

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

INFLUÊNCIA DA PRÉ-OZONIZAÇÃO NA COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO
DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO, UTILIZANDO O
SULFATO DE ALUMÍNIO COMO COAGULANTE

VOLUME I

ROBERTO BRESAOLA

ORIENTADOR: DR. LUIZ DI BERNARDO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, da Universidade de Campinas, para obtenção do título Mestre em Saneamento e Hidráulica.

Campinas
Estado de São Paulo
Janeiro de 1993

B753i
v.1
35290/BC

INFLUÊNCIA DA PRÉ-OZONIZAÇÃO NA COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO
DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO, UTILIZANDO O
SULFATO DE ALUMÍNIO COMO COAGULANTE

VOLUME I

ROBERTO BRESAOLA

ORIENTADOR: DR. LUIZ DI BERNARDO

Atesto que esta é a versão definitiva
da dissertação/tese.

26/07/98

Prof. Dr.

Luiz Di Bernardo

Matrícula:

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

B753i Bresaola, Roberto
Influência da pré-ozonização na coagulação-
floculação da água de abastecimento, utilizando o sulfato
de alumínio como coagulante . / Roberto Bresaola.--
Campinas, SP: [s.n.], 1993.
2v.

Orientador: Luiz Di Bernardo
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Ozônio. 2. Floculação. 3. Sulfato de alumínio. 4.
Coagulantes. I. Di Bernardo, Luiz. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil.
III. Título.

9820425

DEDICATÓRIA

Aos

Meus pais .

Ruben Bresaola e

Sylvina Bernardes Bresaola

pelo apoio integral

nos momentos

decisivos

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Di Bernardo pela paciência, orientação, dedicação, colaboração e o seu apoio no decorrer desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Evaldo M. Colado, pelo apoio, orientação e colaboração, durante todo programa de mestrado.

À FEC-UNICAMP pela bolsa de estudo no início do programa de mestrado.

À FAPESP pela bolsa de estudo durante a fase de pesquisa, através do processo Nº 8.913.385/0.

Ao Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba, na pessoa de seu Presidente Eng. Hugo Marcos Piffer Leme e, ao chefe de Departamento Eng. Gilson Luís Merli pelo apoio e colaboração no uso dos laboratórios.

À Filsan Equipamentos e Sistemas S/A., na pessoa do seu Gerente de Eng. e Sistemas, Valdir Folgosi, pela concessão de equipamentos para os ensaios de ozonização.

Ao Departamento de Química, do Instituto de Física e Química, da USP-São Carlos, pela orientação, colaboração e por ceder as células especiais, para uso no espectrofotômetro.

Aos técnicos do Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil (UNICAMP) pela colaboração.

Ao desenhista Mauricio Sergio Suzuqui, pela confecção das figuras.

Aos docentes do Departamento de Hidráulica e Saneamento da FEC-UNICAMP pelo incentivo.

Ao meu irmão Prof. Dr. Ruben Bresaola Junior pela orientação, paciência, atenção e colaboração durante a confecção deste trabalho.

Em especial à minha noiva, Eng. Maria de Lourdes Di Matteo, pela compreensão, incentivo, colaboração e apoio durante a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	VIII
Lista de Figuras	XXIII
Lista de Símbolos	L
Resumo	LIII
Summary	LV
1. Introdução	1
2. Objetivo	6
3. Revisão Bibliográfica	7
3.1 - Introdução	6
3.2 - Mistura Rápida, Coagulação-Floculação	9
3.2.1 - Características Físico-Químicas e Microbiológicas	9
3.2.1.1 - Turbidez e Cor Aparente .	9
3.2.1.2 - Alcalinidade e Dureza ...	10
3.2.1.3 - Condutividade	11
3.2.1.4 - Temperatura	12
3.2.1.5 - Controle Bacteriológico .	12
3.2.1.6 - Metais	13
3.2.2 - Mecanismos que influenciam os Pro- cessos de Coagulação, Floculação e Sedimentação	15
3.2.2.1 - Tipos de Partículas e Estrutura Coloidal	15
3.2.3 - Coagulação e Floculação	19
3.2.3.1 - Mecanismo de Coagulação .	19
3.2.3.2 - Mecanismo de Floculação .	24
3.2.3.3 - Construção do Diagrama de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação	25
3.2.3.3.1 - Considerações Iniciais	25

3.2.3.3.2 - Reações de Hidrólise para o Sulfato de Alumínio	27
3.2.3.3.3 - Construção do Diagrama de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação	29
3.3 - Ozonização	32
3.3.1 - Considerações Iniciais	32
3.3.2 - Características e Propriedades do Ozônio	38
3.3.3 - Geração de Ozônio	48
3.3.3.1 - Tipos de Ozonizadores ...	53
3.3.3.2 - Parâmetros de Controle do Ozonizador	54
3.3.3.3 - Sistemas de Refrigeração	57
3.3.3.4 - Sistemas de Neutralização do Excesso de Ozônio	58
3.3.3.5 - Câmaras de Contato	59
3.3.4 - Transferência de Massa	64
3.3.5 - Determinação do Teor Residual de Ozônio	68
3.3.6 - Pré-Ozonização	70
3.3.6.1 - Observações Iniciais	70
3.3.6.2 - Efeitos da Pré-Ozonização sobre a Coagulação Floculação	72
3.3.6.3 - Efeitos da Pré-Ozonização sobre a Remoção de Turbidez	73
3.3.6.4 - Efeitos da Pré-Ozonização sobre a Remoção de Cor ..	75
3.3.6.5 - Efeitos da Pré-Ozonização na Desinfecção	76

3.3.6.6 - Efeitos da Pré-Ozonização na Remoção de Matéria Orgânica	78
3.3.6.6.1 - Ácidos Húmicos	79
3.3.6.6.2 - Detergentes	79
3.3.6.6.3 - Fenóis	80
3.3.6.6.4 - Pesticidas	80
3.3.6.7 - Efeitos da Pré-Ozonização na Filtração	81
3.3.6.8 - Efeitos da Pré-Ozonização na Remoção de Ferro e Manganês	82
3.3.6.9 - Efeitos da Pré-Ozonização na Remoção de Sabor e odor	83
3.3.6.10 - Efeitos da Pré-Ozon. na Remoção de THM	83
4. MATERIAIS E MÉTODOS	86
4.1 - Introdução	86
4.2 - Descrição da Instalação	87
4.2.1 - Introdução	87
4.2.2 - Equipamentos utilizados nos Ensaios de Coagulação-Floculação	88
4.2.3 - Equipamentos utilizados nos Ensaios de Ozonização	88
4.3 - Fases Experimentais	102
4.4 - Produtos Químicos	103
4.5 - Fase Experimental-I (Confecção do Diagrama de Eficiência de Coagulação-Floculação) ...	105
4.5.1 - Considerações Iniciais	105
4.5.2 - Caracterização da Água Bruta	106
4.5.3 - Procedimento Experimental	106
4.5.4 - Definição das Dosagens de Coagulan- te Primário e respectivo valor de pH	107

4.6 - Fase Experimental-II (Ensaio preliminar de Pré-Ozonização)	108
4.6.1 - Introdução	108
4.6.2 - Metodologia para determinação do Ozônio na Fase Gasosa	108
4.6.2.1 - Determinação da Produção	108
4.6.2.2 - Determinação do Excesso de Gás Ozônio (off gas)	110
4.6.3 - Ensaio preliminar de Pré-Ozonização	111
4.6.3.1 - Considerações iniciais ..	111
4.6.3.2 - Metodologia dos ensaios de Coagulação-Floculação	113
4.6.4 - Metodologia para Determinação de Ozônio na Fase Líquida	118
4.6.4.1 - Método Iodométrico	119
4.6.4.2 - Método Colorimétrico	122
4.7 - Fase Experimental III - Aplicação da Pré-Ozonização	127
4.7.1 - Caracterização da Amostra da Água Bruta	127
4.7.2 - Procedimento de Trabalho	127
4.7.2.1 - Pré-Ozonização	127
4.7.2.2 - Ensaio de Coagulação Floculação	130
4.7.2.2.1 - Ensaio de Coagulação Floculação para a Água Bruta Natural	131
4.7.2.2.2 - Ensaio de Coagulação Floculação para a Água Bruta Pré-Ozonizada	132
5. RESULTADOS	134
5.1 - Primeira Fase Experimental	134
5.2 - Segunda Fase Experimental	136
5.3 - Terceira Fase Experimental	141

5.3.1 - Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para a Água Bruta Natural	142
5.3.2 - Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para a Água Bruta Pré-ozonizada	143
6. DISCUSSÃO	149
6.1 - Primeira Fase Experimental	149
6.1.1 - Diagrama de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para a Turbidez Remanescente	150
6.1.2 - Diagrama de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para a Cor Remanescente	151
6.1.3 - Pontos Representativos nos Diagramas de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para a Turbidez e Cor Aparente Remanescentes	151
6.2 - Segunda Fase Experimental	152
6.3 - Terceira Fase Experimental	156
6.3.1 - Ensaio de Coagulação Floculação ...	156
6.3.2 - Determinação de Metais	163
6.3.3 - Ensaio Bacteriológicos	164
7. CONCLUSÃO	166
8. RECOMENDAÇÕES	171
9. BIBLIOGRAFIA	173
APÊNDICES	185
APÊNDICE - A	186
APÊNDICE - B	221
APÊNDICE - C	224
APÊNDICE - D	291
APÊNDICE - E	371

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1	- Usos de água da bacia do Piracicaba ..	2
TABELA 1.2	- Cargas Orgânicas Atuais, Potenciais e Remanescentes na Bacia do Piracicaba .	3
TABELA 3.1	- Remoção de Sabor e Odor de Resíduos Industriais	34
TABELA 3.2	- Estrutura de Ressonância do Ozônio ...	39
TABELA 3.3	- Transferência de Massa em Função da Altura da Câmara	61
TABELA 3.4	- Constante da lei de Henry	64
TABELA 3.5	- Comparação da Eficiência do Ozônio, em Relação às Espécies de Cloro, na Desinfecção a 5°C, em Função do Coeficiente de Letalidade	77
TABELA 4.1	- Fases experimentais	102
TABELA 4.2	- Produtos Químicos (ensaios de Coagulação Floculação e Sedimentação)	104
TABELA 4.3	- Produtos Químicos (ensaios de Ozonização)	104
TABELA 4.4	- Novos parâmetros para os ensaios de Coagulação	117
TABELA 5.1	- Características da Água Bruta de Estudo	134
TABELA 5.2	- Pontos ótimos, obtidos a partir do Diagrama de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação	135

TABELA 5.3	- Estudo do comportamento da Água Ozonizada, através de ensaios de Coagulação, Floc. e Sedimentação, para valor de Produção Variável, com a Câmara de Contato operando em Batelada e Fluxo Contínuo	136
TABELA 5.4	- Estudo do Residual do Ozônio na Água, pelo Método Iodométrico, para valor de Produção adotado para cada ensaio, e Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato, Variável	138
TABELA 5.5	- Estudo do Residual de Ozônio na Água, pelo Método Iodométrico, para valor de Produção Constante, e Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato, Variável	139
TABELA 5.6	- Estudo do Residual do Ozônio na Água, pelo Método Colorimétrico, para valor de Produção Constante, e determinado Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato	141
TABELA 5.7	- Ensaios de Coagulação, Flocculação e Sedimentação, para as Águas Brutas, Natural e Pré-ozonizadas, e ensaios de Ozonização. Determinação de Ferro e Manganês e ensaios Bacteriológicos ...	142
TABELA 5.8	- Figuras das Curvas Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em Porcentagem, em função do Tempo de Flocculação e das Velocidades de Sedimentação, para as Condições Especificadas, para a Água Bruta Natural	143

TABELA 5.9	- Resumo das Tabelas contendo as condições de operação de Ozonização, e os valores das Concentrações Médias, dos Residuais de Ozônio na Água, à Produção Constante, apresentadas no Apêndice D	144
TABELA 5.10	- Figuras das Curvas Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em Porcentagem, para dosagem de Sulfato de Alumínio especificada, em função do Tempo de Floculação, para a Água Bruta Natural	145
TABELA 5.11	- Concentrações de Ferro, obtidos nos ensaios de Coag., Floc. e Sedimentação, para as condições especificadas, com valores iguais ou acima de 0,02mg/l	146
TABELA 5.12	- Figuras das Curvas Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, ^{REMANESCENTES} em Porcentagem, em função do Tempo de Floculação e das Velocidades de Sedimentação, para as condições especificadas	147
TABELA A.1	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 10	187
TABELA A.2	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 10	188

TABELA A.3	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 10	189
TABELA A.4	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 9	190
TABELA A.5	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 9	191
TABELA A.6	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 9	192
TABELA A.7	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 8	193
TABELA A.8	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 8	194
TABELA A.9	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 8	195

TABELA A.10	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 7	196
TABELA A.11	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 7	197
TABELA A.12	- Características da Água bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 7	198
TABELA A.13	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 6	199
TABELA A.14	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 6	200
TABELA A.15	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 6	201
TABELA A.16	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 5,3	202

TABELA A.17	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 5,8	203
TABELA A.18	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 5,8	204
TABELA A.19	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 4,8	205
TABELA A.20	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 4,5	206
TABELA A.21	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 10	207
TABELA A.22	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 10	208
TABELA A.23	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 4,5 e 6,5	209

TABELA A.24 - Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 6,5 e 6,7	210
TABELA A.25 - Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 5,5 e 6,8	211
TABELA A.26 - Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 9,4	212
TABELA A.27 - Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 8,6	213
TABELA A.28 - Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 6,7 e 7,0	214
TABELA A.29 - Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 7,5 e 7,7	215
TABELA A.30 - Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido igual a 8,3	216

TABELA A.31	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 5,4 e 7,2	217
TABELA A.32	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 5,5 e 7,9	218
TABELA A.33	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 7,9 e 10,2	219
TABELA A.34	- Características da Água Bruta dos ensaios de Coagulação-Floculação e valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para pH corrigido entre 8,0 e 10,0	220
TABELA C.1	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 40,9 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaios de Coagulação., Floculação. e Sedimentação	226
TABELA C.2	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Aplicação de 5 min, Câmara de Contato em Batelada	227
TABELA C.3	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, Aplicação de 40,9 mg/l de Sulfato de Alumínio em ensaios de Coag. Floc. e Sedimentação	228

TABELA C.4	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 40,9 mg/l de Sulf. de Alumínio, em ensaios de Coag. Floc e Sedimentação	229
TABELA C.5	- Características da Água bruta pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 40,9 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	230
TABELA C.6	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 38,1 mg/l de Sulfato de Alumínio em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação .	231
TABELA C.7	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Aplicação de 50 min, Câmara de Contato em Batelada.	232
TABELA C.8	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 38,1 a 40,9 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	233
TABELA C.9	- Características da água bruta natural e resultados de valores de cor aparente e turbidez remanescentes, aplicação de 33,0 e 44,0 mg/l de Sulfato de Alumínio em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	234

TABELA C.10	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Aplicação de 5 min, Câmara de Contato em Batelada	235
TABELA C.11	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 20 até 40 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	236
TABELA C.12	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 33 até 40 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	237
TABELA C.13	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 33 até 40mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e sedimentação	238
TABELA C.14	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 20 a até 40 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	239
TABELA C.15	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 33 a 44mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	240

TABELA C.16	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Aplicação de 5 min, Câmara de Contato em Batelada	241
TABELA C.17	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 33 a 40mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	242
TABELA C.18	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 20 a até 40mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	243
TABELA C.19	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 44,8mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação .	244
TABELA C.20	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Aplicação de 20min, Câmara de Contato em Fluxo Contínuo	245
TABELA C.21	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 44,8 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	246
TABELA C.22	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 33,8 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc e Sedimentação	247

TABELA C.23	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Detenção de 13 min, Câmara de Contato em Fluxo Contínuo	248
TABELA C.24	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 33,8 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	249
TABELA C.25	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 36,4 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	250
TABELA C.26	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Detenção de 20 min, Câmara de Contato em Fluxo Contínuo	251
TABELA C.27	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 36,4 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	252
TABELA C.28	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 32,6 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	253
TABELA C.29	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Aplicação de 20 min, Câmara de Contato em Fluxo Contínuo	254

TABELA C.30	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 32,6 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	255
TABELA C.31	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 48,5 mg/l de Sulfato, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	256
TABELA C.32	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Detenção 7,5 min, Câmara de Contato em Fluxo Contínuo	257
TABELA C.33	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e Resultados de Valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 44,8 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	258
TABELA C.34	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 43,0 mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	259
TABELA C.35	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Detenção de 7,5min, câmara de Contato em Fluxo Contínuo	260

TABELA C. 36	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 43,0mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	261
TABELA C. 37	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 34,0 mg/l de Sulfato, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	262
TABELA C. 38	- Condições de Pré-ozonização da Água Bruta Natural, e Residuais de Ozônio para Tempo de Aplicação de 10min, Câmara de Contato em Batelada	263
TABELA C. 39	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, aplicação de 34,0mg/l de Sulfato de Alumínio, em ensaio de Coag. Floc. e Sedimentação	264
TABELA C. 40	- Determinação do Residual de Ozônio na Água a uma Produção Constante, Método Iodométrico, para dosagem de Ozônio Variável	266
TABELA C. 41	- Determinação do Residual de Ozônio na Água a uma Produção Constante, Método Iodométrico, para dosagem de Ozônio Variável	267
TABELA C. 42	- Determinação do Residual de Ozônio na Água a uma Produção Constante, Método Iodométrico, para dosagem de Ozônio Variável	268

