Observaçõ 22 14	
F0<Fc							Hipótese d 0	
NÃO HOUE DIFERENÇA SIGNIFICATIVA ENTRE OS TRATAMENTOS							gl 33	
							Stat t -2,41404	
							P(T<=t) un 0,010743	
							t crítico uni 1,69236	
							P(T<=t) bi- 0,021485	
							t crítico bi- 2,034517	
							HOUE DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS	
							H2O2 MELHOR	

A-5.4 – Carbono orgânico Dissolvido

TABELA A39: Teste não paramétrico nos dados de COD do quinto ensaio

Kruskal-Wallis Test: C11 versus C12				
COD - ENSAIO 5 FL3 e FL4				
Kruskal-Wallis Test on C11				
C12	N	Median	Ave Rank	Z
1	31	16,00	16,0	-6,76
2	31	47,00	47,0	6,76
Overall	62		31,5	
H = 45,76 DF = 1 P = 0,000				
P<0,05 HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS				

A-5.5 – Oxigênio Consumido

TABELA A40: Teste não paramétrico nos dados de OC do quinto ensaio

Kruskal-Wallis Test: C9 versus C10 OC - ENSAIO 5 - FL1 e FL2 Kruskal-Wallis Test on C9					Kruskal-Wallis Test: C11 versus C12 OC - ENSAIO 5 - FL3 e FL4 Kruskal-Wallis Test on C11				
C10	N	Median	Ave Rank	Z	C12	N	Median	Ave Rank	Z
1	11	6,000	6,0	-3,97	3	11	6,000	6,0	-3,97
2	11	17,000	17,0	3,97	4	11	17,000	17,0	3,97
Overall	22		11,5		Overall	22		11,5	
H = 15,78 DF = 1 P = 0,000					H = 15,78 DF = 1 P = 0,000				
P<0,05					P<0,05				
HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS					HÁ DIFERENÇA ENTRE OS TRATAMENTOS				

ANEXO B

TABELAS COM VALORES DOS PARÂMETROS ANALISADOS

TABELA B1: Valores de absorvância 254nm no primeiro ensaio

ENSAIO - 1 - ABSORVÂNCIA 254nm (cm ⁻¹)									
DATA	HORA	D.O	PONTOS DE COLETA						
			AB	PFVA	MC	JC	FLC 1	FLA1	FLC2
07/05/01	07:50	19	0,058	0,077			0,050	0,063	0,033
08/05/01	07:45	20	0,057	0,080			0,040	0,068	0,034
11/05/01	08:00	23	0,054	0,047	0,043		0,023	0,039	0,017
15/05/01	08:00	27	0,064	0,056	0,056		0,033	0,070	0,015
18/05/01	08:15	30	0,082	0,095	0,091		0,049	0,089	0,047
21/05/01	07:30	33	0,055	0,054	0,059	0,049	0,028	0,041	0,024
23/05/01	08:15	35	0,021	0,023	0,018	0,016		0,006	
25/05/01	14:40	37	0,060	0,044	0,054	0,057	0,018	0,032	0,014
28/05/01	08:30	40		0,073		0,056	0,033	0,036	0,027
30/05/01	07:45	42	0,048	0,057	0,054	0,042	0,022	0,029	0,023
01/06/01	07:00	44	0,063	0,056	0,060	0,047	0,023	0,030	0,020
04/06/01	07:42	47	0,046	0,048	0,048	0,037	0,018	0,023	0,019
07/06/01	07:50	50	0,068	0,054	0,053	0,046	0,028	0,027	0,022
08/06/01	14:00	51	0,056	0,056	0,066	0,045	0,020	0,024	0,021
11/06/01	08:20	54	0,043	0,050	0,045	0,034	0,024	0,022	0,015
15/06/01	08:15	58	0,049	0,053	0,046	0,038	0,027	0,027	0,014
18/06/01	08:45	61	0,047	0,047	0,050	0,043	0,027	0,029	0,017
20/06/01	08:21	63	0,030	0,047	0,051	0,036	0,029	0,029	0,013
22/06/01	07:30	65	0,064	0,046	0,059	0,052	0,033	0,034	0,024
25/06/01	08:00	68	0,033	0,046	0,042	0,038	0,023	0,027	0,013
27/06/01	07:15	70	0,063	0,045	0,062	0,055	0,032	0,027	0,021
28/06/01	08:15	71	0,048	0,051	0,047	0,038	0,031	0,030	0,022

TABELA B2: Valores de absorvância 254nm no segundo ensaio

ENSAIO - 2 - ABSORVÂNCIA 254nm (cm ⁻¹)									
DATA	T.O	AB	PFVA	MC	JC	FLC 1	FLA1	FLC2	FL A2
20/07/01	14	0,0810	0,0600			0,0380	0,0380	0,0190	0,0430
27/07/01	21	0,0600	0,0560	0,0560	0,0490	0,0270	0,0280	0,0190	0,0540
28/07/01	22	0,0670	0,0530	0,0500	0,0560	0,0300	0,0270	0,0200	0,0430
31/07/01	25	0,0470	0,0430	0,0480	0,0390	0,0190	0,0260	0,0110	0,0490
02/08/01	27	0,0510	0,0510	0,0500	0,0390	0,0250	0,0280	0,0130	0,0450
04/08/01	29	0,0660	0,0530	0,0500	0,0360	0,0280	0,0270	0,0140	0,0370
07/08/01	32	0,0520	0,0550	0,0440	0,0450	0,0220	0,0230	0,0120	0,0370
09/08/01	34	0,0510	0,0410	0,0420	0,0350	0,0020	0,0250	0,0110	0,0350
14/08/01	39	0,0700	0,0350	0,0450	0,0410	0,0170	0,0280	0,0120	0,0370
16/08/01	41	0,0450	0,0360			0,0210	0,0290		
21/08/01	46	0,0390	0,0220	0,0340	0,0230		0,0160		0,0200
23/08/01	48	0,0540	0,0530	0,0660	0,0430	0,0160	0,0290	0,0120	0,0400
25/08/01	50	0,0620	0,0680	0,0680	0,0560	0,0330	0,0550	0,0250	0,0700
28/08/01	53	0,0620	0,0620	0,0590	0,0470	0,0210	0,0360	0,0130	0,0043
30/08/01	55	0,1510	0,1600	0,1700	0,1340	0,0530	0,0930	0,0680	0,1290
01/09/01	57	0,0970	0,0400	0,1060	0,0890	0,0350	0,0720	0,0050	
04/09/01	60	0,1000	0,1050	0,1140	0,1100	0,0550	0,0960		0,0940
06/09/01	62	0,1100	0,1310	0,1270	0,1160	0,0620	0,0950		

TABELA B3: Valores de absorvância 254nm no terceiro ensaio

DATA	HORA	ENSAIO - 3		ABSORVÂNCIA 254nm (cm ⁻¹)						
		D.O	PFVA	SH	MC	JC	FLC 1	FLA1	FLC2	FL A2
08/10/01	7:10	14	0,113	0,142	0,098	0,105	0,035	0,026	0,057	0,093
10/10/01	9:00	16	0,131	0,184	0,180	0,130	0,078	0,089	0,061	0,127
12/10/01	8:40	18	0,119	0,135	0,167	0,126	0,051	0,089	0,053	0,115
15/10/01	7:45	21	0,093	0,143	0,121	0,105	0,071	0,080	0,061	0,083
17/10/01	7:20	23	0,143	0,146	0,149	0,125	0,064	0,073	0,055	0,090
19/10/01	3:36	25	0,146	0,171	0,166	0,135	0,068	0,109	0,059	0,138
22/10/01	7:15	28	0,117	0,122	0,116	0,093	0,056	0,079	0,057	0,082
24/10/01	7:15	30	0,118	0,142	0,153	0,122	0,055	0,109	0,056	0,111
29/10/01	07:30	35	0,088	0,106	0,101	0,096	0,049	0,066	0,044	0,076
01/11/01	07:15	38	0,073	0,110	0,098	0,078	0,040	0,059	0,045	0,072
08/11/01	07:25	45	0,087	0,129	0,128	0,097	0,057	0,078	0,054	0,096
14/11/01	07:15	51	0,098	0,101	0,101	0,099	0,079	0,106	0,067	0,113
23/11/01	07:15	60	0,123	0,169	0,169	0,069	0,023	0,134	0,098	0,183
26/11/01	07:25	63	0,118	0,147	0,147	0,095	0,043	0,296	0,052	0,094
29/11/01	07:15	66	0,113	0,148	0,118	0,133	0,070	0,094	0,073	0,116
03/12/01	07:30	70	0,162	0,169	0,166	0,092	0,066	0,118	0,068	0,140
07/12/01	07:00	74	0,111	0,131	0,130	0,098	0,059	0,080	0,055	0,111
14/12/01	07:15	81	0,136	0,172	0,172	0,155	0,105	0,098	0,064	0,160
19/12/01	08:00	86	0,203	0,238	0,238	0,184	0,122	0,175	0,076	0,176
27/12/01	07:40	94	0,226	0,204	0,209	0,157	0,114	0,175	0,124	0,199

TABELA B4: Valores de absorvância 254nm no quarto ensaio

DATA	ENSAIO - 4			ABSORVÂNCIA 254nm (cm ⁻¹)					
	D.O	PFVA	SH	MC	JC	FLC 1	FLA1	FLC2	FL A2
21/03/02	8	0,142	0,156	0,129	0,129	0,079	0,105	0,082	0,117
27/03/02	14	0,117	0,135	0,114	0,109	0,075	0,106	0,076	0,100
01/04/02	19	0,104	0,129	0,104	0,103	0,076	0,089	0,075	0,089
02/04/02	20	0,104	0,129	0,094	0,082	0,054	0,071	0,053	0,064
03/04/02	21	0,101	0,117	0,091	0,094	0,055	0,069	0,058	0,070
04/04/02	22	0,105	0,125	0,090	0,096	0,058	0,072	0,055	0,063
05/04/02	23	0,107	0,135	0,102	0,106	0,064	0,074	0,082	0,062
06/04/02	24	0,100	0,122	0,092	0,092	0,060	0,072	0,058	0,068
08/04/02	26	0,093	0,098	0,077	0,073	0,045	0,051	0,048	0,052
10/04/02	28	0,092	0,121	0,095	0,095	0,062	0,073	0,065	0,066
12/04/02	30	0,078	0,111	0,081	0,083	0,048	0,063	0,051	0,055
15/04/02	33	0,074	0,102	0,076	0,079	0,047	0,053	0,045	0,053
16/04/02	34	0,078	0,102	0,077	0,079	0,044	0,054	0,044	0,048
17/04/02	35	0,077	0,103	0,079	0,086	0,049	0,057	0,049	0,052
19/04/02	37	0,076	0,094	0,075	0,075	0,043	0,052	0,049	0,047
20/04/02	38	0,078	0,104	0,085	0,082	0,051	0,060	0,052	0,059
21/04/02	39	0,077	0,098	0,081	0,079	0,045	0,055	0,045	0,047
22/04/02	40	0,065	0,095	0,068	0,071	0,038	0,046	0,044	0,040
24/04/02	42	0,065	0,089	0,068	0,070	0,042	0,048	0,039	0,040
25/04/02	43	0,064	0,088	0,069	0,070	0,042	0,053	0,043	0,046
26/04/02	44	0,062	0,090	0,068	0,069	0,040	0,046	0,039	0,046
27/04/02	45	0,061	0,102	0,069	0,069	0,044	0,050	0,045	0,049
28/04/02	46	0,058	0,100	0,076	0,077	0,047	0,058	0,042	0,051
29/04/02	47	0,053	0,088	0,068	0,067	0,036	0,046	0,035	0,043
30/04/02	48	0,055	0,094	0,071	0,073	0,042	0,046	0,038	0,044
03/05/02	51	0,069	0,100	0,078	0,079	0,045	0,053	0,045	0,058
04/05/02	52	0,064	0,097	0,073	0,074	0,044	0,052	0,049	0,051
05/05/02	53	0,069	0,102	0,078	0,083	0,051	0,047	0,050	0,063
06/05/02	54	0,065	0,097	0,075	0,075	0,040	0,051	0,043	0,054
07/05/02	55	0,067	0,099	0,075	0,078	0,042	0,048	0,042	0,051
08/05/02	56	0,058	0,093	0,067	0,069	0,039	0,042	0,036	0,045
09/05/02	57	0,061	0,106	0,077	0,077	0,047	0,057	0,047	0,055
10/05/02	58	0,059	0,095	0,070	0,069	0,042	0,048	0,040	0,053
11/05/02	59	0,057	0,089	0,065	0,064	0,051	0,049	0,041	0,050
12/05/02	60	0,058	0,094	0,064	0,072	0,039	0,046	0,041	0,054
13/05/02	61	0,056	0,089	0,065	0,060	0,033	0,040	0,034	0,039
14/05/02	62	0,060	0,094	0,071	0,069	0,039	0,046	0,042	0,047
15/05/02	63	0,060	0,092	0,064	0,066	0,037	0,043	0,035	0,043
16/05/02	64	0,051	0,087	0,067	0,072	0,035	0,042	0,034	0,041
17/05/02	65	0,052	0,091	0,066	0,067	0,038	0,043	0,034	0,041

TABELA B5: Valores de absorvância 254nm no quinto ensaio

DATA	D.O	ENSAIO - 5			ABSORVÂNCIA 254nm (cm ⁻¹)						
		AB	PFD	PFVA	MF2	MF1	JC	FLC 1	FLA1	FLC2	FLA2
31/05/02	11			0,036	0,073	0,031	0,031	0,016	0,027	0,043	0,064
01/06/02	12			0,040	0,070	0,036	0,030	0,016	0,026	0,041	0,069
02/06/02	13			0,052	0,085	0,045	0,042	0,027	0,036	0,048	0,069
03/06/02	14			0,046	0,082	0,043	0,039	0,030	0,030	0,040	0,073
04/06/02	15	0,063	0,056	0,047	0,076	0,035	0,038	0,018	0,026	0,043	0,058
05/06/02	16	0,058	0,053	0,045	0,082	0,037	0,037	0,018	0,027	0,045	0,062
06/06/02	17	0,058	0,056	0,045	0,086	0,035	0,038	0,021	0,028	0,047	0,062
07/06/02	18	0,058	0,055	0,047	0,086	0,038	0,036	0,020	0,026	0,043	0,062
08/06/02	19	0,055	0,047	0,044	0,088	0,034	0,035	0,015	0,024	0,036	0,058
10/06/02	21	0,063	0,054	0,043	0,091	0,042	0,042	0,016	0,025	0,044	0,061
11/06/02	22	0,060	0,055	0,044	0,085	0,038	0,037	0,018	0,027	0,042	0,059
12/06/02	23	0,058	0,055	0,041	0,082	0,036	0,037	0,017	0,026	0,038	0,054
13/06/02	24	0,048	0,044	0,031	0,076	0,030	0,031	0,007	0,017	0,037	0,054
14/06/02	25	0,058	0,054	0,041	0,090	0,036	0,035	0,016	0,024	0,041	0,061
15/06/02	26	0,060	0,061	0,046	0,094	0,033	0,037	0,015	0,021	0,043	0,059
16/06/02	27	0,055	0,052	0,041	0,089	0,036	0,034	0,018	0,023	0,042	0,064
17/06/02	28	0,054	0,051	0,041	0,085	0,032	0,034	0,015	0,022	0,035	0,055
18/06/02	29	0,057	0,053	0,040	0,088	0,037	0,033	0,017	0,026	0,041	0,063
19/06/02	30	0,051	0,050	0,039	0,083	0,032	0,032	0,017	0,025	0,044	0,061
20/06/02	31	0,057	0,055	0,044	0,084	0,038	0,037	0,017	0,024	0,042	0,061
21/06/02	32	0,052	0,048	0,039	0,085	0,030	0,030	0,015	0,021	0,041	0,059
22/06/02	33	0,056	0,049	0,036	0,084	0,029	0,031	0,016	0,029	0,045	0,064
23/06/02	34	0,049	0,051	0,038	0,089	0,049	0,047	0,022	0,043	0,041	0,064
24/06/02	35	0,055	0,057	0,044	0,093	0,033	0,031	0,019	0,026	0,046	0,071
25/06/02	36	0,049	0,048	0,038	0,095	0,035	0,031	0,013	0,020	0,040	0,065
26/06/02	37	0,055	0,058	0,043	0,091	0,032	0,033	0,021	0,026	0,047	0,066
27/06/02	38	0,006	0,047	0,039	0,098	0,033	0,036	0,025	0,034	0,035	0,061
28/06/02	39			0,033	0,082	0,024	0,030	0,011	0,020	0,035	0,057
29/06/02	40	0,048	0,048	0,037	0,082	0,028	0,029	0,010	0,019	0,036	0,058
30/06/02	41			0,063	0,109	0,042	0,042	0,025	0,038	0,049	0,063
01/07/02	42	0,050	0,047	0,045	0,087	0,040	0,038	0,019	0,029	0,039	0,061
02/07/02	43	0,051	0,050	0,045	0,092	0,039	0,039	0,024	0,030	0,040	0,060
03/07/02	44	0,051	0,050	0,044	0,089	0,035	0,035	0,018	0,027	0,041	0,063
04/07/02	45			0,040	0,093	0,039	0,037	0,022	0,030	0,039	0,065
05/07/02	46			0,039	0,086	0,039	0,037	0,017	0,029	0,039	0,061
06/07/02	47	0,054	0,045	0,045	0,074	0,039	0,041	0,019	0,029	0,037	0,058
07/07/02	48	0,050	0,051	0,042	0,084	0,034	0,039	0,018	0,026	0,033	0,056
08/07/02	49	0,052	0,051	0,046	0,097	0,039	0,038	0,025	0,031	0,052	0,076
09/07/02	50	0,061	0,060	0,049	0,096	0,042	0,042	0,029	0,034	0,053	0,076
10/07/02	51	0,062	0,047	0,042	0,092	0,036	0,035	0,022	0,027	0,046	0,067
11/07/02	52	0,047	0,047	0,036	0,080	0,032	0,034	0,018	0,025	0,035	0,060
12/07/02	53	0,055	0,055	0,040	0,083	0,032	0,033	0,022	0,026	0,039	0,063
13/07/02	54	0,050	0,051	0,042	0,086	0,037	0,036	0,018	0,026	0,034	0,059
14/07/02	55	0,049	0,048	0,041	0,084	0,034	0,034	0,021	0,027	0,041	0,067
15/07/02	56	0,050	0,048	0,043	0,087	0,036	0,033	0,018	0,028	0,046	0,059
16/07/02	57	0,045	0,045	0,036	0,080	0,029	0,028	0,015	0,021	0,033	0,055
17/07/02	58	0,054	0,052	0,033	0,076	0,027	0,028	0,010	0,016	0,029	0,051
18/07/02	59	0,044	0,044	0,038	0,082	0,033	0,033	0,022	0,029	0,040	0,060
19/07/02	60	0,046	0,043	0,038	0,078	0,029	0,028	0,016	0,023	0,035	0,057
20/07/02	61	0,052	0,052	0,041	0,082	0,036	0,037	0,017	0,027	0,036	0,060
21/07/02	62	0,043	0,043	0,034	0,075	0,030	0,030	0,013	0,020	0,032	0,051
22/07/02	63	0,052	0,051	0,040	0,080	0,030	0,030	0,015	0,021	0,030	0,052
23/07/02	64	0,052	0,050	0,038	0,085	0,030	0,031	0,017	0,025	0,037	0,059
24/07/02	65	0,052	0,052	0,043	0,084	0,029	0,029	0,012	0,019	0,030	0,057
25/07/02	66	0,049	0,048	0,040	0,082	0,031	0,032	0,013	0,026	0,031	0,055
26/07/02	67	0,050	0,050	0,042	0,084	0,033	0,042	0,014	0,020	0,033	0,055
27/07/02	68	0,075	0,051	0,038	0,083	0,029	0,031	0,012	0,022	0,032	0,052
28/07/02	69	0,048	0,046	0,038	0,082	0,031	0,033	0,011	0,017	0,029	0,051
29/07/02	70	0,055	0,051	0,046	0,079	0,031	0,031	0,017	0,031	0,032	0,053
30/07/02	71	0,048	0,046	0,036	0,072	0,032	0,030	0,014	0,014	0,021	0,052
31/07/02	72	0,050	0,050	0,042	0,082	0,034	0,032	0,016	0,025	0,030	0,054
01/08/02	73	0,064	0,056	0,037	0,077	0,028	0,027	0,012	0,020	0,029	0,050
02/08/02	74	0,109	0,091	0,066	0,107	0,050	0,041	0,018	0,028	0,037	0,072
03/08/02	75	0,093	0,098	0,093	0,135	0,061	0,065	0,024	0,054	0,042	0,095
04/08/02	76	0,145	0,135	0,101	0,112	0,062	0,067	0,031	0,060	0,042	0,112
05/08/02	77	0,101	0,097	0,089	0,114	0,061	0,061	0,029	0,046	0,030	0,061
06/08/02	78	0,091	0,086	0,068	0,101	0,046	0,046	0,020	0,035	0,033	0,072
07/08/02	79	0,100	0,097	0,072	0,109	0,050	0,053	0,023	0,036	0,034	0,066
08/08/02	80	0,086	0,083	0,071	0,105	0,048	0,050	0,021	0,037	0,030	0,071
09/08/02	81	0,079	0,078	0,066	0,102	0,046	0,048	0,016	0,030	0,031	0,064
10/08/02	82	0,070	0,065	0,056	0,093	0,037	0,037	0,016	0,030	0,028	0,060
11/08/02	83	0,068	0,066	0,055	0,094	0,038	0,038	0,016	0,030	0,027	0,062
12/08/02	84	0,064	0,062	0,051	0,096	0,035	0,038	0,016	0,025	0,040	0,066
13/08/02	85	0,072	0,066	0,051	0,097	0,041	0,037	0,016	0,025	0,040	0,064
14/08/02	86	0,071	0,065	0,052	0,102	0,040	0,038	0,014	0,026	0,040	0,064
15/08/02	87	0,074	0,064	0,057	0,097	0,039	0,043	0,016	0,028	0,050	0,068
16/08/02	88	0,077	0,067	0,059	0,098	0,040	0,039	0,015	0,029	0,042	0,069
17/08/02	89	0,073	0,071	0,057	0,108	0,039	0,042	0,021	0,029	0,046	0,069
18/08/02	90	0,069	0,062	0,052	0,085	0,040	0,041	0,015	0,026	0,055	0,062

TABELA B6: Valores de carbono orgânico dissolvido no primeiro ensaio

ENSAIO -1		CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (mg/L)						
DATA	TO	AB	PFVA	MC	JC	FLC 1	FLA1	FL C2
07/05/01	19	1,195	1,286			0,861	1,196	0,842
11/05/01	20	0,831	1,547	1,702		1,300	1,211	1,206
15/05/01	27	1,313	1,558	1,681		1,080	2,167	1,116
18/05/01	30	1,788	1,724	1,810		0,547	1,629	0,809
21/05/01	33	0,985	1,104	1,062		0,546	1,060	0,559
24/05/01	36	1,033	1,013	0,878	0,887	0,496	0,691	0,445
25/05/01	37	1,390	1,538	1,671	1,359	1,178	1,451	0,764
28/05/01	40	1,308	1,330	1,086	1,187	0,625	0,876	0,803
30/05/01	42	1,170	1,218	1,222	1,024	0,263	0,928	0,750
01/06/01	44	1,209	1,089	1,194	1,063	0,566	0,849	0,333
04/06/01	47	0,850	0,860	0,843	0,825	0,659	1,067	0,592
07/06/01	50	0,892	0,889	0,811	0,802	0,416	0,653	0,620
08/06/01	51	0,561	0,728	0,619	0,920	0,300	0,575	0,756
11/06/01	54	0,835	0,896	0,855	0,845	1,023	0,956	0,597
13/06/01	56	0,879	0,726	0,777	0,683	0,407	0,617	0,217
15/06/01	58	0,840	1,081	0,911	0,932	0,614	0,798	0,720
18/06/01	61	0,542	0,449	0,478	0,410	0,226	0,258	0,111
20/06/01	63	0,494	0,505	0,487	0,616	0,154	0,376	0,076
22/06/01	65	0,461	0,495	0,539	0,705	0,557	0,432	0,121
25/06/01	68	0,486	0,530	0,511	0,852	0,388	0,699	0,468
27/06/01	70	0,750	0,473	0,506	0,528	0,171	0,270	0,126

TABELA B7: Valores de carbono orgânico dissolvido no segundo ensaio

ENSAIO - 2		CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (mg/L)							
DATA	T.O	AB	PFVA	MC	JC	FLC 1	FLA1	FL C2	FLA2
16/07/01	10	0,826	0,763			0,565	0,709	0,414	0,762
18/07/01	12	0,862	0,581			0,483	0,908	0,459	0,719
20/07/01	14	0,539	0,743			0,186	0,527	0,098	0,303
23/07/01	17	0,823	0,558	0,760	0,811	0,438	0,587	0,256	0,751
24/07/01	18	0,926	0,670	0,555	0,574	0,066	0,239	0,065	0,594
27/07/01	21	1,845	0,558	0,635	0,562	0,348	0,359	0,348	0,514
28/07/01	22	1,309	0,772	0,835	0,920	0,354	0,497	0,317	0,677
31/07/01	25	0,428	0,338	0,333	0,491	0,126	0,327	0,039	0,420
02/08/01	27	0,385	0,498	0,592	0,886	0,171	0,336	0,050	0,555
04/08/01	29	0,466	0,380	0,477	0,683	0,110	0,217	0,068	0,361
07/08/01	32	0,597	0,487	0,412	0,661	0,172	0,255	0,441	0,294
14/08/01	39	0,890	0,696	0,771	0,849	0,400	0,583	0,452	0,867
16/08/01	41	0,474	0,585	0,361	0,556	0,137	0,289	0,217	0,452
21/08/01	46	0,839	0,762	0,661	0,604	0,237	0,445	0,259	0,647
23/08/01	48	0,996	1,041	0,784	0,997	0,509	0,691	0,374	0,783
25/08/01	50	1,263	1,176	1,040	1,251	0,562	0,922	0,342	1,127
28/08/01	53	1,123	0,872	0,885	1,055	0,573	0,549	0,318	0,878
04/09/01	60	2,178	3,471	1,456	1,563	0,933	2,215		2,298
06/09/01	62	1,465	0,913	1,835	1,222	1,940	1,729		

TABELA B8: Valores de carbono orgânico dissolvido no terceiro ensaio

ENSAIO - 3		CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (mg/L)							
DATA	T.O	PFVA	SH	MC	JC	FLC 1	FLA1	FL C2	FLA2
08/10/01	14	1,194	2,263	0,859	1,229	0,430	0,152	0,188	1,571
10/10/01	16	1,707	1,767	2,100	2,007	1,373	1,470	1,193	1,500
12/10/01	18	1,405	1,760	1,853	1,714	0,525	1,347	0,473	1,445
15/10/01	21	1,062	1,104	0,984	1,080	0,386	2,472	0,301	1,066
17/10/01	23	1,722	1,571	1,516	1,234	0,238	0,588	0,471	1,413
19/10/01	25	1,654	1,737	1,617	1,900	0,299	1,208	0,238	1,735
21/10/01	27	1,260	1,666	1,254	1,137	0,536	0,743	0,181	0,944
25/10/01	31	1,077	1,849	1,215	1,333	0,215	1,037	0,169	1,287
29/10/01	35	0,812	1,250	1,343	1,496	0,076	0,921	0,105	0,572
01/11/01	38	0,708	1,082	0,841	0,850	0,131	0,475	0,099	0,657
08/11/01	45	0,853	1,052	1,077	0,875	0,288	0,462	0,251	0,926
14/11/01	51	1,093	1,580	1,392	1,065	0,188	0,841	0,359	1,045
23/11/01	60	1,307	1,295	1,295	0,599	0,438	1,608	0,237	1,528
26/11/01	63	1,301	1,544	1,044	1,605	0,275	1,019	0,460	1,289
29/11/01	66	1,021	1,243	1,065	0,898	0,267	0,723	0,373	0,991
03/12/01	70	1,324	1,568	1,135	1,374	0,059	1,096	0,315	1,429
07/12/01	74	1,318	1,366	1,366	1,219	0,616	0,880	0,346	1,087
14/12/01	81	1,374	1,677	1,677	1,327	0,265	0,923	0,232	1,685
19/12/01	86	2,359	2,502	2,502	2,329	0,463	1,659	0,286	2,108
27/12/01	94	1,634	1,729	1,701	1,732	0,325	1,248	0,258	1,564

TABELA B9: Valores de carbono orgânico dissolvido no quarto ensaio

ENSAIO - 4		CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (mg/L)							
DATA		PFVA	SH	MF2	JC	FLC 1	FLA1	FL C2	FLA2
17/04/02	35	1,301	1,344	1,622	1,433	0,734	1,210	0,720	0,801
18/04/02	36	1,240	1,641	1,162	1,209	0,541	0,620	0,221	0,806
24/04/02	42	1,423	1,380	1,207	1,912	0,820	0,894	0,677	1,112
26/04/02	44	1,605	1,182	0,979	1,006	0,752	0,833	0,380	0,768
29/04/02	47	0,929	1,662	1,565	1,086	0,929	1,223	0,779	0,842
01/05/02	49	0,782	1,099	0,901	1,060	0,464	0,539	0,821	0,785
08/05/02	56	1,220	1,366	1,033	1,752	0,608	1,016	0,659	1,079
12/05/02	60	1,028	1,447	1,129	2,010	0,512	0,811	0,643	0,867
15/05/02	63	0,956	1,146	0,887	2,482	0,963	1,002	0,593	0,805

TABELA B10: Valores de carbono orgânico dissolvido no quinto ensaio

ENSAIO-5		CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (mg/L)							
DATA	T.O	PFVA	MF ₂	MF ₁	JC	FLC 1	FLA1	FL C2	FLA2
03/06/02	14	1,279	1,718	1,761	1,363	0,881	1,055	1,045	1,791
05/06/02	16	1,102	1,720	1,287	1,168	0,731	1,065	1,003	1,541
07/06/02	18	1,353	1,147	1,449	1,243	0,758	1,047	0,987	1,445
10/06/02	21	1,056	1,460	1,346	0,950	0,636	0,838	0,931	1,263
12/06/02	23	1,358	1,409	1,315	1,703	0,620	0,690	0,781	1,130
14/06/02	25	1,246	1,506	1,239	1,195	0,615	0,855	0,917	1,155
17/06/02	28	1,274	1,950	1,559	1,854	0,912	0,859	0,970	1,104
19/06/02	30	0,811	1,511	0,909	0,986	0,509	0,737	0,772	1,336
21/06/02	32	1,851	2,766	1,925	1,785	1,799	2,405	2,225	3,061
24/06/02	35	1,227	1,387	0,988	0,851	0,975	0,655	0,727	1,333
26/06/02	37	0,786	3,634	1,261	1,043	1,924	1,253	0,785	1,118
28/06/02	39	1,333	1,162	0,863	1,036	0,786	0,260	0,704	2,087
01/07/02	42	0,927	1,487	1,158	1,122	0,523	0,908	0,860	1,336
03/07/02	44	2,147	3,864	1,343	1,024	0,335	0,281	0,725	1,450
05/07/02	46	1,022	1,617	1,374	1,362	0,482	0,615	0,727	1,184
10/07/02	51	0,987	1,806	1,126	2,411	0,636	0,861	0,892	2,866
12/07/02	53	1,444	1,814	1,176	1,502	0,971	0,912	0,772	1,330
15/07/02	56	1,542	1,576	1,435	1,304	0,878	1,719	1,021	1,294
17/07/02	58	1,802	2,528	1,843	2,150	1,525	1,641	1,994	2,624
19/07/02	60	0,967	1,369	0,813	0,656	0,570	0,744	0,798	1,218
21/07/02	62	1,860	2,551	1,820	1,749	1,594	1,665	2,355	2,169
24/07/02	65	1,446	1,471	1,117	1,007	0,717	1,572	1,142	1,427
26/07/02	67	1,847	2,273	1,125	0,932	2,321	1,378	2,073	1,562
29/07/02	69	1,639	1,218	1,509	1,051	1,354	1,414	1,911	1,246
31/07/02	71	1,095	0,764	0,476	0,207	0,907	0,870	1,259	0,802
02/08/02	74	1,539	1,728	1,643	1,637	0,754	1,242	0,779	1,630
05/08/02	77	3,014	2,427	1,969	1,747	0,777	1,318	0,685	2,606
07/08/02	79	1,531	2,152	1,409	1,810	0,761	1,275	0,913	1,689
09/08/02	81	1,653	1,700	1,100	1,436	0,444	0,796	0,567	1,899
12/08/02	84	1,432	2,244	1,073	1,110	0,552	0,678	1,356	1,538
13/08/02	85	1,701	3,049	2,560	2,366	1,039	1,678	1,839	3,871

TABELA B11: Valores de coliformes totais no primeiro ensaio

ENSAIO - 1		COLIFORMES TOTAIS					
Data	T O	NMP/100					
		AB	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2
07/05/01	19	-	1986,3	-	61,3	95,9	67,7
15/05/01	27	-	-	816,4	135,4	178,5	99
23/05/01	35	410	145	2	2	2	3,1
30/05/01	42	1354	186	<1	<1	2	4,1
07/06/01	50	2481	307,6	<1	2	4,1	6,3
13/06/01	56	8664	160,7	<1	2	4,1	5,2
20/06/01	63	3076	1203,3	1	<1	11	9,7
27/06/01	70	4611	547,5	<1	<1	1	12,1

TABELA B12: Valores de *Escherichia coli* no primeiro ensaio

Data	T O	ENSAIO - 1					
		ESCHERICHIA COLI					
		NMP/100					
		AB	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2
07/05/01	19	-	25,9	-	8,4	14,8	8,6
15/05/01	27	-	X	206,3	96	62,4	31,3
23/05/01	35		13,4	<1	<1	<1	2
30/05/01	42	146	21,6	<1	<1	1	<1
07/06/01	50	134	17,1	<1	1	<1	2
13/06/01	56	862	8,5	<1	1	<1	2
20/06/01	63	17,3	55,6	<1	<1	<1	1
27/06/01	70	1100	119,8	<1	<1	<1	<1

TABELA B13: Valores de coliformes totais no segundo ensaio

COLIFORMES TOTAIS (NMP/100ml)							
AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
16/06/06	194	193,5	-	20,1	31,3	13,2	112,6
02/06/08	387	290,9	<1	2	3	24,9	80,9
27/02/14	770	727	<1	1	2	16,1	107,6
18/03/05	236	172	<1	<1	<1	3,1	29,2
28/11/08	194	179,3	<1	<1	2	4,1	24,6

TABELA B14: Valores de *Escherichia coli* no segundo ensaio

ESCHERICHIA COLI (NMP/100ml)							
AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
24/01/00			2	3,1	<1	<1	5,2
10/01/00	12	<1	<1	<1	2	2	8,6
12/01/00	13	<1	<1	<1	<1	<1	8,5
13/01/00	15	<1	<1	<1	<1	<1	3,1
08/01/00	14	<1	<1	<1	<1	<1	<1

TABELA B15: Valores de coliformes totais no quarto ensaio

COLIFORMES TOTAIS NMP/100ml							
DATA	AB	PFVA	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
03/04/02	>24192	365,4	<1	5,2	1	<1	5,2
10/04/02	6405	227,9	<1	1	<1	2	<1
17/04/02	4569	178,2	1	2	<1	1	<1
24/04/02	3873	133,4	<1	<1	<1	<1	<1
08/05/02	6131	410,6	<1	<1	<1	<1	<1
15/05/02	3873	209,8	<1	<1	<1	3	2

TABELA B16: Valores de *Escherichia coli* no quarto ensaio

ESCHERICHIA COLI (NMP/100ml)							
DATA	AB	PFVA	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
03/04/02	121	25,3	<1	<1	<1	<1	<1
10/04/02	243	36,3	<1	<1	<1	<1	<1
17/04/02	15	9,7	<1	<1	<1	<1	<1
24/04/02	206	14,3	<1	<1	<1	<1	<1
08/05/02	108	13	<1	<1	<1	<1	<1
15/05/02	135	13,5	<1	<1	<1	<1	<1

TABELA B17: Valores de coliformes totais no quinto ensaio

ENSAIO - 5		COLIFORMES TOTAIS			NMP/100ml			
DATA	TO	AB	PFVA	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
05/06/02	16	2187	125,9	<1	0	4,1	5,1	24,3
12/06/02	21	2046	117,2	<1	14,5	0	4,1	1
19/06/02	28	3130	131,7	<1	<1	<1	<1	16,1
26/06/02	37	24192	137,4	<1	1	<1	<1	5,2
03/07/02	44	5794		<1	1	<1	47,9	2
10/07/02	51	2063	190,4	<1	6,3	7,4	12,2	9,8
17/07/02	58	1607	209,8	<1	<1	<1	4,1	6,1
24/07/02	65	19862,8	298,1	<1	<1	<1	7,4	30,1
31/07/02	72	3873	68,3	<1	<1	<1	0	6,3
07/08/02	79	3873	172,6	<1	<1	<1	2	0
13/08/02	86	2359	166,4	1	<1	<1	<1	1

TABELA B18: Valores de *Escherichia coli* no quinto ensaio

TABELA D10: Valores de Escherichia coli no quinto ensaio								
DATA	ENSAIO -5		ESCHERICHIA COLI			NMP/100ml		
	TO	AB	PFVA	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
05/06/02	16	110	26,9	<1	<1	<1	0	2
12/06/02	21	85	4,1	<1	<1	<1	2	<1
19/06/02	28	328	9,6	<1	<1	<1	<1	2
26/06/02	37	>24192	13,5	<1	<1	<1	<1	<1
03/07/02	44	1014		<1	<1	<1	<1	<1
10/07/02	51	221	30,1	<1	<1	<1	8,6	<1
17/07/02	58	256	28,8	<1	<1	<1	<1	4
24/07/02	65	441	32,3	<1	<1	<1	<1	1
31/07/02	72	328	20,1	<1	<1	<1	<1	3,1
07/08/02	79	663	25,1	<1	<1	<1	2	<1
13/08/02	86	173	20,3	<1	<1	<1	<1	<1

TABELA B19: Valores de condutividade elétrica no primeiro ensaio

ENSAIO - 1		Condutividade Elétrica (uS/cm)				
DATA	TO	AB	PFVA	FLC1	FLA1	FLC2
07/05/01	19	16,99	15,9	9,48	16,87	12,93
15/05/01	27	16,06	17,35	14,04	16,03	14,17

TABELA B20: Valores de condutividade elétrica no segundo ensaio

ENSAIO - 2		Condutividade Elétrica(uS/cm)							
DATA	TO	AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
24/07/01	18	13,47	13,26	13,35	13,99	12	14,03	12,78	15,57
31/07/01	25	15,34	14,73	15,75	15,82	14,63	16,62	18,12	16,25
07/08/01	32	15,88	15,56	14,68	15,08	12,26	14,22	13,56	14,49
21/08/01	46	14,03	14,56	14,66	14,92	12,82	15,13	13,67	15,42
28/08/01	53	15,43	15,74	15,62	14,66	13,66	14,51	15,65	17,23
06/09/01	62	14,58	15,86	15,96		11,56	13,81		

TABELA B21: Valores de condutividade elétrica no terceiro ensaio

DATA	TO	Condutividade Elétrica(uS/cm)								
		AB	PFVA	SH	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
08/10/01	14	17,96	17,87	18,35	17,84	17,78	17,26	17,63	16,76	17,78
15/10/01	21		17,45	18,08	19,02	17,61	18,73	17,86	16,72	17,61
22/10/01	28	16,48	16,50	16,79	16,94	16,84	16,03	16,31	14,86	15,48
29/10/01	35	16,65	16,78	16,91	16,90	16,92	16,13	16,59	16,39	16,16
26/11/01	63	18,36	17,86	18,28	18,28	17,91	16,76	17,16	15,59	17,05
03/12/01	70	17,12	17,62	19,78	18,45	18,68	16,78	17,82	18,15	17,98
14/12/01	81	17,93	17,95	17,85	18,53	17,74	16,49	16,88	15,42	16,57
19/12/01	86	21,80	20,60	21,00	21,20	21,20	17,83	20,20	19,10	21,20
27/12/00	94	20,30	19,90	20,20	20,20	20,40	19,19	19,44	18,72	19,62

TABELA B22: Valores de condutividade elétrica no quarto ensaio

DATA	TO	Condutividade Elétrica(uS/cm)								
		AB	PFVA	SH	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
26/03/02	13	17,96	19,20	19,34	19,33	19,41	19,56	19,37	19,14	18,41
03/04/02	21	19,03	18,85	19,80	19,40	19,50	20,20	19,23	17,48	19,29
10/04/02	28	18,50	19,20	20,20	19,35	19,62	19,15	19,08	20,80	18,63
17/04/02	35	18,39	18,96	19,68	19,36	19,62	18,29	19,19	17,13	19,29
24/04/02	42	18,30	18,65	18,98	18,97	19,03	17,40	18,99	17,67	21,20
08/05/02	56	17,69	17,81	18,57	18,59	18,65	17,11	18,58	18,09	18,82
15/05/02	63	18,43	17,46	18,22	18,36	18,20	16,98	18,51	16,15	18,79

TABELA B23: Valores de condutividade elétrica no quinto ensaio

DATA	TO	Condutividade Elétrica(uS/cm)								
		AB	PFVA	MF2	MF1	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
05/06/02	16	16,57	16,24	16,77	16,38	16,35	14,77	16,44	14,45	17,06
12/06/02	23	16,56	16,41	16,77	16,50	16,54	15,30	16,67	14,72	17,22
19/06/02	30	16,39	16,47	16,98	16,71	16,58	14,36	16,95	15,03	17,61
26/06/02	37	15,85	16,19	16,88	16,32	16,21	13,25	16,33	15,01	17,01
03/07/02	44	17,05	17,98	17,92	16,92	17,14	13,96	16,91	14,57	16,91
10/07/02	51	15,56	16,65	16,72	16,31	18,21	12,60	16,33	13,84	17,03
17/07/02	58	15,60	15,69	16,27	16,04	15,88	13,68	15,80	15,30	16,44
24/07/02	65	15,87	15,92	16,64	16,38	16,24	14,96	16,34	16,79	16,87
31/07/02	72	15,46	16,03	15,99	15,84	15,88	14,78	16,30	15,46	16,83
07/08/02	79	18,32	19,05	19,72	19,57	19,52	18,08	19,38	18,50	19,81
13/08/02	85	17,67	20,20	19,53	19,70	19,80	14,88	17,45	16,52	17,90

TABELA B24: Valores de cor aparente no primeiro ensaio

ENSAIO - 1		COR APARENTE (uH)						
DATA	T O	PONTOS DE COLETA						
		AB	PFVA	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2
07/05/01	19	133	66			46	49	39
08/05/01	20			70		46	49	41
09/05/01	21	156		60		37	42	30
10/05/01	22	152	60			28	38	22
11/05/01	23	150	65	64		29	38	21
13/05/01	25	150		95		49	52	42
14/05/01	26	271		167		84	83	72
15/05/01	27	158	95	99		60	68	68
16/05/01	28	142	80	82		38	51	33
18/05/01	30	177	119	118		68	86	61
19/05/01	31	142	86	83	80	40	58	40
20/05/01	32	132	74	75	71	36	45	31
21/05/01	33	141	67	66	61	26	37	26
22/05/01	34	136	73	72	72	32	42	32
23/05/01	35	148	87	84	75	35	47	38
25/05/01	37	133	72	82	73	25	31	25
26/05/01	38	132	59	58	47	20	25	20
27/05/01	39	162	70	68	57	25	33	25
28/05/01	40	178	77	76	60	30	35	36
29/05/01	41	156	67	65	50	22	27	26
30/05/01	42	121	67	65	51	21	25	25
31/05/01	43	139	66	65	53	21	24	26
01/06/01	44	129	65	62	47	16	17	22
02/06/01	45	131	60	58	44	17	18	23
03/06/01	46	131	59	57	47	17	20	22
04/06/01	47	160	64	63	51	26	27	31
05/06/01	48	127	59	60	66	33	28	24
06/06/01	49	137	64	63	53	33	28	29
08/06/01	51	156	62	58	46	29	22	24
09/06/01	52	114	51	51	40	25	20	20
10/06/01	53	139	68		44	23	22	23
11/06/01	54	161	64	64	52	39	37	33
12/06/01	55	133	51	49	37	24	21	17
15/06/01	58	135	54	52	42	28	23	16
16/06/01	59	121	89	88	70	34	27	26
17/06/01	60	117	89	89	72	38	29	22
18/06/01	61	146	91	89	70	35	29	21
19/06/01	62	122	81	80	63	38	30	24
20/06/01	63	139	87	87	76	45	35	22
22/06/01	65	134	76	75	68	41	34	27
23/06/01	66	102	64	67	56	32	27	17
24/06/01	67	105	58	63	54	28	27	8
25/06/01	68	119	72	70	58	37	35	21
26/06/01	69	129	63	62	50	26	25	13
27/06/01	70	185	94	89	75	33	28	24
28/06/01	71	134	77	77	61	39	32	27

TABELA B25: Valores de cor aparente no segundo ensaio

ENSAIO - 2		COR APARENTE (uH)							
DATA	T O	PONTOS DE COLETA							
		AB	PFVA	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
19/07/01	13	98	51	55	55	21	24	11	46
20/07/01	14	104	61	61	61	29	30	16	50
21/07/01	15	115	53	53	53	23	28	18	44
22/07/01	16	114	57	56	49	23	25	15	48
25/07/01	19	102	58	58	48	23	22	14	41
26/07/01	20	126	59	59	51	21	22	14	44
27/07/01	21	127	61	61	54	31	22	15	44
28/07/01	22	122	62	63	54	27	24	18	49
29/07/01	23	101	58	60	52	29	26	20	51
30/07/01	24	124	58	58	50	29	31	21	53
31/07/01	25	127	54	54	47	23	21	12	43
01/08/01	26	117	52	52	44	22	23	11	48
02/08/01	27	104	49	52	43	22	22	13	43
03/08/01	28	110	54	54	45	23	19	12	39
04/08/01	29	118	54	54	47	23	23	8	40
05/08/01	30	96	49	49	43	20	18	8	36
06/08/01	31	108	46	47	40	18	15	8	31
07/08/01	32	103	54	55	48	21	20	12	40
08/08/01	33	102	46	46	37	16	16	7	28
09/08/01	34	97	47	46	39	16	18	9	30
10/08/01	35	88	44	45	38	17	19	7	29
11/08/01	36	98	47	45	37	16	21	8	29
12/08/01	37	98	43	43	37	14	19	7	27
13/08/01	38	100	45	45	38	16	20	6	27
14/08/01	39	94	43	43	37	18	25	8	27
16/08/01	41	127	60	53	46	17	26	8	31
17/08/01	42	106	49	49	43	21	27	6	29
20/08/01	45	111	48	48	42	15	27	6	26
21/08/01	46	99	48	49	43	16	27	7	26
22/08/01	47	104	49	49	43	20	25	8	27
23/08/01	48	115	51	50	46	18	31	10	28
24/08/01	49	197	81	82	69	24	40	14	36
25/08/01	50	138	65	66	56	26	45	18	39
26/08/01	51	140	68	65	60	25	47	15	45
27/08/01	52	131	60	57	46	18	33	10	26
28/08/01	53	122	59	60	51	28	35	11	28
29/08/01	54	129	61	58	52	25	32	10	25
30/08/01	55	173	91	93	81	30	51	19	42
31/08/01	56	151	64	66	58	24	47	20	35
01/09/01	57	140	55	56	48	17	35		
02/09/01	58	130	57	57	48	16	35		30
03/09/01	59	135	57	58	48	17	35		29
04/09/01	60	130	55	55	48	18	33		25
05/09/01	61	129	54	52	46	16	31		
06/09/01	62	120	49	49	41	16	27		

TABELA B26: Valores de cor aparente no terceiro ensaio

ENSAIO - 3		COR APARENTE (uH)								
DATA	T O	PONTOS DE COLETA								
		AB	PFVA	SH	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
26/09/01	2	128	76	102	102	102	55	63	68	48
27/09/01	3	114	65	93	93	93	53	58	68	51
28/09/01	4	116	69	93	93	93	58	58	59	50
29/09/01	5	119	93	109	109	109	73	71	38	40
30/09/01	6	138	110	110	110	110	71	67	63	61
01/10/01	7		92	106	106	106	63	78	49	43
02/10/01	8	135	69	89	85	63	50	37	38	35
03/10/01	9	236	191	192	191	171	42	22	31	24
04/10/01	10	239	163	174	176	154	118	79	97	117
05/10/01	11	188	113	116	117	109	84	44	44	47
06/10/01	12	162	80	103	106	94	73	52	55	56
07/10/01	13	147	89	90	94	78	62	38	43	49
08/10/01	14	165	69	90	89	78	62	40	42	45
09/10/01	15	183	80	107	100	84	48	33	34	40
10/10/01	16	178	99	125	123	114	90	69	60	79
11/10/01	17	168	79	102	100	87	61	47	50	54
12/10/01	18	158	92	113	106	94	68	52	57	67
13/10/01	19	134	82	99	95	85	58	50	53	60
14/10/01	20	131	79	100	92	87	56	45	45	52
15/10/01	21		73	95	89	77	49	41	41	51
16/10/01	22	137	74	90	87	77	44	42	37	47
17/10/01	23	452	223	198	193	168	45	48	35	50
18/10/01	25	185	119	141	144	129	79	86	77	103
20/10/01	26	150	89	102	103	87	56	67	58	73
21/10/01	27	267	130	144	139	125	53	61	52	68
22/10/01	28	214	90	102	101	89	48	52	48	63
23/10/01	29	193	119	136	132	119	69	67	86	93
24/10/01	30	148	89	105	104	93	48	64	51	69
25/10/01	31	152	82	101	102	87	46	58	48	64
26/10/01	32	142	72	86	85	73	34	46	37	52
27/10/01	33	128	70	90	85	72	37	47	40	51
28/10/01	34	133	70	87	91	73	45	52	40	55
29/10/01	35	133	62	81	79	72	36	42	36	48
30/10/01	36	134	64	85	84	70	37	44	36	47
31/10/01	37	144	57	78	78	65	33	41	33	46
01/11/01	38	145	61	83	82	63	38	46	39	47
02/11/01	39	150	55	86	83	73	38	46	41	50
03/11/01	40	135	57	83	85	68	44	51	44	55
04/11/01	41	520	333	342	339	307	116	113	94	118
06/11/01	43	187	134	135	135	121	101	104	88	101
07/11/01	44	163	101	120	132	117	83	95	67	87
08/11/01	45	140	78	113	114	94	59	71	53	69
09/11/01	46	147	74	116	111	92	58	67	51	67
10/11/01	47	129	63	97	99	75	51	60	44	62
11/11/01	48	165	81	142	141	98	53	66	22	38
13/11/01	50	177	100	130	133	109	78	88	73	89
14/11/01	51	157	95	119	119	99	68	78	69	82
16/11/01	53	202	117	149	151	125	96	94	63	106
17/11/01	54	183	109	135	138	118	79	84	68	93
18/11/01	55	127	99	130	129	104	65	71	53	72
22/11/01	59	264	181	193	191	129	132	75	48	87
23/11/01	60	236	143	170	170	147	109	118	101	129
24/11/01	61	234	124	145	145	126	87	91	84	110
25/11/01	62	193	127	138	138	103	67	66	56	69
26/11/01	63	207	104	137	137	119	74	68	66	76
27/11/01	64	210	96	122	121	100	63	63	56	68
28/11/01	65	217	90	119	116	97	59	63	54	68
29/11/01	66	220	91	113	110	90	58	65	50	67
30/11/01	67		151	147	159	125	84	89	62	95
01/12/01	68	303	148	147	147	121	89	99	65	100
02/12/01	69	205	133	129	129	111	75	90	62	90
03/12/01	70	197	111	131	132	108	67	79	60	82
04/12/01	71	193	104	119	119	99	62	70	31	73
05/12/01	72	198	92	104	102	84	50	57	41	66
06/12/01	73	186	90	104	105	95	67	62	54	61
07/12/01	74	159	82	105	102	80	49	59	49	68
08/12/01	75	146	83	100	100	79	44	57	49	72
09/12/01	76	173	91	85	83	65	49	55	35	64
10/12/01	77	203	110	150	148	123	48	58	29	62
11/12/01	78		120	211	211	158	74	81	53	89
12/12/01	79	217	132	136	134	118	68	82	43	84
13/12/01	80	201	74	116	113	85	58	72	51	88
14/12/01	81	250	109	130	135	105	60	77	51	87
15/12/01	82	199	102	116	117	94	57	70	48	87
16/12/01	83	210	100	100	101	83	47	60	35	65
17/12/01	84	288	150	150	150	159	99	126	65	123
18/12/01	85	295	160	190	183	162	106	123	79	124
19/12/01	86	249	129	156	148	139	88	105	57	100
20/12/01	87	268	105	128	128	112	62	84	60	85
22/12/01	89		765	765	765	466	129	136	113	164
24/12/01	91	255	201	197	197	165	139	160	114	161
25/12/01	92	262	193	190	190	164	115	134	112	151
26/12/01	93	250	185	203	201	181	112	140	108	141
27/12/01	94	226	136	155	156	135	82	97	78	100

TABELA B27: Valores de cor aparente no quarto ensaio

ENSAIO - 4		COR APARENTE (uH)									
DATA	T O	PONTOS DE COLETA									
		AB	PFD	PFVA	SH	MF2	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
20/03/02	7	220	182	111	143	120	121	78	90	73	78
21/03/02	8	227	177	127	143	118	121	77	91	73	79
22/03/02	9	229	172	120	143	113	118	82	95	80	85
23/03/02	10	217	173	108	126	104	107	65	80	68	79
24/03/02	11	202	154	106	127	107	108	70	84	66	73
25/03/02	12	293	221	108	130	125	110	75	99	78	94
26/03/02	13	313	249	152	172	142	147	72	85	68	77
27/03/02	14	198	161	108	132	112	108	78	92	79	88
28/03/02	15	520	520	393	340	199	285	72	80	74	80
31/03/02	18	217	202	164	178	162	158	110	121	116	127
01/04/02	19	250	217	167	187	155	166	92	101	99	110
02/04/02	20	229	200	149	161	131	138	77	75	78	82
03/04/02	21	224	192	143	160	122	125	69	67	75	76
04/04/02	22	221	197	124	142	105	119	64	68	62	66
05/04/02	23	218	178	114	139	109	114	60	100	97	93
06/04/02	24	195	139	100	134	99	115	59	68	64	63
07/04/02	25	183	151	96	97	78	82	50	58	53	54
08/04/02	26	210	162	108	102	83	86	47	59	49	50
09/04/02	27	219	165	96	129	104	108	56	70	29	39
10/04/02	28	185	144	93	123	89	95	50	64	53	57
11/04/02	29	184	150	108	134	98	106	47	59	54	53
12/04/02	30	203	154	100	128	90	97	50	54	54	48
13/04/02	31	174	127	94	91	84	92	45	50	46	48
14/04/02	32	149	123	85	113	86	90	54	56	54	51
15/04/02	33	185	147	90	117	87	86	49	50	46	47
16/04/02	34	192	134	86	108	83	87	43	47	44	47
17/04/02	35	183	144	83	112	84	92	40	45	44	49
18/04/02	36	182	129	85	112	84	89	38	44	42	46
19/04/02	37	179	136	86	105	79	84	39	43	43	47
20/04/02	38	162	113	80	101	76	80	36	44	41	46
21/04/02	39	162	122	74	98	71	76	45	46	40	47
22/04/02	40	193	121	71	99	73	75	43	45	43	56
23/04/02	41	173	119	68	86	69	67	35	39	40	39
24/04/02	42	170	122	68	89	69	70	36	40	32	41
25/04/02	43	171	114	66	91	71	70	37	41	33	40
26/04/02	44	156	103	63	87	66	71	28	35	36	42
27/04/02	45	162	130	65	94	71	76	39	45	43	48
28/04/02	46	155	108	63	104	77	79	38	47	40	52
29/04/02	47	151	104	60	102	68	72	35	41	44	45
30/04/02	48	156	101	59	91	68	79	33	38	34	43
01/05/02	49	157	92	55	86	60	63	31	34	35	42
02/05/02	50	178	179	190	199	111	142	45	48	48	66
03/05/02	51	184	138	93	116	91	91	43	45	42	58
04/05/02	52	127	111	76	105	73	74	37	40	41	55
05/05/02	53	156	127	77	107	81	83	47	54	53	67
06/05/02	54	150	114	78	102	77	78	34	40	43	55
07/05/02	55	139	107	68	95	71	71	32	37	40	63
08/05/02	56	140	110	66	93	69	70	31	37	34	46
09/05/02	57	157	112	70	98	73	75	35	38	35	48
10/05/02	58	146	107	67	96	72	72	33	33	35	48
11/05/02	59	132	91	59	90	69	68	31	42	33	44
12/05/02	60	126	93	65	96	66	69	39	45	34	47
13/05/02	61	127	95	63	95	71	70	31	37	31	44
14/05/02	62	126	93	62	92	76	68	33	38	31	45
15/05/02	63	148	105	77	108	68	69	31	38	31	41
16/05/02	64	126	83	56	89	65	65	29	36	29	40
17/05/02	65	144	88	65	93	63	65	32	38	31	44

TABELA B28: Valores de cor aparente no quinto ensaio

DATA	T O	PONTOS DE COLETA									
		AB	PFD	PFVA	MF ₂	MF ₁	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
27/05/02	7	120	87	48	47	40	29	7	17	18	37
28/05/02	8	80	68	44	44	34	33	17	33	51	74
29/05/02	9	113	85	45	52	38	38	24	32	44	62
30/05/02	10	99	68	40	83	45	48	18	33	48	53
31/05/02	11	106	69	48	76	41	37	20	32	46	58
01/06/02	12	110	76	49	80	41	41	18	33	48	60
02/06/02	13	104	71	47	78	41	41	19	29	44	50
03/06/02	14	112	84	52	87	50	52	24	32	48	55
04/06/02	15	109	70	48	77	44	44	19	25	43	49
05/06/02	16	123	82	45	94	38	38	16	26	46	51
06/06/02	17	124	77	49	94	45	44	20	27	47	49
07/06/02	18	114	91	46	85	40	40	15	24	42	46
08/06/02	19	106	71	40	87	39	42	20	24	38	46
09/06/02	20	114	75	42	85	38	41	15	24	38	46
10/06/02	21	115	77	43	87	37	37	14	23	38	46
11/06/02	22	120	87	46	86	46	46	20	26	40	47
12/06/02	23	122	85	39	77	41	41	12	2	37	43
13/06/02	24	114	82	40	80	37	38	12	22	35	40
14/06/02	25	130	98	46	85	43	44	15	22	40	46
15/06/02	26	117	73	40	84	37	41	14	21	40	46
16/06/02	27	120	95	43	86	38	37	15	22	43	50
17/06/02	28	115	77	38	82	36	38	7	19	32	43
18/06/02	29	124	83	44	82	41	41	14	23	42	51
19/06/02	30	113	84	43	85	39	40	17	26	43	52
20/06/02	31	125	97	45	88	41	40	14	23	41	51
21/06/02	32	122	83	39	85	34	35	14	22	41	50
22/06/02	33	119	72	49	93	39	41	13	28	47	52
23/06/02	34	118	81	36	81	98	100	21	45	46	53
24/06/02	35	113	99	38	83	34	34	15	26	45	53
25/06/02	36	116	79	32	92	35	36	7	17	39	49
26/06/02	37	122	117	47	90	39	39	16	26	46	56
27/06/02	38	120	89	36	85	34	36	13	25	46	56
28/06/02	39	110	74	36	80	34	37	10	22	38	49
29/06/02	40	102	198	35	76	30	35	12	19	39	43
30/06/02	41	107	88	70	108	57	73	22	38	45	61
01/07/02	42	101	84	63	104	65	68	18	31	44	56
02/07/02	43	97	94	62	106	50	57	15	25	37	52
03/07/02	44	115	93	64	100	50	48	22	27	40	53
04/07/02	45	96	69	48	89	47	43	16	26	37	49
05/07/02	46	95	75	54	90	44	46	18	27	38	49
06/07/02	47	121	97	54	51	45	47	16	26	36	46
07/07/02	48	95	80	51	87	41	42	20	27	37	50
08/07/02	49	123	86	54	98	49	48	23	28	52	62
09/07/02	50	155	184	59	101	51	49	19	29	49	62
10/07/02	51	121	103	56	94	46	44	24	20	46	50
11/07/02	52	115	101	46	99	39	40	19	30	38	47
12/07/02	53	108	81	43	82	37	37	14	23	36	47
13/07/02	54	131	87	46	87	44	43	21	28	37	52
14/07/02	55	105	85	44	84	43	42	20	29	47	59
15/07/02	56	106	78	44	84	36	38	17	25	39	50
16/07/02	57	106	88	45	84	39	39	15	24	35	47
17/07/02	58	87	78	44	80	36	36	14	22	33	43
18/07/02	59	102	73	47	83	41	41	23	27	44	52
19/07/02	60	115	99	39	80	36	37	18	25	41	51
20/07/02	61	116	97	49	81	38	34	18	28	38	46
21/07/02	62	96	71	43	76	33	32	10	23	33	43
22/07/02	63	96	73	47	92	37	37	15	23	41	45
23/07/02	64	115	86	51	90	41	42	18	27	42	52
24/07/02	65	123	94	60	98	40	39	14	22	30	48
25/07/02	66	116	77	44	79	34	35	11	21	31	45
26/07/02	67	115	89	49	84	39	40	12	21	33	44
27/07/02	68	142	88	42	79	35	36	12	20	33	46
28/07/02	69	157	102	80	107	48	50	13	23	34	45
29/07/02	70	153	102	56	87	46	46	24	34	39	48
30/07/02	71	109	79	48	82	35	35	13	23	31	42
31/07/02	72	111	74	45	79	36	35	14	22	30	41
01/08/02	73	158	99	44	88	35	36	11	22	32	44
02/08/02	74	281	197	85	124	66	61	17	32	38	48
03/08/02	75	155	121	109	146	66	72	23	41	39	64
04/08/02	76	324	225	107	102	76	77	39	70	45	78
05/08/02	77	178	121	76	102	61	60	26	44	29	47
05/08/02	77	178	121	76	102	61	60	26	44	29	47
06/08/02	78	154	99	59	88	43	46	14	28	28	48
07/08/02	79	244	171	64	115	54	58	20	35	36	46
08/08/02	80	153	102	63	106	51	51	17	33	37	48
09/08/02	81	186	124	90	123	59	59	16	31	34	49
10/08/02	82	125	77	53	92	42	43	12	29	34	49
11/08/02	83	120	78	52	95	39	39	10	28	42	44
12/08/02	84	131	82	52	92	43	43	11	25	37	50
13/08/02	85	131	105	52	95	42	39	13	26	39	47
14/08/02	86	136	85	55	100	44	41	13	24	39	45
15/08/02	87	92	60	42	88	32	35	15	22	40	50
16/08/02	88	112	67	42	84	34	38	10	24	34	49
17/08/02	89	111	72	44	83	37	37	9	21	38	46
18/08/02	90	114	74	47	91	38	36	12	23	47	47

TABELA B29: Valores de cor verdadeira no primeiro ensaio (centrifugada)

ENSAIO - 1		COR VERDADEIRA (uH)						
DATA	T O	PONTOS DE COLETA						
		AB	PFVA	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2
07/05/01	19	53	31	-	-	29	23	22
08/05/01	20	-	-	26	-	19	21	16
09/05/01	21	46	-	26	23	21	16	26
10/05/01	22	43	23	-	-	13	15	10
11/05/01	23	47	36	30	-	18	17	13
13/05/01	25	45	-	31	-	18	22	14
14/05/01	26	79	-	59	-	31	35	34
15/05/01	27	54	39	35	-	38	34	35
16/05/01	28	45	27	28	-	17	24	14
18/05/01	30	56	57	42	-	30	41	24
19/05/01	31	45	36	36	35	24	27	20
21/05/01	33	39	31	27	20	14	18	14
22/05/01	34	66	38	30	34	12	19	13
23/05/01	35	66	45	42	38	17	21	15
25/05/01	37	32	24	26	26	19	16	17
26/05/01	38	39	22	22	14	9	11	8
27/05/01	39	41	26	24	17	9	12	10
28/05/01	40	65	31	30	24	17	14	13
29/05/01	41	73	49	51	43	35	36	35
30/05/01	42	47	37	38	30	11	14	16
01/06/01	44	50	23	22	17	4	8	7
02/06/01	45	47	36	41	28	18	22	21
03/06/01	46	62	36	36	29	20	23	22
04/06/01	47	37	22	31	23	8	11	13
05/06/01	48	45	24	24	16	9	11	11
06/06/01	49	40	25	25	23	18	14	11
07/06/01	50	45	26	24	17	12	8	9
08/06/01	51	49	25	24	19	14	14	9
09/06/01	52	38	20	19	15	10	8	9
10/06/01	53	57	41	-	21	26	27	26
11/06/01	54	50	32	30	20	15	9	9
12/06/01	55	62	29	34	22	21	19	19
15/06/01	58	44	24	22	15	14	12	7
16/06/01	59	40	34	35	33	17	17	13
17/06/01	60	40	31	29	22	17	14	13
18/06/01	61	55	36	35	20	15	11	8
19/06/01	62	38	26	29	19	15	10	8
20/06/01	63	54	52	54	43	37	31	20
22/06/01	65	45	33	34	30	19	18	15
23/06/01	66	36	26	26	21	17	14	12
24/06/01	67	35	28	25	19	12	12	3
25/06/01	68	55	37	38	35	25	28	16
26/06/01	69	37	26	25	19	21	11	8
27/06/01	70	52	46	34	21	14	14	17
28/06/01	71	28	25	24	24	10	9	10

TABELA B30: Valores de cor verdadeira no segundo ensaio (centrifugada)

ENSAIO - 2		COR VERDADEIRA (uH)							
DATA	T O	PONTOS DE COLETA							
		AB	PFVA	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
19/07/01	13	20	22			15	18	10	22
20/07/01	14	20	14			13	13	11	27
21/07/01	15	46	27			15	16	10	20
22/07/01	16	32	22	20	18	13	12	10	20
25/07/01	19	27	26	23	17	12	13	9	25
26/07/01	20	28	20	20	15	8	9	5	15
27/07/01	21	33	17	17	11	8	4	3	13
28/07/01	22	45	23	23	17	13	13	10	21
29/07/01	23	31	24	24	18	14	13	12	23
30/07/01	24	40	33	33	15	16	18	14	31
31/07/01	25	47	26	26	23	16	12	7	21
01/08/01	26	31	20	20	15	10	11	6	19
02/08/01	27	27	20	20	18	17	4	9	12
03/08/01	28	35	25	26	24	15	10	10	24
04/08/01	29	24	18	18	14	8	8	4	16
05/08/01	30	25	18	19	12	8	7	5	15
06/08/01	31	32	16	22	19	13	9	7	17
07/08/01	32	27	26	23	15	11	8	5	15
08/08/01	33	27	18	19	15	12	10	5	15
09/08/01	34	29	20	19	14	8	9	4	15
10/08/01	35	29	19	17	14	10	10	4	16
11/08/01	36	31	24	20	18	7	6	8	17
12/08/01	37	31	19	19	15	8	9	5	15
13/08/01	38	28	17	17	13	9	10	4	13
14/08/01	39	41	20	26	16	10	11	5	18
16/08/01	41	37	27	26	22	8	12	5	22
17/08/01	42	33	19	18	15	9	12	5	18
20/08/01	45	26	15	16	11	7	9	1	11
21/08/01	46	30	22	23	21	9	14	5	16
22/08/01	47	32	18	18	16	9	13	5	17
23/08/01	48	37	22	26	21	11	16	6	18
24/08/01	49	56	32	30	23	12	17	8	20
25/08/01	50	45	27	30	18	11	17	8	20
26/08/01	51	50	28	29	20	10	19	9	23
27/08/01	52	35	23	22	15	8	13	5	16
28/08/01	53	41	25	26	19	11	16	6	14
29/08/01	54	42	26	23	18	12	14	6	15
30/08/01	55	58	38	38	36	13	25	10	22
31/08/01	56	47	28	28	20	11	18	9	20
01/09/01	57	49	27	24	18	8	16		
03/09/01	59	43	28	30	19	8	18		14
04/09/01	60	46	25	24	18	11	14		14
05/09/01	61	48	31	26	21	11	15		
06/09/01	62	38	22	20	15	9	13		

TABELA B31: Valores de cor verdadeira no terceiro ensaio (centrifugada)

ENSAIO - 3		COR VERDADEIRA (uH)							
DATA	T O	PONTOS DE COLETA							
		PFVA	SH	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
25/09/01	1	38		64		9	21	26	19
26/09/01	2	32		48		16	36	26	39
27/09/01	3	28		52		19	33	25	26
28/09/01	4	25		50		19	30	33	39
29/09/01	5			48		23	33	24	26
30/09/01	6	56		73		46	54	43	49
01/10/01	7	50		73		46	54	43	49
02/10/01	8	35	51	60	43	30	30	26	33
04/10/01	10	81		83	60	42	46	45	64
05/10/01	11	54	57	56	44	33	29	25	32
06/10/01	12	68	93	91	84	60	46	47	48
07/10/01	13	41	47	47	38	26	22	23	26
08/10/01	14	36	50	50	38	28	24	24	33
09/10/01	15	41	60	62	47	29	26	25	32
10/10/01	16	45	63	64	51	57	34	33	42
11/10/01	17	39	57	57	46	31	30	24	38
12/10/01	18	44	61	58	46	31	36	31	40
13/10/01	19	27	50	50	38	20	23	11	24
14/10/01	20	42	59	57	48	31	40	33	40
15/10/01	21	41	58	43	42	28	27	25	31
16/10/01	22	33	50	50	36	21	23	20	29
17/10/01	23	68	75	72	59	24	28	23	29
19/10/01	25	56	76	69	53	32	41	35	51
20/10/01	26	48	63	55	56	36	39	29	50
21/10/01	27	55	73	80	71	34	39	34	50
22/10/01	28	33	55	53	48	27	32	22	40
23/10/01	29	58	75	71	57	39	45	38	57
24/10/01	30	45	62	60	47	32	40	32	43
25/10/01	31	43	57	57	50	30	37	33	39
26/10/01	32	38	54	53	40	21	30	26	34
27/10/01	33	39	52	51	37	25	29	25	34
28/10/01	34	35	54	53	39	25	30	26	35
29/10/01	35	29	46	49	34	20	26	22	31
30/10/01	36	30	51	51	35	22	28	24	31
31/10/01	37	30	49	49	36	20	25	22	32
01/11/01	38	26	50	50	36	20	25	24	31
02/11/01	39	31	52	50	39	22	27	22	33
03/11/01	40	29	54	54	44	27	32	29	37
04/11/01	41	101	82	96	67	37	43	40	54
06/11/01	43	53	52	52	40	33	37	34	43
07/11/01	44	45	71	71	56	42	50	39	51
08/11/01	45	34	66	64	44	28	34	31	46
09/11/01	46	38	69	69	47	33	37	35	48
10/11/01	47	34	62	63	43	28	33	30	42
11/11/01	48	47	94	94	29	26	33	13	24
13/11/01	50	51	71	70	55	37	44	40	50
14/11/01	51	49	74	70	52	38	46	41	51
16/11/01	53	54	78	78	52	39	46	40	58
17/11/01	54	52	74	74	53	38	44	40	53
18/11/01	55	45	68	66	50	30	35	33	44
22/11/01	59	99	103	102	83	75	77	48	87
23/11/01	60	60	85	81	60	47	54	52	67
24/11/01	61	78	82	82	59	43	51	49	61
25/11/01	62	55	55	55	42	30	32	28	39
26/11/01	63	55	79	73	57	39	40	42	50
27/11/01	64	51	73	75	52	41	43	37	48
28/11/01	65	49	70	67	50	35	38	35	42
29/11/01	66	46	69	63	45	32	37	36	44
30/11/01	67	73	71	71	52	39	42	33	51
01/12/01	68	71	73	70	54	39	43	33	47
02/12/01	69	65	66	66	48	34	41	34	50
03/12/01	70	56	75	75	52	37	46	39	54
04/12/01	71	49	68	68	45	29	36	18	45
05/12/01	72	51	67	68	46	31	37	31	46
06/12/01	73	43	62	62	44	32	33	23	38
07/12/01	74	40	56	57	36	27	35	33	43
08/12/01	75	49	60	60	39	23	30	25	38
09/12/01	76	43	40	39	29	27	31	27	44
10/12/01	77	52	70	71	50	21	25	15	45
11/12/01	78	55	90	90	59	36	47	37	54
12/12/01	79	65	67	60	44	29	37	25	44
13/12/01	80	32	63	61	35	28	33	26	47
14/12/01	81	53	69	68	48	35	37	34	51
15/12/01	82	57	75	73	50	35	43	35	53
16/12/01	83	51	51	50	33	21	27	21	37
17/12/01	84	67	67	67	54	40	52	33	57
18/12/01	85	69	86	85	65	46	55	42	67
19/12/01	86	63	78	75	57	40	50	32	55
20/12/01	87	58	79	98	60	42	53	38	55
22/12/01	89	168	165	161	120	50	56	51	72
24/12/01	91	85	49	78	65	55	56	51	61
25/12/01	92	78	74	74	57	43	51	46	61
26/12/01	93	78	94	94	71	50	62	58	71
27/12/01	94	65	83	81	62	41	51	47	57

TABELA B32: Valores de cor verdadeira no quarto ensaio (centrifugada)