TABELA C. 43	- Determinação do Residual de Ozônio na Água a uma Produção Constante, Método Iodométrico, para dosagem de Ozônio Variável	269
TABELA C. 44	- Determinação do Residual de Ozônio na Água a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Água Bruta Natural, para Tempo de Aplicação de 10min	271
TABELA C. 45	- Determinação do Residual de Ozônio na Água a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Água Bruta Natural, para Tempo de Aplicação de 10min	272
TABELA C. 46	- Determinação do Residual de Ozônio na Água a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Água Bruta Natural, para Tempo de Aplicação de 10min	273
TABELA C. 47	- Determinação do Residual de Ozônio a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Água Bruta Natural, para Tempo de Aplicação de 5min	274
TABELA C. 48	- Condições de Operação do Aparelho Gerador de Ozônio, e respectivo valor de Produção, para os ensaios das Tabelas de números 49 a 54	276
TABELA C. 49	- Determinação do Residual de Ozônio a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Águas Bruta, Natural e Ozonizada, para Tempo de Aplicação de 5min	277

TABELA C.50	- Determinação do Residual de Ozônio a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Águas Bruta, Natural e Ozonizada, para Tempo de Aplicação de 10min	278
TABELA C.51	- Determinação do Residual de Ozônio a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Águas Bruta, Natural e Ozonizada, para Tempo de Aplicação de 15min	279
TABELA C.52	- Determinação do Residual de Ozônio a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Águas Bruta, Natural e Ozonizada, para Tempo de Aplicação de 20min	280
TABELA C.53	- Determinação do Residual de Ozônio a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Águas Bruta, Natural e Ozonizada, para Tempo de Aplicação de 25min	281
TABELA C.54	- Determinação do Residual de Ozônio a uma Produção Constante, Método Iodométrico, e parâmetros da Águas Bruta, Natural e Ozonizada, para Tempo de Aplicação de 30min	282
TABELA C.55	- Condições de operação do Aparelho Gerador de Ozônio, e respectivo valor de Produção, para os ensaios das Tabelas de números 56 a 60	284
TABELA C.56	- Determinação de Residual de Ozônio na Água, Método Colorimétrico (Indigo), Tempo de Aplicação de 10min	285
TABELA C.57	- Determinação de Residual de Ozônio na Água, Método Colorimétrico (Indigo), Tempo de Aplicação de 5min	286

TABELA C.58	- Determinação de Residual de Ozônio na Água, Método Colorimétrico (Indigo), Tempo de Aplicação de 10min	287
TABELA C.59	- Determinação de Residual de Ozônio na Água, Método Colorimétrico (Indigo), Tempo de Aplicação de 5min	288
TABELA C.60	- Determinação de Residual de Ozônio na Água, Método Colorimétrico (Indigo), Tempo de Aplicação de 15min	289
TABELA C.61	- Resultados de valores de residuais de Ozônio na Água, determinados pelo Método Colorimétrico, para Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato de 15min	290
TABELA D.1	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20mg/l de Sulfato de Alumínio	293
TABELA D.2	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulfato de Alumínio	294
TABELA D.3	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35mg/l de Sulfato de Alumínio	295
TABELA D.4	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45mg/l de Sulfato de Alumínio	296

TABELA D.5	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60mg/l de Sulfato de Alumínio	297
TABELA D.6	- Características da Água Bruta Natural e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70mg/l de Sulfato de Alumínio	298
TABELA D.7	- Características do ensaio de Pré-ozonização, e resultados de valores de Residuais de Ozônio na Água, para Tempo de Aplicação 5min	307
TABELA D.8	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20mg/l de Sulfato de Alumínio	308
TABELA D.9	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulf. de Alumínio	309
TABELA D.10	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35mg/l de Sulfato de Alumínio	310
TABELA D.11	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45mg/l de Sulfato de Alumínio	311

TABELA D.12	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60mg/l de Sulfato de Alumínio	312
TABELA D.13	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70mg/l de Sulfato de Alumínio	313
TABELA D.14	- Características do ensaio de Pré-ozonização, e resultados de valores de residuais de Ozônio na Água, para Tempo de Aplicação de 7,5min	322
TABELA D.15	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20mg/l de Sulfato de Alumínio	323
TABELA D.16	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulf. de Alumínio	324
TABELA D.17	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35mg/l de Sulfato de Alumínio	325
TABELA D.18	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45mg/l de Sulfato de Alumínio	326

TABELA D.19	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60mg/l de Sulfato de Alumínio	327
TABELA D.20	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70mg/l de Sulfato de Alumínio	328
TABELA D.21	- Características do ensaio de Pré-ozonização, e resultados de valores de Residuais de Ozônio na Água, para Tempo de Aplicação de 10min	337
TABELA D.22	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20mg/l de Sulfato de Alumínio	338
TABELA D.23	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulf. de Alumínio	339
TABELA D.24	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35mg/l de Sulfato de Alumínio	340
TABELA D.25	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45mg/l de Sulfato de Alumínio	341

TABELA D.26	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60mg/l de Sulfato de Alumínio	342
TABELA D.27	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70mg/l de Sulfato de Alumínio	343
TABELA D.28	- Características do ensaio de Pré-ozonização, e resultados de valores de residuais de Ozônio na Água, para Tempo de Aplicação de 15min	352
TABELA D.29	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20mg/l de Sulfato de Alumínio	353
TABELA D.30	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulf. de Alumínio	354
TABELA D.31	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35mg/l de Sulfato de Alumínio	355
TABELA D.32	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45mg/l de Sulfato de Alumínio	356

TABELA D.33	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60mg/l de Sulfato de Alumínio	357
TABELA D.34	- Características da Água Bruta Pré-ozonizada e resultados de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70mg/l de Sulfato de Alumínio	358
TABELA D.35	- Determinação de Ferro e Manganês, para Água Bruta Natural e Pré-ozonizada, e Amostras Coletadas nos ensaios de Coagulação-Floculação	367
TABELA D.36	- Determinação de Coliformes Totais e Fecais para as Águas Brutas, Natural e Pré-ozonizada	370
TABELA E.1	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$	373
TABELA E.2	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$	374
TABELA E.3	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$	375

TABELA E.4	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 20,0mg/l de Sulfato de Alumínio e Vs= 0,8cm/min	376
TABELA E.5	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulfato de Alumínio e Vs= 6,7cm/min	383
TABELA E.6	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulfato de Alumínio e Vs= 3,1cm/min	384
TABELA E.7	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulfato de Alumínio e Vs= 1,6cm/min	385
TABELA E.8	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 22,5mg/l de Sulfato de Alumínio e Vs= 0,8cm/min	386
TABELA E.9	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35,0mg/l de Sulfato de Alumínio e Vs= 6,7cm/min	393
TABELA E.10	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35,0mg/l de Sulfato de Alumínio e Vs= 3,1cm/min	394

TABELA E.11	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 1,6\text{cm}/\text{min}$	395
TABELA E.12	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 35,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 0,8\text{cm}/\text{min}$	396
TABELA E.13	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 6,7\text{cm}/\text{min}$	403
TABELA E.14	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 3,1\text{cm}/\text{min}$	404
TABELA E.15	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 1,6\text{cm}/\text{min}$	405
TABELA E.16	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 45,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 0,8\text{cm}/\text{min}$	406
TABELA E.17	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 6,7\text{cm}/\text{min}$	413

TABELA E.18	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 3,1\text{cm/min}$	414
TABELA E.19	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 1,6\text{cm/min}$	415
TABELA E.20	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 60,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 0,8\text{cm/min}$	416
TABELA E.21	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 6,7\text{cm/min}$	423
TABELA E.22	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 3,1\text{cm/min}$	424
TABELA E.23	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 1,6\text{cm/min}$	425
TABELA E.24	- Características da Água Bruta Natural e resultado de valores de Cor Aparente e Turbidez Remanescentes, para aplicação de 70,0mg/l de Sulfato de Alumínio e $V_s = 0,8\text{cm/min}$	426

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1	- Diagrama de Coagulação-Floculação, em Função da Turbidez Remanescente	8
FIGURA 3.2	- Diagrama de Coagulação-Floculação, em Função da Cor Remanescente	8
FIGURA 3.3	- Dimensões das Partículas e dos Poros dos Filtros	16
FIGURA 3.4	- Modelo de Stern, Configuração da Dupla Camada Elétrica	18
FIGURA 3.5	- Diagrama de Solubilidade dos Compostos do Alumínio, definindo as regiões dos diferentes processos de remoção de Turbidez	26
FIGURA 3.6	- Diagrama de Solubilidade do Alumínio	26
FIGURA 3.7	- Diagrama de Eficiência de Coagulação, em Função da Turbidez Remanescente ..	30
FIGURA 3.8	- Diagrama de Eficiência de Coagulação, em Função da Cor Remanescente	30
FIGURA 3.9	- Fluxograma de uma estação de tratamento de Água completa, com varios pontos de aplicação de ozônio	35
FIGURA 3.10	- Poder de Oxidação de Alguns Elementos Químicos	38
FIGURA 3.11	- Estrutura de Ressonância do Ozônio ..	39
FIGURA 3.12	- Grupos Funcionais Orgânicos e organometálicos passíveis de Reação com o Ozônio	40
FIGURA 3.13	- Esquema de possíveis Reação do Ozônio com Compostos Orgânicos presentes na Água	41

FIGURA 3.14	- Ciclo do mecanismo de Decomposição do Ozônio	44
FIGURA 3.15	- Interação entre Ozônio, Brometos e Precursores de THM	47
FIGURA 3.16	- Gerador de Ozônio	49
FIGURA 3.17	- Sistema otimizado de ozonização	52
FIGURA 3.18	- Câmara de contato com placa porosa ..	62
FIGURA 3.19	- Características das câmaras de contato de ozônio com a água, com uso de Difusores	63
FIGURA 3.20	- Curvas de solubilidade do ozônio, em função: (a) temperatura; (b) pressão; (c) pH; (d) vazão; (e) agitação	65
FIGURA 4.1	- Fluxograma do sistema de ozonização .	89
FIGURA 4.2	- Fotografia dos Registros para Distribuição do Gás Ozônio	89
FIGURA 4.3	- Esquema da Unidade Completa de Geração de Gás Ozônio	90
FIGURA 4.4	- Fotografia do Equipamento de Geração de Ozônio	91
FIGURA 4.5	- Esquema do Gerador de Ozônio	92
FIGURA 4.6	- Fotografia da Vista Interna do Gerador de Ozônio	93
FIGURA 4.7	- Fotografia da Vista Geral da Câmara de Contato	94
FIGURA 4.8	- Esquema da Câmara de Contato e da Coluna de Excesso de Gás	95
FIGURA 4.9	- Fotografia do Sistema de Descarga de Fundo da Câmara de Contato	96
FIGURA 4.10	- Fotografia da Placa Difusora do Gás Ozônio	97
FIGURA 4.11	- Fotografia da Coluna de Produção para Determinação do Ozônio na Fase Gasosa	98
FIGURA 4.12	- Fotografia da Vista Geral das Colunas de Excesso de Gás, Produção e Destruição de Ozônio	99

FIGURA 4.13	- Esquema do Sistema para Determinação do Residual de Ozônio, pelos Frascos Lavadores, Método Iodométrico	100
FIGURA 4.14	- Fotografia dos Frascos Lavadores utilizados na Determinação do Residual de Ozônio, Método Iodométrico	101
FIGURA 4.15	- Esquema das Adaptações efetuadas na Câmara de Contato	112
FIGURA 4.16	- Fotografia do Aparelho Original de Coagulação, Floculação e Sedimentação	114
FIGURA 4.17	- Fotografia do Aparelho de Coagulação, Floculação e Sedimentação modificado para Coletas Simultâneas	114
FIGURA 4.18	- Esquema do Aparelho de Coagulação, Floculação e Sedimentação Modificado	115
FIGURA 4.19	- Fluxograma dos Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação	116
FIGURA 4.20	- Esquema da Câmara de Contato e dos Pontos de Coleta de Amostras	120
FIGURA 4.21	- Regiões de Influência de cada Torneira	123
FIGURA B.1	- Diagrama de Coagulação-Floculação, em Função da Turbidez Remanescente (%)	222
FIGURA B.2	- Diagrama de Coagulação-Floculação, em Função da Cor Aparente Remanescente	223
FIGURA D.1.1	- Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_0 e, para $D_0 = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água B Natural)	300
FIGURA D.1.2	- Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_0 e, para $D_0 = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água B Natural)	300

- FIGURA D.2.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ (Água B Natural) 301
- FIGURA D.2.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ (Água B Natural) 301
- FIGURA D.3.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ (Água B Natural) 302
- FIGURA D.3.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ (Água B Natural) 302
- FIGURA D.4.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água B Natural) 303
- FIGURA D.4.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água B Natural) 303
- FIGURA D.5.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ (Água B Natural) 304
- FIGURA D.5.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ (Água B Natural) 304

- FIGURA D.6.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 4,7$ (Água B Natural) 305
- FIGURA D.6.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 4,7$ (Água B Natural) 305
- FIGURA D.8.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$ (Água Oz. 5min) 315
- FIGURA D.8.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$ (Água Oz. 5min) . 315
- FIGURA D.9.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 6,7$ (Água Oz. 5min) 316
- FIGURA D.9.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 6,7$ (Água Oz. 5min) . 316
- FIGURA D.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$ (Água Oz. 5min) 317
- FIGURA D.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$ (Água Oz. 5min) . 317

- FIGURA D.11.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água Oz. 5min) 318
- FIGURA D.11.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água Oz. 5min) . 318
- FIGURA D.12.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ (Água Oz. 5min) 319
- FIGURA D.12.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ (Água Oz. 5min) . 319
- FIGURA D.13.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ (Água Oz. 5min) 320
- FIGURA D.13.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ (Água Oz. 5min) . 320
- FIGURA D.15.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água Oz. 7,5min) 330

- FIGURA D.15.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$ (Água Oz. 7,5min) 330
- FIGURA D.16.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 6,7$ (Água Oz. 7,5min) 331
- FIGURA D.16.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 6,7$ (Água Oz. 7,5min) 331
- FIGURA D.17.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$ (Água Oz. 7,5min) 332
- FIGURA D.17.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$ (Água Oz. 7,5min) 332
- FIGURA D.18.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$ (Água Oz. 7,5min) 333
- FIGURA D.18.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$ (Água Oz. 7,5min) 333

- FIGURA D.19.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ (Água Oz. 7,5min) 334
- FIGURA D.19.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ (Água Oz. 7,5min) 334
- FIGURA D.20.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ (Água Oz. 7,5min) 335
- FIGURA D.20.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ (Água Oz. 7,5min) 335
- FIGURA D.22.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água Oz. 10min) 345
- FIGURA D.22.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água Oz. 10min) 345
- FIGURA D.23.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 8,7$ (Água Oz. 10min) 346

- FIGURA D.23.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ (Água Oz. 10min) 346
- FIGURA D.24.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ (Água Oz. 10min) 347
- FIGURA D.24.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ (Água Oz. 10min) 347
- FIGURA D.25.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água Oz. 10min) 348
- FIGURA D.25.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ (Água Oz. 10min) 348
- FIGURA D.26.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ (Água Oz. 10min) 349
- FIGURA D.26.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ (Água Oz. 10min) 349
- FIGURA D.27.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ (Água Oz. 10min) 350

- FIGURA D.27.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 4,7$ (Água Oz. 10min) 350
- FIGURA D.29.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. 15min) 360
- FIGURA D.29.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. 15min) 360
- FIGURA D.30.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 6,7$ (Água Oz. 15min) 361
- FIGURA D.30.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 6,7$ (Água Oz. 15min) 361
- FIGURA D.31.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 7,1$ (Água Oz. 15min) 362
- FIGURA D.31.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 7,1$ (Água Oz. 15min) 362
- FIGURA D.32.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. 15min) 363

- FIGURA D.32.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. 15min) 363
- FIGURA D.33.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 7,5$ (Água Oz. 15min) 364
- FIGURA D.33.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 7,5$ (Água Oz. 15min) 364
- FIGURA D.34.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 4,7$ (Água Oz. 15min) 365
- FIGURA D.34.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 4,7$ (Água Oz. 15min) 365
- FIGURA E.1.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ 378
- FIGURA E.1.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ 378
- FIGURA E.2.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ 379

FIGURA E.2.2	- Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$	379
FIGURA E.3.1	- Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$	380
FIGURA E.3.2	- Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$	380
FIGURA E.4.1	- Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$	381
FIGURA E.4.2	- Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$	381
FIGURA E.5.1	- Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$	388
FIGURA E.5.2	- Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$	388
FIGURA E.6.1	- Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$	389
FIGURA E.6.2	- Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$	389

- FIGURA E.7.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ 390
- FIGURA E.7.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ 390
- FIGURA E.8.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ 391
- FIGURA E.8.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ 391
- FIGURA E.9.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ 398
- FIGURA E.9.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ 398
- FIGURA E.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ 399
- FIGURA E.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ 399

- FIGURA E.11.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ 400
- FIGURA E.11.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ 400
- FIGURA E.12.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ 401
- FIGURA E.12.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ 401
- FIGURA E.13.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ 408
- FIGURA E.13.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ 408
- FIGURA E.14.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ 409
- FIGURA E.14.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ 409
- FIGURA E.15.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ 410

- FIGURA E.15.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ 410
- FIGURA E.16.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ 411
- FIGURA E.16.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ 411
- FIGURA E.17.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ 418
- FIGURA E.17.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ 418
- FIGURA E.18.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ 419
- FIGURA E.18.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ 419
- FIGURA E.19.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ 420
- FIGURA E.19.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ 420