ENSAIO - 4		COR VERDADEIRA (uH)							
DATA	T O	PONTOS DE COLETA							
		PFVA	SH	MF ₂	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
21/03/02	8	64	83		64	43	45	39	42
22/03/02	9	69	81	60	60	48	51	45	46
23/03/02	10	68	67	51	51	35	40	31	36
24/03/02	11	60	71	58	54	37	41	34	38
25/03/02	12	48	65	60	56	42	54	42	53
26/03/02	13	63	75	53	56	32	38	32	36
27/03/02	14	54	67	49	53	42	45	38	42
28/03/02	15	109	100	60	69	35	39	35	38
01/04/02	19	65	71	52	58	40	41	38	40
02/04/02	20	48	67	49	48	35	35	33	34
03/04/02	21	58	73	49	54	31	37	35	33
04/04/02	22	64	75	52	44	28	31	29	28
05/04/02	23	52	72	49	49	31	34	33	32
06/04/02	24	48	71	46	49	30	35	31	31
07/04/02	25	52	51	39	44	34	31	27	27
08/04/02	26	49	46	35	34	26	28	25	24
09/04/02	27	47	71	50	51	31	36	18	20
10/04/02	28	43	65	42	43	27	33	28	29
11/04/02	29	45	72	50	50	27	33	31	31
12/04/02	30	41	63	40	42	24	29	26	22
13/04/02	31	41	62	38	41	22	26	23	23
14/04/02	32	44	62	41	44	29	28	32	31
15/04/02	33	42	60	39	40	24	26	24	24
16/04/02	34	44	64	42	45	29	31	23	24
17/04/02	35	39	59	39	40	24	26	25	24
18/04/02	36	50	58	37	41	22	24	23	23
19/04/02	37	38	54	35	36	20	23	22	22
20/04/02	38	37	55	36	36	23	25	23	24
21/04/02	39	37	56	35	37	24	25	24	24
22/04/02	40	34	55	37	34	23	24	23	25
23/04/02	41	31	48	30	31	17	25	25	26
24/04/02	42	32	53	36	34	20	24	19	22
25/04/02	43	33	55	35	37	24	25	24	24
26/04/02	44	30	52	33	35	19	22	21	22
27/04/02	45	30	59	38	36	22	25	22	24
28/04/02	46	29	65	43	42	22	26	22	27
29/04/02	47	28	57	35	36	19	23	18	23
30/04/02	48	28	58	38	36	20	23	20	23
01/05/02	49	25	54	31	33	19	21	20	22
02/05/02	50	82	86	53	61	26	28	27	34
03/05/02	51	33	62	39	40	23	25	23	27
05/05/02	53	32	63	38	38	28	21	28	37
06/05/02	54	33	58	38	36	21	24	22	25
07/05/02	55	33	57	36	36	21	22	22	25
08/05/02	56	29	58	35	35	20	21	20	24
09/05/02	57	32	61	37	37	22	23	22	24
10/05/02	58	46	74	36	36	20	22	21	24
11/05/02	59	25	55	33	34	19	23	20	24
12/05/02	60	28	59	33	32	19	20	18	22
13/05/02	61	26	58	34	38	23	26	23	28
14/05/02	62	26	57	34	34	19	22	19	24
15/05/02	63	26	57	34	34	18	23	19	22
16/05/02	64	23	55	33	35	19	22	18	21
17/05/02	65	25	59	34	34	19	23	20	25

TABELA B33: Valores de cor verdadeira no quinto ensaio (centrifugada)

ENSAIO - 5		COR VERDADEIRA (uH)							
DATA	T O	PONTOS DE COLETA							
		PFVA	MF ₂	MF ₁	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
31/05/02	11	22	48	14	14	11	15	33	39
01/06/02	12	22	50	18	16	10	15	33	39
02/06/02	13	22	50	15	14	9	13	30	37
03/06/02	14	24	53	18	18	11	15	33	38
04/06/02	15	36	54	28	15	8	12	30	34
05/06/02	16	21	58	14	14	9	12	35	40
06/06/02	17	22	59	14	15	9	12	32	36
07/06/02	18	22	57	14	14	8	11	32	34
08/06/02	19	19	56	13	13	8	11	29	34
09/06/02	20	21	55	14	14	8	11	28	34
10/06/02	21	23	56	15	15	9	13	30	46
11/06/02	22	19	53	13	13	7	10	30	35
12/06/02	23	18	52	13	14	7	11	29	32
13/06/02	24	22	58	13	14	7	11	32	36
14/06/02	25	20	54	14	13	7	11	29	32
15/06/02	26	22	61	15	16	9	13	35	39
16/06/02	27	22	58	14	14	8	11	37	42
17/06/02	28	20	57	12	12	6	10	29	37
18/06/02	29	20	53	11	12	7	10	34	39
19/06/02	30	21	56	14	14	8	12	34	40
20/06/02	31	16	57	13	13	7	11	34	41
21/06/02	32	21	55	14	13	8	12	36	39
22/06/02	33	21	54	13	13	9	12	34	42
23/06/02	34	20	56	14	13	7	11	36	39
24/06/02	35	15	57	12	11	7	12	38	43
25/06/02	36	20	55	14	14	8	11	37	43
26/06/02	37	20	60	13	13	8	11	39	45
27/06/02	38	15	56	10	10	6	9	36	43
28/06/02	39	16	56	10	10	6	11	31	41
29/06/02	40	16	54	12	12	5	10	31	37
30/06/02	41	25	63	14	18	8	18	37	45
01/07/02	42	25	60	16	19	9	14	36	42
02/07/02	43	28	64	16	17	10	12	34	41
03/07/02	44	25	64	19	19	15	12	33	41
04/07/02	45	23	60	18	16	10	16	42	42
05/07/02	46	23	58	17	15	11	13	33	40
06/07/02	47	23	51	15	15	9	12	26	38
07/07/02	48	18	50	17	21	10	13	26	36
08/07/02	49	23	63	15	14	11	13	42	50
09/07/02	50	24	61	16	16	11	15	42	47
10/07/02	51	21	62	15	15	11	14	38	49
11/07/02	52	17	51	12	13	7	9	29	37
12/07/02	53	21	54	12	11	8	11	32	38
13/07/02	54	22	57	15	16	9	12	31	39
14/07/02	55	23	54	14	13	9	12	37	46
15/07/02	56	21	58	15	13	9	11	33	41
16/07/02	57	21	55	14	13	10	13	31	37
17/07/02	58	26	58	15	16	10	15	31	39
18/07/02	59	19	53	12	12	9	11	34	40
19/07/02	60	18	51	14	11	9	11	33	40
20/07/02	61	22	56	15	14	9	16	30	38
21/07/02	62	20	51	12	12	8	12	29	35
22/07/02	63	22	57	13	14	8	13	33	35
23/07/02	64	18	52	11	12	6	10	32	39
24/07/02	65	23	59	14	15	8	12	30	37
25/07/02	66	22	57	14	13	8	12	29	37
26/07/02	67	22	56	15	15	8	12	29	35
27/07/02	68	23	58	14	15	8	12	32	38
28/07/02	69	29	64	18	18	9	15	34	41
29/07/02	70	25	54	18	15	12	16	30	33
30/07/02	71	18	48	11	11	8	11	25	31
31/07/02	72	24	52	17	13	9	12	27	33
01/08/02	73	24	56	12	12	8	12	27	32
02/08/02	74	32	65	21	23	13	19	35	40
03/08/02	75	39	73	23	23	13	17	32	46
04/08/02	76	40	46	21	22	15	26	29	43
05/08/02	77	64	85	19	19	12	18	21	32
06/08/02	78	28	56	20	21	12	19	21	31
07/08/02	79	32	62	21	22	11	17	28	34
08/08/02	80	26	59	16	17	11	15	24	31
09/08/02	81	25	58	16	17	11	16	24	35
10/08/02	82	27	67	15	16	9	15	38	35
11/08/02	83	26	65	16	17	9	17	36	36
12/08/02	84	28	68	19	20	12	16	35	48
13/08/02	85	27	63	14	15	8	13	33	38
14/08/02	86	27	67	17	17	9	15	35	40
15/08/02	87	21	55	16	17	9	12	38	43
16/08/02	88	23	58	16	16	8	11	29	36
17/08/02	89	21	59	15	16	9	10	32	36
18/08/02	90	27	62	15	15	8	13	38	34

TABELA B34: Valores de cor verdadeira filtrada no quarto ensaio

ENSAIO - 4		COR VERDADEIRA FILTRADA (uH)									
DATA	T O	PONTOS DE COLETA									
		AB	PFD	PFVA	SH	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FL A2
27/03/02	14			37	48	43	42	39	30	32	37
01/04/02	19			38	49	41	40	35	36	34	37
02/04/02	20			35	51	37	34	24	29	23	25
03/04/02	21			38	50	39	40	26	30	29	30
04/04/02	22			40	55	41	42	28	32	28	29
05/04/02	23			42	60	47	49	33	35	38	33
06/04/02	24			36	53	40	39	28	31	27	38
07/04/02	25			35	33	33	35	25	29	22	27
08/04/02	26			35	36	31	28	21	21	22	22
10/04/02	28			35	56	41	43	29	32	31	31
11/04/02	29			40	61	49	42	27	35	34	29
12/04/02	30			30	52	37	37	23	29	25	23
13/04/02	31			31	52	37	40	21	27	21	23
14/04/02	32			31	56	39	39	23	28	28	28
15/04/02	33			30	51	38	39	25	27	25	26
16/04/02	34			29	48	37	37	22	25	22	22
17/04/02	35			30	49	39	40	27	27	27	25
18/04/02	36			32	49	37	38	22	25	24	26
19/04/02	37			44	60	49	34	21	23	21	22
20/04/02	38			33	49	43	47	24	26	27	24
21/04/02	39			32	52	45	41	24	26	23	27
22/04/02	40			24	43	31	33	18	21	21	18
23/04/02	41			24	43	30	32	19	21	19	20
24/04/02	42	27	31	24	44	31	32	19	21	18	20
25/04/02	43			25	45	34	35	21	25	23	23
26/04/02	44			21	45	34	31	19	23	18	19
27/04/02	45			25	54	36	37	23	25	22	26
28/04/02	46			21	56	42	41	24	27	23	25
29/04/02	47			19	49	36	34	18	22	18	22
30/04/02	48			20	49	35	35	21	23	20	22
01/05/02	49			19	46	32	35	25	20	21	24
02/05/02	50			70	55	42	43	26	24	24	37
03/05/02	51			27	52	38	38	23	26	23	27
04/05/02	52			28	53	39	40	25	28	31	26
05/05/02	53			28	54	42	40	28	24	31	37
06/05/02	54	34	36	30	52	37	37	22	27	23	27
07/05/02	55	29	33	24	49	36	34	20	23	22	25
08/05/02	56	37	34	28	55	38	39	21	23	20	24
09/05/02	57	31	29	26	53	38	39	22	25	22	26
10/05/02	58	47	31	24	50	35	33	21	24	22	27
11/05/02	59	33	31	27	51	36	35	27	25	24	24
12/05/02	60			23	50	34	38	23	26	23	28
13/05/02	61	29	26	22	50	34	31	19	22	21	21
14/05/02	62			26	51	38	37	22	25	21	22
15/05/02	63	27	30	26	51	35	35	21	23	20	23
16/05/02	64	25	23	21	48	35	37	19	23	19	21
17/05/02	65	24	23	19	47	31	31	19	21	18	20

TABELA B35: Valores de cor verdadeira filtrada no quinto ensaio

ENSAIO - 5		COR VERDADEIRA FILTRADA (uH)									
DATA	T O	PONTOS DE COLETA									
		AB	PFD	PFVA	MF ₂	MF ₁	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
27/05/02	7	24	18	16	16	15	14	4	5	6	26
28/05/02	8	19	21	15	15	15	15	9	16	38	48
29/05/02	9	20	24	16	20	15	15	10	14	30	34
30/05/02	10	21	18	15	39	15	17	7	11	27	33
31/05/02	11			16	42	18	19	17	23	40	34
01/06/02	12			15	40	14	13	9	14	28	34
02/06/02	13			16	42	15	14	9	12	27	32
03/06/02	14			14	42	14	14	8	12	27	33
04/06/02	15	27	25	17	40	15	15	9	13	28	31
05/06/02	16	24	22	18	56	16	18	9	12	33	36
06/06/02	17	22	20	17	47	14	14	9	13	32	35
07/06/02	18	24	23	20	51	18	19	9	13	31	35
08/06/02	19	23	17	19	51	15	15	7	12	26	33
09/06/02	20	23	18	18	51	15	15	7	12	27	32
10/06/02	21	24	22	17	50	16	17	8	13	28	32
11/06/02	22	26	23	19	51	17	16	10	14	31	35
12/06/02	23	24	22	17	47	15	15	9	13	28	31
13/06/02	24	21	20	15	49	17	15	7	11	27	31
14/06/02	25	22	22	14	50	14	15	8	11	30	34
15/06/02	26	22	25	16	50	12	15	6	9	35	37
16/06/02	27	20	18	14	53	15	16	7	10	32	39
17/06/02	28	18	18	14	50	11	14	6	8	28	33
18/06/02	29	19	18	13	49	16	15	8	13	31	35
19/06/02	30	18	17	12	47	10	12	6	10	30	35
20/06/02	31	20	20	14	51	13	13	6	10	31	37
21/06/02	32	20	20	15	51	13	13	6	11	32	37
22/06/02	33	23	18	14	49	13	14	7	12	35	39
23/06/02	34	19	22	14	53	20	20	11	19	33	39
24/06/02	35	21	21	16	57	14	14	10	13	36	47
25/06/02	36	16	16	11	54	12	10	7	12	35	41
26/06/02	37	24	21	16	56	14	13	7	12	37	44
27/06/02	38	25	18	15	54	13	13	7	10	34	41
28/06/02	39	20	19	11	47	8	8	5	9	29	36
29/06/02	40	19	20	16	50	13	13	5	10	29	36
30/06/02	41	36	25	23	62	24	23	14	19	36	46
01/07/02	42	21	18	19	52	19	19	10	16	30	37
02/07/02	43	18	18	18	54	17	17	13	14	32	37
03/07/02	44	16	16	14	51	13	15	8	12	32	39
04/07/02	45	13	13	11	52	12	11	5	10	24	33
05/07/02	46	18	16	15	50	12	11	4	10	26	32
06/07/02	47	22	17	16	47	15	15	6	10	26	33
07/07/02	48	20	21	18	50	17	21	10	13	26	36
08/07/02	49	22	21	20	59	19	16	13	16	41	49
09/07/02	50	28	27	22	58	20	20	14	16	40	47
10/07/02	51	34	19	17	58	16	17	12	14	37	42
11/07/02	52	18	16	12	46	12	12	9	11	28	39
12/07/02	53	21	20	15	50	13	13	8	11	31	39
13/07/02	54	21	20	16	51	16	16	9	13	26	33
14/07/02	55	19	18	15	50	15	14	10	12	34	46
15/07/02	56	15	15	18	49	17	15	9	17	35	36
16/07/02	57	14	16	12	47	11	11	6	10	26	34
17/07/02	58	22	21	18	52	16	17	10	12	28	37
18/07/02	59	23	23	19	54	18	18	14	15	34	41
19/07/02	60	20	18	17	49	15	14	9	12	28	35
20/07/02	61	20	20	15	47	16	19	8	11	26	34
21/07/02	62	15	15	13	46	15	17	12	15	32	39
22/07/02	63	22	21	18	52	16	17	8	13	26	26
23/07/02	64	20	22	15	50	13	14	9	12	29	36
24/07/02	65	20	21	17	52	15	15	7	11	24	38
25/07/02	66	18	17	16	47	13	14	5	15	24	32
26/07/02	67	20	19	17	50	14	22	6	10	26	33
27/07/02	68	47	24	18	52	17	18	9	13	29	35
28/07/02	69	26	25	23	55	22	21	13	16	32	40
29/07/02	70	27	25	23	49	19	16	13	17	30	36
30/07/02	71	16	16	13	43	12	13	6	9	23	31
31/07/02	72	19	19	16	49	15	14	7	9	24	33
01/08/02	73	22	21	15	46	12	12	7	9	22	29
02/08/02	74	40	30	21	55	21	18	10	14	30	36
03/08/02	75	30	32	32	63	25	26	13	26	30	44
04/08/02	76	44	42	33	42	26	29	19	27	36	49
05/08/02	77	32	32	28	50	22	23	13	18	17	24
06/08/02	78	32	29	23	52	23	21	12	18	24	36
07/08/02	79	40	37	27	57	21	22	12	16	25	32
08/08/02	80	30	30	25	54	21	21	11	17	25	34
09/08/02	81	30	30	26	54	19	20	7	13	23	30
10/08/02	82	26	24	21	53	18	18	10	16	23	32
11/08/02	83	26	25	22	55	17	18	10	15	25	33
12/08/02	84	26	25	21	57	17	17	8	12	30	37
13/08/02	85	27	24	19	55	17	17	8	12	31	37
14/08/02	86	32	28	23	62	19	20	9	15	35	40
15/08/02	87	25	23	20	53	17	18	8	14	40	42
16/08/02	88	29	25	21	55	16	16	6	15	30	34
17/08/02	89	23	23	18	56	14	15	9	11	33	35
18/08/02	90	25	24	20	55	16	16	9	12	33	35

TABELA B36: Valores de concentração de metais no primeiro ensaio252

DATA	TO	PONTO	CONCENTRAÇÃO DE METAIS (mg/L)				
			ZINCO	CROMO	COBRE	FERRO	MANGANÊS
07/05/01	19	AB	0,09	0,01	nd	2,32	0,02
		PFVA	0,08	0,07	nd	1,47	nd
		MC	0,08	nd	nd	nd	nd
		JC	0,13	nd	nd	nd	nd
		FLC1	0,13	0,80	nd	3,31	0,06
		FLA1	0,08	0,07	0,03	1,78	0,03
		FLC2	0,09	0,07	nd	1,12	0,01
15/05/01	27	AB	0,02	nd	nd	1,93	0,03
		PFVA	0,02	nd	nd	1,02	0,02
		MC	0,03	nd	nd	nd	nd
		JC	0,03	0,04	nd	nd	nd
		FLC1	0,03	0,15	0,03	0,72	nd
		FLA1	0,03	nd	0,04	1,25	0,04
		FLC2	0,01	nd	0,03	0,90	nd
23/05/01	35	AB	nd	nd	nd	1,29	nd
		PFVA	nd	0,10	nd	0,98	nd
		MC	nd	nd	nd	1,20	nd
		JC	nd	nd	nd	0,71	nd
		FLC1	nd	nd	nd	0,44	nd
		FLA1	nd	1,02	0,01	0,41	nd
		FLC2	0,01	nd	0,02	2,39	nd
30/05/01	42	AB	nd	nd	nd	1,40	0,02
		PFVA	nd	nd	nd	0,72	0,01
		MC	nd	nd	nd	0,60	nd
		JC	nd	nd	nd	0,95	nd
		FLC1	nd	nd	nd	0,30	nd
		FLA1	nd	nd	nd	0,35	nd
		FLC2	nd	nd	nd	0,17	nd
06/06/01	42	AB	nd	nd	nd	1,40	0,04
		PFVA	nd	nd	nd	0,53	nd
		MC	nd	nd	nd	0,53	nd
		JC	nd	nd	nd	0,57	nd
		FLC1	nd	nd	nd	0,46	nd
		FLA1	nd	nd	nd	0,36	nd
		FLC2	0,03	nd	nd	0,21	nd

TABELA B37: Valores de concentração de metais no segundo ensaio

DATA	METAIS	CONCENTRAÇÃO (mg/L)							
		AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
20/07/01	ZINCO	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,82	0,17	nd	nd	0,33	0,05	nd	0,21
24/07/01	ZINCO	0,02	nd	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02
	FERRO	0,96	0,25	0,25	0,23	0,06	2,73	nd	0,09
31/07/01	ZINCO	0,02	0,11	nd	nd	nd	0,00	nd	0,00
	FERRO	1,40	nd	nd	0,26	nd	nd	nd	nd
07/08/01	ZINCO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	1,00	0,36	0,37	0,45	0,20	0,17	0,12	0,26
21/08/01	ZINCO	0,01	0,01	nd	nd	0,03	nd	nd	nd
	FERRO	1,05	0,34	0,38	0,35	0,33	0,22	0,07	0,13
28/08/01	ZINCO	nd	0,01	0,01	nd	0,01	0,02	0,00	0,02
	FERRO	1,58	0,53	0,42	0,40	1,18	0,29	0,11	0,22

TABELA B38: Valores de concentração de metais no quarto ensaio

DATA	METAIS	CONCENTRAÇÃO (mg/L)								
		AB	PFVA	SH	MF	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
03/04/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	x	2,07	1,87	x	2,34	1,44	1,17	1,74	1,65
10/04/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	x	1,06	2,66	x	1,21	1,72	1,24	1,29	1,26
17/04/02	Mn	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,01	<0,003
	FERRO	1,54	0,6	0,99	x	0,73	0,38	0,46	0,59	0,28
24/04/02	Mn	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	2,66	0,66	0,76	0,78	1,65	0,6	0,42	0,1	0,02
15/05/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,89	0,26	0,44	0,53	0,23	0,14	0,03	0,13	0,5

TABELA B39: Valores de concentração de metais no quinto ensaio

DATA	METAIS	CONCENTRAÇÃO (mg/L)							
		PFVA	MF2	MF1	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
05/06/02	Mn	nd	nd	0,01	0,01	nd	nd	0,01	nd
	FERRO	0,08	0,08	0,06	0,14	0,06	0,28	0,03	0,05
12/06/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,24	0,34	0,4	39	0,2	0,24	0,06	0,18
19/06/02	Mn	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,17	0,19	0,24	0,28	0,12	1,29	0,11	0,19
26/06/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,3	0,25	0,27	0,39	0,13	0,2	0,12	0,13
03/07/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,29	0,25	0,3	nd	0,12	0,2	0,07	0,06
10/07/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
	FERRO	0,6	0,6	0,35	0,34	0,16	0,56	0,16	1,25
17/07/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,2	0,23	0,16	0,2	0,08	0,09	0,05	0,13
24/07/02	Mn	0,01	0,01	0,01	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,19	0,27	0,16	0,25	0,1	0,06	nd	0,04
31/07/02	Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	FERRO	0,27	0,37	0,41	0,32	0,11	0,27	0,08	0,09

TABELA B40: Valores de concentração de nitrato no primeiro ensaio

DATA	TO	ENSAIO 1 NITRATO (ug/L)						
		AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2
07/05/01	19	0,4983	0,6301	-	-	0,2048	0,5458	0,4556
15/05/01	27	0,0960	0,0790	0,0690	-	0,0760	0,0500	0,0350
23/05/01	35	0,4590	0,4750	0,4360	0,4200	0,4140	0,0900	0,0366
30/05/01	42	0,4578	0,5034	-	0,1200	0,1182	0,3485	0,0870
07/06/01	50	0,6348	0,7442	0,7023	0,6245	0,5656	0,2281	0,1690
28/06/01	71	0,4172	0,4405	0,4452	0,3991	0,3381	0,1429	0,0553

TABELA B41: Valores de concentração de nitrato no segundo ensaio

DATA	TO	ENSAIO 2 NITRATO (mg/L)						
		AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2
20/07/01	14	0,6287	0,556			0,4208	0,4508	0,0958
31/07/01	25	0,5155	0,515	0,5462	0,5216	0,1727	0,3134	-0,0234
07/08/01	32	0,4652	0,4526	0,4186	0,4498	0,223	0,3367	0,0353
21/08/01	46	0,5146	0,4973	0,5155	0,4503	0,2286	0,3856	0,02
28/08/01	53	0,5095	0,4522	0,4582	0,4102	0,1778	0,3767	0,0153
06/09/01	62	0,5598	0,6301	0,6636	0,5267	0,3409	0,4331	

TABELA B42: Valores de concentração de nitrato no terceiro ensaio

DATA	TO	ENSAIO 3				NITRATO (mg/L)			
		PFVA	SH	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
08/10/01	14	0,6219	0,1987	0,5557	0,4863	0,0550	0,0527	0,3596	0,5040
15/10/01	21	0,6194	0,8248	0,7191	0,6450	0,3050	0,5202	0,4885	0,5523
22/10/01	28	0,6869	0,7158	0,6986	0,5919	0,1727	0,4354	0,4834	0,5630
29/10/01	35	0,4722	0,5686	0,5425	0,5071	0,0949	0,3935	0,3315	0,5593
26/11/01	63	0,8384	8,2802	1,0890	0,7736	0,3023	4,9219	0,6898	0,8086
03/12/01	70	0,9165	0,9510	0,9827	0,6059	0,2840	0,7251	0,6930	0,8509
14/12/01	81	0,8444	1,0218	0,9315	0,4489	0,7372	0,5872	1,1215	0,0861
19/12/01	86	1,2133	1,3497	1,3497	1,3022	0,5882	1,0661	0,6953	1,0833
27/12/01	94	1,2697	1,2059	1,2059	0,9534	0,4881	0,9851	0,7615	1,1565

TABELA B43: Valores de concentração de nitrato no quarto ensaio

DATA	TO	ENSAIO 4				NITRATO (mg/L)			
		PFVA	SH	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
26/03/02	13	1,1974	0,7874	0,9273	0,9245	0,7512	0,6813	0,5402	0,6185
03/04/02	21	0,6948	0,8071	0,6576	0,6897	0,6511	0,5598	0,3776	0,5649
10/04/02	28	0,5691	0,6594	0,5816	0,5835	0,4396	0,4410	0,3972	0,5169
17/04/02	35	0,6413	0,7386	0,6478	0,6865	0,4508	0,5314	0,3814	0,4643
24/04/02	42	0,5425	0,6413	0,5281	0,5500	0,3278	0,4345	0,2724	0,4526
08/05/02	56	0,4238	0,6017	0,4686	0,4983	0,2868	0,3776	0,2435	0,3809
15/05/02	63	0,4699	0,6427	0,5020	0,5188	0,2253	0,4107	0,2612	0,3995

TABELA B44: Valores de concentração de nitrato no quinto ensaio

DATA	TO	ENSAIO 5				NITRATO (mg/L)			
		PFVA	SH	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
05/06/02	16	0,3483	0,5514	0,3200	0,3204	0,0879	0,3078	0,3315	0,5374
12/06/02	23	0,4461	0,6185	0,4335	0,4009	0,1531	0,3571	0,3311	0,4498
19/06/02	30	0,4508	0,6664	0,4042	0,4186	0,1527	0,3488	0,4307	0,4393
26/06/02	37	0,3884	0,6254	0,3627	0,3758	0,1364	0,3271	0,4140	0,5300
03/07/02	44	0,5532	0,7871	0,4512	0,4554	0,1764	0,3911	0,4112	0,5383
10/07/02	51	0,4675	0,6660	0,4540	0,4536	0,2272	0,4130	0,4866	0,6180
17/07/02	58	0,4233	0,6273	0,4037	0,3902	0,1210	0,3334	0,3390	0,5346
24/07/02	65	0,4778	0,6622	0,4149	0,4061	0,1284	0,4051	0,3348	0,5560
31/07/02	72	0,4471	0,6185	0,3986	0,3856	0,1233	0,3921	0,2798	0,4745
07/08/02	79	0,9901	0,7577	0,4750	0,4871	0,1527	0,3967	0,2966	0,5658
13/08/02	85	0,6155	0,7647	0,5360	0,4862	0,2547	0,3571	0,4261	0,5239

TABELA B45: Valores de concentrações de oxidantes no primeiro ensaio

ENSAIO 1		OXIDANTES
DATA	TO	DOSE O ₃ CONSUMIDA
	(d)	mg/L
21/05/01	33	3,7
22/05/01	34	3,9
25/05/01	37	3,0
27/05/01	39	3,9
28/05/01	40	2,8
30/05/01	42	2,7
31/05/01	43	3,7
02/06/01	45	3,1
05/06/01	48	9,5
06/06/01	49	3,8
10/06/01	53	6,4
12/06/01	55	3,7
13/06/01	56	1,2
14/06/01	57	1,4
15/06/01	57	1,5
20/06/01	62	0,9
21/06/01	63	0,9
23/06/01	65	0,9
24/06/01	66	0,8
25/06/01	67	1,6
26/06/01	68	1,7
27/06/01	69	1,7
28/06/01	70	2,2

TABELA B46: Valores de concentrações de oxidantes no segundo ensaio

ENSAIO - 2		OXIDANTES	
DATA	TO (d)	DOSE O ₃ CONSUMIDA	DOSE H ₂ O ₂ APLICADA
		mg/L	mg/L
22/07/01	16	2,9	-
24/07/01	18	3,4	-
25/07/01	19	1,7	-
26/07/01	20	1,7	0,1
27/07/01	21	1,7	0,1
28/07/01	22	1,8	0,1
29/07/01	23	1,8	0,1
30/07/01	24	1,7	0,1
31/07/01	25	1,7	0,1
01/08/01	26	1,7	0,1
02/08/01	27	1,6	0,1
03/08/01	28	1,8	0,2
04/08/01	29	1,8	-
05/08/01	30	1,9	0,3
06/08/01	31	1,9	0,3
07/08/01	32	1,7	0,3
08/08/01	33	1,7	-
09/08/01	34	1,9	0,2
10/08/01	35	1,7	0,2
11/08/01	36	1,7	0,0
12/08/01	37	1,8	0,2
13/08/01	38	1,8	0,5
14/08/01	39	1,8	0,5
15/08/01	40	1,8	0,5
16/08/01	41	1,7	0,7
17/08/01	42	1,8	0,7
18/08/01	43	1,7	1,0
19/08/01	44	1,8	1,0
20/08/01	45	1,8	1,2
21/08/01	46	1,8	1,0
22/08/01	47	1,8	1,0
23/08/01	48	1,8	1,0
24/08/01	49	1,8	-
25/08/01	50	1,8	-
26/08/01	51	1,8	-
27/08/01	52	1,8	-
28/08/01	53	1,8	0,5
29/08/01	54	1,8	0,5
30/08/01	55	1,8	0,7
01/09/01	57	1,8	0,8
02/09/01	58	1,8	0,7
03/09/01	59	1,8	0,7
04/09/01	60	1,8	0,7
05/09/01	61	1,9	0,7

TABELA B47: Valores de concentrações de oxidantes no terceiro ensaio

ENSAIO - 3				ENSAIO - 3			
OXIDANTES				OXIDANTES			
DATA	TO	DOSE O ₃ CONSUMID/	DOSE H ₂ O ₂ APLICADA	DATA	TO	DOSE O ₃ CONSUMID/	DOSE H ₂ O ₂ APLICADA
	(d)	mg/L	mg/L		(d)	mg/L	mg/L
02/10/01	9	5,8	0,6	22/11/01	59	3,9	-
04/10/01	10	5,8	0,3	23/11/01	60	3,9	-
05/10/01	11	2,4	0,4	24/11/01	61	3,6	0,2
06/10/01	12	1,8	0,4	25/11/01	62	3,6	0,2
09/10/01	15	1,9	0,4	26/11/01	63	3,6	0,2
11/10/01	17	1,8	0,7	27/11/01	64	3,6	0,2
13/10/01	19	2,0	0,7	28/11/01	65	3,6	0,2
16/10/01	22	1,9	0,7	29/11/01	66	3,4	0,2
19/10/01	25	2,0	0,7	30/11/01	67	3,7	-
23/10/01	29	2,0	0,7	01/12/01	68	3,7	-
25/10/01	31	2,0	0,7	02/12/01	69	3,7	-
26/10/01	32	2,0	0,4	03/12/01	70	3,7	-
27/10/01	33	2,0	0,2	04/12/01	71	3,7	-
29/10/01	35	2,0	0,2	05/12/01	72	3,7	-
30/10/01	36	2,0	0,2	06/12/01	73	3,7	-
31/10/01	37	2,0	0,2	07/12/01	74	3,7	-
01/11/01	38	2,2	-	08/12/01	75	3,7	-
02/11/01	39	2,2	-	09/12/01	76	3,7	-
03/11/01	40	2,2	-	10/12/01	77	3,7	-
04/11/01	41	2,3	-	11/12/01	78	3,7	-
05/11/01	42	2,3	-	12/12/01	79	3,7	-
06/11/01	43	2,3	-	13/12/01	80	3,7	-
07/11/01	44	2,2	-	14/12/01	81	3,7	-
08/11/01	45	3,5	-	15/12/01	82	3,7	-
09/11/01	46	3,5	-	16/12/01	83	3,7	-
10/11/01	47	3,7	-	17/12/01	84	3,7	-
11/11/01	48	3,9	-	18/12/01	85	3,7	-
12/11/01	49	3,9	-	19/12/01	86	3,7	-
13/11/01	50	3,9	-	20/12/01	87	3,7	-
14/11/01	51	3,9	-	21/12/01	88	3,7	-
15/11/01	52	3,9	-	22/12/01	89	3,7	-
16/11/01	53	3,9	-	23/12/01	90	3,7	-
17/11/01	54	3,9	-	24/12/01	91	3,7	-
18/11/01	55	3,9	-	25/12/01	92	3,7	-
19/11/01	56	3,9	-	26/12/01	93	3,7	-
20/11/01	57	3,9	-	27/12/01	94	3,7	-
21/11/01	58	3,9	-				

TABELA B48: Valores de concentrações de oxidantes no quarto ensaio

ENSAIO - 4		OXIDANTES	
DATA	TO (d)	DOSE O ₃ CONSUMIDA	DOSE H ₂ O ₂ APLICADA
		(mg/L)	(mg/L)
20/03/02	7	3,2	-
21/03/02	8	3,6	-
22/03/02	9	2,4	-
23/03/02	10	2,9	-
24/03/02	11	2,1	-
25/03/02	12	2,2	-
26/03/02	13	2,2	-
27/03/02	14	2,2	-
28/03/02	15	2,2	-
31/03/02	18	1,9	-
01/04/02	19	2,1	-
02/04/02	20	1,7	-
03/04/02	21	2,3	-
04/04/02	22	2,7	-
05/04/02	23	1,8	-
06/04/02	24	1,8	-
07/04/02	25	2,2	-
08/04/02	26	1,9	-
09/04/02	27	1,5	-
10/04/02	28	1,6	-
11/04/02	29	1,7	-
12/04/02	30	1,8	-
13/04/02	31	1,8	-
14/04/02	32	1,6	-
15/04/02	33	1,6	-
16/04/02	34	1,4	-
17/04/02	35	1,4	-
18/04/02	36	1,4	-
19/04/02	37	1,4	-
20/04/02	38	1,5	-
21/04/02	39	1,6	-
22/04/02	40	1,6	-
23/04/02	41	1,2	-
24/04/02	42	1,2	-
25/04/02	43	1,3	-
26/04/02	44	1,2	0,1
27/04/02	45	1,3	0,1
28/04/02	46	1,2	0,1
29/04/02	47	1,2	0,1
30/04/02	48	1,2	0,1
01/05/02	49	1,4	0,1
02/05/02	50	1,3	0,1
03/05/02	51	1,2	0,1
04/05/02	52	1,3	0,1
05/05/02	53	1,4	0,1
06/05/02	54	1,2	0,1
07/05/02	55	1,3	0,1
08/05/02	56	1,4	0,1
09/05/02	57	1,3	0,1
10/05/02	58	1,4	0,1
11/05/02	59	1,3	0,1
12/05/02	60	1,4	0,1
13/05/02	61	1,3	0,1
14/05/02	62	1,1	0,1
15/05/02	63	1,2	0,1
16/05/02	64	1,3	0,1
17/05/02	65	1,3	0,1

TABELA B49: Valores de concentrações de oxidantes no quinto ensaio

ENSAIO - 5				ENSAIO - 5			
		OXIDANTES				OXIDANTES	
DATA	TO	DOSE O ₃	DOSE H ₂ O ₂	DATA	TO	DOSE O ₃	DOSE H ₂ O ₂
		CONSUMID/ mg/L	APLICADA mg/L			CONSUMID/ mg/L	APLICADA mg/L
20/05/02	0	-	-	04/07/02	45	1,2	0,1
21/05/02	1	-	-	05/07/02	46	0,9	0,1
22/05/02	2	-	-	06/07/02	47	0,5	0,1
23/05/02	3	-	-	07/07/02	48	0,7	0,1
24/05/02	4	-	-	08/07/02	49	0,4	0,1
25/05/02	5	-	-	09/07/02	50	1,1	0,1
26/05/02	6	-	-	10/07/02	51	0,9	0,1
27/05/02	7	1,2	-	11/07/02	52	0,7	0,1
28/05/02	8	1,2	-	12/07/02	53	0,8	0,1
29/05/02	9	1,2	-	13/07/02	54	0,9	0,1
30/05/02	10	1,2	-	14/07/02	55	0,7	0,1
31/05/02	11	1,2	-	15/07/02	56	0,9	0,1
01/06/02	12	1,3	-	16/07/02	57	0,9	0,1
02/06/02	13	1,2	-	17/07/02	58	1,8	0,1
03/06/02	14	1,1	-	18/07/02	59	0,8	0,1
04/06/02	15	1,2	-	19/07/02	60	1,5	0,2
05/06/02	16	1,2	-	20/07/02	61	1,3	0,2
06/06/02	17	1,2	-	21/07/02	62	1,5	0,2
07/06/02	18	1,3	-	22/07/02	63	1,1	0,2
08/06/02	19	1,2	-	23/07/02	64	1,2	0,2
09/06/02	20	1,2	-	24/07/02	65	1,3	0,2
10/06/02	21	1,1	-	25/07/02	66	1,3	0,2
11/06/02	22	1,1	-	26/07/02	67	1,1	0,4
12/06/02	23	1,1	-	27/07/02	68	1,6	0,4
13/06/02	24	0,8	-	28/07/02	69	1,4	0,4
14/06/02	25	2,1	-	29/07/02	70	1,1	0,4
15/06/02	26	1,7	-	30/07/02	71	1,1	0,4
16/06/02	27	1,2	-	31/07/02	72	1,2	0,4
17/06/02	28	1,4	-	01/08/02	73	1,1	0,6
18/06/02	29	1,3	-	02/08/02	74	1,4	0,6
19/06/02	30	1,3	-	03/08/02	75	1,6	0,6
20/06/02	31	1,2	-	04/08/02	76	1,9	0,6
21/06/02	32	1,7	-	05/08/02	77	1,5	0,6
22/06/02	33	1,4	-	06/08/02	78	1,5	0,6
23/06/02	34	1,4	-	07/08/02	79	1,5	0,6
24/06/02	35	1,5	-	08/08/02	80	1,4	0,4
25/06/02	36	1,5	-	09/08/02	81	1,3	0,4
26/06/02	37	1,2	-	10/08/02	82	1,5	0,4
27/06/02	38	1,0	0,1	11/08/02	83	1,7	0,4
28/06/02	39	1,6	0,1	12/08/02	84	1,9	0,4
29/06/02	40	1,8	0,1	13/08/02	85	1,5	0,4
30/06/02	41	1,6	0,1	14/08/02	86	2,2	0,4
01/07/02	42	1,4	0,1	15/08/02	87	2,5	0,4
02/07/02	43	1,4	0,1	16/08/02	88	1,6	0,4
03/07/02	44	1,8	0,1	17/08/02	89	1,2	0,4
				18/08/02	90	1,5	0,4