- FIGURA E.20.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ 421
- FIGURA E.20.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ 421
- FIGURA E.21.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ 428
- FIGURA E.21.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ 428
- FIGURA E.22.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ 429
- FIGURA E.22.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ 429
- FIGURA E.23.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ 430
- FIGURA E.23.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ 430
- FIGURA E.24.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ 431

FIGURA E.24.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em
Função do Tempo de Floculação, para
 $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c =$
 $70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ 431

LISTA DE SIMBOLOS

- ACVK = Ácido Cromo Violeta K;
- C_{OFL} = Concentração de Ozônio na Fase Líquida (g/m^3);
- C^* = Concentração de Ozônio na Fase Líquida, em Equilíbrio com a Fase Gasosa (g/m^3);
- C = Condutividade ($\mu S/cm$);
- C_o = Concentração de Ozônio por litro de Oxigênio (mgO_3/lO_2);
- DPD = Dietil-p-Fenilenediamina;
- ΔV_T = Volume Gasto de Tiossulfato na Titulação (ml);
- ETA = Estação de Tratamento de Água de Abastecimento;
- e_t = Viscosidade Turbulenta ($N \cdot s/m^2$);
- FACTS = Teste de Cloro Livre Viável, com Syringaldazina;
- F_i = Fator de Multiplicação devida à região de influência da torneira (i) (i= 01, 02, 03, 04, 05);
- F_c = Fator de correção do tiossulfato;
- G_l = Gradiente de Velocidade em Regime Laminar (s^{-1});
- G_t = Gradiente de Velocidade em Regime Turbulento (s^{-1});
- H = Constante da Lei de Henry para o Ozônio ($0,082 \text{ atm} \cdot m^3 \cdot g/mol$ à $25^\circ C$);
- K_l = Coeficiente de Transferência Total de Massa do Ozônio;
- K_o = Taxa de Decomposição do Ozônio, para a Água Pura ($mol/s \cdot m^2$);
- K_i = Taxa de Decomposição do Ozônio, devido ao Substratos ($mol/s \cdot m^2$);

μ	= Viscosidade Absoluta da Água ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$);
N	= Número de Rotação do Motor (rpm);
N_T	= Normalidade do Tiosulfato;
OFF	= Concentração do Excesso de Gás Ozônio (g/h);
P	= Pressão Parcial do Ozônio na Fase Gasosa (kPa);
P_{oz}	= Produção de Ozônio (g/h);
P_g	= Pressão do gás no aparelho Ozonizador (kg/cm^2);
Pt-Co	= Platino -Cobalto;
P/v	= Potência Total Dissipada por Unidade de Volume ($\text{N}/\text{s}\cdot\text{m}^3$);
P_s	= Pressão de Saída no Cilindro de Oxigênio (kg/cm^2);
PTHM	= Precusores de Trialometanos
Q_v	= Porcentagem de Vazão Máxima de O_2 (%);
Q_{WT}	= Vazão Média de O_2 , Gráfico de Wallace e Tiernan (l/h);
T	= Temperatura ($^{\circ}\text{C}$);
T_{ap}	= Tempo de Aplicação de Ozônio na Câmara de Contato (min.);
THM	= Trialometanos;
T_p	= Tempo cronometrado durante a produção de ozônio (min);
UC	= Unidade de Cor;
UT	= Unidade de Turbidez;
U_r	= Volume da câmara de contato (l);
V	= Voltagem (V);
V_i	= Volume (l), devido à região de influência da Torneira (i = 01, 02, 03, 04, 05);
V_f	= Volume de Tiosulfato Consumido na Titulação da Amostra (ml);
V_b	= Volume de Tiosulfato consumido na Titulação do Branco (ml);
Vol	= Volume de amostra coletada para a titulação, 200ml;
V_p	= Porcentagem de Voltagem (%);

V_r = Volume da Câmara de Contato (m^3);
 V_s = Velocidade de Sedimentação (cm/min);

RESUMO

A coagulação com sulfato de alumínio, tem sido investigada no sentido de se construir um diagrama contendo regiões em que o processo ocorre eficientemente, com a preponderância de diferentes espécies hidrolisadas de alumínio. No presente trabalho, foram confeccionados dois diagramas, sendo um para remoção de turbidez e, outro, para cor aparente, permitindo que fossem traçadas as curvas de mesma turbidez ou cor aparente remanescente, após coagulação (caracterizada pelo par de valores dosagem de coagulante - pH de coagulação), floculação e sedimentação. Nesses diagramas, foram identificados seis pontos característicos, dados pelos pares de valores dosagem de coagulante - pH de coagulação.

Em seguida, com a água bruta natural ou pré-ozonizada (diferentes dosagens aplicadas de ozônio), foram novamente realizados ensaios de coagulação (para aqueles pares de valores pré-selecionados), floculação e estudada a eficiência de remoção de turbidez e cor aparente, para diferentes velocidades de sedimentação. Também, foi avaliada a influência do ozônio na destruição de coliformes totais e oxidação de ferro e manganês.

Com base no trabalho realizado concluiu-se, principalmente, que: a) o uso do ozônio como pré-oxidante diminuiu o valor da cor aparente da água bruta, e foi proporcional à dosagem de ozônio aplicado; b) nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, os valores remanescentes das águas ozonizadas foram bem menores que os obtidos para a água bruta natural nas mesmas condições; c) foram obtidos grandes remoções de cor aparente (94%), nas

duas regiões de coagulação (adsorção-neutralização e varredura).

Os maiores valores de remoções de turbidez, para as águas pré-ozonizadas, foram obtidos para os pares de valores na região de varredura, resultando uma remoção máxima de 85% ($D_c = 80\text{mg/l}$, $\text{pH}_c = 7,5$). Para as dosagens na região de adsorção-neutralização, a remoção máxima obtido foi de 75% ($D_c = 70\text{mg/l}$, $\text{pH}_c = 4,7$). Foi observado que, para algumas dosagens, os valores remanescentes iniciais ($t_f=0$) de turbidez, foram bem menores para as águas pré-ozonizadas que os da água bruta.

O ozônio mostrou-se um pré-desinfectante importante com reduções de até 99,98% de coliformes totais (água pré-ozonizada por 15min). Esse oxidante mostrou que essas reduções são proporcionais à concentração do gás e ao tempo de aplicação na câmara de contato.

Os teores de ferro e manganês, foram reduzidos a valores próximos dos padrões mínimos, para as águas brutas e decantadas. Nas águas pré-ozonizadas, por 7,5 e 15min, houve uma maior solubilização do ferro presente, e a sua remoção foi maior na região de varredura (onde foi proporcional a dosagem de sulfato e ao valor do pH de coagulação); na região de adsorção-neutralização a remoção foi proporcional à dosagem de coagulante, mas independente do pH de coagulação. Com relação ao manganês foram obtidos valores remanescentes mínimos para todas águas (brutas e decantadas), com exceção da pré-ozonizada por 15min, e principalmente para pares de valores (D_c , pH_c) na região de adsorção-neutralização foram obtidos valores remanescentes superiores aos da água bruta natural.

SUMMARY

The coagulation diagram has been considered to be very important when studying the mechanism for turbidity and colour removal. For a sample of a natural raw water severely contaminated, two coagulation diagrams, we have drawn using aluminum sulphate as primary coagulant. Curves representing the same removal efficiency, as function of aluminum sulphate dosage and pH of the mixture were plotted, made possible the identification of those points for which the coagulant dosages were minimum, related to a specific efficiency.

Later, in a batch ozonization column, the natural raw water was ozonated under different conditions, e. g., ozone dose and contact time. Samples of ozonated water were again coagulated for those selected conditions (coagulant dosage $\times$ pH) to study the influence of pre-ozonation on the efficiency of coagulation, flocculation and sedimentation. Total coliform removal and oxidation of iron and manganese were also studied in this work.

Based on the experimental work performed, it was concluded that: a) the use of ozone as preoxidant, reduced the colour's of raw waters, which was proportional to the ozone applied dosage; b) the remaining value for the ozonated waters in the jar test, was smaller than that achieved for the raw water at the same conditions; c) good colour removals (84%) were achieved, in the two regions of the diagram, adsorption-neutralization and sweep coagulation.

The highest turbidity removal for ozonated waters was obtained in the sweep coagulation region, with a

maximum value of 85% ($D_c = 60\text{mg/l}$, $\text{pH}_c = 7,5$). For the pair of values ($D_c = 70\text{mg/l}$, $\text{pH}_c = 4,7$), the maximum removal was 75%, in the adsorption-neutralization region. For some coagulant dosages it was observed that remaining turbidity at the beginning of flocculation step ($t_f=0$), was much lower for ozonated waters than those values observed in natural raw waters.

Ozone used as predesinfectant was very effective in reducing bacteria of the coliforms group. For the water ozonated at 15min, resulted a reduction of 99,98%. The coliform group bacteria removal efficiency was observed to be proportional to the ozone gas concentration and to the contact time in the column.

The remaining content of dissolved iron and manganese was very small for natural and ozonated waters. The dissolved iron content was observed to be higher for ozonated waters with 7,5 and 15min of contact time. Removals were more efficient in the sweep coagulation region and proportional to the coagulant dosage, and independent of the coagulation pH. The remaining manganese content was not significative, for the raw and settled water, but for ozonated water (15min) and mainly in adsorption-neutralization region, it was observed remaining values above those resulted for the natural raw water.

1. INTRODUÇÃO

A bacia do rio Piracicaba envolve uma das regiões mais industrializadas do Estado de São Paulo. Ao longo de sua trajetória e cruzando algumas municípios como Campinas, Americana e, Piracicaba, o rio acaba encontrando-se no final com o rio Tietê. O rio Piracicaba que já foi fonte para poesias, quadros e grandes pescarias, sofre, hoje, com o crescimento das cidades às suas margens, a perda de sua mata ciliar e, principalmente a depauperação de sua flora e fauna.

As cidades trazem os símbolos de desenvolvimento, crescimento e riquezas, porém, fica no rio a imagem das contradições, decorrente do crescimento desenfreado sem planejamento urbano, com a consequente deterioração da qualidade de vida, espelhada na qualidade da água do mesmo rio que recebe lançamentos de toda espécie de dejetos.

Dentre os fatores que demonstram o despreparo das comunidades, para com a qualidade da água do rio, podem ser citados o lançamento em estado bruto dos esgotos domésticos e o aterramento das áreas de várzeas por resíduos sólidos domésticos e, algumas vezes industriais, sem o mínimo controle de poluição para com o ambiente.

A bacia do rio Piracicaba abrange total, ou par-

A evolução tecnológica trouxe consigo produtos novos, que antes não eram encontrados nas águas dos rios, como os defensivos agrícolas de última geração (clorados, fosforados e carbamatos), bem como compostos à base de fenóis, aldeídos, etc. À medida que o grau de poluição aumenta na água, a tecnologia também deve evoluir nas estações de tratamento, com o desenvolvimento de estudos mais aprimorados dos processos e operações. A conscientização da eliminação de vetores de veiculação hídrica obrigou o homem a procurar meios de adequar a qualidade da água, reunindo para isto, as mais diferentes áreas tecnológicas.

É preciso começar a defender a vida e o futuro dos mananciais, planejando o combate à poluição, ou então, as estações de tratamento deverão utilizar tecnologias apropriadas à qualidade da água a ser tratada.

De acordo com Di Bernardo (1989), uma das tecnologias consagradas, em pré-tratamento, para auxiliar a oxidação de compostos organo-metálicos e microrganismos, é a cloração. Porém, segundo o autor, na década de setenta, organismos internacionais de saúde puseram em dúvida o uso de altas concentrações de cloro na água de abastecimento, pois foi comprovado em ensaios de toxicidade que, precursores orgânicos, combinavam com o cloro para formar trihalometanos (THM), que são compostos considerados carcinogênicos.

A Europa e, mais recentemente, os países da América do Norte, começaram a adotar uma nova alternativa para substituição da pré-cloração, mediante o uso de ozônio. Apesar de já contar com 80 anos de uso no tratamento de águas para abastecimento, só recentemente houve um aumento na utilização desse processo oxidante alternativo e, com ele resultaram em avanços tecnológicos como unidades de aplicação mais compactas, materiais utilizados mais resistentes à corrosão causada pelo ozônio e, tec-

nologia de detecção mais seletiva do residual desse composto na água.

A água do rio Piracicaba, junto à Estação de Tratamento, apresentavam características qualitativas que se mostravam bastantes propícias para um trabalho sobre a atuação da pré-ozonização.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é o estudo da influência da dosagem de ozônio e do tempo de contato nas características da coagulação-floculação da água do rio Piracicaba, utilizando sulfato de alumínio como coagulante primário.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Introdução

Conforme Amirtharajah (1989, 1987^{a,b}, 1986), Di Bernardo et al (1987), os diagramas de eficiência de coagulação-floculação tiveram a turbidez e cor aparente remanescentes, como parâmetros de controle para se obter o par, dosagem de coagulante pH de coagulação, mais eficiente. Através da nuvem de pontos plotados para cada diagrama, esses autores obtiveram as curvas de mesma porcentagem de remoção (turbidez ou cor aparente) e delimitaram as áreas que apresentavam os valores desses parâmetros com maior remoção em ambos os diagramas. Nas Figuras 3.1 e 3.2, tem-se respectivamente, os diagramas de coagulação-floculação, relativos à remoção de turbidez e cor aparente remanescentes.

De acordo com Di Bernardo (1990), é recente a utilização do ozônio como oxidante de matéria orgânica e inorgânica, auxiliar na remoção de cor e turbidez, e nos processos biológicos aeróbios em filtros com meios adsorptivos.

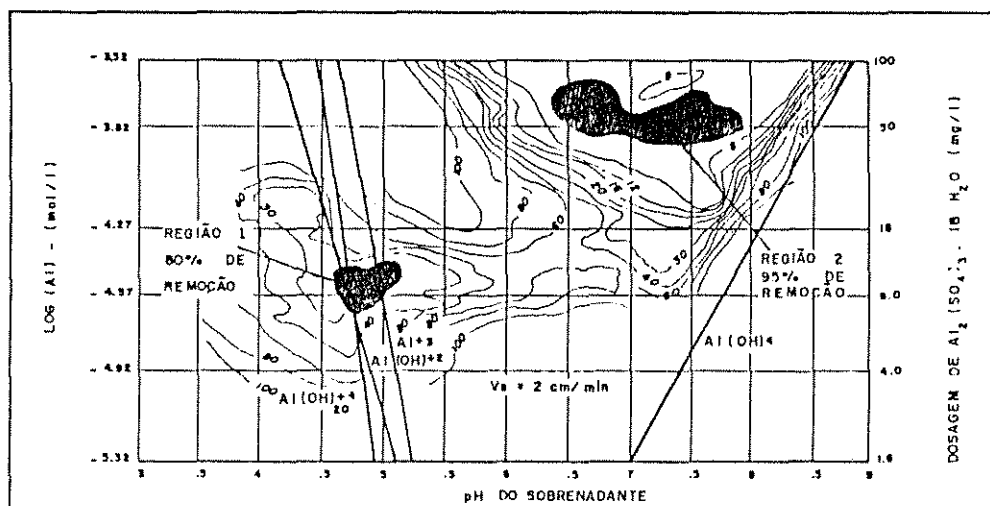


FIGURA 3.1 - DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO EM FUNÇÃO DA TURBIDEZ REMANESCENTE (Di BERNARDO-1990)

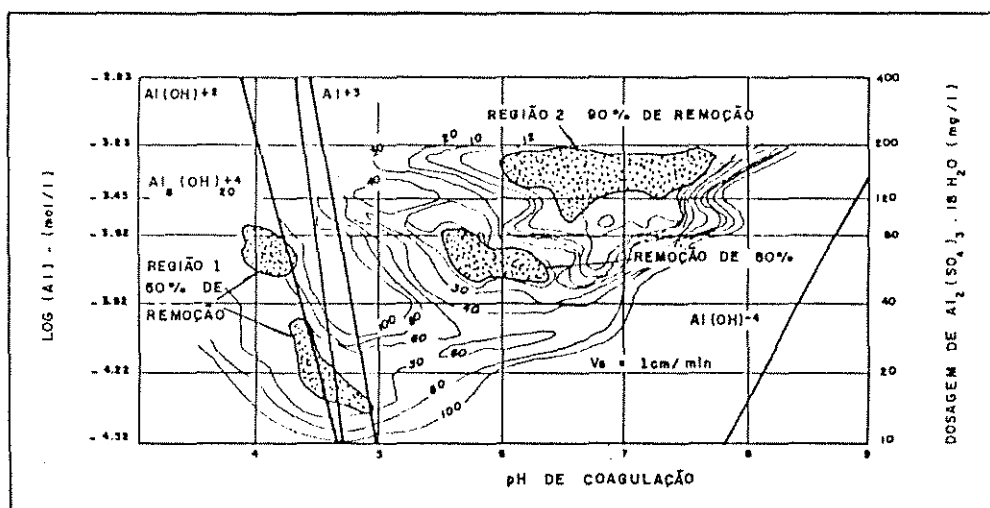


FIGURA 3.2 - DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO, EM FUNÇÃO DA COR REMANESCENTE (Di BERNARDO-1990)

3.2 - Mistura Rápida, Coagulação-Floculação

3.2.1 - Características Físico-Químicas e Microbiológicas da Água

Segundo Di Bernardo (1990), as características físicas, químicas e microbiológicas da água bruta, indicam o tipo de tratamento, os produtos químicos a serem adicionados, o dimensionamento adequado das unidades e mistura rápida, floculação, sedimentação e filtração, para se obter uma água tratada que atenda ao Padrão de Potabilidade. As características da água podem exigir sistemas de tratamentos com tecnologias convencionais, ou alternativas.

Segundo Amirtharajah (1989) e Di Bernardo (1990), a coagulação-floculação depende das características da água, a formação de flocos pode ocorrer com partículas coloidais desestabilizadas, pela adição de compostos químicos, devido a intensidade de agitação para se aumentar a frequência de choques. A coagulação-floculação, segundo esses autores, depende de parâmetros da água como a alcalinidade, cor, condutividade, dureza, força iônica, controle de microrganismos, pH, temperatura, turbidez, e a presença de metais, principalmente.

3.2.1.1 - Turbidez e Cor Aparente

A turbidez e a cor aparente são os parâmetros mais comuns de controle do padrão de potabilidade. A turbidez, de acordo com Di Bernardo (1990), está ligada diretamente à difração da luz no meio aquático devida a presença de sólidos suspensos, colóides, matéria orgânica, inorgânica e outros organismos microscópicos. Mesmo existindo pequena variação nas dimensões das partículas, segundo Amirtharajah (1987), a turbidez é uma medida relativa da quantidade de partículas presentes. Para se obter um valor mais acurado, segundo esse autor, deveria se optar

por um aparelho contador de partículas com dispositivo para determinar a distribuição de tamanho das mesmas.

Di Bernardo (1990) indica que a cor da água está diretamente ligada à presença de matéria orgânica dissolvida na água, como os ácidos fúlvicos, húmicos e himatome-lânicos. Antigamente, o controle da cor no tratamento de água para abastecimento público era realizado para atender razões estéticas mas, atualmente, sabe-se que, dentre outras características, a presença de matéria orgânica na água significa a existência de precursores para a formação de trihalometanos (THM), o que a torna um indicador importante de controle da qualidade da água. O carbono orgânico total (COT) é considerado um parâmetro mais abrangente para se detectar compostos orgânicos, pois é uma medida que pode indicar a presença de matéria orgânica que não apresenta cor, como os orgânicos.

3.2.1.2 - Alcalinidade e Dureza

Segundo Amirtharajah (1989, 1987^{a,b}) e Di Bernardo (1990), conforme o valor encontrado para a alcalinidade da água bruta, pode-se verificar a necessidade da adição de alcalinizante ou acidulante, para que seja obtido o ponto de coagulação mais adequado para os diferentes coagulantes a serem adicionados durante a etapa de coagulação-floculação. Em geral, a alcalinidade, conforme Benefield et al (1982) e, Snoeyink e Jenkins (1980), é devida ao sistema carbonato que ocorre no meio aquoso, atuando como ácidos fracos, ou devido a presença de uma base forte. A atuação dos coagulantes, como o Sulfato de Alumínio, por exemplo, que depende das concentrações, e respectivos valores de pH para formar as espécies hidrolisáveis, está ligada diretamente à variação da alcalinidade do meio aquoso. Desse modo, segundo esses autores, as diferentes variações de alcalinidade que conferem à água valores diversos de pH, podem levar à existência de mecanismos sin-

gulares de coagulação-floculação.

Segundo Di Bernardo (1990), existe, para cada água, faixas significativas de pH, onde o mecanismo de coagulação-floculação é eficiente. Segundo o autor, estas faixas de pH variam muito porque dependem das características das impurezas da água e também das propriedades do coagulante utilizado.

A presença de compostos como cálcio, magnésio, estrôncio, íons de ferro e de manganês, são responsáveis pela dureza da água. Conforme Sawyer (1978), e os padrões estabelecidos pelo Standard Method (1985), Standard Method (1989) e Tchobanoglous (1985), é expressa comumente na forma de carbonatos ou bicarbonatos de cálcio.

O'Melia (1987) e Hundt (1985) estudaram a influência do cálcio na desestabilização das partículas e detectaram a formação de pontes químicas com grupos funcionais, óxidos metálicos e de matéria orgânica, através do mecanismo de adsorção. Segundo os autores, o pH torna-se fator limitante, pois nem sempre o coagulante utilizado trabalha na mesma faixa em que ocorre a desestabilização das partículas por adsorção, onde a dureza é relevante nesse mecanismo.

Conforme Di Bernardo (1990), um valor alto de dureza na água tratada, e com alto índice de carbonato e/ou bicarbonatos, poderá favorecer, incrustações no sistema de distribuição de água.

3.2.1.4 - Condutividade

Conforme Di Bernardo (1990) e Tchobanoglous (1985), a condutividade, utilizada como uma medida indireta da presença de sólidos totais dissolvidos, é a habilidade que um meio aquoso dispõe para conduzir a corrente elétrica, usando os íons presentes como meio de transporte. Segundo esses autores, a determinação da condutividade pode indicar indiretamente o valor da força iônica em uma

solução através da quantificação dos íons sódio, cloreto, sulfato, carbonato. A expressão (3.1) apresenta uma formulação indicada por esses autores, relacionando a força iônica com a condutividade:

$$FI = 1,6 \times 10^{-5} \times C \quad (3.1)$$

FI - Força Iônica

C - Condutividade ($\mu S/cm$)

3.2.1.5 - Temperatura

De acordo com Amirtharajah (1987), Morris e Knocke (1984) e, Perez et al (1984), o efeito da temperatura sobre os mecanismos da coagulação pode atuar diferentemente, de acordo com seu valor. Os autores citam que, na faixa de 0 (zero) a 10 °C, a cristalização das moléculas da água na formação do gelo reduz a taxa de encontros entre as espécies hidrolizáveis do coagulante e as partículas. Nesses casos, conforme esses autores, os valores ótimos para coagulação descrece com o abaixamento do valor de pH. Para temperaturas maiores que 10 °C, esses mesmos autores citam que melhora a eficiência da remoção de turbidez com o aumento da temperatura, decorrente do aumento da taxa de colisões entre as partículas.

3.2.1.6 - Controle Bacteriológico

Segundo Branco (1978), a comprovação de que a água era um meio de transporte e "habitat" para diferentes espécies de microrganismos, fez com que homem passasse a detectar sua presença e procurar mecanismos eficazes no seu controle. O autor refere-se à problemática do controle dos despejos contendo dejetos humanos, onde podem estar presentes organismos patogênicos como bactérias, enterovírus, fungos, protozoários, etc. Ainda segundo Branco

(1978) e, Tchobanoglous e Schroeder (1985), os ensaios de detecção de bactérias da espécie *Escherichia Coli* são extremamente importantes para se estudar a qualidade sanitária, tanto da água bruta, como da que está sendo distribuída pela rede pública.

De acordo com Di Bernardo (1990), o número de microrganismos decresce concomitantemente com a redução de turbidez da água filtrada. Para valores de turbidez abaixo de 1 UT, o autor destaca com bastante ênfase a remoção de coliformes, bem como de colônias de bactérias em placas. Ele ainda ressalta uma remoção considerável de vírus quando a água filtrada apresenta valores, de turbidez abaixo de 0,2 UT. Ainda, segundo o autor, a desinfecção de águas com turbidez abaixo de 1 UT, é mais eficiente com uma menor quantidade do agente químico, e representa mais segurança em termos de remoção de microrganismos quando comparada a valores maiores de turbidez, até 5 UT, por exemplo.

Segundo Di Bernardo (1990) e Branco (1978), o fato da matéria orgânica ser um substrato propício ao desenvolvimento de microrganismos, uma opção para o controle da mesma seria a sua oxidação. A pré-ozonização poderia, segundo Di Bernardo (1989), ser um método alternativo em substituição ao processo de cloração, habitualmente usado antes da coagulação. A pré-cloração, que é eficiente nessa tarefa, apresenta, segundo esses autores, o inconveniente de produzir trihalometanos, quando existem precursores, principalmente substâncias húmicas.

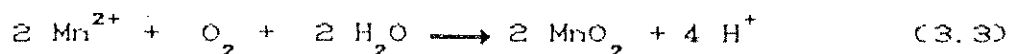
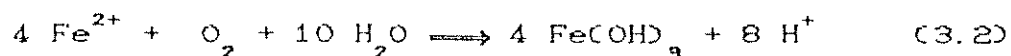
3.2.1.7 - Metais

A presença de íons metálicos em águas de abastecimento já não é tão rara, principalmente em mananciais que não se encontram protegidos sanitariamente. A poluição por despejos domésticos, industriais ou mesmo por atividades agrícolas mal conduzidas, podem aumentar a concentração desses íons para valores superiores aos permitidos,

inviabilizando a utilização dessas águas como fontes de abastecimento.

De acordo com Benefield et al. (1982), a presença do ferro e manganês como elementos naturais, e predominantes, de rochas e solos, faz com que, consequentemente, haja uma maior presença dos mesmos em águas de abastecimento. Segundo esses autores, em águas naturais, o ferro pode ser encontrado com valência +2 ou +3, enquanto que o manganês, com +2, +3, +4, +6 ou +7. Morgan e Stumm (citados em Benefield et al., 1982), detectaram que, em águas que possuem oxigênio dissolvido, as formas mais estáveis encontradas para esses metais foram ferro (III) e manganês (IV). Portanto, segundo eles, nas águas em que predominam essas duas formas de oxidação desses elementos, existirão poucas espécies solúveis presentes.

Tchobanoglous (1985), explicita que ferro e manganês podem ser oxidados pelo oxigênio quando da injeção de ar na água, conforme as equações (3.2) e (3.3).

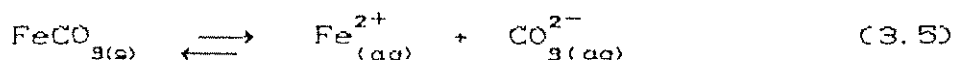


Segundo esse autor, a oxidação do ferro é mais rápida do que a do manganês. Em pH próximo de 7,0, Tchobanoglous (1985), cita que são necessários apenas 15 minutos para conversão de 90 a 95% de Fe^{2+} em Fe^{3+} .

A presença de ferro e manganês em águas de abastecimento pode acarretar transtornos aos consumidores. Nas concentrações normalmente encontradas, não são conhecidos problemas adversos afetos à saúde pública porém, segundo Breland e Robinson (citados em Benefield et al. (1982)), o ferro em grandes concentrações confere à água o gosto metálico; alguns produtos industrializados como papéis, têxteis e outros, podem sofrer problemas de descoloração, assim como roupas podem ser manchadas. Esses autores indi-

cam ainda que o ferro, na forma de precipitado pode provocar o desenvolvimento de massas gelatinosas de ferrobactérias no interior de tubulações, causando redução da seção útil das mesmas, bem como provocar o incremento de cor, sabor e turbidez.

Segundo Bennefield et al. (1982), em águas naturais com alcalinidade apreciável, as concentrações de ferro e manganês solúveis são controladas pela solubilidade dos íons carbonatos. Conforme relações simplificadas, apresentadas nas equações (3.4) e (3.5)



Quando a presença de ferro e manganês solúveis, segundo os autores, é controlada pela presença do íon carbonato, a concentração das espécies solúveis, para qualquer valor de pH, pode ser obtida através de diagramas de logaritmos de concentração da espécie para cada valor de pH, para os dois diferentes sistemas, segundo as equações (3.4) e (3.5).

3.2.2 - Mecanismos que influenciam a Coagulação, Floculação e Sedimentação:

3.2.2.1 - Tipos de Partículas e Estrutura Coloidal

As partículas coloidais, segundo Bennefield et al. (1982), podem ser classificadas segundo suas próprias dimensões, variando de 1,0nm a 1,0µm. A Figura 3.3 apresenta, esquematicamente, as classificações das partículas segundo seu tamanho, bem como as características de alguns meios filtrantes. Os sistemas compostos por partículas coloidais, em função de sua afinidade às moléculas da água, segundo Di Bernardo (1990) e Bennefield et al.

(1982), podem ser classificados em hidrófilos, representados por detergentes, sabões e proteínas, e hidrófobos, compostos por argilas e óxidos metálicos. De acordo com Bennefield et al. (1982), Di Bernardo (1990), Peres et al. (1984) e Tchobanoglous e Schroeder (1985), em uma dispersão de partículas, são extremamente importantes as propriedades características das suas superfícies. Em águas naturais, que podem apresentar diferentes tipos de argilas e elementos químicos, esse fenômeno é relevante, pois os mesmos podem se encontrar em estado de repulsão ou até mesmo combinados, dependendo do tipo de cada um.

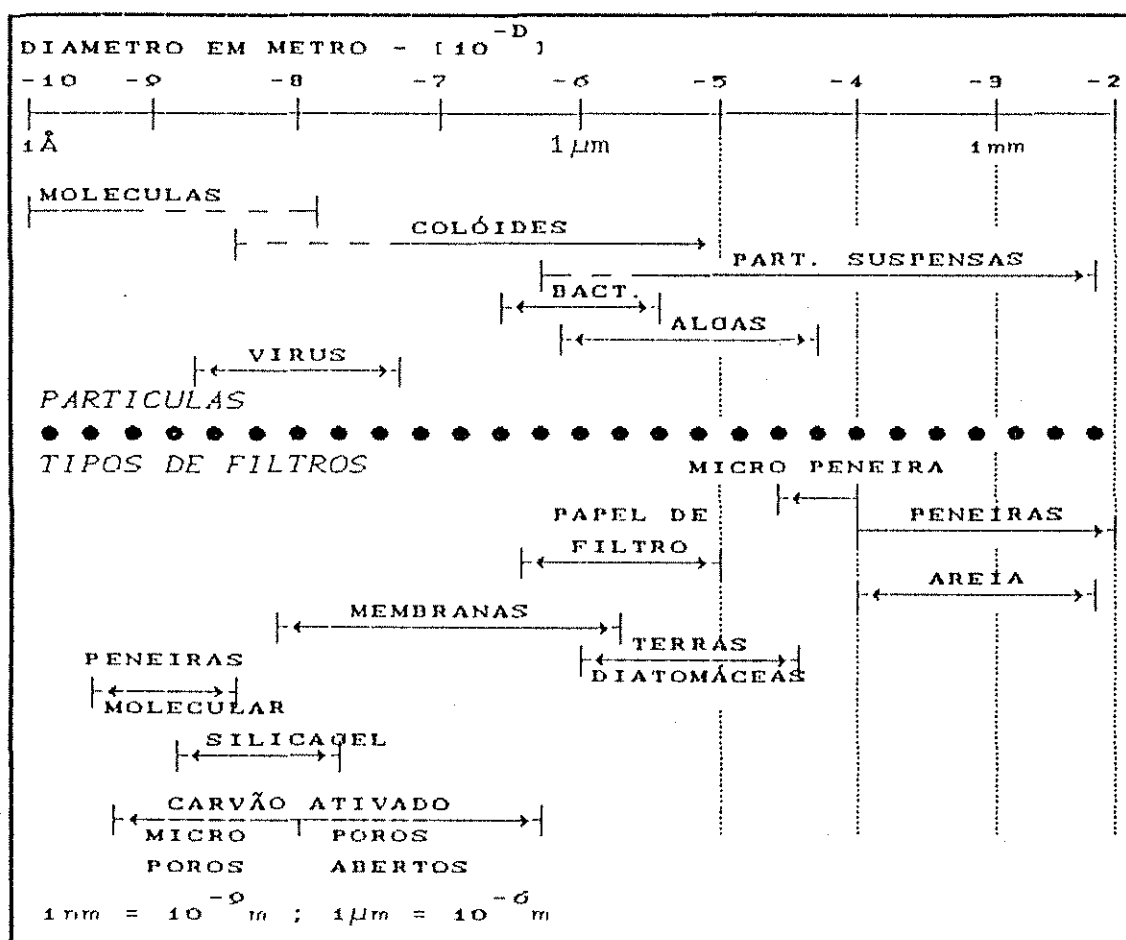


Figura 3.3 - Dimensões das Partículas e dos Poros dos Filtros
(Bennefield et al., 1982)

As propriedades eletrocinéticas dos colóides, segundo Bennefield et al. (1982) e Peres et al. (1984), indicam que os mesmos apresentam cargas elétricas cuja magnitude e sinal são funções das características do material de origem. Deste modo, os colóides de cargas elétricas de mesma natureza se repelem, evitando a formação de uma partícula de maior tamanho.

Segundo Bennefield et al. (1982) e Di Bernardo (1990), a configuração da dupla camada elétrica, introduzida por Helmost e reconhecida por Guy e Chapman, por volta de 1910, e Stern, em 1924, citados em Bennefield, conforme esquema da Figura 3.4, considera uma partícula de argila coloidal com superfície dotada de carga negativa. O potencial elétrico criado por estas cargas irá atrair íons em torno da partícula. De acordo com Stern, citado em Bennefield e Di Bernardo, a distância de aproximação desses íons são limitadas pelo seu tamanho. Stern propôs um modelo onde a distância de aproximação desses íons são limitados pelo seu tamanho, e que o centro das cargas eletricamente carregada estão separados da superfície de carga por uma espessura Ω (distância aproximadamente igual ao raio hidratado do íon). O potencial elétrico cai linearmente através da, chamada de camada de Stern, iniciando com um valor igual a ψ_v (Potencial de Nernst) na superfície da partícula, até um valor igual a ψ_ω no limite da camada. Após esse ponto, o potencial elétrico sofre um decréscimo exponencial com o aumento da distância, a partir da camada limite de Stern, conhecida como camada difusa (ou de Gouy). A superfície que separa a partícula coloidal do meio ambiente possui um potencial elétrico, definido como potencial zeta, medido indiretamente através da mobilidade eletroforética da partícula. O potencial zeta, segundo Bennefield et al. (1982), é um indicador do grau de estabilidade da partícula, isto é, quanto maior o valor do mesmo, maior a estabilidade da partícula coloidal.