TABELA B50: Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no primeiro ensaio

ENSAIO - 1		OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)						
DATA	TO	AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2
07/05/01	19	8,5	8,6	-	-	1,8	8,7	2,7
15/05/01	27	8,1	8,5	1,0	-	1,0	8,5	4,7
23/05/01	35	8,1	8,2	1,0	0,5	1,6	8,4	6,0
30/05/01	42	8,1	8,1	8,1	8,1	2,9	8,1	5,6
06/06/01	49	8,2	8,3	8,3	8,2	3,1	8,2	2,7

TABELA B51: Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no segundo ensaio

ENSAIO - 2		OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)							
DATA	TO	AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
20/07/01	14	7,9	8,0	-	-	2,7	8,0	5,3	8,0
24/07/01	18	8,0	7,8	7,8	8,4	2,5	8,5	5,6	8,3
31/07/01	25	8,4	8,4	8,4	8,4	3,4	8,0	5,5	8,0
07/08/01	32	8,3	8,2	8,3	8,3	2,9	8,3	2,6	8,0
21/08/01	46	8,6	8,4	9,1	23,2	3,7	11,1	3,2	8,0
28/08/01	53	8,0	7,9	8,0	28,0	3,5	8,0	2,7	8,0
06/09/01	62	8,0	8,0	8,0	30,4	4,0	10,6	-	-

TABELA B52: Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no terceiro ensaio

ENSAIO - 3		OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)								
DATA	TO	AB	PFVA	SH	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
08/10/01	14		8,0	7,7	8,0	8,0	2,2	8,0	2,4	7,3
15/10/01	21		7,8	7,4	7,8	7,8	2,7	7,8	2,9	7,3
22/10/01	28	7,7	7,7	7,5	7,7	8,0	3,6	8,0	2,8	7,6
29/10/01	35	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	3,2	7,6	3,2	7,3
26/11/01	63	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	2,0	7,3	2,1	6,2
03/12/01	70	7,4	7,6	7,8	7,9	7,9	2,1	7,9	2,8	7,0
14/12/01	81	7,8	7,4	7,5	7,8	7,8	2,0	7,8	2,6	7,1
19/12/01	86	7,4	7,0	6,9	7,3	7,3	2,3	7,3	2,7	6,2

TABELA B53: Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no quarto ensaio

ENSAIO - 4		OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)								
DATA	TO	AB	PFVA	SH	MF	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
03/04/02	21	7,5	7,6	7,5	7,5	7,5	3,2	7,5	3,2	7,4
10/04/02	28	7,2	7,4	7,8	7,8	7,4	3,1	7,8	3	7,8
17/04/02	35	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	2,9	7,5	2,7	7,5
24/04/02	42	7,3	7,3	7,5	7,5	7,5	2,8	7,5	2,7	7,5
08/05/02	56	6,9	6,9	7,8	7,8	7,8	2,7	7,8	2,5	7,8
15/05/02	63	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	3,1	7,7	2,9	7,7

TABELA B54: Valores de concentrações de oxigênio dissolvido no quinto ensaio

ENSAIO - 5		OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)								
DATA	TO	AB	PFVA	SH	MF	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
05/06/02	16	8,0	8,0	8,0	8,1	8,1	5,4	8,1	5,7	8,0
12/06/02	23	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	2,4	7,8	2,9	7,8
19/06/02	30	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	3,0	8,1	3,2	8,1
26/06/02	37	8,3	8,3	8,2	8,3	8,3	3,2	8,3	2,9	8,3
03/07/02	44	8,3	8,3	8,3	8,3	8,2	2,5	8,3	3,1	8,3
10/07/02	51	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	3,0	9,1	3,0	9,1
17/07/02	58	8,6	8,4	8,7	8,6	8,6	2,8	8,6	3,1	7,8
24/07/02	65	8,4	8,4	8,4	8,4	8,3	6,4	8,3	6,2	8,3
31/07/02	72	8,2	8,2	8,1	8,1	8,1	3,4	8,2	3,3	8,2
07/08/02	79	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	3,6	8,0	3,5	7,6
13/08/02	85	7,9	7,6	7,8	7,8	7,8	3,1	7,8	2,9	7,1

TABELA B55: Valores de concentrações de oxigênio consumido no primeiro ensaio

ENSAIO - 1		OXIGÊNIO CONSUMIDO (mg/L)						
DATA	TO	AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2
07/05/01	19	4,40	2,05	-	-	0,70	0,90	0,10
15/05/01	27	2,40	1,95	-	-	0,60	2,10	2,55
23/05/01	35	5,20	1,00	1,00	0,45	0,80	0,15	0,75
30/05/01	42	1,85	1,55	1,10	1,55	1,00	1,60	0,25
06/06/01	49	2,00	1,10	1,10	0,75	0,20	0,55	0,30

TABELA B56: Valores de concentrações de oxigênio consumido no segundo ensaio

ENSAIO - 2		OXIGÊNIO CONSUMIDO (mg/L)							
DATA	TO	AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
20/07/01	14	1,55	1,25	-	-	0,50	0,75	0,00	0,70
24/07/01	18	1,90	2,00	2,00	1,85	0,25	0,50	0,25	0,90
31/07/01	25	1,60	1,10	1,20	0,80	0,75	0,40	0,00	0,90
07/08/01	32	1,80	1,00	1,20	0,80	0,40	0,40	0,25	0,70
21/08/01	46	1,70	1,05	1,55	1,15	0,20	0,50	0,35	1,04
28/08/01	53	1,70	0,85	1,05	0,95	0,00	0,40	0,00	2,20
06/09/01	62	2,00	1,05	1,05	1,05	0,20	0,55	-	-

TABELA B57: Valores de concentrações de oxigênio consumido no terceiro ensaio

ENSAIO - 3		OXIGÊNIO CONSUMIDO (mg/L)							
DATA	TO	PFVA	SH	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
08/10/01	14	2,40	0,70	1,15	0,70	1,25	2,00	1,10	1,90
15/10/01	21	1,85	1,95	2,25	2,05	0,30	0,50	0,65	1,80
22/10/01	28	2,20	4,80	0,45	0,05	0,45	1,10	0,90	0,55
29/10/01	35	1,70	1,45	3,20	2,15	0,30	0,85	0,40	1,45
26/11/01	63	4,61	3,05	9,35	2,05	0,40	1,35	0,45	2,35
03/12/01	70	1,55	3,55	3,50	2,75	0,75	2,00	1,05	2,90
14/12/01	81	2,65	2,80	2,35	2,45	0,60	1,15	1,35	2,60
19/12/01	86	4,10	4,70	4,60	3,60	1,00	2,35	0,60	3,20
27/12/01	94	5,15	1,65	0,55	1,10	0,65	0,20	0,75	1,63

TABELA B58: Valores de concentrações de oxigênio consumido no quarto ensaio

ENSAIO - 4		OXIGÊNIO CONSUMIDO (mg/L)							
DATA	TO	PFVA	SH	MF	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
26/03/02	14	3,85	2,95	2,25	2,50	0,65	1,80	0,55	1,50
03/04/02	21	1,55	2,45	1,45	1,90	0,20	0,70	0,45	0,75
05/04/02	23	1,30	2,30	1,50	1,75	0,10	0,55	nd	0,55
08/04/02	26	1,35	0,85	0,85	0,90	0,15	0,55	0,35	0,55
10/04/02	28	1,85	2,50	1,75	1,95	0,40	0,95	0,30	0,80
15/04/02	33	2,35	2,25	1,55	1,55	0,65	0,85	0,80	1,10
17/04/02	35	1,40	2,00	1,45	0,75	0,10	0,55	0,30	0,50
24/04/02	42	1,35	1,70	1,40	1,60	0,10	0,60	0,25	0,50
06/05/02	54	0,85	1,65	0,70	1,25	nd	0,20	nd	0,20
08/05/02	56	0,90	1,95	1,15	1,45	0,35	0,45	0,15	0,55
15/05/02	63	0,80	1,90	1,10	1,10	0,10	0,40	0,20	0,60

TABELA B59: Valores de concentrações de oxigênio consumido no quinto ensaio

ENSAIO - 5		OXIGÊNIO CONSUMIDO (mg/L)							
DATA	TO	PFVA	SH	MF	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
05/06/02	16	1,00	2,00	0,70	0,80	0,10	0,40	0,70	1,75
12/06/02	23	0,80	2,10	0,80	0,90	0,30	0,30	0,60	1,70
19/06/02	30	0,55	1,75	0,45	0,75	0,00	0,55	0,50	1,75
26/06/02	37	0,70	1,60	0,60	0,80	0,10	0,30	0,70	1,40
03/07/02	44	0,90	1,80	0,30	0,70	0,10	0,20	0,60	1,20
10/07/02	51	1,80	2,70	1,80	1,70	1,20	1,50	1,80	2,60
17/07/02	58	0,60	1,60	0,60	0,50	0,00	0,10	0,40	1,10
24/07/02	65	1,70	1,80	1,50	1,30	0,00	0,00	0,40	1,10
31/07/02	72	1,30	2,20	0,90	1,10	1,70	0,40	0,90	0,30
07/08/02	79	2,00	2,80	0,50	1,60	0,10	0,90	0,70	2,50
13/08/02	85	1,40	1,80	1,10	1,10	0,70	0,40	0,80	1,00

TABELA B60: Valores das leituras piezométricas e taxa de aplicação no primeiro ensaio

ENSAIO - 1		PERDA DE CARGA (m)												TAXA APLICADA		
DATA	T O	FLC1				FLA1				FLC2				m/d		
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	FLC1	FLA1	FLC2
23/04/01	5	0,5	0,5	0,5	0,7	1,0	1,0	1,0	1,5	1,1	1,5	1,5	1,8	0,8	1,5	1,1
25/04/01	7	0,1	0,4	0,5	0,7	1,0	1,0	1,0	1,3	1,5	1,5	1,6	2,0	2,0	2,0	1,7
27/04/01	9	0,4	0,9	1,0	1,4	0,9	1,1	1,2	1,8	2,0	2,1	2,6	3,1	1,7	2,1	2,2
30/04/01	12	0,7	1,2	1,3	1,5	0,9	1,1	1,1	1,5	2,0	2,1	2,6	2,6	2,2	2,0	2,0
02/05/01	14	0,6	1,0	1,2	1,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,5	2,7	2,0	2,3	2,2
03/05/01	15	0,6	1,0	1,2	1,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,5	2,7	2,0	2,3	2,2
04/05/01	16	0,8	1,5	1,9	2,5	1,0	1,4	1,5	2,4	1,9	1,9	2,5	3,2	2,9	2,9	2,9
07/05/01	19	0,9	2,0	2,8	3,8	1,3	1,6	1,8	3,0	1,9	1,9	2,9	4,5	4,0	3,6	3,6
08/05/01	20	0,9	2,0	2,8	3,8	1,0	1,1	1,5	2,6	0,6	0,6	3,2	5,0	3,8	3,8	4,0
09/05/01	21	1,1	2,1	2,7	3,5	1,4	2,1	2,3	3,6	2,2	2,3	3,1	4,6	3,8	3,8	3,5
10/05/01	22	0,7	1,8	2,6	3,6	1,2	1,3	1,8	3,0	2,1	2,3	3,2	5,1	4,0	4,0	3,9
11/05/01	23	0,9	1,9	2,6	3,7	1,0	1,2	1,8	3,1	2,1	2,2	3,4	5,6	4,0	4,0	4,0
12/05/01	24	0,9	2,1	2,9	4,3	0,9	1,3	1,5	2,8	1,9	2,0	3,0	5,0	4,2	3,3	4,0
13/05/01	25	0,9	2,1	2,9	3,3	0,8	1,0	1,3	2,5	1,7	1,8	3,0	4,9	4,1	3,0	4,1
14/05/01	26	0,7	2,1	2,6	4,0	0,8	0,9	1,0	2,2	2,0	2,1	3,1	6,7	3,5	2,7	4,3
15/05/01	27	0,9	2,1	3,0	4,8	0,5	0,7	1,0	2,4	1,6	1,7	3,0	7,3	3,9	2,5	3,9
16/05/01	28	1,0	2,0	2,8	4,6	1,2	1,6	1,7	3,7	1,8	2,0	3,2	7,6	3,9	3,9	3,9
17/05/01	29	0,9	0,5	2,6	4,6	1,0	1,4	1,5	3,3	2,0	2,0	3,0	7,7	3,7	3,7	3,9
18/05/01	30	0,9	1,1	3,0	5,9	0,9	1,2	1,7	4,4	1,9	1,9	3,0	8,6	4,0	4,0	4,0
19/05/01	31	0,9	1,0	3,6	6,4	0,9	1,2	1,7	4,5	1,9	1,9	2,7	9,3	3,9	3,9	3,9
20/05/01	32	0,9	1,0	3,2	7,0	1,0	1,4	1,7	4,6	1,7	1,7	2,9	9,5	4,0	4,0	3,9
21/05/01	33	0,9	1,1	3,2	7,5	1,1	1,5	1,8	4,6	1,7	1,8	3,0	9,6	3,8	4,1	4,2
22/05/01	34	0,9	1,2	3,2	7,9	1,1	1,6	1,8	4,8	1,7	1,8	3,2	9,8	3,8	4,0	4,0
23/05/01	35	0,6	1,6	2,6	7,0	1,0	1,6	2,0	5,9	1,9	2,0	3,1	9,7	3,1	5,0	4,0
24/05/01	36	0,8	1,5	2,2	6,6	1,2	1,8	2,2	6,5	1,5	1,5	3,0	10,0	2,6	5,2	4,1
25/05/01	37	1,0	2,8	3,7	9,6	1,0	1,5	1,7	5,0	1,9	2,0	3,0	10,0	4,0	4,0	4,0
26/05/01	38	0,9	2,7	3,7	10,0	1,0	1,2	1,9	5,3	1,9	2,0	3,0	9,6	4,1	3,9	4,0
27/05/01	39	0,9	2,1	3,6	11,0	1,9	1,9	3,0	9,5	1,0	1,2	1,7	5,7	4,0	4,0	4,0
28/05/01	40	0,9	2,0	3,7	11,8	1,2	1,5	1,9	6,5	1,8	1,9	3,1	9,5	4,0	3,9	4,0
29/05/01	41	1,1	2,0	3,8	13,0	1,4	2,0	2,1	7,6	1,8	1,9	3,2	9,4	4,1	3,9	4,1
30/05/01	42	0,9	2,1	2,7	14,4	1,4	1,8	2,1	9,0	1,9	2,0	3,1	9,0	4,0	3,9	4,0
31/05/01	43	0,8	1,5	3,9	14,7	0,8	1,0	1,2	8,3	1,9	2,0	3,1	8,5	3,2	3,3	3,9
01/06/01	44	0,9	6,1	7,9	16,2	1,0	1,5	1,8	11,0	1,8	1,9	3,2	8,2	3,9	4,0	4,0
02/06/01	45	0,9	2,6	4,0	16,3	1,0	1,4	1,8	12,5	1,9	2,0	3,2	8,2	3,8	3,9	3,9
03/06/01	46	1,2	3,2	4,7	15,0	3,0	3,4	3,8	16,5	2,0	2,1	3,4	8,3	4,4	3,7	4,0
04/06/01	47	0,7	2,1	3,2	12,0	2,5	2,9	3,3	19,5	2,0	2,1	3,2	8,3	3,1	4,5	3,7
05/06/01	48	0,8	2,1	3,2	10,3	3,1	3,1	3,5	21,1	2,0	2,2	3,4	8,8	2,9	4,3	3,7
06/06/01	49	0,9	3,0	4,1	9,1	2,5	2,9	3,1	19,8	1,2	1,5	3,6	9,2	3,6	3,5	4,3
07/06/01	50	0,9	3,2	4,4	9,3	2,3	2,6	3,0	21,3	2,3	2,4	3,8	9,3	3,9	3,9	3,9
08/06/01	51	1,1	3,5	4,5	8,6	2,2	2,7	3,0	12,9	2,2	2,3	3,6	9,5	3,9	3,9	3,5
09/06/01	52	1,0	3,5	4,6	8,3	2,3	2,8	3,0	24,6	2,1	2,2	3,5	10,0	3,7	3,7	3,7
10/06/01	53	1,0	3,2	4,2	7,0	1,2	1,6	1,6	8,0	2,1	2,2	3,1	8,9	3,2	1,7	2,9
11/06/01	54	1,1	4,0	5,2	9,6	1,2	1,6	1,8	29,0	2,2	2,3	3,5	12,3	4,0	3,9	4,0
12/06/01	55	1,0	4,1	5,3	9,8	1,2	1,6	1,9	30,4	2,0	2,0	3,5	13,1	4,0	4,1	4,0
13/06/01	56	1,0	4,1	5,1	10,1	1,0	1,4	1,8	32,5	1,8	1,8	3,4	16,4	4,0	4,0	4,0
14/06/01	57	0,7	4,0	4,8	10,0	1,0	1,1	1,5	35,6	2,0	2,0	3,5	14,3	4,0	4,0	3,9
15/06/01	58	0,8	3,9	5,0	10,4	1,1	1,5	1,8	35,1	2,0	2,0	3,6	15,1	3,9	3,9	4,0
16/06/01	59	0,7	4,0	5,1	10,9	1,0	1,1	1,7	39,0	2,0	2,0	3,3	17,0	4,0	4,0	4,0
17/06/01	60	0,9	4,6	5,7	12,9	1,0	1,3	1,7	44,8	2,5	2,6	4,0	20,0	3,8	3,9	3,9
18/06/01	61	1,0	5,4	6,3	15,3	1,1	1,4	1,7	50,0	2,5	2,6	3,9	23,3	3,9	3,7	3,8
19/06/01	62	0,7	5,2	6,2	16,5	1,0	1,4	1,6	54,0	2,4	2,7	3,9	27,3	3,5	3,5	3,7
20/06/01	63	1,0	5,6	7,0	20,0	0,7	1,0	1,5	58,0	2,3	2,5	3,8	29,4	3,8	3,7	3,7
21/06/01	64	0,5	6,0	7,6	23,0	0,8	1,1	1,6	63,2	2,5	2,7	4,2	33,5	4,0	3,7	3,6
22/06/01	65	0,8	6,5	8,0	25,5	1,2	1,4	1,9	68,8	2,7	2,8	4,1	37,2	4,0	3,8	3,7
23/06/01	66	0,9	5,8	7,8	26,4	1,0	1,3	1,8	71,0	2,4	2,5	4,0	38,0	4,0	3,8	3,8
24/06/01	67	1,0	7,4	7,8	29,7	1,3	1,5	1,9	76,8	2,4	2,5	3,8	39,0	4,3	3,8	3,8
25/06/01	68	1,0	7,1	8,3	30,6	0,9	1,2	1,6	78,4	2,2	2,4	3,7	40,3	4,0	4,0	3,8
26/06/01	69	0,9	7,8	9,0	33,7	1,0	1,5	1,7	82,2	2,3	2,4	3,8	41,2	4,1	4,1	3,9
27/06/01	70	0,9	8,0	10,4	36,9	1,0	1,4	1,8	89,3	2,3	2,5	4,0	47,3	4,0	3,8	4,1
28/06/01	71	0,9	9,3	11,0	41,0	1,3	1,3	1,7	91,2	2,0	2,3	3,8	50,1	4,1	3,5	4,0
29/06/01	72	0,9	10,9	13,3	48,5	0,8	0,9	1,1	100,0	2,2	2,3	4,0	53,2	5,4	2,5	4,2

TABELA B61: Valores das leituras piezométricas e taxa de aplicação no segundo ensaio

ENSAIO - 2		PERDA DE CARGA (m)																TAXA APLICADA			
DATA	TO	FLC1				FLA1				FLC2				FLA2				m/d			
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
07/07/01	1	0,0	0,4	0,5	0,7	0,0	0,2	0,2	1,5	0,5	0,5	0,8	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,7	0,5
09/07/01	3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,6	1,2	2,5	0,2	0,4	0,5	1,0	0,4	0,5	1,4	0,1
10/07/01	4	0,5	0,7	0,8	1,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,2	0,4	1,0	2,5	0,4	0,6	0,7	1,1	0,5	0,5	1,4	1,1
11/07/01	5	0,7	2,5	2,7	3,5	0,8	1,0	1,0	2,8	1,2	1,0	2,0	5,2	1,5	1,5	1,0	2,7	1,7	1,7	2,9	1,3
12/07/01	6	0,2	0,2	0,7	0,8	0,0	0,0	0,0	1,2	0,6	0,6	2,1	1,9	0,2	0,2	0,2	1,8	0,5	0,5	1,0	0,7
15/07/01	9	0,9	4,0	4,5	5,7	1,0	1,2	1,5	10,8	1,5	1,5	2,8	15,4	0,7	0,7	1,0	2,2	2,2	2,6	4,1	1,9
16/07/01	10	1,0	5,1	5,7	7,4	1,1	1,3	1,7	14,2	1,4	1,4	2,4	18,7	0,6	1,0	1,7	2,5	3,1	3,6	4,5	1,9
17/07/01	11	1,0	5,4	6,1	8,0	1,1	1,3	1,7	16,4	1,4	1,4	3,0	21,5	0,5	1,0	1,7	2,6	3,1	3,5	4,4	2,0
19/07/01	13	1,4	7,2	8,2	10,7	0,9	1,2	1,5	18,4	1,0	1,0	2,6	24,1	1,0	1,0	1,7	4,8	4,0	4,0	3,9	3,8
20/07/01	14	0,9	6,4	7,5	10,3	0,9	1,1	1,5	19,0	1,0	1,0	2,9	25,3	1,0	1,0	1,7	5,2	3,9	3,9	3,9	3,7
21/07/01	15	0,9	6,4	7,4	10,4	0,9	1,1	1,5	20,0	1,0	1,0	3,0	26,6	1,0	1,0	1,5	5,3	4,0	4,0	4,0	3,7
22/07/01	16	0,9	6,8	7,5	11,2	0,9	1,2	1,5	23,4	1,0	1,0	2,8	27,8	1,0	1,0	1,4	5,3	3,9	3,9	4,0	3,7
24/07/01	18	1,0	4,7	8,7	13,8	0,9	1,1	1,6	32,3	1,0	1,0	3,0	33,3	1,0	1,1	1,5	6,2	3,7	3,8	4,0	3,7
25/07/01	19	1,0	3,0	6,8	11,6	0,6	0,8	1,2	32,5	1,0	1,0	2,7	33,9	1,0	1,0	1,7	7,0	2,8	2,9	3,9	4,0
26/07/01	20	0,9	6,3	7,6	13,2	1,0	1,3	1,7	40,4	1,0	1,0	2,8	35,5	1,0	1,1	1,7	6,3	3,2	4,2	4,0	4,0
27/07/01	21	1,1	9,0	10,6	19,5	0,5	0,7	0,8	35,7	1,0	1,0	2,8	37,0	1,0	1,0	1,6	6,1	5,1	2,8	4,0	4,0
28/07/01	22	1,0	6,2	10,0	18,0	0,7	1,0	1,5	46,3	1,0	1,0	3,0	40,0	1,1	1,2	1,7	5,5	3,7	3,8	3,9	3,8
29/07/01	23	1,1	6,5	9,8	18,0	1,0	1,5	1,8	44,5	1,5	1,7	3,5	40,7	1,2	1,3	1,8	5,1	3,8	3,8	4,1	3,9
30/07/01	24	1,3	7,0	10,2	19,2	1,1	1,3	1,8	53,5	1,5	1,5	3,1	42,9	1,2	1,3	1,8	4,9	3,6	4,3	4,0	3,7
31/07/01	25	0,9	8,0	11,1	21,8	0,8	1,0	1,5	54,8	1,0	1,0	2,9	43,5	1,0	1,0	1,7	4,1	3,9	3,9	3,8	3,9
01/08/01	26	1,0	9,7	12,6	24,0	1,2	1,5	2,0	58,5	1,0	1,0	3,0	44,5	1,3	1,4	1,8	4,1	4,0	4,1	3,9	3,9
02/08/01	27	0,9	9,0	12,2	24,5	0,9	1,1	1,5	59,5	0,6	1,2	3,0	46,5	1,1	1,1	1,5	3,5	3,8	4,0	3,9	4,0
03/08/01	28	0,9	10,3	13,3	26,4	1,1	1,5	1,9	61,3	0,6	0,8	3,0	47,2	1,0	1,1	1,6	3,3	3,9	4,0	3,9	3,9
04/08/01	29	0,9	11,0	13,9	27,8	1,0	1,5	2,0	61,2	1,2	1,2	2,9	47,9	1,0	1,0	1,5	3,2	3,9	3,9	3,8	3,9
05/08/01	30	0,9	12,1	14,9	29,5	1,0	1,5	2,0	61,6	1,2	0,8	2,9	48,8	1,0	1,1	1,6	3,1	3,9	4,0	3,8	3,9
06/08/01	31	1,0	13,5	16,1	31,5	1,4	1,7	2,1	62,2	1,2	1,0	3,3	51,5	1,2	1,4	2,0	3,3	4,0	4,1	4,0	3,9
07/08/01	32	0,9	13,4	16,0	32,0	1,2	1,5	2,0	62,0	1,1	1,0	3,0	51,6	1,1	1,2	1,7	3,1	3,9	4,0	3,9	3,9
08/08/01	33	1,0	15,0	17,1	33,6	1,2	1,6	2,0	61,0	1,2	1,0	3,2	54,0	1,4	1,4	2,0	3,3	4,0	4,0	3,9	3,9
09/08/01	34	0,5	15,0	17,5	34,5	1,0	1,2	1,7	59,0	1,2	1,3	3,1	52,0	1,1	1,2	1,8	3,4	3,9	4,1	3,9	4,0
10/08/01	35	1,9	16,3	17,6	34,5	1,7	2,1	2,5	54,3	1,5	1,5	3,5	56,2	1,5	1,5	2,0	3,3	3,6	4,1	4,0	4,0
11/08/01	36	1,0	17,6	19,5	37,4	1,1	1,4	1,9	53,0	1,2	1,2	3,6	59,7	1,0	1,2	2,0	3,3	4,0	4,0	3,9	3,9
12/08/01	37	1,0	18,0	19,8	38,1	1,1	1,5	2,0	54,0	1,2	1,3	3,7	60,1	1,0	1,2	2,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0
13/08/01	38	1,0	18,0	19,8	39,0	1,2	1,5	1,8	42,8	1,5	1,3	3,5	59,9	1,1	1,2	2,0	3,4	3,9	4,1	3,9	4,0
14/08/01	39	1,2	16,7	20,5	40,5	1,0	1,4	1,9	37,0	1,4	1,3	3,5	62,0	1,0	1,1	2,0	3,4	3,9	4,0	3,8	4,0
15/08/01	40	1,0	10,0	11,0	26,0	0,5	0,6	1,5	21,0	1,0	1,0	2,0	37,0	1,5	1,6	2,2	3,4	1,8	2,9	1,3	4,2
17/08/01	42	0,9	22,0	23,3	46,3	1,4	1,8	2,2	26,9	1,3	1,0	3,3	67,8	1,1	1,2	1,9	3,6	4,1	4,3	3,6	4,0
18/08/01	43	1,0	20,5	21,5	43,8	1,1	1,6	1,9	21,6	1,5	1,5	3,5	64,1	1,3	1,4	2,0	3,6	3,9	4,0	3,8	4,3
20/08/01	45	1,2	23,0	24,3	48,0	1,3	1,5	1,9	17,5	1,5	1,3	3,5	69,6	1,4	1,4	2,2	3,8	3,8	3,8	3,6	4,2
21/08/01	46	1,1	24,0	25,3	51,0	1,0	1,4	1,7	15,9	1,9	1,9	4,2	74,0	1,2	1,3	2,1	4,0	3,7	3,8	3,8	4,1
22/08/01	47	1,3	25,0	26,2	51,5	1,1	1,4	1,8	13,0	2,0	2,0	4,4	75,3	1,2	1,3	2,2	4,0	3,7	3,9	3,8	4,1
23/08/01	48	1,5	23,3	26,2	52,1	1,1	1,4	1,8	12,0	2,1	2,1	4,3	72,0	1,1	1,2	2,1	4,0	3,7	3,9	3,9	4,2
25/08/01	50	1,5	22,0	23,2	41,5	1,2	1,5	1,9	8,5	1,3	2,3	4,8	83,8	1,2	1,2	2,0	3,5	3,7	3,9	3,9	4,2
26/08/01	51	1,0	24,2	25,2	45,2	1,3	1,3	1,6	7,6	2,4	2,4	4,8	90,0	1,4	1,4	2,2	3,8	3,7	3,9	3,9	4,2
27/08/01	52	1,0	27,8	29,0	51,8	1,0	1,4	1,5	8,3	2,3	2,3	4,8	90,5	1,3	1,3	2,2	3,8	3,7	3,8	4,0	3,7
28/08/01	53	1,0	28,3	29,6	52,0	1,0	1,1	1,5	7,9	2,3	2,3	4,8	89,8	1,2	1,3	2,2	3,9	3,5	3,7	4,0	3,7
29/08/01	54	0,8	36,2	38,0	52,6	1,0	1,0	1,7	7,8	2,2	2,2	4,8	94,0	1,1	1,1	2,1	4,0	3,9	3,9	3,9	4,0
30/08/01	55	0,5	28,8	30,0	44,0	1,0	1,2	1,8	7,2	2,0	2,0	4,8	92,5	1,1	1,1	2,1	4,0	3,9	3,9	4,0	3,7
31/08/01	56	0,5	31,0	33,0	48,0	1,0	1,2	1,5	6,6	2,5	2,5	5,5	102,0	1,1	1,1	3,0	3,5	3,9	3,9	4,0	3,7
01/09/01	57	1,1	33,6	35,0	49,1	1,0	1,2	1,5	6,0	-	-	-	-	1,1	1,2	2,4	4,4	4,1	4,1	0,0	3,7
02/09/01	58	1,2	34,1	35,5	47,0	1,4	1,7	1,9	5,8	-	-	-	-	1,3	1,4	2,4	4,4	4,1	3,9	0,0	3,7
03/09/01	59	1,2	34,5	36,0	46,0	1,0	0,0	1,7	5,6	-	-	-	-	1,4	1,5	2,6	4,8	4,0	3,7	0,0	3,8
04/09/01	60	0,6	35,5	37,0	46,0	1,0	0,0	1,5	5,0	-	-	-	-	1,2	1,3	2,5	5,0	4,0	3,8	0,0	3,9
05/09/01	61	0,7	34,4	35,5	43,5	1,2	0,0	1,5	5,1	-	-	-	-	1,2	1,3	2,6	5,1	3,7	3,8	0,0	3,9
06/09/01	62	0,5	37,0	37,6	48,0	0,7	0,7	1,5	5,5	-	-	-	-	1,2	1,2	2,6	5,2	3,9	3,9	0,0	3,9

TABELA B62: Valores das leituras piezométricas e taxa de aplicação no terceiro ensaio