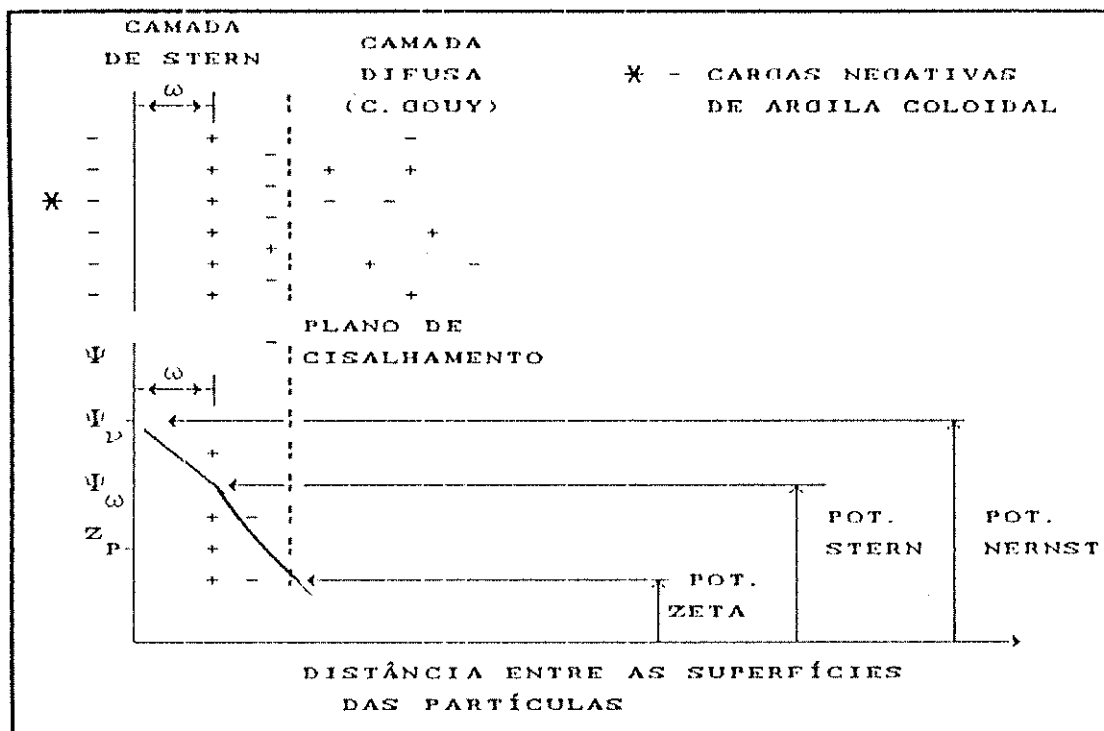


Figura 3.4 - Modelo de Stern, configuração da Dupla Camada Elétrica
(Tchobanoglous, 1985)

Segundo Bennefield et al. (1982) e Di Bernardo (1990), as partículas coloidais encontram-se estabilizadas, quando duas partículas semelhantes se aproximam as cargas elétricas elétricas, semelhantes, presentes no centro das mesmas provocam uma força de interação repulsiva, do tipo gravitacional, ao mesmo tempo, em que atuam forças atrativas intermoleculares, do tipo de Van Der Wall's. A resultante dessas forças possui caráter repulsivo, o que garante às partículas coloidais uma determinada estabilidade individual. Assim, para que duas ou mais partículas se aglutinem, deve ser diminuído a ação do potencial de repulsão, com queda da barreira de energia. Segundo esse mecanismo, a introdução de produtos químicos (coagulantes) que provoque a instabilidade das partículas coloidais, neutralizando as forças de repulsão e fazendo com que a

resultante fosse de atração, seria uma recomendação adequada.

3.2.3 - Coagulação e Floculação

3.2.3.1 - Mecanismos de Coagulação

Segundo Di Bernardo, Mendes e Guimarães (1987), a agregação das partículas de uma dispersão coloidal é resultante da ação de dois fenômenos: a desestabilização das partículas através de um processo químico e o transporte (movimento do fluido) que é uma ação física.

De acordo com Di Bernardo e Pena (1985), a coagulação é a etapa fundamental dentre as operações realizadas no tratamento da água. Os autores ressaltam, ainda, a importância da distribuição uniforme do coagulante na massa de água bruta, como operação complementar da reação do coagulante com a mesma.

Letterman, Quon e Gemmel (1973), indicam que, para que o processo de coagulação seja eficiente, é necessário que haja uma mistura intensa e uniforme do coagulante na água, de tal modo que a probabilidade de contato do coagulante com as partículas, antes do final das reações químicas, seja a maior possível. De acordo com Amirtharajah, Asce e Trusler (1986), Amirtharajah e Mills (1982), Di Bernardo (1990), Di Bernardo, Mendes e Guimarães (1987), e Di Bernardo e Pena (1985), o tempo de detenção, a homogeneidade e a intensidade da mistura, o tipo de coagulante e o tipo das partículas coloidais são fatores importantes intervenientes no processo de desestabilização das partículas coloidais.

Amirtharajah, Asce e Trusler (1986), bem como Di Bernardo (1990), ressaltam a importância da adequada energia de mistura, o melhor ponto de adição do coagulante, bem como a existência de um tempo ótimo de mistura. Segundo esses autores, o gradiente de velocidade, médio, para a

mistura rápida, deve estar compreendido entre 3000 e 5000 s^{-1} quando se tem coagulação no mecanismo de adsorção e entre 500 e 1200 s^{-1} quando a coagulação ocorre por varredura.

Amirtharajah e Mills (1982), recomendam que o processo de mistura rápida, no mecanismo de coagulação por adsorção, com sulfato de alumínio, venha a ser o mais uniforme possível na dispersão do coagulante em um intervalo de tempo menor do que 0,1 s, uma vez que, segundo os autores, as reações de hidrólise desses compostos ocorrem num período de tempo compreendido entre 0,01 e 1,0s. Citam os autores que, no mecanismo de varredura, o intervalo de tempo, para a formação de hidróxidos de alumínio, é variável entre 1 e 7 s. Deste modo, segundo Amirtharajah e Mills (1982), no projeto de uma unidade de mistura rápida, deve-se ter definido qual o tipo de coagulação predominante na desestabilização das partículas, bem como o rígido controle da dosagem do coagulante e o valor do pH de coagulação.

Segundo Amirtharajah (1987, 1987), Di Bernardo (1990) e Letterman, Quon e Gemmel (1973), no processo de mistura rápida, a desestabilização das partículas ocorre em regime turbulento, para altos valores de gradiente de velocidade (G). As equações 3.4 e 3.5 indicam, respectivamente, a formulação desse parâmetro para os regimes laminar e turbulento.

$$G_l = \sqrt{\frac{P}{\mu * v}} \quad (\text{Regime Laminar}) \quad (3.6)$$

$$G_t = \sqrt{\frac{P}{e * v}} \quad (\text{Regime Turbulento}) \quad (3.7)$$

onde: G_l - Gradiente de Veloc., Regime Laminar (s^{-1})

G_t - Gradiente de Veloc., Regime Turbulento (s^{-1})

P/v - Potência T. Dissipada por U. de Vol. ($N/s.m^3$)

- σ_t - Viscosidade Turbulenta ($N \cdot s/m^2$)
 μ - Viscosidade Absoluta da Água ($N \cdot s/m^2$)

Segundo Amirtharajah (1987^{a,b}), Di Bernardo (1990), e Di Bernardo e Pena (1985), o escoamento do fluido é irregular quando em regime turbulento e há uma variação aleatória para algumas grandezas como a velocidade e pressão em relação ao tempo e coordenadas espaciais. Esses autores destacam a importância do conhecimento da magnitude das microescalas de turbulência e do valor do gradiente de velocidade na desestabilização das partículas no processo de coagulação.

Segundo Di Bernardo (1990) e Di Bernardo, Mendes e Guimarães (1987), a coagulação e floculação são etapas interdependentes, mas distintas. Segundo esses autores, o processo de coagulação se inicia quando há a desestabilização das partículas, após a adição de um coagulante primário, como por exemplo, o sulfato de alumínio. Devido ao tempo de reação extremamente pequeno, a mistura deve acontecer rápida e em regime turbulento, para que ocorra maior homogeneização da mesma, e fazendo com que as partículas, através de ação física comecem a se aglomerar, originando os núcleos para a formação dos flocos. Ainda conforme esses autores, no sistema de floculação, a existência de valores e gradientes de velocidade diferentes e decrescentes, há condições propícias para um aumento progressivo dos tamanhos dos flocos. De acordo com Bennefield et al. (1982) e Di Bernardo, Mendes e Guimarães (1987), esses valores de gradientes devem ser conduzidos para que haja compatibilidade entre tamanhos e velocidades de sedimentação dos flocos, bem como, eficiência de remoção dos mesmos por sedimentação.

Conforme Amirtharajah (1989), Bennefield et al. (1982) e, Di Bernardo, Mendes e Guimarães (1987), os mecanismos que determinam a velocidade de aglutinação das

partículas, na formação dos flocos, estão ligados à estabilidade das cargas existentes nas partículas do meio aquoso; portanto, há necessidade de se desestabilizar os colóides ou moléculas com o auxílio de sais coagulantes de alumínio ou de ferro. Segundo os autores, quatro processos distintos podem ser considerados: (i) compressão da dupla camada; (ii) adsorção-neutralização; (iii) varredura; (iv) adsorção-formação de pontes.

Na compressão da dupla camada, segundo com Amirtharajah (1989), Bennefield et al. (1982), Di Bernardo (1990) e, Peres, Vargas e Richter (1984), a superfície do núcleo de uma partícula com cargas negativas é imediatamente seguida de uma superfície de cargas positivas, que formam a camada de Stern, e da camada de cargas difusa, após o plano de cisalhamento (ver Figura 3.4). A diminuição da camada de Stern favorece a agregação de colóides. A partir da superfície nuclear, o potencial decresce linearmente até a camada de Stern, e a partir de uma distância " ω " o potencial decresce exponencialmente, até ser verificado o equilíbrio entre as forças de atração e repulsão. A presença de íons positivos do coagulante irá atuar através da camada difusa da partícula, de carga negativa, forçando a formação de um novo ponto de equilíbrio para $\psi_{\omega'}$, uma distância " ω' " menor que " ω ", pois as novas cargas existentes na camada de Guy comprimem a camada de Stern, diminuindo a intensidade das forças de repulsão. Segundo os autores, o equilíbrio ou a predominância das forças atrativas de Van der Waals, possibilitam reações de adsorção entre as partículas assim desestabilizadas.

Segundo Amirtharajah (1989), Bennefield et al. (1982), Di Bernardo (1990), o processo desenvolvido na adsorção-neutralização, quando da adição de um coagulante primário, favorece a união de colóides através da ligação do tipo ponte de um íon com carga de sinal contrário. Neste mecanismo, se ocorrer a saturação do íon aglutinante, a desestabilização propiciada inicialmente na superfície do

colóide pode ser revertida com o excesso de cargas contrárias, com a restabilização das partículas por cargas de mesmo sinal. Nessa fase, segundo os autores, os colóides não conseguem mais adsorver partículas do meio e, consequentemente, diminuem-se os tamanhos dos flocos, tornando-os menos densos, tornando deficientes a floculação e a sedimentação.

Na adsorção-neutralização, segundo Di Bernardo (1990) e Di Bernardo, Mendes e Guimarães (1987), a dosagem de coagulante é função do valor do pH, temperatura, concentração de alumínio, idade da solução, etc. Sob determinadas condições, os compostos hidrolisados apresentam maior facilidade de adsorção, que o próprio íon metálico não hidrolisado, para esse mecanismo de coagulação pois não há compressão da dupla camada. Ainda de acordo com Di Bernardo (1990), podem ser destacadas diferenças existentes entre os dois processos, a saber: (i) na adsorção, a concentração de sais (de alumínio, ferro, etc) para desestabilizar os colóides são menores que a necessária para a compressão da dupla camada; (ii) há uma relação estequiométrica entre coagulante e a espécie a ser desestabilizada; (iii) há ocorrência de reversão de cargas superficiais nos colóides quando da adição excessiva das espécies adsorventes.

Segundo Amirtharajah (1989), Di Bernardo (1990), Perez et al (1984), o fato de se utilizar a hidrólise do coagulante para determinadas faixas de pH e de concentração do sal, favorece o aparecimento da sua forma amorfa e insolúvel, de forma que o precipitado formado irá arrastar consigo as partículas durante a sedimentação. Nesse caso, o hidróxido do sal formado, carregará as partículas independentemente da neutralização de cargas. Segundo esses autores, esse processo depende da relação entre o valor do pH e a solubidade dos precipitados e, a dosagem ótima, é inversamente proporcional à concentração de colóides. Segundo Perez et al (1984), a velocidade de precipitação au-

menta proporcionalmente à concentração de partículas.

Na adsorção com formação de pontes químicas, conforme Di Bernardo (1990) e Perez et al (1984), os polímeros orgânicos e sintéticos, com cadeia molecular muito grande, apresentam regiões ionizáveis, tornando-os polarizados. Esse fenômeno faz com que estes compostos sejam capazes de desestabilizar as partículas coloidais. O fato de polímeros catiônicos e aniônicos desestabilizarem os colóides carregados negativamente e formarem flocos, não pode ser explicada através dos mecanismos de compressão da dupla camada e de neutralização de cargas.

Segundo Perez et al (1984), a teoria da existência do fenômeno de pontes químicas explica o comportamento dos polímeros como agentes de coagulação. O polímero serve de ponte ao complexo partícula - polímero - partícula.

3.2.3.2 - Mecanismos de Floculação

Segundo Amirtharajah et al (1986), Bennefield (1982), Richter (1986) e Richter e Vargas (1984), a floculação, devida ao movimento Browniano, ou seja, resultante do movimento das moléculas induzidas pela energia térmica, é conhecida como floculação pericínética. A colisão das partículas devido ao movimento da água, onde a energia é introduzida por dispositivos mecânicos ou hidráulicos, à massa líquida e a colisão de partículas, devido à diferença de velocidade durante a sedimentação, é denominada de floculação ortocínética. Segundo Richter (1986) e Richter e Vargas (1984), para partículas com dimensões de até um micrometro a floculação pericínética é predominante. Porém, só com este tipo de floculação, a velocidade de sedimentação do floco obtido é extremamente baixa. Deste modo, há a necessidade de floculação ortocínética para que haja aumento do tamanho de flocos e, conseqüentemente, uma maior velocidade de sedimentação do mesmo.

Segundo Di Bernardo (1990) e Richter (1986), a-

pós a coagulação, a floculação turbulenta é importante até o floco atingir uma determinada dimensão. Riddick, citado em Richter (1986), mostra que, com a aplicação de sulfato de alumínio em regime de floculação turbulenta, o floco cresce durante um intervalo de 2 a 3 minutos, até atingir um tamanho da ordem de 0.3mm. A partir deste tamanho, ele cita que a floculação laminar passa a ser mais rápida que a turbulenta. Segundo Di Bernardo (1990) e Richter (1986), o rompimento dos flocos pode ser explicado pela erosão das partículas primárias da sua superfície, ou pela fratura do mesmo propriamente dito, formando outros de menor tamanho.

Segundo Ammirtharajah (1986), Di Bernardo (1990) e Richter (1986), a taxa de formação de flocos é acelerada por uma turbulência inicial e deve, posteriormente, ser seguida por um período de tempo por uma turbulência reduzida ou mesmo um escoamento em regime laminar. A resistência e o diâmetro máximo do floco dependem da turbulência aplicada na primeira câmara de floculação de um sistema. Segundo Di Bernardo (1990), há uma faixa variável de tempo de detenção para se obter determinada eficiência durante a floculação, independente do valor do gradiente de velocidade.

3.2.3.3 - Construção do Diagrama de Coagulação

3.2.3.3.1 - Considerações Iniciais

Pesquisas desenvolvidas por Amirtharajah (1989), Bennefield (1982), Di Bernardo (1990), Di Bernardo e Mendes (1989), mostram uma evolução tecnológica na coagulação, floculação e sedimentação. O diagrama de solubilidade de compostos de alumínio, conforme Figura 3.5, onde encontram-se definidas as áreas de coagulação por adsorção, neutralização, varredura e a que contém a combinação desses mecanismos, constitui exemplo dos avanços nessa área.