ENSAIO - 3		PERDA DE CARGA (m)																TAXAS de APLICAÇÃO			
DATA	TO	FLC1				FLA1				FLC2				FLA2				m/d			
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
25/09/01	1	1,0	1,5	2,1	2,7	1,2	1,2	1,2	6,1	3,5	3,5	6,4	9,2	1,2	1,2	2,3	17,0	4,0	3,7	4,0	3,7
26/09/01	2	0,7	0,9	1,5	2,1	1,4	2,0	2,0	7,0	3,5	3,4	6,4	9,1	1,2	1,2	2,5	19,2	4,0	3,8	4,0	3,9
27/09/01	3	0,7	0,9	1,5	2,0	1,3	1,5	2,0	8,2	3,5	3,5	6,3	9,1	1,2	1,2	2,4	21,1	3,8	3,8	4,0	3,9
28/09/01	4	0,8	1,0	1,6	2,0	1,3	1,8	2,3	10,0	3,5	3,5	6,5	9,2	1,2	1,3	2,5	23,0	3,7	3,8	3,7	3,8
29/09/01	5	0,9	0,9	1,5	2,0	1,2	1,2	2,0	11,0	3,5	3,5	6,5	9,8	1,2	1,3	2,5	25,0	4,0	4,0	4,0	4,0
30/09/01	6	0,7	0,9	1,5	2,2	1,2	1,2	2,1	12,1	3,5	3,5	6,5	10,4	1,1	1,3	2,5	26,1	4,0	4,0	3,9	3,9
01/10/01	7	0,9	1,0	1,5	2,2	1,9	2,2	2,8	14,0	3,9	3,9	6,6	10,5	1,1	1,2	2,5	27,0	3,7	3,7	3,8	4,0
02/10/01	8	1,0	1,1	1,9	2,8	1,4	1,8	2,2	17,0	2,0	2,0	6,5	11,1	1,1	1,2	2,4	27,8	4,1	4,0	4,0	3,9
04/10/01	10	0,7	0,9	1,2	2,3	1,2	1,3	2,0	19,2	3,5	3,5	6,9	12,0	1,2	1,2	2,5	29,9	3,7	3,7	4,0	4,0
05/10/01	11	1,0	1,0	1,3	1,8	1,2	1,3	1,5	17,5	2,8	2,8	4,2	6,5	0,8	0,8	1,3	21,3	1,7	1,7	1,7	1,7
06/10/01	12	0,8	0,9	1,7	2,7	1,7	2,1	2,6	28,2	3,7	3,7	6,9	11,9	1,3	1,4	2,5	29,4	3,9	3,9	4,0	4,0
07/10/01	13	0,9	1,0	1,5	3,0	1,5	1,8	2,2	34,1	3,5	3,5	6,8	12,5	1,1	1,2	2,4	30,6	4,0	3,9	3,8	3,9
08/10/01	14	0,7	0,9	1,5	3,1	1,3	1,8	2,3	37,4	3,6	3,7	6,6	12,2	1,1	1,2	2,0	30,6	3,9	3,9	3,9	3,9
09/10/01	15	0,9	1,0	1,5	3,7	1,1	1,5	2,1	38,1	3,1	3,3	6,5	11,6	1,2	1,3	2,5	24,0	4,0	4,0	3,9	3,9
10/10/01	16	0,9	0,0	1,4	3,9	1,2	1,4	2,0	42,5	3,3	3,5	7,0	12,5	1,2	1,5	2,5	24,0	3,9	3,9	4,0	4,0
11/10/01	17	0,9	1,0	1,5	4,6	1,2	1,4	2,0	47,1	3,6	3,7	6,8	12,2	1,2	1,3	2,6	21,7	4,0	4,0	4,0	4,0
12/10/01	18	1,0	1,1	1,6	5,6	1,2	1,4	2,0	51,5	3,6	3,7	7,0	12,6	1,3	1,4	2,5	16,8	4,0	3,9	4,0	4,0
13/10/01	19	1,0	1,1	1,6	6,0	1,3	1,7	2,2	56,5	3,6	3,8	7,1	12,8	1,2	1,3	2,5	13,5	4,0	4,0	3,9	3,9
14/10/01	20	0,9	1,0	1,5	6,1	1,1	1,5	2,0	59,8	3,3	3,7	7,0	12,8	1,2	1,3	2,5	11,9	3,9	4,1	3,9	3,9
15/10/01	21	0,8	0,9	1,5	5,7	1,1	1,5	2,1	60,2	3,1	3,5	6,9	12,7	1,2	1,3	2,5	10,7	3,9	4,1	3,9	3,9
16/10/01	22	0,7	0,8	1,5	4,8	1,2	1,5	2,1	56,7	3,5	3,7	6,9	12,7	1,1	1,2	2,3	9,8	4,0	4,0	3,9	3,9
17/10/01	23	0,8	0,9	1,5	4,0	1,3	1,7	2,1	45,0	3,6	3,8	7,1	13,0	1,1	1,2	2,1	9,5	4,0	4,0	4,1	3,9
18/10/01	25	0,8	0,9	1,5	2,7	1,0	1,1	1,8	21,1	3,3	3,7	7,8	14,2	1,1	1,2	2,3	10,1	3,7	3,7	4,1	4,1
20/10/01	26	0,8	0,9	1,5	2,8	1,1	1,4	2,0	19,3	3,6	3,7	8,0	14,5	1,2	1,3	2,4	9,7	3,9	3,9	4,0	4,1
21/10/01	27	0,9	1,0	1,5	2,8	1,2	1,5	2,1	16,6	3,8	3,9	7,8	13,7	1,2	1,3	2,4	8,6	4,0	4,0	4,0	4,0
22/10/01	28	0,8	0,9	1,5	2,5	1,3	1,5	2,0	16,7	3,5	3,5	8,0	14,0	1,2	1,3	2,4	8,5	4,1	4,1	4,0	4,0
23/10/01	29	0,6	0,7	1,4	2,5	1,2	1,4	1,9	13,6	3,9	3,9	7,9	13,8	1,2	1,3	2,5	8,2	4,0	4,0	4,0	4,0
24/10/01	30	1,5	1,6	2,5	3,3	1,2	1,5	2,0	13,7	3,8	3,8	8,0	14,0	1,2	1,3	2,0	8,4	4,0	4,0	4,0	4,0
25/10/01	31	1,6	1,7	2,5	3,6	1,2	1,5	2,0	13,0	3,7	3,8	8,0	14,0	1,2	1,3	2,3	8,3	4,0	4,0	4,0	4,0
26/10/01	32	1,6	1,7	2,6	3,8	1,0	1,3	1,9	12,0	3,6	3,8	7,9	13,4	1,2	1,3	2,3	8,3	3,9	3,9	4,0	4,0
27/10/01	33	1,6	1,7	2,5	3,6	1,5	1,5	2,0	11,7	3,9	3,9	8,0	13,4	1,2	1,3	2,2	8,5	3,9	3,9	3,9	4,0
28/10/01	34	1,6	1,7	2,5	3,6	1,2	1,4	2,0	11,7	3,8	3,8	8,0	13,5	1,3	1,5	2,4	8,7	3,9	3,9	4,0	4,0
29/10/01	35	1,6	1,7	2,7	3,7	1,2	1,5	2,0	10,5	3,5	3,8	7,8	12,8	1,3	1,4	2,2	8,5	4,0	3,9	3,9	4,0
30/10/01	36	1,6	1,7	2,7	3,6	1,2	1,4	1,9	10,2	3,6	3,7	7,5	12,5	1,3	1,4	2,3	8,5	4,0	3,9	3,9	4,0
31/10/01	37	1,6	1,7	2,7	3,7	1,3	1,4	2,0	10,2	3,6	3,8	7,7	12,5	1,2	1,3	2,1	8,8	4,0	3,9	3,9	4,0
01/11/01	38	1,5	1,6	2,5	3,6	1,1	1,3	1,6	10,3	3,6	3,8	8,3	13,8	1,1	1,2	2,0	8,8	4,0	3,9	4,0	3,9
02/11/01	39	1,6	1,6	2,3	3,6	1,1	1,5	2,0	11,2	3,9	3,9	8,2	13,5	1,2	1,3	2,2	10,8	3,8	4,0	3,9	3,9
03/11/01	40	1,6	1,7	2,6	3,6	1,2	1,5	2,0	11,4	3,6	3,8	8,6	14,0	1,2	1,3	2,2	10,8	4,0	4,0	4,0	4,0
04/11/01	41	1,2	1,6	2,5	3,5	1,2	1,4	1,9	12,5	3,6	3,8	8,6	14,7	1,2	1,3	2,1	11,8	3,9	3,9	3,9	4,0
06/11/01	43	1,2	1,2	2,3	3,3	1,0	1,2	1,7	13,6	3,5	3,7	7,8	15,5	1,2	1,0	1,9	13,1	3,9	3,9	4,2	4,0
07/11/01	44	1,3	1,3	2,3	3,3	1,0	1,2	1,7	13,6	3,5	3,8	8,5	14,5	1,1	1,2	1,9	13,0	3,9	3,9	3,9	3,9
08/11/01	45	1,3	1,3	2,3	3,3	1,2	1,3	1,6	12,4	3,6	3,8	8,0	14,2	1,2	1,3	1,9	12,9	3,8	3,8	3,9	3,9
09/11/01	46	1,5	1,5	2,1	3,5	1,5	1,3	1,7	11,3	3,5	3,8	8,1	14,7	1,0	1,1	1,8	13,4	3,9	3,9	4,0	4,0
10/11/01	47	1,4	1,4	2,4	3,4	1,1	1,3	1,7	11,3	3,3	3,9	8,0	14,6	1,1	1,2	1,8	14,0	4,0	3,9	3,9	3,9
11/11/01	48	1,0	1,0	2,0	3,0	1,1	1,3	1,7	10,5	3,4	3,7	5,8	13,7	1,1	1,2	1,8	14,6	4,0	4,0	4,0	4,0
13/11/01	50	0,9	0,9	1,7	2,9	1,0	1,2	1,7	15,3	2,5	2,5	9,0	18,4	1,0	1,0	1,5	12,5	3,9	3,9	4,6	3,2
14/11/01	51	0,7	0,7	1,7	2,9	1,0	1,3	1,7	16,7	2,1	2,7	9,9	19,0	1,0	1,0	1,5	12,5	3,7	3,9	4,3	3,5
16/11/01	53	0,8	0,9	1,7	3,1	1,0	1,1	1,7	16,8	3,0	3,3	6,9	16,5	1,0	1,0	1,9	15,2	3,9	4,0	3,5	4,1
17/11/01	54	0,8	0,9	1,0	3,5	1,1	1,3	1,7	18,6	3,6	3,6	8,7	20,7	1,2	1,3	2,0	17,0	4,0	4,0	4,0	4,0
18/11/01	55	0,8	0,9	1,5	4,0	1,1	1,3	1,7	19,0	3,6	3,6	8,7	21,1	1,2	1,3	2,0	17,8	4,0	4,0	4,0	4,0
23/11/01	60	0,6	0,7	1,5	3,5	1,0	1,2	1,5	35,6	3,6	3,6	8,2	24,7	1,3	1,3	1,9	27,5	3,7	3,7	4,0	4,0
24/11/01	61	0,7	0,9	1,6	3,5	1,0	1,2	1,5	29,5	2,7	2,7	9,8	30,0	1,2	1,3	2,1	34,4	3,2	3,3	4,6	4,7
25/11/01	62	0,7	0,9	1,6	4,1	1,2	1,3	1,9	52,5	3,0	3,8	8,9	32,8	1,0	1,0	1,5	39,1	4,0	4,0	4,0	4,0
26/11/01	63	0,8	0,9	1,7	4,2	1,3	1,3	1,7	65,6	3,0	3,5	9,5	34,5	1,0	1,0	1,5	35,7	4,0	4,0	4,0	4,0
27/11/01	64	0,8	0,9	1,7	4,3	1,3	1,3	1,9	75,9	3,4	3,8	9,5	33,8	1,1	1,1	1,6	32,8	4,0	4,0	4,0	4,0
28/11/01	65	0,9	1,0	1,7	3,8	1,5	1,6	2,0	72,3	3,5	3,8	9,5	33,9	1,2	1,2	1,7	31,5	4,0	4,0	4,0	4,0
29/11/01	66	0,7	0,9	1,7	3,7	1,5	1,5	2,0	50,1	3,5	3,8	10,0	36,2	1,2	1,2	1,7	31,4	4,0	4,0	4,0	4,0
30/11/01	67	0,8	0,9	1,7	3,5	1,5	1,5	2,0	34,3	3,5	3,8	10,0	33,0	1,2	1,2	1,7	31,0	4,0	4,0	4,0	4,0
01/12/01	68	0,8	0,9	1,8	3,5	1,5															

TABELA B63: Valores das leituras piezométricas e taxa de aplicação no quarto ensaio

ENSAIO - 4		PERDA DE CARGA (m)																TAXAS de APLICAÇÃO			
DATA	TO	FLC1				FLA1				FLC2				FLA2				m/d			
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
20/03/02	7	1,2	1,2	1,9	3,0	1,0	1,5	2,0	3,2	3,0	3,0	4,1	5,6	1,0	1,0	1,4	3,4	3,1	2,9	2,9	3,0
21/03/02	8	1,0	1,0	1,7	2,7	1,0	1,7	2,1	3,5	3,0	3,0	4,1	5,7	0,9	0,9	1,5	3,8	3,0	3,0	2,9	3,0
22/03/02	9	1,0	1,0	2,0	2,8	1,2	1,7	2,2	3,8	3,1	3,0	4,3	5,8	0,9	0,9	1,4	3,3	3,0	3,1	2,9	3,0
23/03/02	10	1,0	1,0	2,0	2,9	1,2	1,7	2,2	3,8	3,1	3,0	4,2	5,5	0,9	0,9	1,4	3,4	3,0	3,1	2,8	3,0
24/03/02	11	1,0	1,0	2,0	3,5	1,2	1,2	2,2	4,1	3,0	3,0	4,2	5,6	0,9	0,9	1,5	2,5	3,0	3,1	2,9	3,0
25/03/02	12	1,1	1,1	2,1	3,7	1,7	2,4	2,4	4,3	3,2	3,2	4,5	5,9	1,0	1,0	1,5	3,2	3,0	3,1	2,9	3,0
26/03/02	13	1,0	1,0	1,8	3,4	1,4	1,5	1,7	4,2	3,0	3,0	4,4	5,6	1,2	1,2	1,7	3,3	3,0	3,1	2,9	3,0
27/03/02	14	1,0	1,0	2,0	4,4	1,3	1,4	1,7	4,5	3,0	3,0	4,4	5,8	0,9	0,9	1,5	3,3	3,0	3,1	2,8	3,0
28/03/02	15	1,0	1,0	2,1	5,5	1,4	1,4	1,7	5,5	3,0	3,0	4,5	5,8	0,9	0,9	1,5	3,8	3,0	3,1	2,8	3,0
31/03/02	18	1,2	1,2	2,0	6,6	1,4	1,5	2,0	6,0	3,0	3,0	4,9	5,6	1,0	1,0	1,4	3,2	3,0	3,1	2,9	2,9
01/04/02	19	1,0	1,0	2,0	8,1	1,4	1,5	2,0	6,9	3,0	3,0	4,8	5,9	1,0	1,0	1,5	3,2	3,0	3,1	2,9	2,9
02/04/02	20	1,1	1,1	2,2	9,5	1,5	1,5	1,8	8,4	3,0	3,0	4,1	5,4	1,0	1,0	1,5	3,2	3,0	3,3	2,6	2,6
03/04/02	21	1,1	1,1	2,2	11,2	1,5	1,5	1,8	9,0	3,0	3,0	4,4	6,3	1,0	1,0	1,5	3,2	2,9	2,9	3,0	2,9
04/04/02	22	1,1	1,1	2,0	12,8	1,4	1,5	1,9	10,2	3,0	3,0	4,4	6,8	0,9	0,9	1,5	4,1	2,6	2,9	2,6	3,2
05/04/02	23	1,1	1,1	2,0	13,5	1,2	1,3	1,7	11,1	3,0	3,0	4,4	7,5	0,9	0,9	1,5	3,6	2,9	2,9	3,0	2,9
06/04/02	24	1,1	1,1	2,0	15,4	1,1	1,2	1,6	10,2	3,0	3,0	4,2	6,3	0,9	0,9	1,5	3,7	2,9	2,9	2,9	2,9
07/04/02	25	1,1	1,1	2,0	17,0	1,1	1,2	1,6	9,8	3,0	3,0	4,4	6,5	0,9	0,9	1,5	4,0	2,9	2,9	3,1	3,0
08/04/02	26	1,1	1,1	2,1	17,8	1,1	1,2	1,5	10,5	3,0	3,0	4,4	6,5	0,9	0,9	1,5	4,1	2,8	3,0	3,0	2,9
09/04/02	27	1,1	1,1	2,1	22,1	1,1	1,2	1,6	11,0	3,0	3,0	4,5	6,6	0,9	0,9	1,5	4,2	2,9	2,9	3,0	2,9
10/04/02	28	1,2	1,2	2,2	22,8	1,0	1,0	1,4	11,6	3,0	3,0	4,1	6,1	0,8	0,9	1,4	4,0	2,9	2,9	2,9	2,9
11/04/02	29	0,7	0,7	2,3	25,3	1,4	1,5	1,6	12,6	3,0	3,0	4,1	6,2	0,8	0,9	1,4	4,1	2,9	2,9	2,9	2,9
12/04/02	30	1,0	1,0	2,0	25,3	1,4	1,5	1,6	13,3	3,0	3,0	4,2	6,5	0,9	0,9	1,4	4,1	2,9	2,9	2,9	2,9
13/04/02	31	1,0	1,0	2,1	17,2	1,2	1,3	1,5	13,6	3,0	3,0	3,9	6,0	0,8	0,9	1,3	3,7	2,9	2,9	2,9	2,9
14/04/02	32	1,2	1,2	2,2	22,4	1,1	1,2	1,4	15,1	3,0	3,0	3,8	6,1	0,8	0,9	1,3	3,8	2,9	2,9	2,9	2,9
15/04/02	33	0,9	0,9	2,1	17,0	1,1	1,1	1,5	15,6	3,0	3,0	3,9	5,9	0,8	0,9	1,3	3,8	2,9	2,8	2,7	2,9
16/04/02	34	0,9	0,9	2,0	10,0	1,1	1,1	1,4	16,9	3,0	3,0	3,8	6,1	0,8	0,9	1,3	4,0	2,9	2,9	2,8	2,9
17/04/02	35	0,9	0,9	1,9	10,4	1,1	1,1	1,5	19,3	3,0	3,0	3,8	6,1	0,8	0,9	1,3	4,0	2,9	2,9	2,8	2,9
18/04/02	36	1,1	1,1	2,1	12,3	1,0	1,0	1,3	21,6	3,0	3,0	3,9	6,0	0,8	0,9	1,3	3,9	2,9	2,9	2,8	2,9
19/04/02	37	1,1	1,1	2,2	17,4	0,8	0,9	1,3	24,1	3,0	3,0	3,8	6,1	0,8	0,9	1,3	3,9	2,9	2,9	2,8	2,9
20/04/02	38	1,1	1,1	2,1	22,7	0,9	0,9	1,3	25,4	3,0	3,0	3,8	6,0	0,9	0,9	1,4	4,0	2,9	2,9	2,8	2,9
21/04/02	39	1,5	1,5	2,5	13,0	1,3	1,3	1,5	27,1	3,0	3,0	3,5	6,1	0,9	0,9	1,4	3,8	2,9	2,9	2,8	2,9
22/04/02	40	1,3	1,3	2,4	8,4	1,3	1,3	1,5	28,5	3,0	3,0	3,5	6,4	0,9	0,9	1,4	3,8	2,9	2,9	2,8	2,9
23/04/02	41	1,2	1,2	2,7	7,8	1,3	1,3	1,5	29,9	3,0	3,0	3,5	6,4	0,9	0,9	1,4	3,8	2,9	2,9	2,8	2,9
24/04/02	42	1,2	1,3	2,6	7,5	1,1	1,2	1,4	30,7	3,0	3,0	3,6	6,3	0,9	1,0	1,3	3,5	2,9	2,9	2,8	2,9
25/04/02	43	1,2	1,3	2,6	7,5	1,1	1,2	1,4	33,1	3,0	3,0	3,5	6,3	0,9	1,0	1,4	3,4	2,9	2,9	2,8	2,9
26/04/02	44	1,0	1,0	2,0	5,0	1,1	1,1	1,3	30,1	3,0	3,0	3,7	8,0	0,9	1,0	1,5	4,1	2,2	2,1	3,6	3,5
27/04/02	45	1,0	1,0	2,0	7,6	1,1	1,1	1,3	35,1	3,0	3,0	3,6	6,6	0,9	1,0	1,4	3,8	2,9	2,9	2,9	2,9
28/04/02	46	1,0	1,0	2,1	6,8	1,0	1,1	1,3	35,5	3,0	3,0	3,6	6,5	0,9	1,0	1,4	3,4	2,9	2,9	2,8	2,9
29/04/02	47	1,2	1,2	2,4	6,9	1,0	1,1	1,4	39,6	3,0	3,0	3,5	6,5	0,9	1,0	1,3	3,3	2,9	2,9	2,8	2,8
30/04/02	48	1,2	1,3	2,5	7,7	1,0	1,1	1,4	42,0	3,0	3,0	3,6	6,7	0,9	1,0	1,3	3,4	2,9	2,9	2,8	2,8
01/05/02	49	1,2	1,3	2,4	6,4	1,0	1,1	1,3	42,0	3,0	3,0	3,4	6,7	1,0	1,0	1,2	3,2	2,9	2,9	2,8	2,8
02/05/02	50	1,2	1,3	2,4	10,7	1,0	1,1	1,3	49,4	3,0	3,0	3,4	6,9	1,0	1,0	1,4	3,4	2,9	2,9	2,9	2,9
03/05/02	51	1,7	1,8	2,9	14,0	1,2	1,4	1,7	55,6	3,0	3,0	3,4	6,9	1,0	1,0	1,4	3,3	3,2	3,1	2,7	2,7
04/05/02	52	1,2	1,4	2,6	12,5	1,1	1,1	1,3	57,5	3,0	3,0	3,6	7,2	0,9	0,9	1,3	3,4	3,0	2,8	2,9	2,9
05/05/02	53	1,0	1,0	2,1	9,5	1,0	1,0	1,3	53,4	3,0	3,0	3,5	6,9	0,9	0,9	1,3	3,3	2,9	2,9	2,9	2,8
06/05/02	54	0,9	1,0	2,1	7,4	0,9	0,9	1,2	56,2	3,0	3,0	3,9	8,6	0,9	0,9	1,3	4,2	2,2	2,2	3,5	3,6
07/05/02	55	1,2	1,2	2,1	7,0	0,8	0,9	1,0	59,2	3,0	3,0	4,2	8,7	1,0	1,0	1,6	4,2	2,2	2,2	3,5	3,6
08/05/02	56	1,2	1,2	2,1	8,8	0,9	0,9	1,1	64,6	3,0	3,0	4,2	7,6	1,0	1,0	1,5	3,5	2,8	2,8	2,9	2,9
09/05/02	57	1,2	1,2	2,1	8,6	0,9	0,9	1,3	66,8	3,0	3,0	4,2	7,7	1,0	1,0	1,5	3,6	2,8	2,8	2,9	2,9
10/05/02	58	1,1	1,2	2,4	8,4	0,9	0,9	1,3	68,2	3,0	3,0	3,4	8,0	0,9	0,9	1,4	3,8	2,9	2,9	2,9	2,9
11/05/02	59	1,4	1,4	2,6	7,8	0,9	0,9	1,3	71,1	3,0	3,0	3,6	8,2	0,9	0,9	1,4	3,8	2,7	2,6	2,9	3,1
12/05/02	60	1,3	1,3	2,6	7,8	0,9	0,9	1,3	73,4	3,0	3,0	3,5	7,8	0,9	0,9	1,4	3,8	2,9	2,9	2,9	2,9
13/05/02	61	1,3	1,3	2,6	7,9	0,9	0,9	1,3	77,5	3,0	3,0	3,5	7,5	0,9	0,9	1,4	3,5	2,9	2,9	2,7	2,7
14/05/02	62	1,3	1,3	2,6	7,6	0,9	0,9	1,4	80,1	3,0	3,0	3,6	8,0	0,9	0,9	1,4	3,6	2,8	2,8	2,8	2,8
15/05/02	63	1,3	1,3	2,6	7,6	0,9	0,9	1,4	83,2	3,0	3,0	3,6	8,3	0,9	0,9	1,4	3,9	2,9	2,9	2,9	2,9
16/05/02	64	1,3	1,3	2,5	7,1	0,9	0,9	1,5	89,0	3,0	3,0	3,6	8,4	0,9	0,9	1,4	3,9	2,9	2,9	2,9	2,9
17/05/02	65	0,8	0,9	2,6	7,0	1,0	1,0	1,3	98,0	3,0	3,0	3,9	7,9	0,9	0,9	1,4	3,8	2,9	2,9	2,9	2,9

TABELA B64: Valores das leituras piezométricas e taxa de aplicação no quinto ensaio

ENSAIO - 5		PERDA DE CARGA (m)																TAXAS de APLICAÇÃO			
DATA	TO	FLC1				FLA1				FLC2				FLA2				m/d			
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
27/05/02	7	1,4	1,5	2,8	3,9	1,2	1,4	1,5	2,5	3,0	3,0	6,0	8,5	1,0	1,0	1,5	3,7	2,9	2,9	3,1	3,0
30/05/02	10	1,0	1,1	2,6	3,9	0,8	0,8	1,0	3,1	3,0	3,0	6,3	9,0	0,8	0,8	1,3	3,9	3,0	3,0	3,0	3,0
31/05/02	11	1,0	1,1	2,6	4,0	0,8	0,8	1,0	3,5	3,0	3,0	6,3	9,0	0,8	0,8	1,3	3,8	3,0	3,0	3,0	3,0
01/06/02	12	0,8	1,0	2,7	4,0	0,8	0,9	1,1	4,0	3,0	3,0	6,3	9,0	0,8	0,8	1,2	3,8	3,0	3,0	3,0	3,0
02/06/02	13	0,9	0,9	2,8	4,4	0,5	0,7	1,2	5,0	3,0	3,0	6,1	9,2	0,8	0,8	1,0	3,6	2,9	2,9	3,0	3,0
03/06/02	14	1,1	1,2	2,9	4,8	0,7	0,7	1,2	5,9	3,0	3,0	6,3	9,3	0,8	0,8	1,0	3,8	2,9	2,9	3,0	3,0
04/06/02	15	1,1	1,2	2,9	4,5	0,8	0,8	1,2	6,5	3,0	3,0	6,3	9,3	0,8	0,8	1,1	4,0	2,8	2,8	3,0	3,0
05/06/02	16	1,0	1,1	2,9	4,6	0,8	0,9	1,0	7,5	3,0	3,0	6,4	9,5	0,8	0,9	1,2	3,9	2,9	2,9	3,0	3,0
06/06/02	17	1,0	1,1	3,1	4,9	0,8	0,8	1,2	8,8	3,0	3,0	6,1	9,4	0,8	0,9	1,2	4,0	2,9	2,9	3,0	3,0
07/06/02	18	1,0	1,1	2,1	4,6	0,8	0,9	1,2	9,9	3,0	3,0	6,1	9,5	0,8	0,8	1,2	4,0	2,9	2,9	3,0	3,0
08/06/02	19	1,0	1,1	2,6	4,6	0,8	0,8	1,2	10,8	3,0	3,0	6,1	10,1	0,8	0,8	1,2	4,2	3,0	3,0	3,0	3,0
10/06/02	21	0,9	1,0	2,8	4,6	0,9	1,0	1,2	12,6	3,0	3,0	5,9	10,2	0,9	1,0	1,3	4,3	3,0	3,0	3,0	3,0
11/06/02	22	0,9	1,0	2,8	4,6	0,9	1,0	1,2	13,1	3,0	3,0	5,9	11,0	0,9	0,9	1,3	4,3	3,0	3,0	3,0	3,0
12/06/02	23	0,9	1,0	2,8	4,6	0,9	1,0	1,2	15,1	3,0	3,0	5,9	11,6	0,9	0,9	1,3	4,9	2,9	3,0	2,9	3,0
13/06/02	24	0,9	1,0	2,8	4,6	0,9	1,0	1,2	16,5	3,0	3,0	5,9	11,8	0,9	0,9	1,3	4,9	0,0	3,0	2,9	3,0
14/06/02	25	0,9	1,0	2,8	4,6	0,9	1,0	1,2	17,3	3,0	3,0	5,9	12,2	0,9	0,9	1,3	5,1	3,0	3,0	2,9	3,0
15/06/02	26	0,9	1,0	2,8	4,6	0,9	1,0	1,2	17,2	3,0	3,0	5,9	12,5	0,9	0,9	1,3	5,1	3,0	3,0	3,0	3,0
16/06/02	27	0,9	1,0	2,8	4,7	0,9	1,0	1,2	17,0	3,0	3,0	5,9	12,9	0,9	0,9	1,3	5,2	3,0	3,0	2,9	3,0
17/06/02	28	0,9	1,0	2,8	4,7	0,9	1,0	1,2	18,4	3,0	3,0	5,9	12,5	0,9	0,9	1,3	5,2	2,9	3,0	3,0	3,0
18/06/02	29	0,9	1,0	2,8	4,8	0,9	1,0	1,2	19,0	3,0	3,0	5,9	12,7	0,9	0,9	1,3	5,3	2,9	3,0	3,0	3,0
19/06/02	30	0,9	1,0	2,8	4,8	0,9	1,0	1,2	19,0	3,0	3,0	5,9	12,8	0,9	0,9	1,3	5,5	2,9	3,0	3,0	3,0
20/06/02	31	0,9	1,0	2,8	4,8	0,9	1,0	1,2	19,1	3,0	3,0	5,9	12,9	0,9	0,9	1,4	5,9	3,0	3,0	3,0	3,0
21/06/02	32	0,9	1,0	3,0	4,8	0,9	1,0	1,2	20,5	3,0	3,0	5,9	13,2	0,9	0,9	1,4	5,9	3,0	3,0	3,0	3,0
22/06/02	33	0,9	1,0	3,0	4,5	0,9	1,0	1,2	20,2	3,0	3,0	5,9	12,6	0,9	0,9	1,4	5,7	3,0	3,0	3,0	3,0
23/06/02	34	0,9	1,0	3,1	4,9	0,9	1,0	1,2	20,3	3,1	3,1	6,9	13,8	0,9	0,9	1,4	6,4	3,0	3,0	3,0	3,0
24/06/02	35	0,9	1,1	3,2	5,0	0,8	0,9	1,2	20,2	3,2	3,3	7,1	15,1	0,9	0,9	1,4	6,1	2,9	3,0	3,0	3,0
25/06/02	36	0,9	1,1	3,2	5,2	0,8	0,9	1,2	20,0	3,2	3,3	7,1	14,9	0,9	0,9	1,4	6,2	2,9	3,0	3,0	3,0
26/06/02	37	0,9	1,1	3,2	5,1	0,8	0,9	1,2	18,5	3,2	3,3	7,1	15,1	0,9	0,9	1,4	6,5	2,9	3,0	3,0	3,0
27/06/02	38	1,0	1,2	3,4	5,3	0,9	1,0	1,4	17,8	3,4	3,4	7,3	14,8	0,9	0,9	1,3	6,5	3,0	3,0	3,0	3,0
28/06/02	39	1,0	1,2	3,4	5,0	0,9	1,0	1,4	17,4	3,2	3,2	7,2	14,4	0,9	0,9	1,3	6,3	2,9	3,1	3,0	3,0
29/06/02	40	0,9	1,2	3,2	5,1	0,8	0,9	1,3	16,8	3,0	3,0	7,1	14,4	1,0	1,0	1,4	6,5	2,9	3,1	3,0	3,0
30/06/02	41	0,9	1,2	3,2	5,3	0,8	0,9	1,3	19,7	3,0	3,0	7,3	15,7	1,0	1,0	1,4	6,3	2,9	3,0	3,0	3,0
01/07/02	42	0,8	0,9	3,0	5,1	0,9	1,0	1,3	22,0	3,3	3,3	7,2	16,2	0,9	0,9	1,4	6,5	2,9	3,0	3,0	3,0
02/07/02	43	0,9	1,2	3,4	5,4	0,8	0,9	1,4	23,8	3,5	3,5	7,5	17,1	0,9	0,9	1,4	6,6	3,1	3,1	2,9	3,0
03/07/02	44	0,9	1,2	3,4	5,4	0,8	0,9	1,4	23,9	3,5	3,5	7,7	18,3	0,9	0,9	1,4	6,9	3,0	3,0	3,0	3,0
04/07/02	45	0,9	1,2	3,5	5,6	0,8	0,9	1,3	22,6	3,5	3,5	7,6	18,4	1,0	1,0	1,6	7,0	3,0	3,0	3,0	3,0
05/07/02	46	1,0	1,3	3,5	5,7	0,8	0,9	1,3	22,4	3,6	3,5	7,4	18,4	1,0	1,0	1,6	6,8	3,0	3,0	3,0	3,0
06/07/02	47	1,0	1,3	3,6	5,8	0,8	0,9	1,3	21,0	3,5	3,5	7,4	18,8	1,0	1,0	1,6	7,0	3,0	3,0	3,0	3,0
07/07/02	48	1,0	1,3	3,3	5,9	0,8	0,9	1,3	19,3	3,5	3,5	7,4	19,2	1,0	1,0	1,6	1,6	3,0	3,0	3,0	3,0
08/07/02	49	1,2	1,6	4,1	6,6	0,9	1,0	1,5	22,1	3,5	3,5	8,2	23,0	1,1	1,1	1,6	8,0	3,0	3,0	3,0	3,0
09/07/02	50	1,2	1,6	4,1	6,6	0,9	1,0	1,5	22,3	3,5	3,5	8,2	24,0	1,0	1,0	1,6	8,6	3,0	3,0	3,0	3,0
10/07/02	51	1,2	1,5	3,9	6,5	0,9	1,0	1,5	21,8	3,7	3,7	8,4	25,5	1,0	1,0	1,6	9,1	3,1	3,1	3,1	3,1
11/07/02	52	1,2	1,5	3,8	6,0	0,9	1,0	1,5	19,8	3,7	3,7	8,8	24,0	1,0	1,0	1,6	8,4	3,0	3,0	3,0	3,0
12/07/02	53	1,2	1,5	3,8	6,1	0,9	1,0	1,5	19,2	3,6	3,6	8,7	25,3	1,0	1,0	1,6	8,7	3,0	3,0	3,0	3,0
13/07/02	54	1,2	1,5	3,7	6,0	0,9	1,0	1,4	18,0	3,6	3,6	8,8	25,5	1,0	1,0	1,6	8,3	3,0	3,0	3,0	3,0
14/07/02	55	1,4	1,7	3,3	6,4	1,1	1,3	1,6	18,8	3,8	3,8	8,4	27,5	1,0	1,0	1,6	9,0	3,0	3,0	3,0	3,0
15/07/02	56	1,4	1,7	3,3	6,3	1,1	1,3	1,6	18,0	3,8	3,8	8,4	27,7	1,0	1,0	1,6	8,9	3,0	3,0	3,0	3,0
16/07/02	57	1,4	1,7	3,3	6,3	1,1	1,3	1,6	17,8	3,8	3,8	8,4	27,9	1,0	1,0	1,6	8,9	3,0	3,0	3,0	3,0
17/07/02	58	1,4	1,7	3,6	6,0	1,0	1,0	1,6	16,8	3,5	3,5	7,6	28,1	1,0	1,0	1,4	8,9	3,0	3,0	3,0	3,0
18/07/02	59	1,3	1,7	4,2	6,7	1,0	1,0	1,6	20,0	3,5	3,5	8,2	31,8	1,2	21,2	1,5	9,4	3,0	3,0	3,0	3,0
19/07/02	60	1,3	1,7	4,2	6,4	1,0	1,0	1,6	18,3	3,5	3,5	8,2	32,9	1,2	21,2	1,5	9,2	3,0	3,0	3,0	3,0
20/07/02	61	1,2	1,5	3,7	6,0	1,2	1,2	1,7	14,1	3,6	3,6	7,7	32,3	1,0	1,0	1,5	8,3	3,0	3,0	3,0	3,0
21/07/02	62	1,2	1,5	3,7	6,0	1,2	1,2	1,7	13,9	3,6	3,6	7,7	32,2	1,0	1,0	1,5	8,0	3,0	3,0	3,0	3,0
22/07/02	63	1,2	1,5	3,7	6,3	1,2	1,2	1,7	14,5	3,6	3,6	7,7	32,8	1,0	1,0	1,5	8,5	3,0	3,0	3,0	3,0
23/07/02	64	1,1	1,5	3,8	6,5	1,0	1,0	1,5	15,6	3,9	3,9	7,5	34,3	1,2	1,2	1,9	9,2	3,0	3,0	3,0	3,0
24/07/02	65	1,1	1,5	3,7	6,5	1,0	1,0	1,5	17,0	3,6	3,6	7,3	34,8	1,0	1,0	1,5	9,0	3,0	3,0	3,0	3,0
25/07/02	66	1,0	1,0	3,5	6,4	1,0	1,0	1,6	17,5	3,5	3,5	6,9	35,2	0,9	1,0	1,5	9,0	3,0	3,0	3,0	3,0
26/07/02	67	1,2	1,4	3,5	6,6	1,0	1,0	1,6	18,0	3,5	3,5	6,9	36,8	0,9	1,						

TABELA B65: Valores de pH no primeiro ensaio

ENSAIO - 1		pH							
DATA	TO	AB	PFD	PFVA	MC	JC	FLC 1	FL A1	FL C2
20/04/01	2	8,12	7,91	7,65	-	-	6,08	7,52	7,51
21/04/01	3	7,20	7,10	7,03	-	-	5,93	6,68	7,00
23/04/01	5	7,00	7,00	7,00	-	-	6,23	7,00	7,00
24/04/01	6	7,43	7,50	7,31	-	-	6,32	7,05	7,18
25/04/01	7	7,41	7,40	6,90	-	-	6,16	7,01	6,87
27/04/01	9	6,73	6,97	7,09	-	-	6,48	7,02	7,08
28/04/01	10	7,17	7,16	7,15	-	-	5,97	6,91	6,76
29/04/01	11	7,00	7,00	7,57	-	-	7,31	8,11	8,40
30/04/01	12	7,82	7,00	7,00	-	-	7,00	7,58	7,65
01/05/01	13	6,86	6,84	6,61	-	-	6,02	6,78	6,62
02/05/01	14	6,81	7,23	7,20	-	-	6,47	7,02	7,10
03/05/01	15	6,99	7,03	7,02	-	-	6,20	6,92	7,01
04/05/01	16	6,66	6,95	7,05	-	-	6,54	7,02	7,09
05/05/01	17	7,74	7,94	8,59	-	-	6,51	7,04	6,78
06/05/01	18	7,68	8,07	8,28	7,70	-	6,52	6,93	6,84
07/05/01	19	7,44	7,51	7,45	6,70	-	7,91	8,43	8,84
08/05/01	20	7,13	7,08	6,90	7,06	-	6,64	7,03	6,97
09/05/01	21	7,47	7,67	8,01	7,27	-	6,51	6,97	7,00
10/05/01	22	7,40	7,62	7,81	-	-	7,10	7,28	7,28
11/05/01	23	6,70	7,09	7,12	7,28	-	6,65	7,12	7,40
12/05/01	24	6,74	7,03	7,09	7,40	-	6,33	7,11	7,50
13/05/01	25	7,10	7,27	7,34	7,32	-	6,42	7,20	7,21
14/05/01	26	7,01	7,10	7,21	7,21	-	6,13	6,72	7,00
15/05/01	27	6,78	7,00	6,81	7,08	-	6,20	6,59	7,20
16/05/01	28	7,30	7,28	7,22	7,30	-	6,28	6,98	7,51
17/05/01	29	7,26	7,25	7,24	-	-	6,33	7,33	7,30
18/05/01	30	6,28	6,52	6,59	6,90	-	6,34	6,62	7,08
19/05/01	31	6,78	6,97	6,84	7,08	7,01	6,41	6,70	7,19
20/05/01	32	6,42	6,64	6,69	6,85	6,86	6,54	6,79	7,19
21/05/01	33	6,79	6,88	6,86	6,96	6,84	6,45	6,75	6,88
22/05/01	34	6,35	7,08	7,04	7,19	7,14	6,23	6,70	7,12
23/05/01	35	7,04	7,07	7,09	7,13	7,20	6,12	6,71	7,04
24/05/01	36	6,92	6,83	7,12	-	-	6,65	7,09	7,17
25/05/01	37	6,80	6,96	7,05	7,21	7,31	6,61	7,06	7,19
26/05/01	38	6,61	6,86	7,05	7,15	7,10	6,49	7,01	7,10
27/05/01	39	6,89	7,07	7,11	7,29	7,22	6,56	7,07	7,14
28/05/01	40	6,99	7,04	6,92	7,01	6,77	6,25	6,80	6,59
29/05/01	41	7,22	7,25	7,19	7,30	7,11	6,12	6,84	6,98
30/05/01	42	6,99	7,15	7,08	7,21	6,98	6,21	6,89	6,84
31/05/01	43	7,39	7,21	7,28	7,34	7,25	6,23	7,22	6,73
01/06/01	44	6,91	7,13	7,21	7,28	7,21	6,36	7,05	6,93
02/06/01	45	7,02	7,17	7,21	7,34	7,22	6,44	7,06	6,93
03/06/01	46	7,23	7,17	7,13	7,19	6,96	6,13	6,88	6,57
04/06/01	47	7,21	7,15	7,09	7,21	6,87	6,08	6,92	6,52
05/06/01	48	7,28	7,17	7,11	7,17	6,96	6,01	6,87	6,75
06/06/01	49	6,83	7,00	6,89	7,07	7,14	6,22	7,07	6,86
07/06/01	50	6,94	7,00	6,96	7,06	6,78	6,19	6,86	6,55
08/06/01	51	6,95	7,10	7,08	7,24	7,06	6,27	6,96	6,85
09/06/01	52	6,78	6,88	6,95	7,05	6,91	6,16	6,73	6,71
10/06/01	53	7,01	7,02	7,97	7,10	6,89	6,00	6,81	6,74
11/06/01	54	6,85	6,91	6,91	6,95	6,72	6,11	6,77	6,48
12/06/01	55	7,01	6,99	6,99	7,03	6,80	6,12	6,72	6,58
13/06/01	56	6,72	6,86	6,94	7,03	6,97	5,95	6,67	6,62
14/06/01	57	7,10	7,00	6,98	6,98	6,81	6,08	6,74	6,51
15/06/01	58	6,84	6,93	6,90	7,01	6,80	5,96	6,70	6,61
16/06/01	59	6,97	7,01	7,07	6,92	6,92	6,23	6,96	6,63
17/06/01	60	6,70	6,89	6,95	7,01	6,95	5,95	6,66	6,55
18/06/01	61	6,85	6,97	6,94	7,04	6,77	6,00	6,75	6,45
19/06/01	62	6,90	6,95	6,96	7,01	6,82	6,00	6,66	6,70
20/06/01	63	6,82	6,94	6,74	7,23	7,01	5,61	6,73	6,57
21/06/01	64	6,85	6,77	6,89	6,87	6,75	6,30	6,69	6,72
22/06/01	65	6,63	6,91	6,89	6,95	6,91	6,48	6,78	6,84
23/06/01	66	7,03	6,95	6,94	7,06	7,04	5,88	6,59	7,32
24/06/01	67	6,88	7,05	6,97	7,11	7,28	5,91	6,69	6,77
25/06/01	68	6,89	6,93	6,91	6,96	6,90	6,05	6,79	6,56
26/06/01	69	6,77	6,80	7,14	7,49	7,37	6,20	6,84	6,84
27/06/01	70	6,92	6,96	7,16	7,08	7,17	6,73	7,01	6,92
28/06/01	71	6,83	6,88	6,86	6,84	6,71	6,30	6,70	6,67
29/06/01	72	6,68	6,96	6,93	6,99	6,90	6,57	6,65	6,86