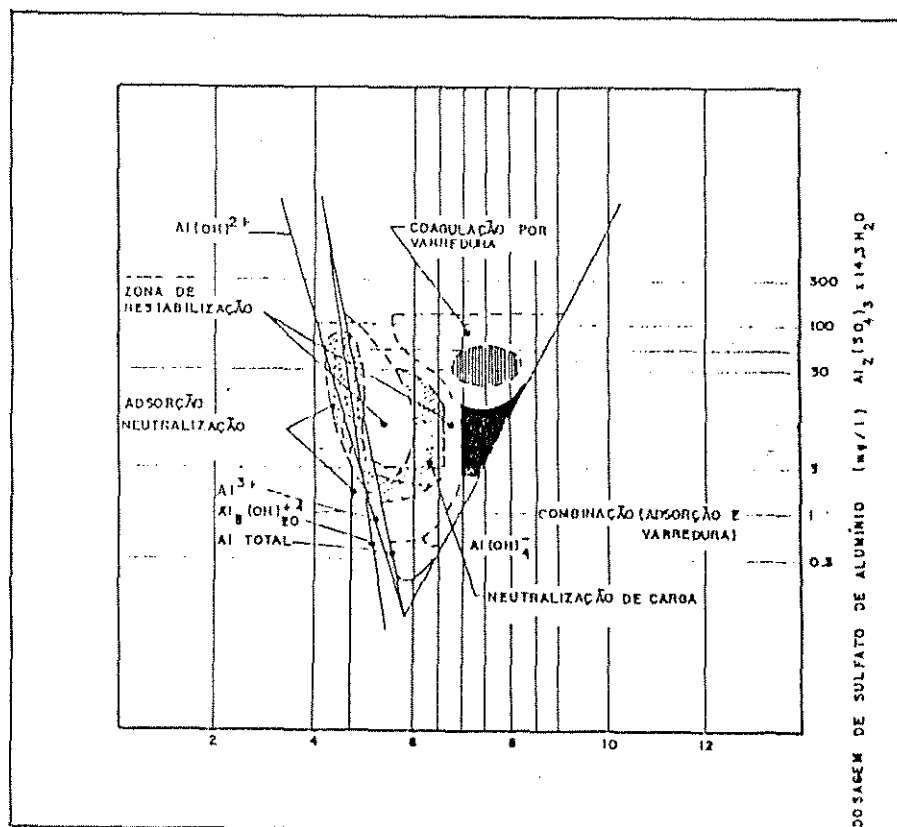


FIGURA 3.5 ÁREAS DE MAIOR EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ, PARA DIFERENTES PROCESSOS DE COAGULAÇÃO FLOCULAÇÃO. (DI BERNARDO - 1990)

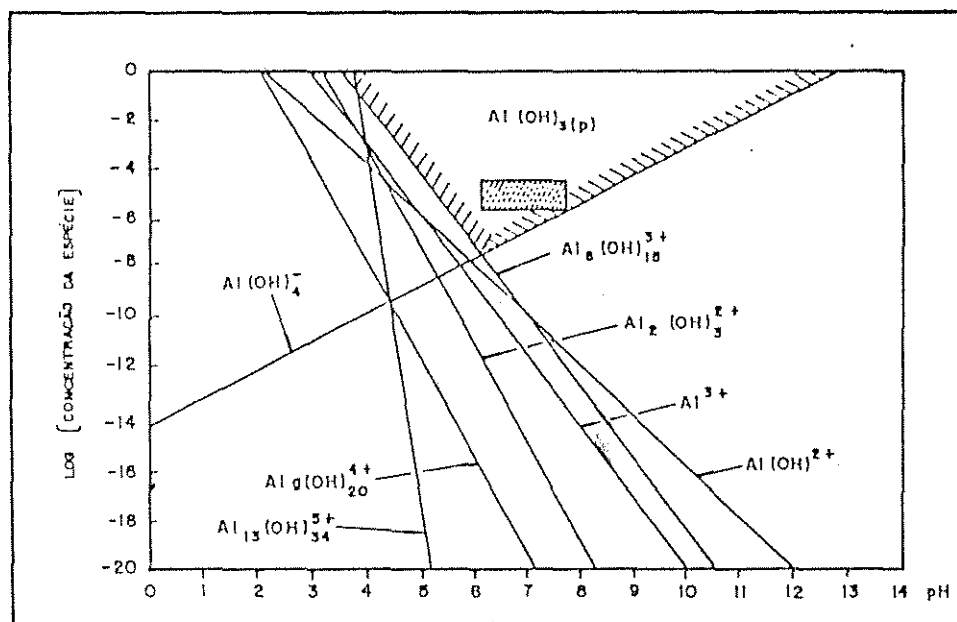


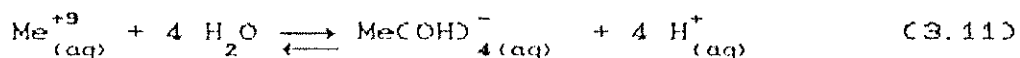
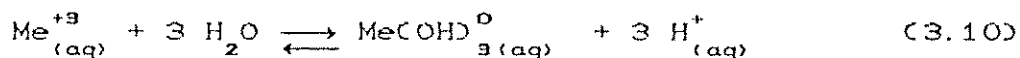
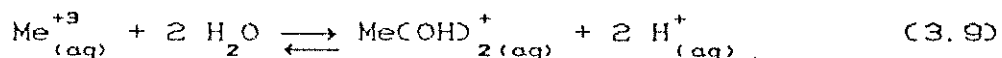
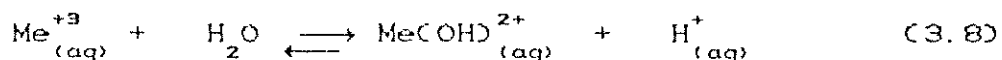
FIGURA 3.8 - DIAGRAMA DE SOLUBILIDADE DO ALUMÍNIO (DI BERNARDO - 1990)

Segundo Amirtharajah (1989) e Di Bernardo (1990), o diagrama de coagulação, é uma ferramenta efetiva para indicar as dosagens de coagulante e de valores do pH de coagulação, correspondentes aos resultados mais eficientes de remoção de cor e turbidez. O diagrama pode ser utilizado para determinar as regiões ótimas de remoção de turbidez e remoção de cor.

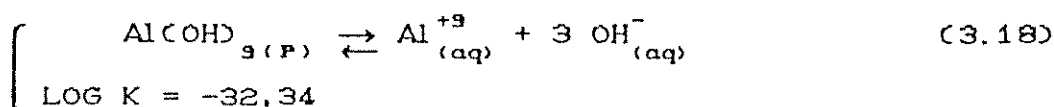
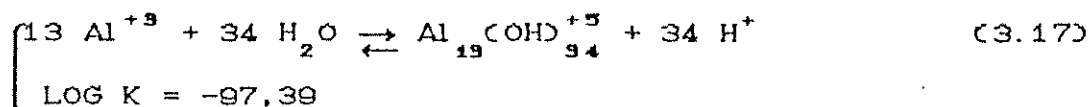
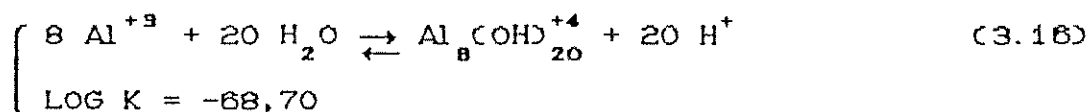
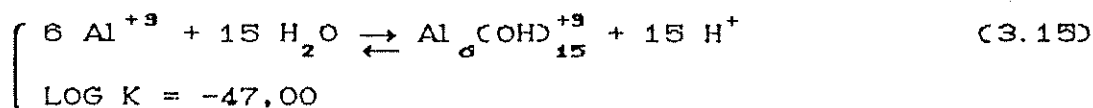
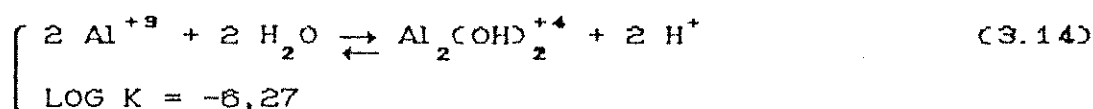
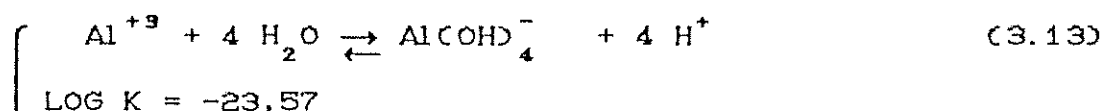
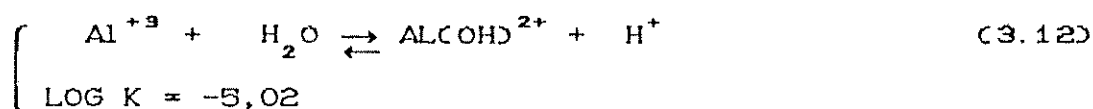
3.2.3.3.2 - Reações de Hidrólise para o Sulfato de Alumínio

De acordo com Amirtharajah (1989) e Di Bernardo (1990), o diagrama de eficiência de coagulação, é baseado nos conceitos desenvolvidos a partir do diagrama pC-pH, conforme esquema da Figura 3.6, para a fase do hidróxido de alumínio sólido. Segundo esses autores, em função da dosagem de sulfato de alumínio e do valor de pH resultante, durante a coagulação, diferentes reações de hidrólise do alumínio podem ocorrer, resultando em áreas distintas de mecanismos de coagulação-floculação.

Segundo Amirtharajah (1989), Amirtharajah (1987), Bennefield (1982), Di Bernardo (1990), Di Bernardo et al (1987), íons metálicos em solução aquosa são hidratados e em função da concentração e do pH há a formação de hidroxos-complexos, que os contêm. As equações de número 3.8 a 3.11, descrevem as reações de ionização para um íon metálico trivalente, formando complexos mononucleares:



Conforme Amirtharajah (1989), Amirtharajah (1987), Bennefield (1982), Di Bernardo (1990) e Di Bernardo et al (1987), a mesma conceituação pode ser aplicada para o sulfato de alumínio, na formação dos hidroxos-metálicos, e assim obter-se o diagrama de solubilidade. As equações de 3.12 a 3.18, mostram os possíveis complexos de alumínio, bem como os valores dos logaritmos das respectivas constantes de dissociação (ou de equilíbrio) para temperatura de 25 °C.



Resolvendo as equações estequiométricas, e isolando-se as concentrações dos íons metálicos desejados são obtidas as equações de número 3.19 a 3.25 que, graficamente, representam retas, conforme Figura 3.6, que irão defi-

nir as diferentes áreas do diagrama de solubilidade do alumínio, para a temperatura de 25°C, segundo Benefield et al (1982) e Di Bernardo (1990).

$$\log [Al^{+3}] = 9,66 - 3 \text{ pH} \quad (3.19)$$

$$\log [Al(OH)^{+2}] = 4,44 - 2 \text{ pH} \quad (3.20)$$

$$\log [Al_2(OH)_2^{+4}] = 13,05 - \text{pH} \quad (3.21)$$

$$\log [Al_6(OH)_{15}^{+3}] = 10,96 - 3 \text{ pH} \quad (3.22)$$

$$\log [Al_9(OH)_{20}^{+4}] = 8,58 - 4 \text{ pH} \quad (3.23)$$

$$\log [Al_{19}(OH)_{34}^{+5}] = 28,19 - 5 \text{ pH} \quad (3.24)$$

$$\log [Al(OH)_4^-] = \text{pH} - 13,91 \quad (3.25)$$

3.2.3.3.3 - Construção do Diagrama de Coagulação

A aplicação do diagrama de coagulação, baseado na floculação e sedimentação, para o sulfato de alumínio, vem sendo indicado por Amirtharajah (1989), Bennefield (1982), Di Bernardo (1990), Di Bernardo et al (1987), para se obter as condições ótimas de coagulação, seja para a tecnologia de tratamento de águas de abastecimento através do processo de filtração direta ou quando se usa coagulação, floculação, sedimentação e filtração. Amirtharajah (1989) e Di Bernardo (1990), em estudos mais apurados sobre a presença dos íons metálicos na forma de hidróxidos, para determinada dosagem de coagulante e valores de pH, propuseram o diagrama de coagulação (floculação e sedimentação) para turbidez e cor aparente remanescentes, de acordo com as Figuras 3.7 e 3.8, respectivamente, baseados no diagrama de solubilidade do alumínio.

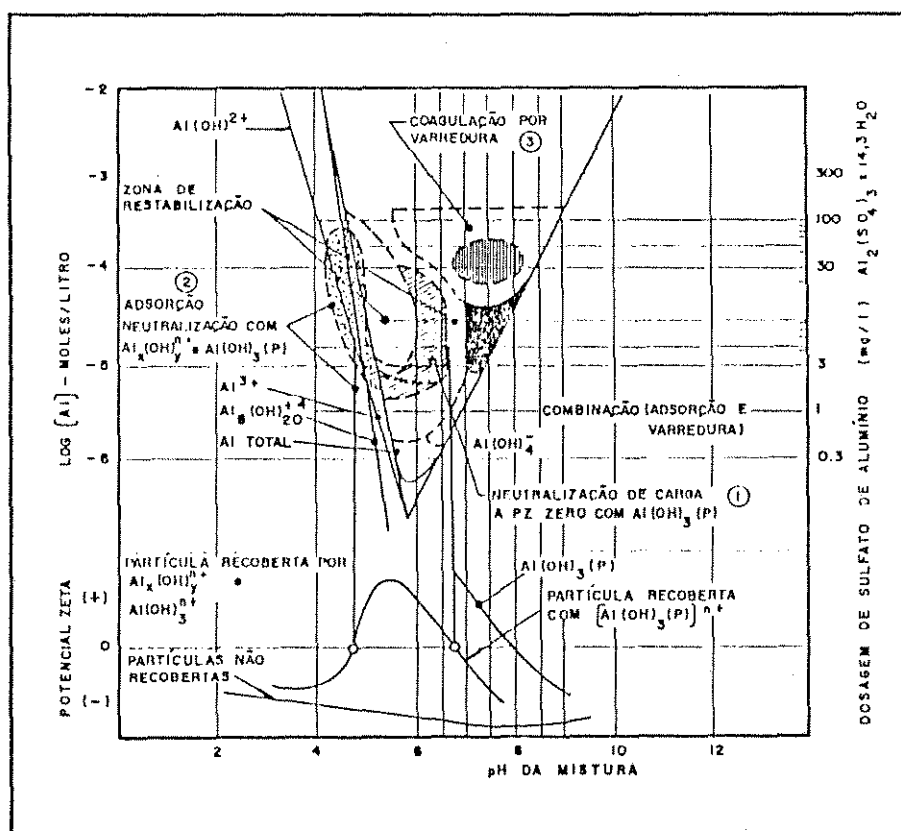


FIGURA 3.7 - DIAGRAMA DE EFICIÊNCIA DE COAGULAÇÃO, EM FUNÇÃO DA TURBIDEZ REMANESCENTE (DI BERNARDO-1990)

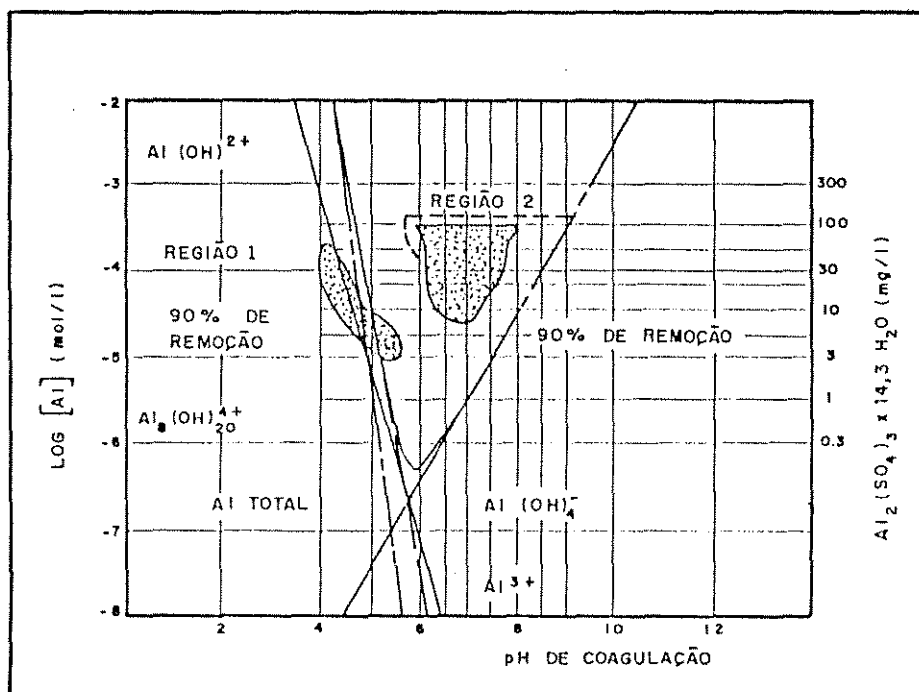


FIGURA 3.8 - DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO - FLOCULAÇÃO, EM FUNÇÃO DA COR REMANESCENTE (DI BERNARDO-1990)

O diagrama de coagulação, para remoção de turbidez, conforme a Figura 3.7, segundo Di Bernardo (1990), apresenta as principais espécies de alumínio e as regiões onde predominam os seguintes mecanismos: (i) neutralização de cargas com $[Al^{+}(OH)_{9(p)}]^{n+}$; (ii) adsorção das espécies $[Al(OH)_y]^{n+}$ e $[Al(OH)_{9(p)}]^{n+}$ e consequente neutralização de cargas; (iii) varredura, em que as partículas são aprisionadas no precipitado $[Al(OH)_{9(p)}]$. Na Figura 3.7, existe ainda uma região em que há combinação dos mecanismos anteriores de coagulação, e uma região de restabilização de cargas.

Amirtharajah (1989), Edwards e Amirtharajah (1989), Di Bernardo (1990) e Di Bernardo et al (1987), apresentam diagramas de coagulação, para a remoção de cor, conforme Figura 3.8. Quando há altos valores de turbidez, a remoção de cor é feita com baixa dosagem de coagulante por adsorção/neutralização enquanto que, para baixos valores de turbidez, são necessárias altas dosagens de coagulante para a remoção de cor, quando a coagulação é realizada no mecanismo da varredura. A remoção da cor, segundo Amirtharajah (1989), nesses dois mecanismos, é eficiente para faixas distintas de valores de pH.

Segundo Di Bernardo (1990), algumas considerações devem ser feitas, sobre o diagrama de coagulação, a região de restabilização é função da área superficial das partículas coloidais. Para água bruta com baixos valores de turbidez, essa região ocorre para valores de pH entre 5.0 a 6.8 e dosagens de sulfato de alumínio entre 2 e 30 mg/l. Ainda segundo esse autor, se ocorrer um aumento da área superficial das partículas e valores de turbidez mais elevados, há um aumento da dosagem de sulfato de alumínio, podendo desaparecer a região de restabilização.

3.3 - Ozonização

3.3.1 - Considerações Gerais

O ozônio, segundo Nebel (1981), Schulhof e Smith (1988), é a forma alotrópica do oxigênio, cuja molécula contém três átomos desse elemento (O_3). É um gás muito reativo, com cor variável do azulado ao violeta e usado como agente oxidante. Segundo Nebel (1981), o odor característico do ozônio já tinha sido relatado por Van Mauren em 1785 na vizinhança de uma descarga elétrica, e em 1840, o odor do ozônio foi reportado previamente como resultado de um composto, ainda não estabelecido, e cuja estrutura molecular só viria ser confirmada em 1875.

O ozônio, conforme Nebel (1981), tem sido usado como desinfetante há mais de oitenta anos, embora seu poder germicida fosse conhecido desde o final do século passado. Segundo esse autor, na década de cinquenta, já se utilizava ozônio no tratamento de água de piscinas; posteriormente, o ozônio foi utilizado na diminuição de odor de águas residuárias de indústrias e aplicado no efluente de sistemas de tratamento secundário de estações de tratamento de esgotos municipais.

O uso de águas superficiais para abastecimento, algumas vezes pouco protegidos sanitariamente, fez com que a pré-cloração viesse a ser empregada nas estações de tratamento de águas de abastecimento. Na década de setenta, os resultados de pesquisas mostraram que nem todos os efeitos eram positivos, tendo sido comprovada a formação de compostos organo-clorados, obtidos na pré-cloração, que possuíam características carcinogênicas. A difusão mais ampla da utilização do ozônio, segundo Jacangelo et al (1989), iniciou após avaliação dos possíveis impactos dos trihalometanos (THM), obtidos no processo de cloração, para a saúde pública. Segundo esse autor, a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA), passou a exigir um

limite máximo de precursores de THM em águas para abastecimento, que usassem processos de cloração e, que se verificasse a possibilidade da utilização de métodos alternativos, para a oxidação e desinfecção, que comprovadamente diminuíssem a presença de organo-clorados, e até mesmo fosse substituído o processo de cloração.

Segundo Rice (1985) e Richard (1988), o avanço tecnológico, com consequente conhecimento mais profundo na química, permitiu o uso mais racional e seguro do ozônio. A evolução na aplicação de ozonização na área de abastecimento de água teve início na Europa, para remoção de cor e odor. Nos últimos, anos além da desinfecção, conforme Di Bernardo (1989) e Glaze (1987), a ozonização vem sendo empregada como um processo auxiliar na remoção de cor, turbidez, na oxidação da matéria orgânica e inorgânica.

Segundo Collins et al. (1989), a seleção da dosagem do ozônio no pré-tratamento de águas de abastecimento é muito importante. Se necessário, de acordo com eles, deve-se realizar um estudo em instalação piloto, para se maximizar os benefícios na coagulação, floculação e sedimentação e, deste modo, poder-se escolher a dosagem ótima para cada tipo de água. O conhecimento das cargas das partículas é um exemplo, segundo esses autores, da presença de altas concentrações de cations bivalentes na água a ser tratada, o que poderia implicar em menores dosagens de ozônio a ser aplicada.

Daniel e Meyerhofer (1989), estudando o quanto podia ser removido de sabor e odor oriundos da área industrial, verificaram que o ozônio auxiliava na oxidação, desinfecção, coagulação, floculação, remoção de cor e na remoção de metais. Os resultados obtidos por esses autores, e que se encontram na Tabela 3.1, mostraram que o uso do ozônio foi satisfatório, e que a adição de um peróxido permitiu o uso de dosagens menores de ambos os compostos.

TABELA 3.1 - Remoção de Sabor e Odor de Resíduos Industriais.
(Daniel e Meyerhofer, 1989)

OXIDANTE	DOSAGEM APLICADA (mg/l)	REDUÇÃO GEOSMINA (%)	REDUÇÃO MIB (%)
Cl_2	2.0	46	35
KMnO_4	0.8	49	32
H_2O_2	1.0	40	74
O_3	1.9	82	65
O_3	9.2	>97	>94
$\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}_2$	2.4/0.7	>97	>94
TEMPERATURA - 20,6°C			
ALCALINIDADE - 84			
pH - 7,8			
MIB - 2-METILISOBORNEO			

Glaze (1987), reporta o uso do ozônio no tratamento de água de Los Angeles, Estados Unidos, como uma fase de pré-tratamento e auxiliar de coagulação, floculação e sedimentação. Deste modo pode ser feito um estudo do controle de sabor e odor, da redução de trihalometanos, da característica do ozônio como agente na desinfecção, bem como fator de remoção de turbidez e cor, e ainda sua atuação na oxidação de compostos de ferro e manganês. Em ensaios comparativos, esse autor mostrou que a ozonização é substancialmente superior à cloração. Di Bernardo (1990), indica pontos de aplicação do ozônio em uma estação de tratamento de água (ver Figura 3.9).

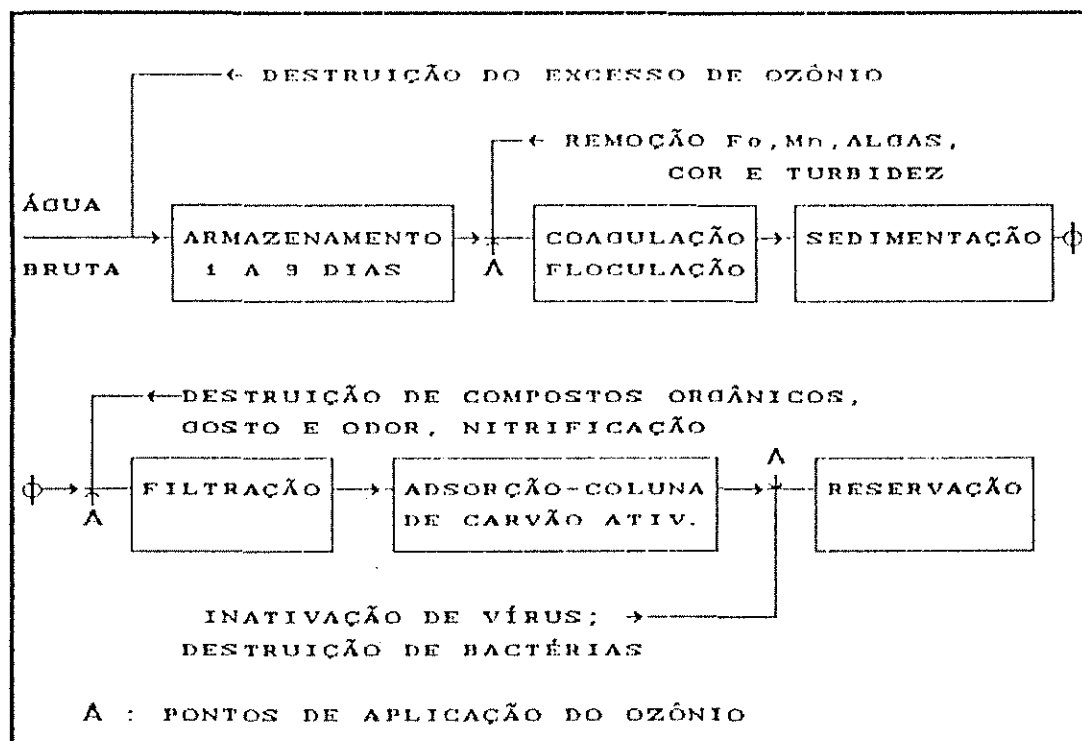


Figura 3.9 -Fluxograma de uma Estação de Tratamento de Água Completa, com vários Pontos de Aplicação do Ozônio.
(Di Bernardo, 1990)

Segundo Liang et al (1989), a aplicação do ozônio melhora sensivelmente a remoção de turbidez devido ao efeito de microfloculação. Segundo esses autores, com a aplicação da pré-ozonização, foram produzidas pequenas quantidades de peróxidos, não detectados no efluente após o tratamento. O ozônio mostrou ser efetivo na desinfecção, contudo, parece provocar um aumento da atividade biológica nas unidades de filtração (maior biodegradação), atuando como auxiliar na filtração com carvão ativado.

As considerações de Richard (1988), na cinética de oxidação do ozônio, quanto à influência nas qualidades organolépticas da água, indicam que certas substâncias são oxidadas rapidamente, enquanto outras o são mais lentamente ou, então, só com taxas mais elevadas de aplicação do

gás. A oxidação de certos álcoois, pelo ozônio, irá formar grupos funcionais aldeídicos, que podem conferir sabor à água. Se for aumentada a dose de aplicação do gás, os aldeídos podem ser oxidados a compostos de caráter ácido, com diminuição do problema de sabor na água.

De acordo com Gurol (1985) e, Yurteri e Gurol (1989), o processo de ozonização depende de fatores cinéticos, químicos e operacionais. Segundo esses autores, a reatividade e a volatilidade de traços de certos contaminantes orgânicos, tem forte efeito na eficiência do processo. As características químicas da água bruta, a transferência de massa no processo, as características hidrodinâmicas da câmara de contato, a concentração do gás afluente e as variáveis operacionais, estão intimamente envolvidos no controle de remoção de traços de compostos orgânicos, quando aplicado o processo.

O começo da utilização do ozônio no Brasil, com aparelhos nacionais, foi em 1985, segundo Francisco (1988), e a principal aplicação foi para tratamento de águas de efluente industrial e de esgoto. A indústria brasileira já montou usinas de ozonização em Manta, no Equador, para controle de algas e de matéria orgânica, bem como de unidades voltadas para o controle de características microbiológicas no engarrafamento de água mineral. O mercado nacional é restrito, pois a utilização do ozônio ainda é incipiente, e as técnicas de ozonização, seja como fase de pré-tratamento ou na desinfecção final, ainda são pouco conhecidas no Brasil.

Segundo Masschelein (1988), a ozonização de compostos orgânicos, pode produzir compostos funcionais organo-ácidos, como os do grupo carboxílico, que podem ser biodegradados. Segundo o autor, o uso na etapa de desinfecção é efetivo na remoção de bactérias, vírus e parasitos que transmitem doenças de veiculação hídrica.

Richard (1988), cita a eficiência da utilização do ozônio após a filtração rápida quando utilizado para

desinfecção, alertando porém, para a necessidade do uso da cloração com o fim de se ter um residual para o controle de microrganismos. O autor destaca que, quando o gás é aplicado na fase final de tratamento, após a filtração, o ozônio reage com compostos de cloro, exigindo uma taxa maior de aplicação deste último composto, principalmente em função do residual desejado, a ser mantido na rede. O uso de filtros com meio filtrante de carvão ativado, antes da aplicação do processo de cloração final, pode diminuir o residual de ozônio e requerer menor dosagem de cloro.

As aplicações do ozônio, segundo Di Bernardo (1989), estão relacionadas com: (i) finalidade do uso do ozônio; (ii) características de projeto; (iii) experiências de operação de instalações anteriores e; (iv) custos de operação e manutenção.

Segundo Richard (1988), o ozônio apresenta um teor de oxidação relativamente grande, quando comparado a outros compostos. Os esquemas gráficos presentes na Figura 3.10 mostram, comparativamente, esse efeito em relação a diferentes agentes oxidantes.

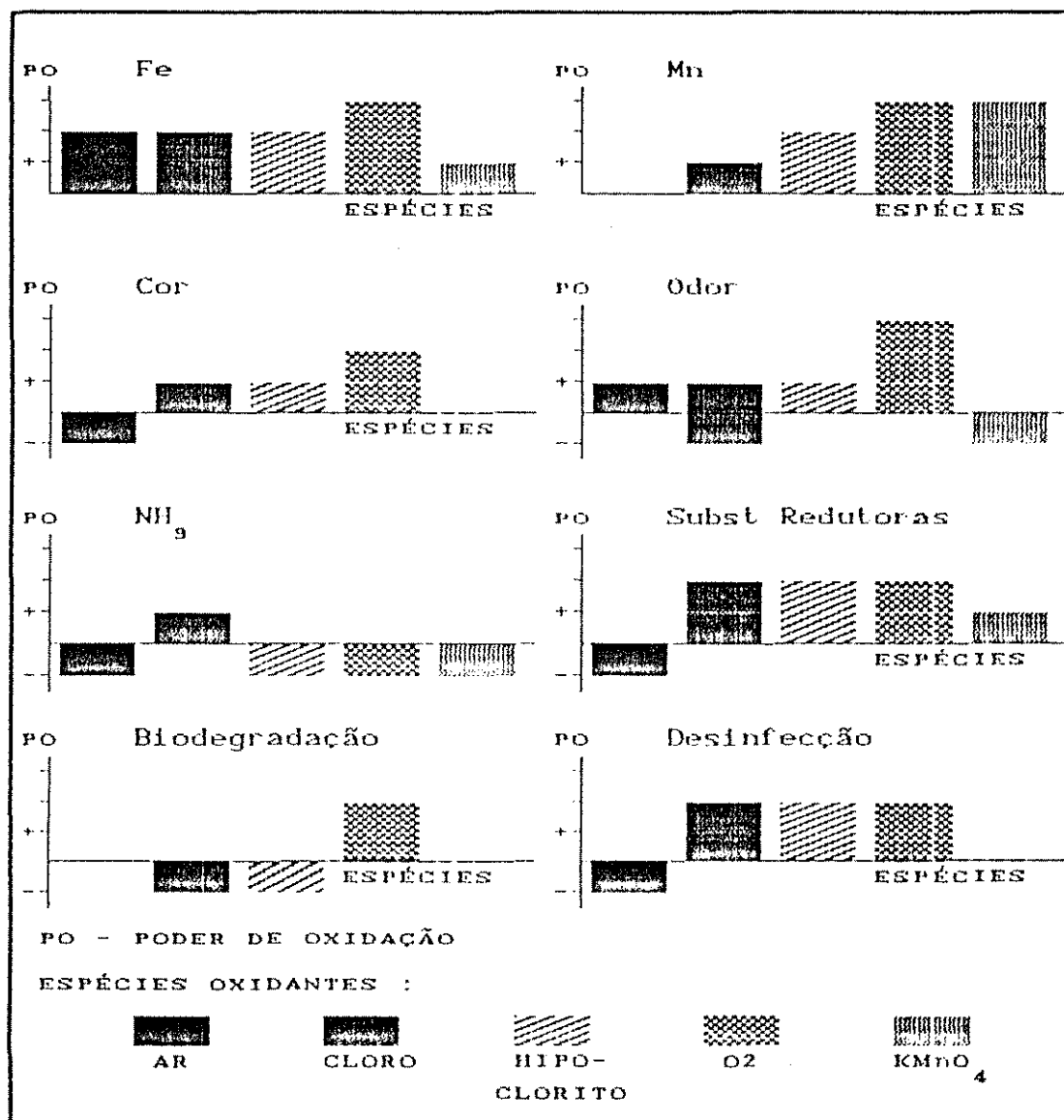
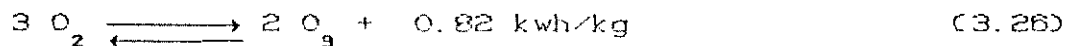


Figura 3.10 - Poder de Oxidação de alguns Elementos Químicos
 (Richard, 1988)

3.3.2 - Características e Propriedades do Ozônio

Em 1857, Werner Von Siemens, citado em Di Bernardo (1989) e, Schulhof e Smith (1988), observaram que o ozônio era produzido a partir do oxigênio, através da equação química (3.26).



Segundo Nebel(1981) e Di Bernardo (1989), a estrutura real do ozônio é dada por um efeito de ressonância magnética híbrida das configurações moleculares presentes na Figura 3.11. A forma triangular da sua molécula tem um ângulo de ligação de $116^{\circ}49'$ entre os três átomos de oxigênio, determinado por processo de microondas, ou de 127° quando utilizado o processo de difração elétrica. Segundo esses autores, as formas moleculares encontradas, de (1) a (4), conforme esquema da Figura 3.11, podem variar, porém, a disposição (1) a (4) são as que mais contribuem para a estrutura de ressonância. A estrutura molecular do ozônio apresenta uma ligação covalente e uma aditiva. Os comprimentos encontrados entre as ligações de átomos de oxigênio são iguais a 0,120 e 0,148 nm, para a ligação dupla e simples, respectivamente.

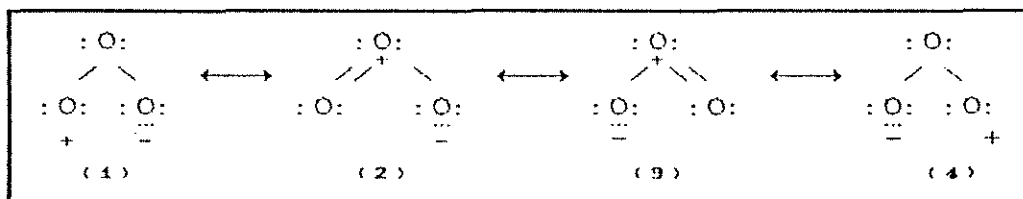


Figura 3.11 - Estrutura de Ressonância do Ozônio
(Nebel, 1981)

A natureza eletrofílica do ozônio, reportada por Di Bernardo (1989) e Nebel (1981), permite reações com uma variedade de grupos funcionais orgânicos e organometálicos. A Figura 3.12 mostra, esquematicamente os grupos químicos passíveis de reação com o ozônio. Devido sua estrutura dipolar, o ozônio pode reagir como um dipolo, agente eletrofílico e nucleofílico. A ativação da molécula, seja através de íons hidroxilas, de hidroperóxidos ou de radiações ultravioleta, conduz o ozônio à formação de

diferentes radicais.