TABELA B66: Valores de pH no segundo ensaio

ENSAIO - 2						pH				
DATA	D.O	AB	PFD	PFVA	MC	JC	FLC 1	FL A1	FL C2	FL A2
07/07/01	1	6,99	6,88	6,75			5,92	6,71	6,27	6,64
09/07/01	3	6,99	6,88	6,75			5,92	6,71	6,27	6,64
10/07/01	4	7,07	6,96	6,97			5,77	6,64	6,26	6,89
11/07/01	5	7,14	7,10	7,11			5,86	6,78	6,34	6,98
14/07/01	8	6,95	6,89	6,73			6,18	6,92	6,65	6,72
15/07/01	9	7,00	6,88	6,90			6,15	6,72	6,84	6,86
17/07/01	11	6,96	6,90	6,75			6,35	7,06	6,95	6,89
18/07/01	12	6,76	6,77	6,75			5,92	6,49	6,68	6,61
19/07/01	13	6,60	6,71	6,97			6,10	6,55	6,49	6,68
20/07/01	14	7,16	7,14	6,99			6,37	7,05	6,77	7,05
21/07/01	15	6,69	6,73	6,78			5,88	6,47	6,45	6,64
22/07/01	16	6,46	6,55	6,70	6,76	6,83	6,01	6,55	6,40	6,66
23/07/01	17	6,92	6,91	6,93	6,81	6,71	5,98	6,66	6,47	6,80
24/07/01	18	6,65	6,74	6,70	6,67	6,55	6,10	6,68	6,54	6,42
25/07/01	19	6,92	6,95	6,92	6,89	6,73	5,90	6,45	6,62	6,74
26/07/01	20	6,51	6,68	6,82	6,93	6,87	6,17	6,71	6,62	6,81
27/07/01	21	6,2	6,85	6,82	6,86	6,88	6,29	6,73	6,49	6,84
28/07/01	22	7,07	7,14	7,12	7,11	6,99	6,32	6,89	6,55	6,92
29/07/01	23	7,19	7,24	7,22	7,23	7,20	6,46	6,91	6,83	7,19
30/07/01	24	7,06	6,95	7,03	7,14	6,96	6,34	7,04	6,94	6,92
31/07/01	25	7,24	7,29	7,28	7,27	7,17	6,26	7,01	7,10	7,35
01/08/01	26	7,22	6,60	7,39	6,79	7,28	6,14	7,03	7,03	7,27
02/08/01	27	7,41	7,30	7,22	7,35	7,27	6,09	7,10	6,62	7,17
03/08/01	28	7,25	7,34	7,43	7,52	7,41	6,27	7,16	6,67	7,22
04/08/01	29	7,24	7,36	7,44	7,52	7,44	6,21	7,19	6,75	7,27
05/08/01	30	7,17	7,40	7,38	7,54	7,35	6,23	7,07	6,74	7,39
06/08/01	31	7,36	7,35	7,42	7,50	7,34	6,07	7,19	6,68	7,00
07/08/01	32	7,24	7,31	7,36	7,44	7,36	6,05	7,31	6,72	7,41
08/08/01	33	6,55	7,37	7,47	7,55	7,41	6,00	7,16	6,80	7,42
09/08/01	34	7,41	7,31	7,15	6,32	7,34	6,08	7,30	6,73	7,38
10/08/01	35	7,03	7,31	6,79	7,50	7,32	6,15	7,26	6,68	7,35
11/08/01	36	7,35	7,54	7,68	7,62	7,48	6,17	7,29	6,73	7,46
12/08/01	37	7,41	7,30	7,47	7,52	7,40	6,01	7,14	6,78	7,40
13/08/01	38	7,26	7,24	7,37	7,42	7,27	6,11	7,29	6,74	7,36
15/08/01	40	7,30	7,20	7,35	7,41	7,25	5,80	7,11	6,71	7,34
16/08/01	41	7,03	7,22	7,25	7,37	7,05	5,84	6,92	6,47	7,14
17/08/01	42	7,06	7,49	7,56	7,65	7,58	6,07	7,30	6,72	7,63
18/08/01	43	6,89	7,10	7,38	7,42	7,13	5,85	7,00	6,39	7,00
20/08/01	45	7,46	7,39	7,40	7,37	7,46	5,86	7,48	6,76	6,50
21/08/01	46	7,25	7,36	7,35	7,29	7,37	5,97	7,38	6,70	7,44
22/08/01	47	7,26	7,46	7,52	7,56	7,43	5,97	7,15	6,63	7,42
23/08/01	48	7,45	7,43	7,25	7,38	7,11	6,03	7,23	7,07	7,17
25/08/01	50	6,81	6,95	6,85	6,99	6,67	5,84	6,81	6,58	6,79
26/08/01	51	6,82	6,95	6,80	6,81	6,60	6,03	6,92	6,75	6,72
27/08/01	52	7,24	7,13	7,24	7,21	6,21	5,57	7,12	6,71	7,35
28/08/01	53	7,29	7,21	7,29	7,39	7,32	5,87	7,12	6,52	7,30
29/08/01	54	7,30	7,24	7,28	7,36	7,25	5,80	6,95	6,87	7,24
30/08/01	55	7,43	7,24	7,15	7,30	7,19	5,84	7,14	6,60	6,67
31/08/01	56	7,14	7,33	7,21	7,67	7,53	5,86	7,10	6,73	7,20
01/09/01	57	7,30	7,18	7,28	7,39	7,34	5,77	6,91		7,34
02/09/01	58	7,29	7,22	7,29	7,41	7,31	5,90	7,11		7,30
03/09/01	59	7,15	7,35	7,22	7,66	7,41	5,84	7,05		7,19
04/09/01	60	7,42	7,52	7,46	7,57	7,44	5,89	7,30		7,49
05/09/01	61	7,45	7,51	7,63	7,58	7,29	5,80	6,92		7,27
06/09/01	62	7,60	7,33	7,27	7,39	7,24	5,89	7,11		7,41

TABELA B67: Valores de pH no terceiro ensaio

ENSAIO - 3		pH									
DATA	TO	AB	PFD	PFVA	SH	MC	JC	FLC 1	FL A1	FL C2	FL A2
25/09/01	1	7,17	7,25	7,40				7,05	7,07	6,16	6,88
26/09/01	2	7,24	7,40	7,50	9,17			7,17	7,38	6,47	7,15
27/09/01	3	6,80	7,06	7,16	7,44	7,40		7,48	7,40	6,56	7,16
28/09/01	4	7,42	7,56	7,39		7,35		8,28	7,76	6,66	7,19
29/09/01	5	7,10	7,81	7,55		7,95		7,64	7,66	6,54	7,40
30/09/01	6	7,11	7,37	7,21		7,22		7,08	7,28	6,41	7,09
01/10/01	7	7,36	7,31	7,30		7,40		7,15	7,34	6,37	7,18
02/10/01	8	7,10	7,28	7,29	7,49	7,44	7,24	6,08	7,10	6,47	7,11
04/10/01	10	6,90	6,99	7,10	7,09	7,02	6,84	7,14	6,58	6,54	7,13
05/10/01	11	6,96	7,02	7,12		7,58	7,57	7,65	7,39	6,48	7,32
06/10/01	12	6,92	7,18	6,91	7,18	7,08	6,93	7,12	6,98	6,36	6,91
07/10/01	13	6,43	6,95	6,96	7,11	7,43	6,98	7,46	7,09	6,44	6,99
08/10/01	14	6,81	7,00	7,04	7,07	7,21	6,90	7,37	6,99	6,71	7,00
09/10/01	15	6,93	6,93	6,98	7,08	7,20	6,89	7,02	6,91	6,46	6,93
10/10/01	16	6,92	6,99	7,09	7,13	7,20	7,11	7,46	7,04	6,33	6,96
11/10/01	17	7,10	6,90	6,97	7,36	7,40	7,26	6,62	6,58	6,30	6,84
12/10/01	18	7,11	7,17	7,14	7,10	7,10	7,08	7,23	7,05	6,55	6,98
13/10/01	19	6,93	7,21	7,12	7,02	6,93	6,38	6,83	6,82	6,40	6,88
14/10/01	20	6,56	6,66	7,19	7,19	7,07	7,08	6,86	6,99	6,58	6,96
15/10/01	21	6,84	7,01	7,07	7,09	7,09	6,43	6,87	6,97	6,40	6,86
16/10/01	22	6,75	6,93	6,96	7,14	6,96	6,42	6,60	6,78	6,33	6,86
17/10/01	23	6,71	6,88	6,97	7,07	6,87	6,57	6,65	6,85	6,39	6,83
19/10/01	25	6,89	7,04	6,90	6,99	6,83	6,43	6,44	6,73	6,27	6,67
20/10/01	26	6,84	6,93	6,86	6,88	6,79	6,61	6,54	6,73	6,48	6,81
21/10/01	27	6,83	6,81	6,93	7,01	6,89	6,42	6,42	6,65	6,38	6,81
22/10/01	28	6,66	6,83	6,93	6,94	6,91	6,58	6,45	6,78	6,45	6,78
23/10/01	29	6,58	6,84	6,92	6,87	6,79	6,38	6,47	6,60	6,32	6,70
24/10/01	30	6,80	6,93	6,88	6,87	6,83	6,51	6,34	6,66	6,42	6,71
25/10/01	31	6,86	6,95	6,83	6,92	6,77	6,47	6,38	6,79	6,34	6,76
26/10/01	32	6,72	6,87	6,89	6,85	6,81	6,81	6,38	6,56	6,31	6,66
27/10/01	33	6,92	7,01	6,89	6,84	6,99	6,35	6,34	6,58	6,41	6,85
28/10/01	34	7,00	6,98	6,87	6,99	6,93	6,63	6,25	6,84	6,39	6,76
29/10/01	35	6,91	7,03	7,13	7,22	7,03	6,64	6,34	6,77	6,36	6,93
30/10/01	36	7,32	7,28	7,18	7,39	7,37	6,69	6,45	6,89	6,49	6,95
31/10/01	37	7,26	7,21	7,25	7,42	7,34	6,73	6,17	6,72	6,30	6,89
01/11/01	38	7,11	7,11	7,16	7,27	7,09	6,16	6,35	6,74	6,35	6,94
02/11/01	39	7,18	7,32	7,38	7,46	7,40	6,54	6,25	6,95	6,49	7,24
03/11/01	40	6,93	6,97	7,12	7,20	7,09	6,34	6,32	6,79	6,35	7,04
04/11/01	41	6,84	6,82	6,84	6,91	6,95	6,00	6,55	6,61	6,33	6,84
05/11/01	42	6,88	7,04	7,06	7,17	7,12	6,45	6,48	6,88	6,35	6,92
06/11/01	43	6,79	6,87	6,99	7,07	6,97	5,83	6,32	6,72	6,27	6,87
22/11/01	59	6,75	6,83	6,84	6,85	6,95	6,56	6,47	6,85	6,48	6,89
23/11/01	60	6,64	6,79	6,74	6,86	6,81	6,43	5,67	6,43	6,01	6,70
24/11/01	61	6,86	6,82	6,74	6,86	6,86	6,37	5,91	6,43	6,12	6,72
25/11/01	62	6,71	6,82	6,76	6,92	6,92	6,57	6,15	6,48	6,00	6,72
26/11/01	63	6,70	6,76	6,76	7,01	6,98	6,71	6,10	6,48	6,02	6,70
27/11/01	64	6,72	6,91	6,84	6,97	7,00	6,30	6,16	6,49	6,06	6,67
28/11/01	65	6,83	6,91	6,91	7,07	7,04	6,66	6,18	6,55	6,11	6,71
29/11/01	66	6,48	6,83	6,84	7,00	6,93	6,32	6,32	6,59	6,11	6,66
30/11/01	67	6,56	6,81	6,76	6,96	6,96	6,46	6,30	6,53	6,12	6,73
01/12/01	68	6,95	6,82	6,83	6,93	6,92	6,68	6,22	6,56	6,16	6,74
02/12/01	69	6,63	6,74	6,83	6,85	6,84	6,39	6,30	6,53	6,14	6,56
03/12/01	70	6,79	6,89	6,86	6,99	6,93	6,47	6,36	6,55	6,21	6,76
04/12/01	71	6,70	6,91	6,83	7,06	7,12	6,94	6,55	6,68	6,24	6,80
05/12/01	72	6,58	6,78	6,74	7,00	7,01	6,39	6,12	6,56	6,21	6,75
06/12/01	73	6,92	6,99	6,92	7,05	6,96	6,40	6,32	6,68	6,23	6,66
07/12/01	74	6,50	6,79	6,82	6,98	7,03	6,83	6,64	6,75	6,25	6,79
08/12/01	75	6,72	6,86	6,69	6,79	6,95	6,54	6,66	6,68	6,26	6,71
09/12/01	76	6,96	6,97	7,01	7,15	7,07	6,74	6,32	6,73	6,31	6,81
10/12/01	77	6,87	6,92	6,82	7,02	7,06	6,78	6,52	6,78	6,47	6,89
11/12/01	78	6,68	6,93	6,78	7,03	6,90	6,40	5,93	6,56	6,14	6,73
12/12/01	79	6,66	6,80	6,78	6,87	6,85	6,29	6,10	6,52	6,12	6,70
13/12/01	80	6,71	6,85	6,81	6,86	6,96	6,31	6,08	6,45	6,14	6,70
14/12/01	81	6,82	6,82	6,72	6,91	6,83	6,37	5,97	6,43	6,18	6,68
15/12/01	82	6,68	6,82	6,71	6,92	6,84	6,59	6,12	6,44	6,27	6,67
16/12/01	83	6,85	6,76	6,74	6,90	6,82	6,63	6,19	6,45	6,26	6,69
17/12/01	84	6,41	6,58	6,59	6,19	6,58	6,54	6,31	6,56	6,32	6,61
18/12/01	85	6,75	6,80	6,75	6,91	6,95	6,84	6,11	6,56	6,26	6,69
19/12/01	86	6,36	6,65	6,62	6,81	6,85	6,63	6,25	6,64	6,19	6,73
20/12/01	87	6,83	6,88	6,88	7,13	7,18	6,94	6,27	6,60	6,22	6,69
22/12/01	89	6,88	6,88	6,80	6,95	6,82	6,61	5,93	6,39	6,20	6,59
24/12/01	91	6,72	6,82	6,73	6,89	6,81	6,54	5,92	6,37	6,15	6,58
25/12/01	92	6,64	6,80	6,79	6,71	6,67	6,64	6,34	6,73	6,34	6,72
26/12/01	93	6,48	6,77	6,75	6,89	6,91	6,75	6,46	6,76	6,34	6,82
27/12/01	94	7,04	7,10	6,95	7,09	6,87	6,42	6,23	6,46	6,20	6,67

TABELA B68: Valores de pH no quarto ensaio

ENSAIO - 4		pH									
DATA	TO	AB	PFD	PFVA	SH	MC	JC	FLC 1	FL A1	FL C2	FL A2
20/03/02	7	6,98	7,07	7,15	7,19	6,98	7,00	6,27	6,98	6,52	6,96
21/03/02	8	6,70	6,84	6,82	6,95	6,67	6,52	5,17	6,15	5,85	6,50
22/03/02	9	6,92	7,03	7,06	7,22	7,06	6,97	6,44	6,97	6,39	7,01
23/03/02	10	6,88	7,05	7,07	7,19	6,88	6,99	5,97	6,86	6,13	6,96
24/03/02	11	6,83	6,90	6,96	7,19	7,01	7,02	6,46	7,00	6,35	7,06
25/03/02	12	6,86	7,10	7,14	7,26	7,30	7,07	6,02	6,82	6,30	6,91
26/03/02	13	6,80	7,01	7,06	7,36	7,06	7,05	6,20	7,01	6,24	7,14
27/03/02	14	6,81	7,08	7,23	7,46	7,07	7,13	6,08	7,00	6,28	7,18
28/03/02	15	6,59	6,99	7,12	7,40	7,05	6,99	6,15	7,19	6,33	7,24
31/03/02	18	7,04	7,32	7,33	7,68	7,25	7,20	6,26	7,27	6,38	7,33
01/04/02	19	7,12	7,31	7,36	7,50	7,17	7,01	6,36	7,01	6,35	6,99
02/04/02	20	6,99	7,28	7,23	7,54	7,08	7,08	6,18	7,06	6,40	7,15
03/04/02	21	7,09	7,15	7,27	7,47	7,03	7,05	6,37	7,16	6,45	7,05
04/04/02	22	7,09	7,27	7,30	7,50	7,13	7,06	6,15	6,99	6,39	7,08
05/04/02	23	7,18	7,34	7,36	7,52	7,21	7,19	6,48	7,21	6,55	7,05
06/04/02	24	7,16	7,37	7,34	7,60	7,23	7,22	6,28	7,16	6,42	7,22
07/04/02	25	7,25	7,33	7,39	7,61	7,20	7,20	6,48	7,21	6,52	7,16
08/04/02	26	7,19	7,37	7,40	7,53	7,37	6,99	6,39	7,27	6,48	7,24
09/04/02	27	7,12	7,23	7,29	7,61	7,29	7,17	6,59	7,20	6,50	7,41
10/04/02	28	7,47	7,42	7,40	7,70	7,27	7,30	6,43	7,32	6,50	7,29
11/04/02	29	7,35	7,58	7,53	7,80	7,50	7,40	6,80	7,47	6,67	7,76
12/04/02	30	7,32	7,41	7,42	7,58	7,36	7,34	6,69	7,31	6,55	7,28
13/04/02	31	7,26	7,32	7,30	7,49	7,23	7,20	6,60	7,21	6,48	7,32
14/04/02	32	7,22	7,39	7,41	7,58	7,26	7,19	6,35	7,13	6,50	7,13
15/04/02	33	7,05	7,29	7,36	7,63	7,35	7,38	6,62	7,47	6,51	7,40
16/04/02	34	7,31	7,36	7,40	7,64	7,38	7,10	6,38	7,21	6,50	7,23
17/04/02	35	7,29	7,44	7,50	7,66	7,56	7,24	6,40	7,28	6,52	7,26
18/04/02	36	7,23	7,47	7,68	7,81	7,69	7,51	6,40	7,25	6,43	7,32
19/04/02	37	7,07	7,25	7,21	7,44	7,25	7,11	6,26	6,94	6,38	7,05
20/04/02	38	7,01	7,20	7,29	7,59	7,33	7,28	6,62	7,28	7,24	7,28
21/04/02	39	7,60	7,65	7,57	7,77	7,49	7,38	6,34	7,19	6,50	7,26
23/04/02	41	7,04	7,05	6,97	7,08	6,24	6,64	6,28	6,76	6,28	6,87
24/04/02	42	7,12	7,11	7,11	7,30	7,13	7,04	6,32	7,04	6,17	6,94
25/04/02	43	7,31	7,31	7,35	7,41	7,26	7,13	6,25	6,99	6,38	6,97
26/04/02	44	7,31	7,47	7,37	7,53	7,43	7,38	6,33	7,13	6,49	7,14
27/04/02	45	7,14	7,27	7,29	7,48	7,26	7,16	6,69	7,14	6,73	7,17
28/04/02	46	7,26	7,39	7,51	7,67	7,44	7,18	6,35	7,10	6,53	7,15
29/04/02	47	7,18	7,34	7,24	7,39	7,13	7,12	6,63	7,15	6,43	7,04
30/04/02	48	6,97	7,25	7,31	7,66	7,43	7,37	6,63	7,38	6,40	7,37
01/05/02	49	7,18	7,34	7,35	7,54	7,30	7,24	6,28	7,08	6,37	7,06
02/05/02	50	7,32	7,51	7,52	7,57	7,60	7,55	6,70	7,48	6,52	7,49
03/05/02	51	7,11	7,36	7,39	7,58	7,22	7,40	6,63	7,32	6,42	7,29
04/05/02	52	7,29	7,46	7,33	7,41	7,32	7,27	6,62	7,14	6,42	7,09
05/05/02	53	7,11	7,33	7,42	7,72	7,37	7,13	6,42	7,14	6,42	7,28
06/05/02	54	7,17	7,51	7,65	7,65	7,39	7,15	6,80	7,35	6,56	7,33
07/05/02	55	7,03	7,36	7,35	7,55	7,33	7,15	6,56	7,20	6,39	7,24
08/05/02	56	7,11	7,24	7,27	7,46	7,23	7,10	6,45	7,08	6,38	7,05
09/05/02	57	7,10	7,26	7,30	7,40	7,19	6,92	6,60	7,05	6,59	7,12
10/05/02	58	7,12	7,28	7,06	7,30	7,03	6,99	6,17	6,87	6,24	6,92
11/05/02	59	7,21	7,34	7,47	7,40	7,40	7,22	6,23	6,94	6,32	7,00
12/05/02	60	6,88	7,02	7,06	7,31	7,15	7,13	6,44	7,24	6,24	7,17
13/05/02	61	6,88	7,06	7,12	7,33	7,16	7,13	6,43	7,12	6,27	7,13
14/05/02	62	6,86	7,11	7,15	7,34	7,29	7,11	6,46	7,11	6,34	7,16
15/05/02	63	6,84	7,07	7,14	7,31	7,12	7,11	6,37	7,09	6,31	7,07
16/05/02	64	6,66	6,94	7,06	7,14	7,00	6,90	6,23	6,92	6,26	6,97
17/05/02	65	6,82	6,92	6,98	7,15	6,98	6,95	6,22	6,97	6,24	6,99

TABELA B69: Valores de pH no quinto ensaio

ENSAIO - 5		pH									
DATA	TO	AB	PFD	PFVA	MF2	MF1	JC	FLC 1	FL A1	FL C2	FL A2
27/05/02	7	7,19	7,11	7,09	7,32	7,01	7,05	6,66	7,10	6,45	7,21
28/05/02	8	7,20	7,14	6,97	7,31	7,02	7,10	6,67	7,06	6,59	7,15
29/05/02	9	7,30	7,42	7,33	7,37	7,23	7,10	6,43	6,95	6,32	6,90
30/05/02	10	7,19	7,33	7,24	7,22	6,99	6,77	6,97	7,19	6,35	6,98
31/05/02	11	6,81	7,09	7,31	7,17	7,03	6,80	6,27	7,17	6,25	7,01
01/06/02	12	6,75	7,07	7,09	7,15	7,09	6,82	6,26	7,17	6,23	7,09
02/06/02	13	6,67	6,85	6,93	7,09	7,13	7,09	6,29	7,06	6,21	7,11
03/06/02	14	7,09	7,04	7,23	7,25	7,25	7,23	6,43	7,22	6,54	7,28
04/06/02	15	7,00	7,42	7,42	7,62	7,42	7,28	6,35	7,36	6,41	7,35
05/06/02	16	7,13	7,43	7,48	7,55	7,51	7,46	6,39	7,45	6,30	7,40
06/06/02	17	7,40	7,44	7,52	7,57	7,42	7,35	6,13	7,08	6,42	7,29
07/06/02	18	6,88	6,99	7,05	7,32	7,27	7,09	6,36	7,02	6,28	7,00
08/06/02	19	6,81	7,11	7,09	7,35	7,29	7,08	6,35	7,05	6,29	7,00
09/06/02	20	6,98	7,17	7,19	7,41	7,32	7,31	6,39	7,21	6,37	7,25
10/06/02	21	7,08	7,18	7,23	7,51	7,50	7,47	6,45	7,42	6,36	7,46
11/06/02	22	7,25	7,31	7,31	7,46	7,33	7,18	6,35	7,36	6,33	7,28
12/06/02	23	7,36	7,48	7,53	7,60	7,50	7,39	6,08	7,05	6,42	7,22
13/06/02	24	7,01	7,31	7,33	7,53	7,43	7,12	6,48	7,45	6,31	7,41
14/06/02	25	7,17	7,25	7,29	7,58	7,33	7,28	6,44	7,32	6,34	7,45
15/06/02	26	7,04	7,14	7,08	7,42	7,22	7,04	6,08	7,02	6,34	7,23
16/06/02	27	7,10	7,36	7,34	7,59	7,33	7,13	6,38	7,24	6,42	7,34
17/06/02	28	7,15	7,28	7,33	7,58	7,48	7,33	6,35	7,39	6,40	7,55
18/06/02	29	7,14	7,44	7,45	7,78	7,51	7,48	6,42	7,45	6,34	7,59
19/06/02	30	7,16	7,22	7,25	7,33	7,27	7,12	6,40	7,14	6,60	7,33
20/06/02	31	7,15	7,37	7,36	7,68	7,44	7,38	6,37	7,41	6,31	7,48
21/06/02	32	7,15	7,28	7,31	7,61	7,40	7,33	6,30	7,35	6,39	7,52
22/06/02	33	6,96	7,19	7,19	7,62	7,35	7,11	6,10	7,24	6,39	7,39
23/06/02	34	7,31	7,37	7,40	7,71	7,57	7,59	6,38	7,47	6,50	7,56
24/06/02	35	7,34	7,34	7,38	7,70	7,35	7,40	6,43	7,38	6,31	7,53
25/06/02	36	7,02	7,13	7,16	7,43	7,19	6,90	6,48	7,24	6,50	7,38
26/06/02	37	7,11	7,23	7,24	7,54	7,31	7,18	6,31	7,31	6,21	7,44
27/06/02	38	7,30	7,38	7,44	7,73	7,48	7,43	6,43	7,36	6,47	7,60
28/06/02	39	7,19	7,34	7,41	7,65	7,38	7,30	6,35	7,38	6,42	7,51
29/06/02	40	7,19	7,28	7,33	7,60	7,37	7,26	6,22	7,46	6,50	7,56
30/06/02	41	7,12	7,39	7,32	7,75	7,32	7,31	6,11	7,37	6,40	7,51
01/07/02	42	7,18	7,35	7,28	7,58	7,33	7,27	6,29	7,51	6,50	7,52
02/07/02	43	7,15	7,42	7,40	7,66	7,47	7,40	6,19	7,39	6,33	7,52
03/07/02	44	7,07	7,33	7,29	7,50	7,39	7,31	6,18	7,40	6,29	7,52
04/07/02	45	7,05	7,40	7,36	7,67	7,35	7,26	6,24	7,34	6,32	7,49
06/07/02	47	7,08	7,40	7,33	7,62	7,49	7,40	6,13	7,27	6,43	7,51
07/07/02	48	6,95	7,17	7,20	7,61	7,18	7,17	6,14	7,16	6,34	7,37
08/07/02	49	7,02	7,18	7,20	7,57	7,32	6,80	6,07	7,02	6,19	7,33
09/07/02	50	7,13	7,31	7,28	7,52	7,27	7,24	6,24	7,22	6,29	7,40
11/07/02	52	6,98	7,38	7,45	7,63	7,42	6,75	6,50	7,41	6,44	7,53
12/07/02	53	7,14	7,48	7,42	7,74	7,52	7,47	6,47	7,46	6,55	7,62
13/07/02	54	6,87	7,19	7,20	7,52	7,28	7,51	6,35	7,40	6,37	7,35
14/07/02	55	7,12	7,43	7,35	7,87	7,44	7,37	6,23	7,37	6,19	7,47
15/07/02	56	7,03	7,33	7,26	7,55	7,39	7,32	6,37	7,35	6,42	7,46
16/07/02	57	6,99	7,20	7,21	7,48	7,22	7,22	6,37	7,24	6,42	7,36
18/07/02	59	6,97	7,31	7,29	7,51	7,15	7,08	6,15	7,14	6,16	7,27
19/07/02	60	7,16	7,33	7,28	7,58	7,32	7,24	6,30	7,21	6,44	7,37
20/07/02	61	7,08	7,25	7,29	7,55	7,43	7,30	6,25	7,29	6,40	7,43
23/07/02	64	6,94	7,06	7,13	7,34	7,16	7,02	6,26	7,16	6,26	7,73
24/07/02	65	6,90	7,09	7,07	7,37	7,30	7,12	6,19	7,14	6,27	7,30
25/07/02	66	7,09	7,25	7,34	7,58	7,27	7,16	6,23	7,31	6,43	7,44
26/07/02	67	7,01	7,13	7,23	7,51	7,18	6,64	6,22	7,15	6,32	7,28
28/07/02	69	6,97	7,12	7,22	7,51	7,09	6,82	6,06	7,16	6,23	7,27
29/07/02	70	7,06	7,19	7,19	7,33	7,26	7,28	6,26	7,21	6,34	7,45
30/07/02	71	6,97	7,12	7,12	7,46	7,26	7,18	6,21	7,22	6,32	7,31
31/07/02	72	7,10	7,17	7,24	7,49	7,36	7,34	6,12	7,11	6,37	7,31
01/08/02	73	6,90	7,08	7,16	7,28	7,06	7,10	6,05	7,03	6,32	7,13
02/08/02	74	6,64	6,80	7,01	6,92	6,92	6,87	6,11	6,98	6,22	7,09
03/08/02	75	6,82	6,85	6,87	7,12	6,72	6,64	6,17	6,89	6,35	7,04
04/08/02	76	6,61	6,74	6,94	7,24	6,75	6,67	6,13	6,84	6,34	7,08
05/08/02	77	6,78	6,89	6,87	7,20	6,98	6,72	6,27	6,95	6,21	7,16
06/08/02	78	6,77	6,85	6,80	7,11	6,72	6,80	6,08	6,77	6,27	6,98
07/08/02	79	6,78	6,84	7,00	7,12	6,92	6,89	5,98	6,76	6,17	6,97
08/08/02	80	6,79	6,91	6,96	7,18	7,01	6,92	6,03	6,89	6,16	7,01
09/08/02	81	6,87	7,00	6,99	7,29	6,94	7,04	5,88	6,84	6,14	6,92
10/08/02	82	6,98	7,02	7,12	7,42	7,03	7,01	5,91	6,93	6,18	7,09
11/08/02	83	6,98	7,05	7,13	7,39	7,06	7,02	5,96	6,99	6,21	7,12
12/08/02	84	6,98	7,12	7,14	7,36	7,11	7,09	5,94	7,14	6,12	7,21
13/08/02	85	6,99	6,97	7,18	7,31	7,06	6,95	5,92	6,94	6,20	7,05
15/08/02	87	6,99	7,16	7,17	7,47	7,15	7,13	5,96	7,24	6,21	7,32
16/08/02	88	6,98	7,05	7,08	7,30	7,08	6,89	5,86	6,92	6,24	7,01
17/08/02	89	6,87	7,04	7,10	7,34	7,07	7,17	5,87	6,94	6,24	7,02
18/08/02	90	6,96	7,02	7,07	7,31	7,05	7,15	5,87	6,93	6,25	7,05

TABELA B70: Valores de sólidos suspensos totais no primeiro ensaio

ENSAIO 1		SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L)					
T O	PONTOS DE COLETA						
	AB	PFVA	MC	JC	FLC 1	FL A1	FL C2
19	5,9000	1,1333			0,7333	1,0000	1,3333
27	6,4000	2,5333			0,9333	0,8667	1,8667
35	6,5000	2,0000	6,8142	1,0667	0,1000		0,2000
42	6,7000	2,1000	1,4000	2,1333	0,9000	0,7500	0,6400
49	6,4000	0,9333	0,5641	1,2105	0,1500	0,0253	0,0750
56	10,6667	1,0909	0,8947	1,0000	0,4000	0,4380	0,1466
63	3,9000	0,4667	0,4667	0,1333			
71	5,2222	0,8667	0,4667	3,0000	0,7500	0,3590	0,5867

TABELA B71: Valores de sólidos suspensos totais no segundo ensaio

ENSAIO 2		SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L)						
TO	PONTOS DE COLETA							
	AB	PFVA	MC	JC	FLC 1	FL A1	FL C2	FL A2
18	3,2000	0,3333	0,4667	0,8000	0,5500	10,0408		0,1667
21	5,2222	0,8667	0,4667	3,0000	0,7500	0,3590	0,5867	
25		1,6500			0,5500	0,0518	0,1070	1,2637
32	5,7000	0,8205	0,9474	0,7179	1,1000	0,4000	0,2319	
39	4,8000	0,3774	0,4615	0,4667	0,1622	0,1622		

TABELA B72: Valores de sólidos suspensos totais no quarto ensaio

ENSAIO 4		SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L)				
T O	PONTOS DE COLETA					
	AB	PFVA	FLC 1	FL A1	FL C2	FL A2
21	9,6000	1,9000	0,7500	0,4000	1,3500	0,6500
28	12,4000	1,3500	0,5500	0,8000	0,6500	1,2000
35	11,2000	1,2500	0,2500	1,3333	0,5500	0,9000
42	11,8000	2,0000	1,0500	1,4545	0,9500	1,6296
56	6,7500	0,7000	nd	0,2909	nd	0,4667
63	11,3846	1,6000	0,6750	0,8000	0,7200	1,1200

TABELA B73: Valores de sólidos suspensos totais no quinto ensaio

SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L)						
T.O	PONTOS DE COLETA					
	AB	PFVA	FLC 1	FL A1	FL C2	FL A2
16	6,4286	1,0000	0,3000	0,4400	nd	nd
23	6,5000	0,3500	0,2400	0,5800	0,3000	0,1600
30	6,9000	1,2500	0,4200	0,5600	0,4000	0,4000
37	8,3000	0,3500	0,2600	0,5000	0,4600	0,5800
44	7,0000	0,8000	0,4186	0,4000	0,2105	0,4750
51	6,0000	0,8500	0,9000	0,7000	0,1800	0,3750
58	4,7000	0,6500	0,4200	0,6200	0,2200	0,0800
65	7,6087	0,5500	0,2600	0,5800	0,1600	0,3000
72	5,6667	0,9500	0,4400	0,5400	0,1800	0,1800
79	12,5758	2,0000	1,2400	1,1507	0,4600	0,5000
85	6,8208	0,6000	0,7333	0,4706	0,6526	0,5000

TABELA B74: Valores de temperatura no primeiro e segundo ensaio

ENSAIO - 1				ENSAIO - 2			
TEMPERATURA (oC)		TEMPERATURA (oC)		TEMPERATURA (oC)		TEMPERATURA (oC)	
DATA	TO	AB	AR	DATA	TO	AB	AR
20/04/01	2	24,5	30,0	09/07/01	3	19,0	19,0
21/04/01	3	24,0	29,0	10/07/01	4	19,0	20,0
23/04/01	5	23,0	22,0	11/07/01	5	19,5	23,5
24/04/01	6	24,0	23,0	14/07/01	8	19,0	22,5
25/04/01	7	23,0	24,0	15/07/01	9	20,0	23,5
27/04/01	9	22,0	23,0	16/07/01	10	18,5	19,5
28/04/01	10	23,0	25,5	17/07/01	11	18,0	18,5
29/04/01	11	23,5	26,5	18/07/01	12	18,0	18,5
30/04/01	12	23,0	23,0	19/07/01	13	20,0	
01/05/01	13	23,0	25,5	20/07/01	14	19,0	21,0
02/05/01	14	23,0	22,0	21/07/01	15	20,0	20,0
03/05/01	15	22,0	23,0	22/07/01	16	22,0	24,0
04/05/01	16	22,0	24,0	23/07/01	17	19,0	17,0
05/05/01	17	19,0	17,0	24/07/01	18	19,0	20,0
06/05/01	18	20,0	18,5	25/07/01	19	21,5	24,0
07/05/01	19	16,0		26/07/01	20	22,0	24,0
08/05/01	20	17,0	15,5	27/07/01	21	21,0	20,0
09/05/01	21	19,0	17,0	28/07/01	22	16,5	17,5
10/05/01	22	20,0	20,0	29/07/01	23	20,5	26,0
11/05/01	23	20,0	19,0	30/07/01	24	18,5	21,5
12/05/01	24	21,0	20,0	31/07/01	25	19,0	21,0
13/05/01	25	21,0	19,0	01/08/01	26	20,0	25,0
14/05/01	26	18,0	15,5	02/08/01	27	19,0	22,0
15/05/01	27	14,0	14,0	03/08/01	28	19,0	18,0
16/05/01	28	19,0	19,0	04/08/01	29	19,0	18,0
17/05/01	29	18,0	18,0	05/08/01	30	19,0	20,0
18/05/01	30	16,0	10,0	06/08/01	31	19,5	22,0
19/05/01	31	16,0	14,0	07/08/01	32	18,5	
20/05/01	32	17,0	17,0	08/08/01	33	20,0	27,0
21/05/01	33	17,5	18,5	09/08/01	34	19,0	21,0
22/05/01	34	18,0	19,0	10/08/01	35	19,0	27,0
23/05/01	35	19,0	20,0	11/08/01	36	18,0	21,0
24/05/01	36	19,0	18,5	12/08/01	37	19,0	22,5
25/05/01	37	22,0	26,0	13/08/01	38	18,5	20,5
26/05/01	38	20,0	20,0	15/08/01	40	19,5	24,0
27/05/01	39	21,0	22,0	16/08/01	41	18,0	18,0
28/05/01	40	20,0	20,0	17/08/01	42	18,0	19,0
29/05/01	41	22,0	24,0	18/08/01	43	20,0	30,0
30/05/01	42	20,5	21,0	20/08/01	45	20,5	26,0
31/05/01	43	21,0	21,0	21/08/01	46	19,0	22,0
01/06/01	44	20,0	22,0	22/08/01	47	20,5	25,0
02/06/01	45	21,0	19,0	23/08/01	48	18,0	19,0
03/06/01	46	21,0	22,0	25/08/01	50	26,0	31,0
04/06/01	47	21,0	23,0	26/08/01	51	26,0	28,0
05/06/01	48	21,0	23,0	27/08/01	52	22,0	25,5
06/06/01	49	20,0	19,0	28/08/01	53	20,0	21,0
07/06/01	50	20,5	21,0	29/08/01	54	21,0	20,5
08/06/01	51	22,0	26,0	30/08/01	55	21,0	22,0
09/06/01	52	20,5	22,0	31/08/01	56	21,0	22,0
10/06/01	53	22,0	26,0	01/09/01	57	22,5	27,0
11/06/01	54	20,5	22,0	02/09/01	58	25,0	34,0
12/06/01	55	20,0	21,0	03/09/01	59	24,0	28,5
13/06/01	56	19,5	21,0	04/09/01	60	22,0	27,5
14/06/01	57	20,0	21,0	05/09/01	61	21,0	23,5
15/06/01	58	19,5	21,5	06/09/01	62	20,0	21,0
16/06/01	59	20,0	24,0				
17/06/01	60	20,0	22,0				
18/06/01	61	20,0	22,0				
19/06/01	62	18,0	18,0				
20/06/01	63	18,5	17,0				
21/06/01	64	15,0	11,0				
22/06/01	65	14,0	12,0				
23/06/01	66	17,0	17,0				
24/06/01	67	20,0	28,0				
25/06/01	68	19,0	22,0				
26/06/01	69	19,5	22,0				
27/06/01	70	15,0	9,0				
28/06/01	71	16,0	15,0				
29/06/01	72	17,0	15,0				

TABELA B75: Valores de temperatura no terceiro e quarto ensaio

ENSAIO - 3 TEMPERATURA (°C)				ENSAIO - TEMPERATURA (°C)			
DATA	TO	AB	AR	DATA	TO	AB	AR
25/09/01	1	22,0	22,0	20/03/02	7	24,0	24,0
26/09/01	2	21,5	21,0	21/03/02	8	25,0	25,0
27/09/01	3	22,0	20,0	22/03/02	9	23,0	22,0
28/09/01	4	22,0	20,0	23/03/02	10	23,5	22,5
29/09/01	5	22,0	21,0	24/03/02	11	24,0	24,0
30/09/01	6	22,0	22,0	25/03/02	12	25,0	29,0
01/10/01	7	22,0	21,5	26/03/02	13	23,5	23,0
02/10/01	8	22,0	22,0	27/03/02	14	24,0	27,5
04/10/01	10	21,0	22,5	28/03/02	15	23,0	22,0
05/10/01	11	22,0	23,0	29/03/02	16	24,0	
06/10/01	12	22,0	31,0	30/03/02	17	26,0	26,0
07/10/01	13	21,0	22,0	31/03/02	18	26,0	34,0
08/10/01	14	21,5	23,5	01/04/02	19	25,0	34,0
09/10/01	15	22,0	23,0	02/04/02	20	24,0	26,5
10/10/01	16	22,0	26,0	03/04/02	21	24,0	28,0
11/10/01	17	22,0	26,0	04/04/02	22	24,0	21,5
12/10/01	18	22,5	27,5	05/04/02	23	23,0	21,0
13/10/01	19	23,5	27,5	06/04/02	24	23,0	21,0
14/10/01	20	22,0	25,0	07/04/02	25	23,0	23,0
15/10/01	21	22,0	25,5	08/04/02	26	23,0	21,5
16/10/01	22	22,5	24,0	09/04/02	27	24,0	28,0
17/10/01	23	21,0	24,0	10/04/02	28	22,5	20,5
18/10/01	24	22,0	19,5	11/04/02	29	24,0	30,0
19/10/01	25	22,0	25,0	12/04/02	30	23,0	27,0
20/10/01	26	21,0	22,0	13/04/02	31	23,0	25,0
21/10/01	27	22,0	26,5	14/04/02	32	23,0	22,0
22/10/01	28	21,0	23,0	15/04/02	33	23,0	26,0
23/10/01	29	21,0	24,0	16/04/02	34	23,0	22,0
24/10/01	30	20,5	22,0	17/04/02	35	23,0	24,0
25/10/01	31	20,0	22,0	18/04/02	36	24,0	23,5
26/10/01	32	21,0	24,5	19/04/02	37	24,0	23,0
27/10/01	33	21,0	25,0	20/04/02	38	23,0	25,0
28/10/01	34	22,0	26,5	21/04/02	39	24,0	28,0
29/10/01	35	22,0	27,0	22/04/02	40	23,0	29,0
30/10/01	36	22,0	27,0	23/04/02	41	24,0	29,0
31/10/01	37	23,0	27,0	24/04/02	42	23,0	22,0
01/11/01	38	23,0	24,5	25/04/02	43	23,0	22,5
02/11/01	39	23,5	27,5	26/04/02	44	22,5	24,0
03/11/01	40	22,0	22,0	27/04/02	45	22,5	24,0
04/11/01	41	21,0	20,0	28/04/02	46	22,5	29,0
06/11/01	43	22,0	25,5	29/04/02	47	22,5	24,5
07/11/01	44	22,0	27,5	30/04/02	48	24,0	27,0
08/11/01	45	22,0	28,0	01/05/02	49	23,0	23,5
09/11/01	46	21,5	23,5	02/05/02	50	25,0	30,0
10/11/01	47	22,5	25,0	03/05/02	51	25,0	30,0
11/11/01	48	24,0	30,0	04/05/02	52	23,0	25,0
14/11/01	51	21,5	24,0	05/05/02	53	23,5	25,0
16/11/01	53	22,0	20,0	06/05/02	54	22,5	22,0
17/11/01	54	23,0	23,0	07/05/02	55	22,0	24,0
18/11/01	55	23,0	22,0	08/05/02	56	22,0	24,0
23/11/01	60	24,0	24,0	09/05/02	57	23,0	28,0
24/11/01	61	24,0	30,0	10/05/02	58	21,5	20,0
25/11/01	62	24,5	25,5	11/05/02	59	22,0	22,0
26/11/01	63	24,0	22,5	12/05/02	60	21,0	24,0
27/11/01	64	24,5	24,5	13/05/02	61	22,0	33,0
28/11/01	65	25,0	28,0	14/05/02	62	22,0	24,0
29/11/01	66	22,0	21,0	15/05/02	63	21,0	23,0
30/11/01	67	24,0	24,0	16/05/02	64	22,0	21,0
01/12/01	68	23,0	22,0	17/05/02	65	21,0	21,0
02/12/01	69	21,0	17,0				
03/12/01	70	21,0	20,5				
04/12/01	71	24,0	33,0				
05/12/01	72	23,0	25,0				
06/12/01	73	24,0	22,0				
07/12/01	74	24,0	22,0				
08/12/01	75	24,0	22,0				
09/12/01	76	24,0	25,0				
10/12/01	77	24,0	22,0				
11/12/01	78	24,0	23,5				
12/12/01	79	24,0	24,5				
13/12/01	80	24,0	23,0				

TABELA B76: Valores de temperatura no quinto ensaio

ENSAIO - TEMPERATURA (°C)				TEMPERATURA (°C)			
DATA	TO	AB	AR	DATA	TO	AB	AR
27/05/02	7	19,0	20,0	08/07/02	49	17,0	16,5
28/05/02	8	19,0	23,0	09/07/02	50	15,0	14,0
29/05/02	9	19,0	23,0	10/07/02	51	15,0	16,0
30/05/02	10	19,0	20,0	11/07/02	52	17,0	19,0
31/05/02	11	19,0	20,0	12/07/02	53	18,0	20,0
01/06/02	12	19,0	20,0	13/07/02	54	18,0	19,0
02/06/02	13	20,0	20,0	14/07/02	55	18,0	19,0
03/06/02	14	20,0	21,0	15/07/02	56	16,0	13,0
04/06/02	15	20,0	23,0	16/07/02	57	16,0	13,0
05/06/02	16	19,0	19,0	17/07/02	58	16,0	17,0
06/06/02	17	19,0	21,0	18/07/02	59	16,0	14,0
07/06/02	18	19,0	22,0	19/07/02	60	17,0	16,0
08/06/02	19	19,0	23,0	20/07/02	61	18,0	18,0
09/06/02	20	20,0	24,0	21/07/02	62	18,5	18,0
10/06/02	21	20,0	23,0	22/07/02	63	18,0	19,0
11/06/02	22	20,0	21,0	23/07/02	64	18,5	18,0
12/06/02	23	20,0	22,0	24/07/02	65	18,5	19,5
13/06/02	24	20,0	22,0	25/07/02	66	19,0	21,0
14/06/02	25	20,0	21,0	26/07/02	67	18,5	19,0
15/06/02	26	20,0	19,5	27/07/02	68	18,0	19,0
16/06/02	27	20,0	21,0	28/07/02	69	19,0	22,0
17/06/02	28	20,0	21,0	29/07/02	70	17,0	18,0
18/06/02	29	20,0	21,0	30/07/02	71	18,0	22,0
19/06/02	30	20,0	23,0	31/07/02	72	19,0	19,0
20/06/02	31	19,0	22,0	01/08/02	73	19,0	21,0
21/06/02	32	18,0	21,0	02/08/02	74	19,0	19,0
22/06/02	33	19,0	22,5	03/08/02	75	19,0	22,0
23/06/02	34	19,0	24,0	04/08/02	76	19,0	28,0
24/06/02	35	19,0	22,0	05/08/02	77	19,0	21,0
25/06/02	36	18,0	17,0	06/08/02	78	20,0	23,0
26/06/02	37	17,0	16,0	07/08/02	79	20,0	21,0
27/06/02	38	18,0	21,0	08/08/02	80	21,0	23,0
28/06/02	39	18,0	22,0	09/08/02	81	21,0	21,0
29/06/02	40	18,0	22,0	10/08/02	82	15,5	25,0
30/06/02	41	19,0	28,0	11/08/02	83	22,0	29,0
01/07/02	42	19,0	18,0	12/08/02	84	22,0	25,0
02/07/02	43	19,0	18,0	13/08/02	85	20,0	22,5
03/07/02	44	18,0	20,0	14/08/02	86	21,0	27,0
04/07/02	45	18,0	19,0	15/08/02	87	20,0	24,0
05/07/02	46	18,0	18,0	16/08/02	88	21,5	24,0
06/07/02	47	19,0	20,0	17/08/02	89	21	20
07/07/02	48	18,0	19,0	18/08/02	90	20,5	20

TABELA B77: Valores de turbidez no primeiro ensaio

ENSAIO - 1		TURBIDEZ (uT)							
DATA	TO	PONTOS DE COLETA							
		AB	PFD	PFVA	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2
19/04/01	1	27,50	17,70	13,90			9,23	13,40	0,98
20/04/01	2	20,70	17,40	10,90			7,51	10,80	2,02
21/04/01	3	21,90	16,60	10,20			7,69	9,41	1,43
23/04/01	5	21,10	19,00	11,80			8,16	8,39	3,31
24/04/01	6	24,10	16,60	9,35			6,84	7,72	3,76
25/04/01	7	20,40	14,90	9,81			5,99	8,13	3,74
27/04/01	9	19,40	16,60	9,97			6,39	7,30	5,43
28/04/01	10	22,60	16,10	10,30			6,47	7,60	5,74
29/04/01	11	22,00	18,30	9,24			6,57	6,92	5,13
30/04/01	12	21,10	14,50	9,67			6,58	6,76	4,97
01/05/01	13	20,80	14,50	9,29			6,66	6,85	5,39
02/05/01	14	22,00	16,90	9,36			5,56	6,11	4,66
03/05/01	15	21,50	20,40	9,27			5,38	5,82	4,27
04/05/01	16	20,30	15,80	8,65			6,13	6,32	5,07
05/05/01	17	21,30	15,20	9,11			6,35	6,65	5,49
06/05/01	18	19,60	13,30	8,17			6,57	6,89	6,06
07/05/01	19	17,50	15,20	8,05	8,08		5,82	6,01	5,25
08/05/01	20	17,80	12,90	7,97	8,00		5,20	5,49	4,91
09/05/01	21	18,70	12,10	7,32	7,33		5,25	4,89	3,84
10/05/01	22	19,80	12,60	7,22	7,14		3,90	4,32	3,04
11/05/01	23	19,00	13,20	8,08	9,06		4,02	4,60	3,01
12/05/01	24	18,60	13,10	8,14	7,88		4,45	4,70	3,56
13/05/01	25	18,50	15,80	11,10	11,20		6,60	6,58	5,63
14/05/01	26	34,40	30,40	18,20	20,30		10,10	9,66	9,11
15/05/01	27	21,30	17,20	12,30	17,40		8,43	8,93	7,92
16/05/01	28	20,30	15,40	10,40	10,60		5,38	7,29	5,70
17/05/01	29	30,50	21,50	14,90	15,00		6,46	8,33	6,16
18/05/01	30	23,00	19,60	14,50	14,40		9,57	11,20	9,04
19/05/01	31	19,40	16,20	10,90	11,00	11,20	6,23	7,67	6,43
20/05/01	32	16,20	13,90	9,15	9,30	10,30	5,13	6,32	4,70
21/05/01	33	18,60	18,90	8,51	8,52	8,50	3,79	5,22	3,64
22/05/01	34	18,00	12,60	8,15	8,13	7,87	3,76	5,05	3,87
23/05/01	35	16,70	12,70	8,29	8,18	8,06	3,67	4,71	3,15
24/05/01	36	16,30	13,20	9,18			3,35	6,13	3,96
25/05/01	37	22,50	15,50	9,10	9,22	8,79	4,30	5,27	3,72
26/05/01	38	19,20	16,20	8,21	8,35	7,71	3,57	4,30	3,45
27/05/01	39	21,30	16,60	8,80	8,81	8,72	3,55	4,47	3,72
28/05/01	40	17,60	13,40	9,34	9,43	8,70	4,08	4,53	4,44
29/05/01	41	18,80	13,50	8,37	8,39	7,70	4,11	4,64	4,93
30/05/01	42	16,80	12,60	8,60	8,72	7,78	3,39	4,03	3,89
31/05/01	43	16,30	12,70	8,67	8,48	7,91	2,73	3,22	3,84
01/06/01	44	17,20	13,50	8,22	8,16	7,79	3,32	3,59	3,60
02/06/01	45	16,50	12,40	7,67	7,71	7,11	3,28	3,43	3,64
03/06/01	46	15,90	11,60	6,92	9,87	6,43	3,40	3,34	4,17
04/06/01	47	15,40	12,30	7,87	7,73	7,08	2,86	3,26	3,99
05/06/01	48	19,50	12,80	7,67	7,62	6,87	3,09	3,48	3,86
06/06/01	49	16,90	12,70	7,65	7,31	7,29	4,25	3,42	3,31
07/06/01	50	16,30	11,20	6,98	7,08	6,79	3,60	2,77	3,08
08/06/01	51	20,00	16,10	7,17	7,23	7,06	3,92	3,16	3,27
09/06/01	52	14,70	10,90	6,47	6,56	6,16	3,98	3,11	3,25
10/06/01	53	16,70	12,60	8,10	7,89	7,36	3,37	3,33	3,19
11/06/01	54	17,90	12,30	7,22	7,39	6,74	4,51	3,45	3,34
12/06/01	55	16,80	12,10	6,72	6,85	6,34	4,40	3,67	3,07
13/06/01	56	15,90	12,20	7,29	7,30	6,85	4,24	3,55	2,78
14/06/01	57	17,80	13,90	6,88	6,64	5,93	4,14	3,39	2,33
15/06/01	58	17,50	11,80	6,87	6,72	6,26	4,05	3,40	2,25
16/06/01	59	16,10	13,10	11,50	11,20	10,50	5,94	4,47	3,73
17/06/01	60	16,00	13,50	11,60	11,70	11,40	6,08	4,67	3,55
18/06/01	61	18,20	13,60	10,80	11,20	10,10	5,67	4,33	3,02
19/06/01	62	16,80	13,00	10,40	10,10	9,57	6,11	4,84	3,66
20/06/01	63	17,10	13,00	9,95	9,99	9,68	5,69	4,64	3,36
21/06/01	64	16,60	13,10	9,35	9,74	9,08	5,83	5,09	3,83
22/06/01	65	17,00	11,90	9,14	9,01	9,08	5,68	4,52	3,58
23/06/01	66	13,60	10,90	8,36	8,73	8,42	5,69	4,14	2,80
24/06/01	67	16,20	12,00	8,29	8,05	8,99	4,35	4,22	1,41
25/06/01	68	16,10	12,70	7,68	7,84	7,33	4,43	4,09	2,39
26/06/01	69	16,30	13,60	8,06	8,28	8,01	4,22	4,19	2,41
27/06/01	70	24,80	18,20	11,60	11,80	10,90	5,14	4,31	3,60
28/06/01	71	16,50	12,80	9,18	9,33	8,59	5,80	4,81	4,20
29/06/01	72	15,80	12,10	7,95	8,13	8,16	5,00	3,79	3,56

TABELA B78: Valores de turbidez no segundo ensaio

DATA	TO	TURBIDEZ (uT)								
		PONTOS DE COLETA								
		AB	PFD	PFVA	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FLA2
07/07/01	1	14,40	11,10	7,18			0,98	7,08	1,37	16,20
09/07/01	3	12,20	9,66	6,60			1,25	6,36	3,65	10,20
10/07/01	4	15,40	11,40	6,79			1,93	6,55	3,63	9,02
11/07/01	5	17,50	13,20	7,96			3,25	5,63	4,68	8,17
12/07/01	6	14,00	10,80	6,23			3,20	5,64	4,58	8,69
14/07/01	8	16,20	12,50	9,40			6,96	7,94	6,44	10,10
15/07/01	9	17,00	12,50	8,21			6,21	6,10	5,62	8,57
16/07/01	10	14,70	11,80	8,75			5,34	5,03	3,79	6,26
17/07/01	11	16,60	11,80	8,80			4,91	4,48	3,64	6,16
18/07/01	12	12,20	9,99	7,90			4,07	4,21	3,33	6,66
19/07/01	13	14,40	11,10	8,10			4,17	4,31	2,73	6,92
20/07/01	14	14,10	10,90	7,60			3,96	4,03	2,77	6,56
21/07/01	15	16,90	11,60	7,30			3,72	3,95	3,10	6,20
22/07/01	16	14,90	10,90	7,18	7,33	7,38	3,16	3,25	2,25	5,87
23/07/01	17	14,90	9,99	7,75	7,71	7,36	4,05	3,70	2,71	6,02
24/07/01	18	15,30	10,90	7,43	7,51	7,20	4,07	3,99	2,91	6,00
25/07/01	19	15,00	10,80	7,42	7,46	7,55	3,74	3,37	2,67	5,75
26/07/01	20	15,90	11,30	7,37	7,44	7,26	3,30	3,47	2,29	6,28
27/07/01	21	16,50	11,40	7,38	7,07	7,00	4,25	2,87	2,12	6,08
28/07/01	22	16,30	11,40	8,01	8,72	7,83	5,27	4,48	3,76	7,31
29/07/01	23	16,80	11,90	8,25	8,34	8,59	5,26	5,32	4,16	8,33
30/07/01	24	14,10	9,89	7,07	7,12	6,77	4,28	4,24	2,87	6,71
31/07/01	25	18,80	11,00	7,40	7,43	6,97	3,77	3,58	2,32	5,84
01/08/01	26	18,80	11,10	7,31	7,18	6,73	3,62	3,30	2,17	5,80
02/08/01	27	14,10	10,20	6,99	6,91	6,70	3,47	2,99	2,29	5,59
03/08/01	28	14,00	10,00	7,28	6,93	7,63	3,49	2,90	1,88	5,24
04/08/01	29	14,40	10,10	6,74	6,73	6,35	3,25	2,68	1,89	4,97
05/08/01	30	13,30	9,28	6,75	6,53	6,87	3,12	2,55	1,56	4,45
06/08/01	31	14,80	9,63	6,64	7,21	6,31	3,23	2,80	1,78	4,74
07/08/01	32	14,10	9,37	6,24	6,35	6,37	2,95	2,66	1,55	4,34
08/08/01	33	14,60	9,89	6,41	6,38	6,38	2,81	2,98	1,59	4,72
09/08/01	34	12,00	8,28	5,86	6,38	6,37	3,17	2,96	1,73	4,47
10/08/01	35	12,30	8,74	6,10	5,79	5,72	2,82	3,13	1,45	4,08
11/08/01	36	12,80	8,84	6,18	5,99	5,76	2,82	3,01	1,59	3,91
12/08/01	37	12,50	8,78	6,10	5,80	5,74	2,72	2,93	1,48	3,89
13/08/01	38	15,50	9,45	6,18	6,09	6,18	2,79	3,12	1,41	3,79
15/08/01	40	15,50	11,50	6,15	6,12	5,55	1,87	3,32	0,94	3,05
16/08/01	41	17,70	12,40	7,79	7,61	7,54	3,02	4,29	1,80	4,53
17/08/01	42	13,70	10,10	6,61	6,66	6,44	2,98	4,07	1,43	4,20
18/08/01	43	12,80	9,56	5,94	6,15	5,98	2,60	4,60	1,29	4,30
20/08/01	45	15,80	10,00	6,61	6,30	6,22	2,59	4,67	1,57	4,29
21/08/01	46	13,80	9,84	6,74	6,74	6,33	2,75	4,37	1,36	3,77
22/08/01	47	15,00	9,85	6,64	6,56	6,27	2,52	4,65	1,43	3,78
23/08/01	48	15,40	10,60	6,87	7,09	6,43	2,86	4,99	1,63	4,03
25/08/01	50	15,80	11,30	7,58	7,32	7,06	3,93	6,24	1,98	4,14
26/08/01	51	14,90	12,00	8,50	8,20	7,07	3,00	5,20	1,96	4,00
27/08/01	52	17,80	10,30	7,25	7,28	6,74	2,86	5,10	1,88	3,36
28/08/01	53	15,20	10,40	7,27	7,30	8,21	2,78	4,95	1,66	3,28
29/08/01	54	14,50	9,91	7,18	7,23	6,95	2,81	4,96	1,79	3,43
30/08/01	55	20,90	14,60	11,20	11,40	11,10	4,30	6,82	2,49	4,98
31/08/01	56	18,60	12,10	8,25	8,42	8,61	3,80	6,47	2,99	3,90
01/09/01	57	17,40	10,50	6,86	6,98	6,82	2,57	5,03		3,81
02/09/01	58	17,60	10,10	6,79	6,89	6,80	2,52	5,01		3,79
03/09/01	59	18,00	12,10	6,83	6,83	6,78	2,50	5,10		3,80
04/09/01	60	16,90	9,66	6,49	6,52	6,38	2,43	4,41		3,05
05/09/01	61	16,50	9,39	6,41	6,37	6,23	2,18	4,19		2,96
06/09/01	62	14,40	9,36	6,33	6,22	6,07	2,90	4,39		3,50

TABELA B79: Valores de turbidez no terceiro ensaio

ENSAIO - 3		TURBIDEZ (uT)									
DATA	TO	PONTOS DE COLETA									
		AB	PFD	PFVA	SH	MC	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FLA2
25/09/01	1	17,10	12,40	9,80				4,60	5,40	6,81	4,06
26/09/01	2	17,30	14,30	9,03		9,82		7,64	6,98	7,83	5,20
27/09/01	3	29,70	12,10	7,94		8,76		4,73	4,24	6,13	3,67
28/09/01	4	15,30	11,30	8,83		8,44		6,90	4,41	5,94	3,58
29/09/01	5	15,80	12,90	8,46		8,56		6,39	3,69	4,93	2,99
30/09/01	6	17,50	11,70	8,54		8,40		6,41	3,91	4,66	2,92
01/10/01	7	16,40	11,50	8,14		8,76		6,26	3,86	4,69	3,19
02/10/01	8	18,00	12,70	7,81	8,53	8,16	8,08	6,60	4,16	4,37	3,39
03/10/01	9	27,50		20,50	20,90	20,90	21,20	5,26	2,86	4,16	2,16
04/10/01	10	29,10	24,60	19,80	19,90	19,80	20,00	17,00	10,30	13,50	12,50
05/10/01	11	24,20	18,70	12,50	13,80	13,70	13,90	12,20	5,72	6,46	5,55
06/10/01	12	21,50	15,20	8,00	11,00	11,00	11,10	9,43	6,01	7,04	6,10
07/10/01	13	19,30	13,90	8,86	9,70	9,63	9,81	7,85	4,39	5,47	4,70
08/10/01	14	19,00	12,50	7,17	8,23	8,36	9,00	6,71	3,81	4,61	4,08
09/10/01	15	27,20	19,10	9,27	10,30	10,10	9,86	6,86	3,54	4,82	3,90
10/10/01	16	24,70	17,70	11,40	12,40	12,40	12,60	11,50	6,53	8,63	8,41
11/10/01	17	20,60	14,10	8,60	9,40	10,21	9,55	7,82	4,69	5,93	5,53
12/10/01	18	18,50	13,30	8,81	9,09	9,01	8,81	7,65	4,48	5,79	5,52
13/10/01	19	17,90	12,40	8,35	8,42	8,42	8,73	6,53	4,17	5,02	4,97
14/10/01	20	17,20	11,90	8,70	8,48	8,48	8,38	5,98	4,24	4,67	4,57
15/10/01	21	18,00	11,70	8,47	8,39	8,67	8,61	5,67	4,43	4,51	4,74
16/10/01	22	18,20	11,20	8,13	8,30	8,13	8,34	5,21	4,45	3,93	4,42
17/10/01	23	59,90	45,90	26,70	21,60	21,40	18,80	5,43	4,85	4,00	4,66
19/10/01	25	23,80	15,80	15,40	16,70	16,50	17,50	10,80	10,10	9,90	11,10
20/10/01	26	20,80	13,20	9,73	9,76	9,72	10,10	7,13	7,67	6,61	7,67
21/10/01	27	30,80	21,70	14,30	14,40	14,50	13,40	6,28	6,80	5,76	6,84
22/10/01	28	27,80	17,60	10,40	9,88	9,89	10,30	5,75	6,86	5,67	6,54
23/10/01	29	23,50	16,70	13,20	13,80	13,40	12,20	9,33	10,00	8,49	9,90
24/10/01	30	20,20	13,50	10,10	10,30	10,40	10,70	6,12	7,35	6,26	6,97
25/10/01	31	18,60	11,90	9,04	8,93	8,82	9,21	5,15	6,19	5,23	5,86
26/10/01	32	17,90	11,30	8,30	8,41	8,41	8,42	4,33	5,50	4,50	4,98
27/10/01	33	17,20	11,20	8,15	8,27	8,59	8,28	4,73	5,61	4,54	5,03
28/10/01	34	16,00	10,60	7,64	7,80	7,92	7,86	4,77	5,62	4,54	5,04
29/10/01	35	16,10	10,50	7,29	7,56	7,44	7,62	4,44	5,45	4,12	4,65
30/10/01	36	16,40	10,40	6,90	7,11	7,13	7,36	4,09	4,94	3,73	4,00
31/10/01	37	19,10	11,00	7,08	7,49	7,38	8,17	4,21	5,12	3,85	4,12
01/11/01	38	18,10	10,90	6,72	7,17	6,99	7,76	4,26	5,07	3,96	3,95
02/11/01	39	19,50	11,80	7,37	8,13	7,82	7,99	4,56	5,14	3,98	4,23
03/11/01	40	19,00	11,40	7,00	7,45	7,16	7,32	5,05	5,67	4,30	5,22
04/11/01	41	78,10	65,30	48,30	45,70	45,70	32,90	17,20	14,70	11,60	14,00
06/11/01	43	24,30	21,60	17,50	18,10	18,00	19,90	16,40	15,90	13,50	14,70
07/11/01	44	20,80	16,90	12,20	12,90	12,90	14,20	10,40	10,70	7,71	8,85
08/11/01	45	16,10	13,40	9,50	10,40	10,40	10,70	7,80	8,18	5,61	6,53
09/11/01	46	17,50	13,80	8,61	9,58	9,58	9,67	7,12	7,57	4,94	5,66
10/11/01	47	18,50	13,40	7,55	8,62	8,62	8,82	6,22	7,03	4,14	4,87
11/11/01	48	22,10	14,40	7,60	8,17	8,17	8,40	5,89	7,52	2,67	3,54
13/11/01	50	22,50	17,40	11,60	12,40	12,10	11,50	9,70	11,30	7,80	8,38
14/11/01	51	18,60	15,00	10,20	10,90	11,70	11,00	8,26	8,79	6,53	6,99
16/11/01	53	27,10	22,40	15,80	16,30	16,40	16,40	11,90	11,30	7,25	10,60
17/11/01	54	26,10	18,00	12,90	13,90	13,90	13,60	9,44	9,43	6,57	8,27
18/11/01	55	17,10	14,10	11,30	12,00	12,10	11,70	7,81	8,00	5,10	6,78
22/11/01	59	38,10		21,10	23,20	23,00	22,70	18,60	16,90	9,71	19,70
23/11/01	60	28,80	21,30	16,90	17,20	17,20	17,20	14,50	14,60	11,60	14,10
24/11/01	61	34,20	25,40	15,50	15,60	15,60	15,50	11,20	11,00	8,78	11,40
25/11/01	62	28,60	18,10	11,70	13,00	13,00	12,80	8,59	7,88	5,77	7,39
26/11/01	63	25,00	17,20	11,40	13,30	13,10	12,90	8,80	7,55	6,35	7,03
27/11/01	64	25,50	15,50	9,32	10,70	10,70	11,20	7,23	6,33	4,99	5,84
28/11/01	65	25,10	14,20	8,91	9,61	9,58	9,59	5,67	5,96	4,28	4,96
29/11/01	66	26,50	15,90	9,82	9,79	9,67	10,10	6,54	6,95	4,95	5,53
30/11/01	67	39,30	26,30	21,20	20,70	20,60	20,40	13,90	13,20	9,03	12,20
01/12/01	68	41,60	22,40	18,10	18,00	18,00	17,80	13,50	14,30	9,20	13,40
02/12/01	69	33,10	18,10	15,50	15,50	15,50	15,50	10,70	12,00	8,33	11,10
03/12/01	70	24,00	15,70	12,60	12,00	12,20	12,80	7,64	8,70	6,01	7,87
04/12/01	71	24,40	15,40	11,00	10,60	10,60	10,40	6,83	7,36	3,07	7,15
05/12/01	72	25,60	14,70	10,40	9,58	9,64	9,72	5,87	6,72	4,18	6,30
06/12/01	73	22,90	15,30	9,60	9,14	9,17	9,48	6,39	6,67	3,27	5,32
07/12/01	74	22,70	13,50	9,16	9,26	9,15	8,65	5,95	6,50	4,43	6,14
08/12/01	75	16,50		9,14	8,41	8,74	8,29	4,80	6,00	3,43	5,40
09/12/01	76	22,00	17,20	9,61	8,85	8,76	8,55	5,07	6,01	3,29	5,38
10/12/01	77	26,70		13,70	13,20	13,30	13,00	6,13	6,59	3,08	6,34
11/12/01	78	28,80		26,50	26,50	26,50	21,40	7,59	8,49	4,76	8,18
12/12/01	79	27,50	19,20	14,60	14,70	14,90	15,60	10,20	11,30	5,66	10,70
13/12/01	80	23,20	17,20	10,50	10,50	10,40	11,20	7,01	8,36	4,80	7,59
14/12/01	81	27,40	17,60	11,70	11,60	11,60	11,60	6,61	7,89	4,72	7,48
15/12/01	82	27,50	23,60	11,10	11,40	11,50	11,30	7,13	8,50	5,05	8,01
16/12/01	83	32,10	16,50	11,00	11,10	11,50	10,60	5,96	7,76	4,21	7,16
17/12/01	84	47,60	29,10	18,00	19,00	19,00	19,90	12,30	14,60	8,11	13,40
18/12/01	85	33,20	24,60	18,30	19,00	19,00	18,90	13,70	15,50	9,48	14,20
19/12/01	86	29,60	18,70	14,70	15,90	16,00	16,40	11,20	13,20	6,49	9,91
20/12/01	87	35,60	22,60	10,90	11,40	11,30	11,50	6,64	8,95	5,66	7,98
22/12/01	89	222,70	197,00	97,80	90,00	89,20	85,60	20,00	20,90	15,90	22,70
24/12/01	91	32,30	28,00	24,40	24,90	25,10	28,40	21,00	25,40	17,30	23,60
25/12/01	92	32,50	26,90	22,40	22,50	22,60	21,50	16,40	18,30	15,30	18,90
26/12/01	93	30,50	25,20	23,10	23,70	24,00	23,90	15,50	18,30	13,70	17,50
27/12/01	94	26,70	20,10	15,50	16,20	16,30	17,20	9,98	12,00	9,12	11,40

TABELA B80: Valores de turbidez no quarto ensaio

ENSAIO - 4		TURBIDEZ (uT)									
DATA	TO	PONTOS DE COLETA									
		AB	PFD	PFVA	SH	MF	JC	FL C1	FL A1	FL C2	FLA2
20/03/02	7	23,90	20,50	12,00	12,50	12,40	12,90	8,59	9,62	8,10	8,81
21/03/02	8	25,00	18,80	12,50	13,00	12,10	13,30	8,54	9,88	8,29	8,86
22/03/02	9	24,30	18,00	12,40	13,50	12,10	12,90	9,19	10,50	9,08	9,89
23/03/02	10	25,50	21,00	11,70	12,50	12,10	12,50	7,86	9,24	7,70	8,42
24/03/02	11	25,60	18,00	11,80	13,00	12,20	12,80	8,19	9,66	7,88	8,93
25/03/02	12	26,40	21,40	11,30	12,30	13,70	11,90	7,47	9,66	8,02	9,24
26/03/02	13	38,20	26,60	16,80	18,20	16,60	17,50	8,22	9,56	8,37	9,29
27/03/02	14	26,40	19,10	13,10	13,60	13,30	13,10	10,00	11,30	10,30	11,50
28/03/02	15	87,10	77,80	48,90	38,30	22,80	33,30	8,35	8,92	8,74	9,32
31/03/02	18	42,50	27,70	22,30	23,10	22,40	22,70	15,70	17,10	17,60	19,30
01/04/02	19	34,40	28,20	19,70	20,10	19,30	20,30	12,50	12,70	13,50	15,30
02/04/02	20	28,20	24,00	17,50	17,80	16,80	17,20	9,82	9,44	11,10	11,40
03/04/02	21	28,00	22,30	15,50	16,10	15,10	15,50	7,92	7,80	9,47	9,97
04/04/02	22	25,60	22,10	14,00	14,70	13,10	14,00	7,33	7,57	7,79	8,59
05/04/02	23	25,60	20,60	12,80	13,50	12,60	13,40	7,12	8,01	8,02	8,21
06/04/02	24	25,50	19,50	11,10	11,90	10,80	11,60	6,60	7,16	7,06	7,33
07/04/02	25	23,80	18,70	11,00	11,30	11,10	10,60	6,08	7,12	6,58	6,85
08/04/02	26	24,40	17,80	10,80	11,20	10,20	11,00	5,65	7,17	6,23	6,58
09/04/02	27	23,00	17,60	10,50	11,80	10,90	11,80	6,78	8,22	5,81	6,37
10/04/02	28	22,20	16,10	10,50	11,60	10,70	11,00	6,15	7,58	6,96	7,20
11/04/02	29	24,80	15,50	10,20	11,90	10,80	11,50	5,77	7,33	7,64	6,38
12/04/02	30	26,40	17,50	10,90	11,50	10,30	11,10	5,34	6,42	6,67	6,05
13/04/02	31	23,60	15,80	10,30	10,70	10,10	10,50	5,26	5,89	5,80	6,25
14/04/02	32	19,50	16,10	9,76	10,70	9,79	10,20	5,51	5,97	6,22	6,64
15/04/02	33	23,40	16,20	9,89	10,50	9,86	10,20	5,22	5,65	5,67	6,15
16/04/02	34	21,90	15,20	9,75	9,87	9,29	9,74	5,05	5,34	5,48	5,85
17/04/02	35	20,80	14,80	9,22	10,40	9,55	9,73	5,00	5,47	5,37	6,07
18/04/02	36	21,40	15,10	9,47	10,50	9,69	10,40	4,66	5,15	5,24	5,87
19/04/02	37	22,00	15,10	9,33	9,93	9,08	9,97	4,59	4,93	5,04	5,75
20/04/02	38	22,10	15,20	9,23	9,22	8,53	9,31	4,65	5,06	4,91	5,60
21/04/02	39	21,00	14,00	8,69	8,84	8,30	8,81	4,49	4,91	4,73	5,66
22/04/02	40	25,90	14,90	8,26	9,02	7,76	7,86	4,80	4,86	4,85	5,81
23/04/02	41	22,50	14,80	7,90	8,11	7,46	7,81	4,64	4,64	4,11	5,18
24/04/02	42	21,00	12,90	7,95	8,10	7,61	7,94	4,07	4,68	4,03	5,15
25/04/02	43	21,50	13,40	7,68	7,95	7,44	7,78	4,24	4,65	4,06	5,22
26/04/02	44	19,60	13,50	7,45	7,79	7,28	7,76	3,22	4,23	4,56	5,52
27/04/02	45	22,10	15,30	7,06	7,40	7,06	7,46	3,88	4,38	4,67	5,03
28/04/02	46	17,20	11,90	7,01	8,06	7,13	7,42	4,32	4,87	4,35	6,31
29/04/02	47	18,10	12,80	7,31	7,42	7,06	7,39	4,05	4,31	3,89	5,43
30/04/02	48	19,30	12,90	7,07	6,87	6,60	7,30	3,84	4,17	3,85	4,89
01/05/02	49	20,80	12,50	6,99	6,89	6,65	6,72	3,64	3,98	3,62	5,15
02/05/02	50	21,50	20,00	11,20	12,20	10,70	12,00	5,69	5,50	5,51	7,94
03/05/02	51	20,70	15,20	10,10	10,40	10,10	10,00	4,70	4,99	4,94	7,11
04/05/02	52	17,30	13,50	9,34	9,77	8,32	8,76	4,31	4,49	4,49	6,45
05/05/02	53	20,30	14,70	9,18	9,34	8,75	8,65	4,28	3,95	4,55	7,01
06/05/02	54	17,20	13,10	8,66	8,85	8,16	8,50	3,83	4,18	5,00	6,63
07/05/02	55	18,10	12,80	7,79	7,91	7,56	7,83	3,60	4,06	4,47	6,11
08/05/02	56	16,40	13,40	7,62	7,78	7,24	8,15	3,74	4,14	4,21	5,27
09/05/02	57	19,00	13,00	7,83	8,04	7,78	8,06	3,96	4,24	4,12	5,77
10/05/02	58	17,50	12,70	7,66	8,10	7,71	7,75	4,00	4,51	4,17	5,84
11/05/02	59	18,80	12,60	7,51	7,82	7,26	7,48	3,47	4,02	3,82	5,40
12/05/02	60	16,30	11,50	7,20	7,56	7,15	7,63	3,64	4,15	3,67	5,63
13/05/02	61	16,50	11,00	6,89	7,21	6,81	6,89	3,63	4,10	3,36	5,37
14/05/02	62	18,30	11,90	7,36	7,85	8,56	7,50	3,59	4,15	3,44	5,36
15/05/02	63	17,40	11,60	7,21	7,72	7,18	7,97	3,50	4,34	3,49	5,23
16/05/02	64	16,40	11,10	6,55	7,01	6,73	7,09	3,43	4,10	3,30	4,98
17/05/02	65	17,10	10,40	6,62	7,04	6,82	6,85	3,64	4,43	3,55	5,02

TABELA B81: Valores de turbidez no quinto ensaio

ENSAIO - 5		TURBIDEZ (uT)									
DATA	TO	PONTOS DE COLETA									
		AB	PFD	PFVA	SH	MF	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
27/05/02	7	10,20	9,90	6,73	6,34	6,18	5,17	3,24	3,60	3,38	4,89
28/05/02	8	13,80	9,55	6,02	6,12	5,93	6,03	2,89	4,95	4,48	6,15
29/05/02	9	14,20	10,00	6,23	6,72	6,08	6,39	4,85	4,93	4,15	5,70
30/05/02	10	14,30	10,10	6,46	7,07	6,78	6,66	2,99	4,37	4,13	4,81
31/05/02	11	15,30	9,89	6,12	6,63	5,98	6,03	2,83	4,55	4,23	5,16
01/06/02	12	13,70	10,20	6,38	6,84	6,13	6,16	2,78	4,20	4,14	5,11
02/06/02	13	13,50	9,53	6,16	6,87	6,08	6,45	2,78	4,13	3,96	4,27
03/06/02	14	13,80	6,36	6,88	6,32	6,88	6,92	2,90	4,12	4,08	4,34
04/06/02	15	15,60	9,91	5,84	6,42	5,58	6,43	2,46	3,48	3,88	3,78
05/06/02	16	14,80	10,40	5,85	7,12	5,56	5,75	2,48	3,66	3,67	3,62
06/06/02	17	14,90	10,20	5,82	7,47	5,64	6,03	2,54	3,65	3,50	3,35
07/06/02	18	13,90	10,90	5,53	6,47	5,38	5,94	2,29	3,49	3,38	3,02
08/06/02	19	13,50	9,20	5,30	6,51	5,48	5,71	2,35	3,48	2,99	2,95
09/06/02	20	13,40	7,75	5,00	6,52	5,57	5,64	2,49	3,48	2,80	2,88
10/06/02	21	14,30	9,01	5,30	6,05	5,39	5,26	2,03	3,19	2,41	2,47
11/06/02	22	14,80	10,20	5,52	6,36	5,61	7,27	2,27	3,50	2,75	2,71
12/06/02	23	14,80	10,50	5,18	5,96	5,27	5,72	1,96	3,30	2,54	2,53
13/06/02	24	14,70	10,60	5,46	6,34	5,39	5,78	2,05	3,30	2,51	2,56
14/06/02	25	14,50	10,80	5,64	6,37	5,70	6,30	2,19	3,33	2,62	2,86
15/06/02	26	15,80	11,30	5,62	6,38	5,80	6,37	2,50	3,55	2,80	2,95
16/06/02	27	14,80	11,50	5,72	6,75	5,84	6,15	2,50	3,43	2,90	3,01
17/06/02	28	14,70	10,10	5,52	6,29	5,59	6,57	2,29	3,63	2,63	3,03
18/06/02	29	13,40	9,90	5,55	5,91	5,28	5,39	1,96	3,37	2,55	2,77
19/06/02	30	17,00	11,60	6,96	7,35	6,80	7,31	2,86	3,83	2,95	3,41
20/06/02	31	13,80	10,70	5,25	6,14	5,41	5,70	2,16	3,28	2,34	2,73
21/06/02	32	14,40	9,76	4,97	5,78	5,36	5,05	2,14	3,45	2,44	2,87
22/06/02	33	14,70	9,68	4,55	5,41	4,76	6,05	2,07	4,22	2,59	3,27
23/06/02	34	15,30	10,20	4,86	5,78	10,10	8,59	3,37	5,49	2,89	2,83
24/06/02	35	15,10	10,90	5,02	5,89	5,28	5,26	2,26	3,73	2,58	2,96
25/06/02	36	16,30	10,90	5,22	5,81	5,31	5,20	2,30	3,42	3,12	3,03
26/06/02	37	14,50	10,40	5,51	6,03	5,47	5,76	2,47	4,03	2,70	3,13
27/06/02	38	13,80	10,50	5,23	5,67	5,08	5,33	2,09	3,37	2,37	2,79
28/06/02	39	14,60	10,10	4,73	5,29	4,76	6,46	1,79	3,29	2,12	2,50
29/06/02	40	15,30	22,90	4,98	5,37	4,71	5,51	1,72	3,16	2,20	2,49
30/06/02	41	13,70	11,30	8,37	8,35	7,83	10,30	2,82	5,16	3,16	4,44
01/07/02	42	13,80	10,90	8,25	8,33	8,45	9,22	2,60	4,39	2,66	3,53
02/07/02	43	14,20	12,20	8,12	8,30	7,63	8,85	2,84	4,22	2,50	3,31
03/07/02	44	13,80	11,20	7,89	7,69	7,10	7,03	3,12	4,43	2,53	3,39
04/07/02	45	14,50	10,40	7,31	7,11	6,70	6,21	2,74	4,21	2,43	3,34
05/07/02	46	13,50	10,30	6,84	6,93	7,11	6,67	2,74	4,00	2,18	3,23
06/07/02	47	13,80	10,70	6,84	6,53	6,23	7,32	2,61	3,83	2,08	2,47
07/07/02	48	11,60	9,08	6,00	5,87	5,29	5,67	2,61	3,70	2,13	2,62
08/07/02	49	17,00	10,40	6,53	6,66	6,04	5,72	3,42	3,94	2,68	3,40
09/07/02	50	19,10	15,80	7,73	7,96	7,33	7,55	3,49	4,21	2,77	3,25
10/07/02	51	15,50	10,20	6,36	7,15	6,39	6,96	3,90	4,61	3,19	3,60
11/07/02	52	14,30	10,90	5,92	6,14	5,69	5,73	2,83	4,03	2,33	2,72
12/07/02	53	13,30	10,30	6,15	6,55	6,06	6,17	3,02	4,21	2,42	3,01
13/07/02	54	13,80	10,70	6,07	6,35	6,29	6,06	2,69	4,08	2,17	2,76
14/07/02	55	14,20	10,40	6,29	6,60	5,97	6,46	3,24	4,38	2,83	3,42
15/07/02	56	13,80	9,81	5,92	6,20	5,92	5,89	2,79	4,08	2,31	3,14
16/07/02	57	15,40	10,40	6,07	6,29	5,96	6,67	2,51	3,91	2,10	2,62
17/07/02	58	11,00	9,82	4,84	4,69	4,65	4,61	2,05	2,89	1,66	2,52
18/07/02	59	13,10	9,20	6,01	6,33	5,85	6,25	3,40	3,89	2,64	2,97
19/07/02	60	11,90	10,90	5,73	6,00	5,77	5,83	2,88	3,64	2,30	2,85
20/07/02	61	14,30	11,10	5,78	5,89	5,70	6,27	2,37	3,90	2,06	2,44
21/07/02	62	12,00	9,24	5,61	5,69	5,28	5,19	2,09	3,49	1,95	2,44
22/07/02	63	12,20	8,00	5,57	7,09	4,67	5,24	2,19	3,21	3,10	2,90
23/07/02	64	14,30	10,90	6,37	6,60	6,18	6,14	2,77	4,20	2,58	3,21
24/07/02	65	14,90	10,90	6,39	6,52	5,85	6,11	2,41	3,60	1,75	2,67
25/07/02	66	13,70	9,67	5,76	5,84	5,33	5,63	2,05	3,33	1,77	2,35
26/07/02	67	13,10	9,94	5,95	6,67	5,68	5,95	1,96	3,27	1,74	2,45
27/07/02	68	18,60	13,00	6,32	6,05	5,67	6,67	2,11	3,18	1,88	2,28
28/07/02	69	19,20	13,10	9,91	8,90	7,35	7,56	1,99	3,55	1,88	2,44
29/07/02	70	17,80	12,20	6,60	6,46	7,32	6,69	2,93	4,09	2,17	2,59
30/07/02	71	13,40	9,73	6,12	6,45	5,67	5,68	2,27	3,68	2,09	2,60
31/07/02	72	12,90	9,10	5,31	5,54	5,05	5,03	1,91	3,27	1,69	2,23
01/08/02	73	20,60	12,20	5,76	6,72	5,15	5,28	1,83	3,29	1,97	2,25
02/08/02	74	35,60	23,40	10,50	10,90	9,42	9,85	3,21	5,37	2,46	3,34
03/08/02	75	20,40	15,70	11,50	11,80	10,50	10,70	4,17	6,99	2,92	4,49
04/08/02	76	38,40	26,20	12,60	11,60	11,00	11,10	6,45	10,80	4,40	6,96
05/08/02	77	26,70	15,20	9,36	10,20	9,31	9,57	4,44	7,16	2,75	4,08
06/08/02	78	17,50	11,70	7,12	7,79	6,86	7,25	2,70	4,87	2,40	3,04
07/08/02	79	29,00	19,90	8,30	10,10	8,00	8,45	2,83	5,02	2,50	3,38
08/08/02	80	21,60	13,80	8,24	9,18	7,57	7,47	2,80	5,11	2,69	3,34
09/08/02	81	20,00	13,90	10,10	10,40	8,02	8,19	2,20	4,42	2,26	2,73
10/08/02	82	15,90	10,70	7,09	7,62	6,75	7,11	2,22	4,81	2,55	3,03
11/08/02	83	16,60	10,40	6,68	7,38	6,09	6,49	2,16	4,49	2,92	2,58
12/08/02	84	15,70	10,10	6,68	6,97	6,14	6,35	2,72	3,92	2,33	2,78
13/08/02	85	14,40	10,20	5,68	6,38	5,65	5,84	2,08	3,61	2,25	2,74
14/08/02	86	14,90	10,00	6,59	7,00	5,94	6,17	2,28	3,63	2,27	2,59
15/08/02	87	15,20	9,40	6,12	6,49	5,61	5,86	2,13	3,82	2,40	2,66
16/08/02	88	12,20	8,49	5,31	5,67	5,14	5,40	1,53	3,51	1,95	2,61
17/08/02	89	14,20	8,80	5,45	5,69	5,16	5,24	1,60	3,32	2,07	2,40
18/08/02	90	14,70	8,58	5,42	6,47	4,89	5,01	1,79	3,17	2,63	2,37

TABELA B82: Valores de nitrogênio amoniacal no primeiro ensaio

DATA	T O	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)						
		AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2
07/05/01	19	0,1700	0,1000	-	-	0,0500	0,0600	0,0800
15/05/01	27	0,1800	0,1000	-	-	0,0800	0,0500	0,0400
23/05/01	35	0,1500	0,0900	-	-	0,0800	0,0000	0,0000
30/05/01	42	0,1900	0,1200	-	0,1200	0,0600	0,0500	0,0400
28/06/01	71	0,1800	0,1300	0,1100	0,1700	0,0400	0,0800	0,0600

TABELA B83: Valores de nitrogênio amoniacal no segundo ensaio

DATA	TO	NITROGÊNIO AMONIAICAL (mg/L)							
		AB	PFVA	MC	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2
20/07/01	14	0,16	0,11			0,05	0,05	0,02	0,09
24/07/01	18	0,14	0,08	0,06	0,09	0,02	0,04	0,01	0,05
31/07/01	25	0,18	0,08	0,12	0,16	0,09	0,07	0,01	0,09
21/08/01	46	0,14	0,1	0,09	0,1	0,03	0,05	0,0288	0,04
28/08/01	53	0,18	0,12	0,12	0,14	0,02	0,07	0,01	0,05
06/09/01	62	0,18	0,07	0,09	0,09	0,01	0,06		

TABELA B84: Valores médios do número de partículas de cada tamanho para cada ensaio

ENSAIO	TAM. PART. µm	VALORES MÉDIOS DO NÚMERO DE PARTÍCULAS DE CADA ENSAIO									
		PONTOS DE COLETAS									
		AB	PFVA	JC	FLC1	FLA1	FLC2	FLA2			
1	1,2	8769,6	10898,3	9667,9	1556,6	4012,8	3044,4				
	4	3965,5	866,2	890,3	414,7	495,0	879,0				
	8	1570,9	237,3	219,6	83,8	255,6	353,2				
	12	511,2	65,6	49,2	19,4	53,7	101,7				
	16	321,9	34,2	25,7	10,1	27,4	29,0				
	24	110,8	5,8	5,0	1,8	4,8	4,5				
	36	30,1	1,2	0,8	0,3	1,3	0,8				
	48	20,5	0,9	1,8	0,2	1,0	0,8				
2	1,2	9467,271	10670,367	8397,267	8401,633	1170,214	1547,771	963,772	3789,067		
	4	4104,714	502,247	387,978	513,950	221,486	193,400	257,267	358,002		
	8	1071,999	124,722	70,678	37,267	44,400	44,657	66,869	67,567		
	12	301,363	23,356	1176,944	16,678	15,943	18,629	24,378	22,711		
	16	244,657	16,511	31,167	11,500	9,276	11,324	19,767	13,311		
	24	100,667	4,789	3,233	2,689	2,276	2,114	6,045	3,189		
	36	30,638	1,677	0,322	0,867	0,514	0,514	1,278	0,656		
	48	21,610	2,267	0,311	2,500	0,371	0,381	0,945	0,467		
4	2	5402,3	10042,0	4656,5	5437,3	4224,9	4518,5	847,5	928,8	753,4	806,6
	4	6574,8	4139,1	595,3	1336,9	678,4	822,9	495,6	333,7	317,7	297,8
	8	2380,3	874,8	114,3	262,3	171,2	202,4	160,0	100,0	117,2	82,9
	12	862,6	229,5	39,8	74,4	55,1	62,8	61,8	41,0	51,8	40,7
	16	698,7	130,8	30,7	51,8	45,3	47,2	48,7	31,7	41,5	30,4
	24	232,9	29,0	11,1	15,9	19,1	15,2	15,9	9,0	13,5	7,4
	36	58,2	7,9	4,2	5,1	6,8	6,0	4,6	3,4	4,1	2,0
	48	41,7	8,5	5,6	5,8	11,7	15,2	5,1	3,9	6,3	1,7
5	2	4569,300	3322,764	386,269	1048,085	469,163	759,893	146,642	148,479	114,262	187,079
	4	5608,818	2808,066	252,528	940,087	366,431	463,995	135,399	109,043	86,279	140,290
	8	2145,509	912,663	64,770	235,510	100,418	110,666	42,800	35,376	30,321	30,697
	12	779,11818	345,03609	23,387909	66,655	34,266909	37,769727	17,654545	15,060818	14,690909	10,666636
	16	639,75727	252,35209	15,987909	46,448545	33,957818	31,642364	14,333364	13,000091	11,848455	10,430364
	24	222,40091	89,478636	5,6789091	14,939455	18,539364	12,042364	5,2483636	5,6727273	4,6423636	5,3576364
	36	60,406091	26,775455	2,3333636	5,8604545	12,909	5,6241818	2,612	3,0970909	2,4181818	2,9574545
	48	45,333273	24,993636	3,1393636	7,5334545	20,982091	6,6546364	4,3394545	4,9696364	3,7513636	4,4546364

TABELA B85: Valores de absorvância e cor aparente nos ensaios especiais na coluna de ozonização com água NPF

ENSAIOS NA COLUNA COM ÁGUA NATURAL				
Dose de O ₃ Consumida mg/L	Cor Aparente (uH)		ABS (sem filtrar.)	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante
5,7	345	313	0,441	0,377
4,6	341	318	0,447	0,376
3,9	351	321	0,447	0,374
3,2	356	319	0,445	0,375
2,4	353	340	0,441	0,382
4,2	354	349	0,435	0,374
3,7	370	338	0,440	0,370
3,2	366	347	0,436	0,374
2,4	343	314	0,443	0,375
1,8	335	325	0,433	0,386
3,5	294	256	0,392	0,319
3,0	287	257	0,381	0,318
2,5	275	251	0,377	0,316
1,9	280	253	0,370	0,319
1,3	288	267	0,372	0,328
3,1	250	234	0,361	0,301
2,7	258	232	0,361	0,300
2,2	260	231	0,362	0,305
1,8	249	233	0,356	0,311
1,2	251	232	0,358	0,324
3,0	265	247	0,353	0,316
2,5	258	227	0,356	0,300
2,1	267	256	0,362	0,314
1,4	272	251	0,367	0,329
1,0	276	258	0,395	0,345

TABELA B86: Valores de absorvância e cor verdadeira e aparente nos ensaios especiais na coluna de ozonização com água NPF/SH

ENSAIOS NA COLUNA (ÁGUA e SUBSTÂNCIAS HÚMICAS)						
Dose de O ₃ Consumida mg/L	Cor Aparente (uH)		Cor Verdadeira (uH)		ABS (sem filtrar.)	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
3,70	231	201	122	91	0,355	0,286
3,46	224	192	108	82	0,361	0,273
2,98	215	175	112	105	0,346	0,268
2,48	205	186	105	79	0,338	0,287
1,79	207	185	89	80	0,345	0,287
5,91	205	160	103	69	0,334	0,237
5,06	197	156	95	61	0,335	0,237
4,52	194	156	90	62	0,328	0,242
3,78	200	165	91	66	0,336	0,251
2,78	198	169	92	61	0,340	0,264
3,45	246	219	101	93	0,367	0,307
2,87	275	254	93	72	0,385	0,329
2,32	282	252	93	76	0,400	0,337
1,75	283	264	93	75	0,393	0,355
1,18	279	270	93	83	0,397	0,367
2,55	278	255	98	79	0,388	0,349
1,74	277	259	92	86	0,386	0,351
2,07	276	254	93	75	0,385	0,345

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILA, N.K.S. (2002). *Influência da pré-oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio no desempenho da filtração lenta em areia e carvão ativado granular*. São Carlos, 200p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, H. S. (2001). *Remoção de substâncias húmicas no processo de Filtração em Múltiplas Etapas precedido de oxidação com ozônio*. São Carlos, 190p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- AMY, G.; CHO, J. (1999). *Interactions between natural organic matter (NOM) and membranes: rejection and fouling*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, held in Trondheim, Norway, p.131-139, June.
- APHA, AWWA, WPCF, (1996). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19^a ed., Washington, D.C., 1268p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989). – ABNT NB592 “Projeto de Estação de Tratamento de Água”, Rio de Janeiro, Brasil, 18p.
- ARBOLEDA, J. (1973). *Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua*. CEPIS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, Peru, 558p.
- ARBOLEDA, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Ed. McGraw-Hill Interamericana S.^a, Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia, 2 vol. 793p.
- BADER, H.; STURZENEGGER, V.; HOIGNÉ, J. (1988). Photometric method for the determination of low concentrations of hydrogen peroxide by the peroxidase catalyzed oxidation of n,n-diethyl-p-phenylenediamine (DPD). *Water Resources*, v.22, n.9, p.1109-1115.
- BELHATECHE, D.; SYMONS, J.M. (1991). Using cobalt-ultraviolet spectrophotometry to measure hydrogen peroxide concentration in organically laden groundwater. *Journal of the American Water Works Association*, v. 83, n.8, p.70-73, Aug.
- BIAN, R.; WATANABE, Y.; TAMBO, N.; OZAWA, G. (1999). *Removal of humic substances by uf and nf membrane systems*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, held in Trondheim, Norway, p.121-129, June.
- CAMPOS, S.X. (2002). *Caracterização de substâncias húmicas*. Comunicação pessoal.

- CHOW, C. W. K.; VAN LEEUWEN, J. ^a; DRIKAS, M.; FABRIS, R.; SPARK, K. M.; PAGE, D. W. (1999). *The impact of the character of natural organic matter in conventional treatment with alum*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, held in Trondheim, Norway, p.97-104, June.
- CHOWDHURY, Z.K.; AMY, G.L. (1999). *Modeling disinfection by-product formation. In: formation and control of disinfection by-products in drinking water*. AWWA, Denver, USA, p.53-64.
- COELHO, E. R. C. (2002). *Influencia da pré-oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio na remoção de atrazina em filtros lentos de areia e carvão ativado granular*. São Carlos. 248p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CROUÉ, J.P. ; DEBROUX, J.F. ; AMY, G.L. ; AIKEN, G.R. ; LEENHEER, J.^a (1999). *Natural organic matter structural characteristics and reactive properties. In : Formation and Control of Disinfection By-Products in Drinking Water*. AWWA, Denver, USA, p.65-93.
- DEGRÉMONT (1978). *Mémento Technique de L'Eau*. Degrémont, 1 vol., 1200 p.
- DEMPSEY, B.^a; FU, L.T. (1994). *Pretreatment techniques and developments – preozonation*. In: Slow Sand Filtration, American Water Works Association, Denver, USA, p.127-146.
- DI BERNARDO, L. (1993). *Métodos e técnicas de tratamento de água*. ABES, RJ, 2 vol.
- DI BERNARDO, L. (1997). *Filtração em múltiplas etapas para tratamento de águas de abastecimento – Conceituação*. Seminário Internacional sobre Filtração em Múltiplas Etapas para Tratamento de Águas de Abastecimento. São Carlos, 8 a 10 dez.
- DI BERNARDO, L. (2000). *Desinfetantes Alternativos – Oxidantes*. /Digitado/
- DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.; HELLER, L. (1999). *Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas*. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Rio de Janeiro, ABES. 114p.
- EIKEBROKK, B. (1999). *Coagulation-direct filtration of soft, low alkalinity humic waters*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, Trondheim, Norway, p.55-62, June.
- EPA (1999). *Alternative disinfectants and oxidants guidance manual*. United States Environmental Protection Agency. EUA. Apr. 264p.
- FERGUSON, D.W.; GRAMITH, J.T.; MCGUIRE, M.J. (1991). *Applying Ozone for Organics Control and Disinfection: A Utility Perspective*. *Journal of the American Water Works Association*, v.83, n.5, p.32-39, May.
- FETTIG, J. (1999). *Removal of humic substances by adsorption/ion exchange*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, Trondheim, Norway, p.173-182, June.

- GALVIS, G.; LATORRE, J.; VISSCHER, J.T. (1997). *Filtración en múltiples etapas, tecnología innovativa para el tratamiento de agua*. Versión Preliminar, Serie Documentos Técnicos. 89p.
- GOEL, S.; HOZALSKI, R.M.; BOUWER, E.J. (1995). Biodegradation of NOM: effect of NOM source and ozone dose. *Journal of the American Water Works Association*, v.87, n.1, p.90-105, Jan.
- GRAHAM, N.J.D. (1988). *Slow sand filtration: Recent developments in water treatment technology*. Ed. Ellis Horwood Limited. Great Britain, 1 vol., 412p.
- GRAHAM, N.J.D. (1999). *Removal of humic substances by oxidation/biofiltration processes – a review*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, Trondheim, Norway, p.141-148, June.
- GREAVES, G.F.; GRUNDY, P.G.; TAYLOR, G.S. (1988). *Ozonation and slow sand filtration for the treatment of coloured upland waters – pilot plant investigations*. In: Slow Sand Filtration. Recent Development in Water Treatment Technology, Graham, N.J.D. ed. Ellis Horwood Limited. Great Britain, 153-162p.
- GUITTONNEU, S.; THIBAUDEAU, P.; MÉALLIER, P. (1996). Free radicals formations induced by the ozonation of humic substances in aqueous medium. *Elsevier Science, Catalysis Today*, v.29, p.323-327.
- HACKER, P.^a et al. (1994). Production and removal of assimilable organic carbon under pilot-plant conditions through the use of ozone and peroxone. *Ozone Science & Engineering*, v.16, p.197-212.
- HESPANHOL, I. (1980). Remoção de compostos orgânicos de água de consumo humano. *Revista DAE*, v.123, p.34-44.
- H2O2.COM (2001). Product information, hydrogen peroxide (0,02 – 0,2mg/L). disponível em <http://www.H2O2.com> (jul 2001)
- HONGVE, D.; BAANN, J.; BECHER, G.; BECKMANN, ° ° (1999). *Experiences from operation and regeneration of an anionic exchanger for natural organic matter (NOM) removal*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, Trondheim, Norway, p.215-221, June.
- HOZALSKI, R.M.; BOUWER, E.J. (1999). Biofiltration for removal of natural organic matter. In: AWWA American Water Works Association, ed. *Formation and control of disinfection by-products in drinking water*. Denver, EUA. Cap.16, p.329-349.
- HOZALSKI, R.M.; BOUWER, E.J.; GOEL, S. (1999). *Removal of natural organic matter (nom) from drinking water supplies by ozone-biofiltration*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, Trondheim, Norway, p.157-163, June.
- KIEBER, R.J.; HELZ, G.R. (1986). Two-method verification of hydrogen peroxide determinations in natural waters. *Analytical Chemistry*, v.58, n.11.

- KIM, W.H.; NISHIJIMA, W.; SHOTO, E.; OKADA, M. (1997). Competitive removal of dissolved organic carbon by adsorption and biodegradation on biological activated carbon. *Water Science Tecnology*, v.35, n.7, p.147-153.
- KOSAKA, K.; YAMADA, H.; MATSUI, S.; ECHIGO, S.; SHISHIDA, K. (1998). Comparison among the methods for hydrogen peroxide to evaluate advanced oxidation processes: application of a spectrophotometric method using copper(II) ion and 2,9-dimethyl-1, 10-phenanthroline. *Environmental Science & Technology*, v.32, n.23, p.3821-3824.
- KRASNER, S.W. (1999). *Chemistry of disinfection by-product formation*. In: formation and control of disinfection by-products in drinking water. AWWA, Denver, USA, p.27-52.
- KUO, C.H.; ZHONG, L.; ZAPPI, M.E.; HONG, ^aP. (1999). Kinetics and mechanism the reaction between ozone and hydrogen peroxide in aqueous solutions. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, v.77, p.473-482, jun.
- LANGLAIS, B.; RECKHOW, D.^a; BRINK, D.R. (1991). *Ozone in water treatment*. Application and engineering, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Micg. 569 p.
- LAPPONI, J. C. (2000). Estatística Usando Excel. Laponi Treinamento e Editora. São Paulo. 451p.
- LEGUBE, B.; KOUDJONOU, B.K.; CROUÉ, J.P.; MERLET, N. (1995). Influence of the presence of natural organic matter on bromate formation by ozonation. *Water Supply*, v.1, n.1, p.51-59.
- MA, G.B.I.I.; DU, K.Y. (1996). *Multi-stage slow sand filtration for the treatment of high turbid water*. In: Advances in Slow Sand and Alternative Biological Filtration. John Wiley & Sons, England, p.371-378, April.
- MALLEY, J.P.; COLLINS, M.R.; EIGHMY, T.T. (1991). *The effects of preozonation on sand filtration*. Preparado para apresentação na AWWA, UNH Slow Sand Filtration Workshop, Oct 27-30, 1991 New England Center, University of New Hampshire, Durham, NH.
- MALLEY, J.P.; EIGHMY, T.T.; COLLINS, M.R.; ROYCE, J.^a; MORGAN, D.F. (1993). The performance and microbiology of ozone – enhanced biological filtration. *Journal of the American Water Works Association*, p.47-57, Dec.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 1469 de 29 de dezembro de 2000. Diário Oficial nº 1, Brasília, 02/01/01, Seção 1, pág.19 e Diário Oficial nº 7, Brasília, 10/01/01, Seção 1, pág. 26.
- MONTGOMERY, J.M. (1985). *Consulting Engineers, Water Treatment Principles & Design*. John Wiley e Sons Inc, 696 p.
- MUTTAMARA, S.; CANDELARIA, L.; GAZALI, S.; GAZALI, Z. (1995). The formation of trihalomethane from chemical disinfectants and humic substances in drinking water. *Water Supply*, v.13, n.2, p.105-117.
- NEWCOMBE, G. (1999). Charge vs. Porosity – *Some influences on the adsorption of natural organic matter (nom) by activated carbon*. In: Selected Proceedings of the

- IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, held in Trondheim, Norway, p.191-198, June.
- ODEGAARD, H.; EIKEBROKK, B.; STOHAUG, R. (1999). *Processes for the removal of humic substances from water – an overview based on norwegian experiences*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, held in Trondheim, Norway, p.37-46, June.
- O'MELIA, C.R.; BECKER, W.C.; AU, K.K. (1999). *Removal of humic substances by coagulation*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, held in Trondheim, Norway, p.47-54, June.
- PAGE, T. G.; COLLINS, M.R.; BAUER, M.J.; RACHWAL, ^aJ. (1996). *NOM removals by "GAC Sandwich" modification to slow sand filtration*. In: Advances in Slow Sand and Alternative Biological Filtration. John Wiley & Sons, England, p.267-276, April.
- PATERNIANI, J. E. S. (1991). Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento. São Carlos. 245p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- RACHWAL, ^aJ.; BAUER, M.J.; WEST, J.T. (1988). In: GRAHAM, N.J.D. *Slow sand filtration: Recent developments in water treatment technology*. Ed. Ellis Horwood Limited. Great Britain. Sec. 5.2, p.331-347.
- RATNAWEERA, H.; GJESSING, E.; OUG, E. (1999). *Influence of physical-chemical characteristics of natural organic matter (nom) on coagulation properties: an analysis of eight norwegian water sources*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, held in Trondheim, Norway, p.89-95, June.
- SAIA, F. T. (1999). *Remoção de cor de efluente de industria têxtil por processo avançado de oxidação*. São Carlos, 319p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SÁNCHEZ, L.D.; LATORRE, J.; GALVIS, G. (1999). Período de maduración: efecto de la limpieza de la biomembrana en un filtro lento en arena. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, Rio de Janeiro, 1999. *Anais CD-ROM*. Rio de Janeiro. ABES, p.4264-4275.
- SCHICK, R.; STRASSER, I.; STABEL, H.H. (1997). Fluorometric determination of low concentration of H_2O_2 in water: comparison with two other methods and application to environmental samples and drinking water treatment. *Water Resources*, v.31, n.6, p.1371-1378.
- SIEGEL, S. (1977). Estatística não paramétrica. Ed. McGraw Hill do Brasil. 350p.
- SINGER, P. C. (1994). Control of disinfection by-products in drinking water. *JEE-ASCE*, v.120, n.4, p.727-744, Aug. USA.
- SINGER, P. C. (1999). Humic Substances as Precursors for Potentially Harmful Disinfection By-Products. *Water. Science. Tech.*, v.40, n.9, p.25-30.

- SPEITEL, G.E.; SYMNS, J.M.; DIEHL, ^aC.; SORESENSEN, H.W.; CIPPARONE, L.^a (1993). Effect of ozone dosage and subsequent biodegradation on removal of DBP precursors. *Journal of the American Water Works Association*, v.85, n.5, p.86-95, May.
- STEVENS, ^{aa}; SLOCUM, C.J.; SEEGER, D.R.; ROBECK, G.G. (1976). Chlorination of organics in drinking water. *Journal of the American Water Works Association*, p.615-620, Nov.
- TAKEUCHI Y et al. (1997). Removal of organic substances from water by ozone treatment followed by biological activated carbon treatment. *Water Science Technology*, v.35, n.7, p.171-178.
- THORSEN, T. (1999). *Membrane filtration of humic substances – state of the art*. In: Selected Proceedings of the IAWQ-IWSA International Conference on Removal of Humic Substances from Water, held in Trondheim, Norway, p.105-112, June.
- TOBIASON, J.E.; EDZWALD, J.K.; SCHNEIDER, ^oD.; FOX, M.B.; DUNN, H.J. (1992). Pilot study of the effects of ozone and peroxone on in-line direct filtration. *Journal of the American Water Works Association*, p.72-84, Dec.
- TOLEDO, A P.P. (1973). *Contribuição ao estudo físico químico de ácido húmico extraído de sedimentos*. São Carlos. 122p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
- VERAS, L.R.V. (1999). *Tratamento de água superficial por meio de diferentes alternativas da tecnologia de filtração em múltiplas etapas*. São Carlos. 246p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- VISSCHER, J.T.; PARAMASIVAM, R.; RAMAN, ^a; HEILNEM, H.^a (1996). *Filtración lenta en arena – tratamiento de água para comunidades: planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento*. IRC, Holanda e CINARA, Colômbia, 163p.
- VOLK, C. et al.(1993). Effects of ozone on the production of biodegradable dissolved organic carbon (BDOC) during water treatment. *Ozone Science & Engineering*, v.15, p.389-404.
- WESTERHOFF, P.; DEBROUX, J.; AIKEN, G.; AMY, G. (1999). Ozone-induced changes in natural organic matter (NOM) structure. *Ozone Science & Engineering*. V.21, p.551-570.
- YORDANOV, R.V.; LAMB, ^aJ.; MELVIN, M.^aI. (1996). *Biomass characteristics of slow sand filters receiving ozonated water*. In: Advances in Slow Sand and Alternative Biological Filtration. GRAHAM N.L.D & COLLINS, R. ed. John Wiley & Sons Ltd, England. P.107-118.