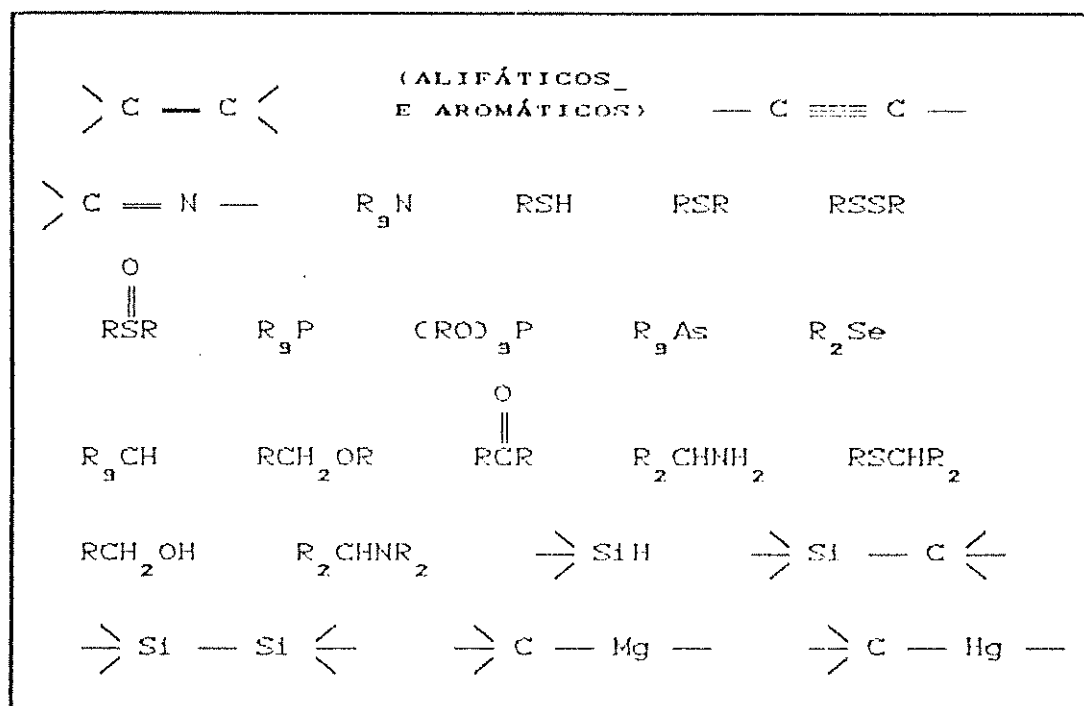


Figura 3.12 - Grupos Funcionais Orgânicos e Organo-Metálicos passíveis de Reação com o Ozônio.
(Nebel, 1981)

As reações de ozônio com compostos orgânicos, segundo Dore et al (1989), podem ser de dois tipos: (i) reação de ozonização direta, que envolve o ozônio na forma molecular; (ii) reações de radicais livres, que envolvem o radical hidroxila produzido na autocatálise de decomposição do ozônio. O esquema da Figura 3.13 apresenta as possíveis reações de ozônio com compostos orgânicos. Os radicais hidroxilas são conhecidos como reativos por serem menos seletivos em suas reações com o ozônio, segundo Dore et al (1989). Ainda segundo esses autores, os radicais livres, tais como íons carbonatos e bicarbonatos consomem radicais OH° e, com isso, podem inibir a reação de oxidação dos solutos orgânicos, por reação de radical livre e, deste modo, limitam a taxa de decomposição de ozônio na água.

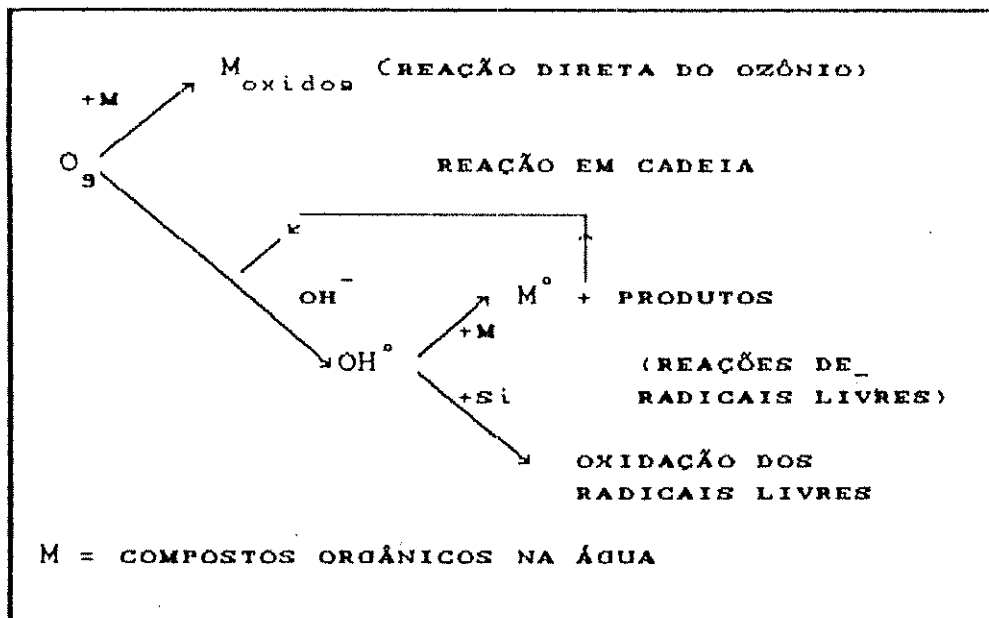


Figura 3.13 - Esquema de possíveis Reação do Ozônio com compostos Orgânicos presentes na Água.
(Dore et al, 1989)

Em estudos desenvolvidos sobre as possíveis reações do ozônio, Chelkowska e Grasso (1989) apresentam uma discussão comparativa entre os resultados do trabalho de Hoigne e o desenvolvido por Tomiyasu. O esquema geral de decomposição são similares para ambos os modelos que incluem a formação de peróxidos, radicais superóxidos, radicais de ânions ozonetos, radicais hidroxilas e ozônio molecular. Contudo, os detalhes dos mecanismos propostos são substancialmente diferentes e, segundo Chelkowska e Grasso (1989) podem ser assim designados:

(1) no modelo de Hoigne et al, a decomposição do ozônio em água pura é iniciada pela reação entre ozônio e íons OH^- , conforme a equação (3.27). Nessa equação, o lado esquerdo está em equilíbrio, enquanto parte da outra parcela pode ser decomposta, de acordo com a equação (3.28). Nessa relação, o íon do superóxido O_2^- imediatamente transfere um elétron ao O_3 , para formar o ânion ozoneto e o

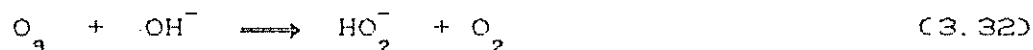
oxigênio molecular, conforme mostrado na equação (3.29).



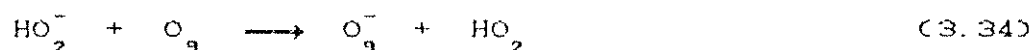
O ozoneto, segundo os autores, é então protonado, conforme mostra a equação (3.30) e, decomposto em radicais OH, de acordo com a equação (3.31), os quais reagem com quaisquer tipo de soluto presente.

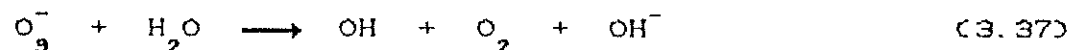


(ii) no modelo de Tomiyasu et al, a decomposição do ozônio inicia-se com a formação do radical HO_2^- , conforme mostrado na equação (3.32).



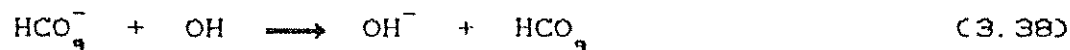
Considerando o radical HO_2^- em equilíbrio com H_2O_2 , tem-se a equação (3.33). Em uma série de reações em cadeia, o radical hidroperoxila (HO_2), é formado através da reação do ozônio com o íon peróxido (HO_2^-), conforme esquema da equação (3.34). Posteriormente, o radical hidroperoxila fica em equilíbrio químico com o íon superóxido O_2^- , de acordo com esquema da equação (3.35). Por fim, as equações (3.36) e (3.37) mostram as reações finais, com a produção do radical hidróxido.





Em ambos os modelos, de acordo com Chelkowska e Grasso (1989), a presença de impurezas na água pode afetar a decomposição por reação direta, diminuindo as reações em cadeia. O tamponamento, bem como a presença de carbonatos e bicarbonatos, podem afetar a reação de decomposição do ozônio.

Sobre a decomposição cíclica do ozônio em água pura, Glaze (1987), apresenta a representação esquemática, que pode ser vista na Figura 3.14. Assim como Chelkowska e Grasso (1989), Glaze (1987) reporta que, na presença de contaminantes, como matéria orgânica e bicarbonatos, esse ciclo pode não ser observado. Glaze (1987), reporta que o ozônio é instável em valores elevados de pH, em água livre de contaminantes, justificando que o processo de decomposição é iniciado pelos íons hidróxidos. Porém, na presença de contaminantes, como os citados anteriormente, ele pode reagir de acordo com a equação (3.38), ocorrendo uma transferência de elétrons, a partir de radicais hidroxilas, que irá ocasionar o retardamento de sua decomposição.



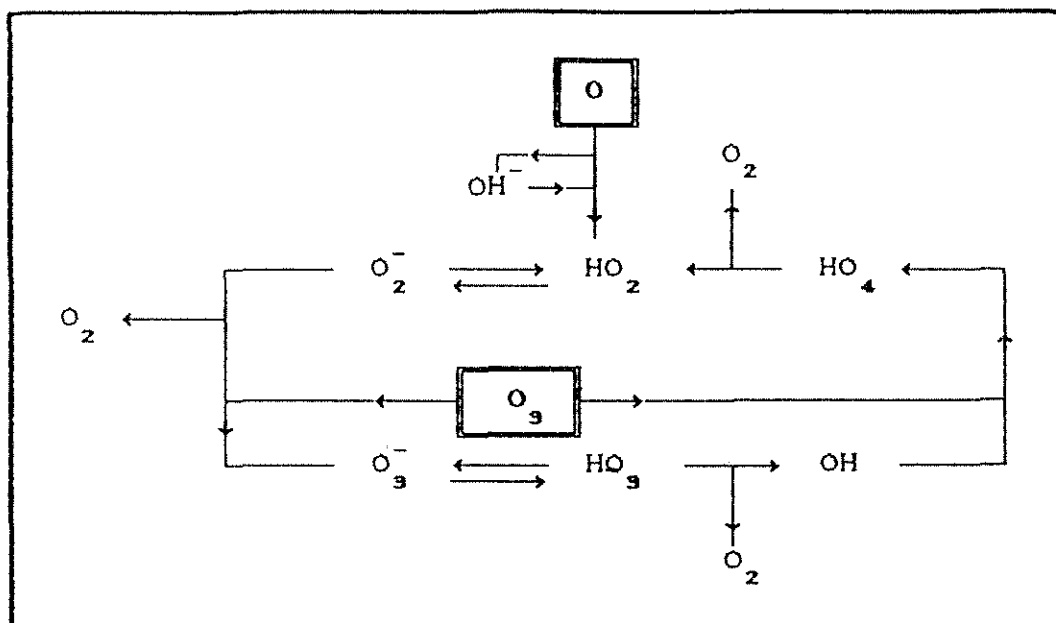


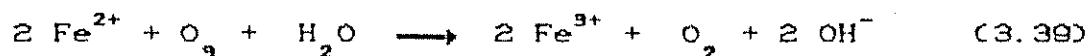
Figura 3.14 - Ciclo do Mecanismo de decomposição do Ozônio.
(Glaze, 1987)

Stanley e Johnson (1982), explicitam que, na análise do residual de ozônio em solução aquosa, onde toda a demanda espontânea já tenha sido satisfeita, deve-se basear em três fatores: (i) decomposição, relativamente lenta, do ozônio em gás oxigênio; (ii) conversão de moléculas de ozônio em radicais hidroxilas, as quais ocorrem rapidamente; (iii) redução química do ozônio molecular, frequentemente rápida, pela reação com os solutos oxidáveis da solução.

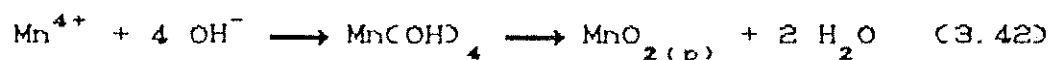
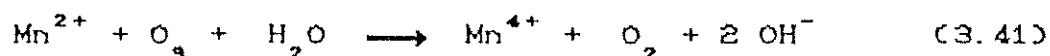
A presença de compostos de metais solúveis nas águas tem acarretado problemas nas estações de tratamento, pois a formação de precipitados dessas substâncias ocorrem em valores de pH bem mais elevados que os necessários para a coagulação. Conforme Di Bernardo (1989) e Nebel (1981), metais de transição como ferro e manganês podem ser oxidados pelo ozônio, pois tem menor solubilidade na água que o seu nível de oxidação. Outros metais pesados como chumbo, mercúrio, cádmio, o cério e o níquel, também podem ser

oxidados pelo ozônio. As equações de (3.39) a (3.42), apresentam as reações de oxidação do ferro e do manganês.

(i) Equação de oxidação do Ferro:



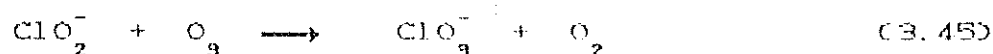
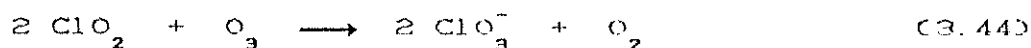
(ii) Equação de oxidação do Manganês:



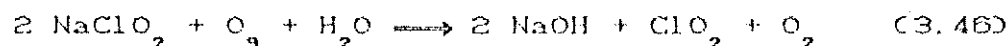
As reações do ozônio com alguns compostos, que podem estar presentes em uma água bruta, são interessantes no campo do tratamento de água. Nebel (1981) e, Richard e Brener (1982) apresentam a reação de oxidação da amônia por catalise, destacando a importância da temperatura. A 25°C dois dos átomos da molécula do ozônio reagem com a amônia, ao passo que, a 75°C todos os três átomos o fazem para formar o nitrato de amônia (produto final). A equação (3.43) esquematiza a reação citada.



Segundo Kölle, citado em Richard e Brener (1982), a reação do ozônio com o dióxido de cloro é muito rápida e o produto formado são radicais clorato e perclorato. Para Buydens e Fransolet citados por Richard e Brener (1982), quando da introdução do dióxido de cloro na água ozonizada, há uma queda do residual de ozônio. No decurso de seus trabalhos, esses autores notaram que o ClO_2^- necessitou duas vezes mais ozônio residual para que ocorresse a reação. As equações 3.44 e 3.45, explicitam as reações com radicais clorato e perclorato, respectivamente

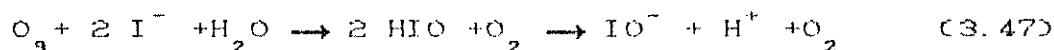
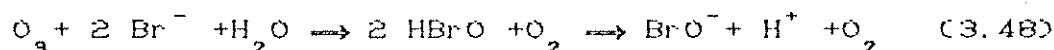
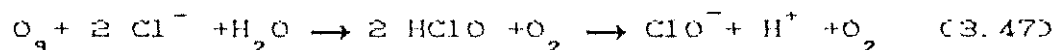


Masschelein (1989), notou que a ozonização do íon clorato na água com valores de pH compreendidos entre 5 e 6, induzia à formação de dióxido de cloro, conforme reação química presente na equação 3.46:



Richard e Brener (1982), apresentaram resultados de pesquisas mostrando que o ozônio reage primeiro com o radical ClO_2^- , que é oxidado a ClO_2 . Segundo os autores, as duas reações foram consideradas rápidas.

A oxidação de cloratos, bromatos e iodatos, segundo Daniel e Lanier (1989) e, Di Bernardo (1989), tem velocidades de reação diferentes quando expostos ao ozônio, e dependem da dosagem do oxidante. Segundo esses mesmos autores, as velocidades de reação dos cloratos, bromatos e iodatos podem ser classificadas em, respectivamente, lenta, rápida e muito rápida. As equações de (3.47) a (3.48) apresentam as citadas reações.



Segundo Di Bernardo (1989), a concentração de bromatos, nas águas de abastecimento, pode variar na faixa de valores de 10µg/l a 2,5mg/l. A presença de bromatos, e

de outros agentes precursores de THM na água, simultaneamente, pode causar a interação entre os mesmos. A Figura 3.15 mostra, esquematicamente, este evento. A primeira reação que ocorre, de acordo com esse autor, é a que envolve os brometos (1), originando o ácido hipobromoso que, dependendo do valor de pH, poderá estar em equilíbrio com o íon hipobromito. O ozônio pode também oxidar os precursores de THM (3). Se a taxa de reação de oxidação dos precursores (PTHM) for maior que a de formação de ácido hipobromoso (1), ou a de bromofórmio (2), os precursores serão, rapidamente, degradados pelo ozônio, não ocorrendo a formação de bromofórmio, exceto se a oxidação do próprio precursor resultar em THM. Porém, se reatividade do precursor for lenta (3), comparada com a de formação de bromofórmio (reações 1 e 2), pode ser detectada a presença de bromofórmio durante a ozonização.

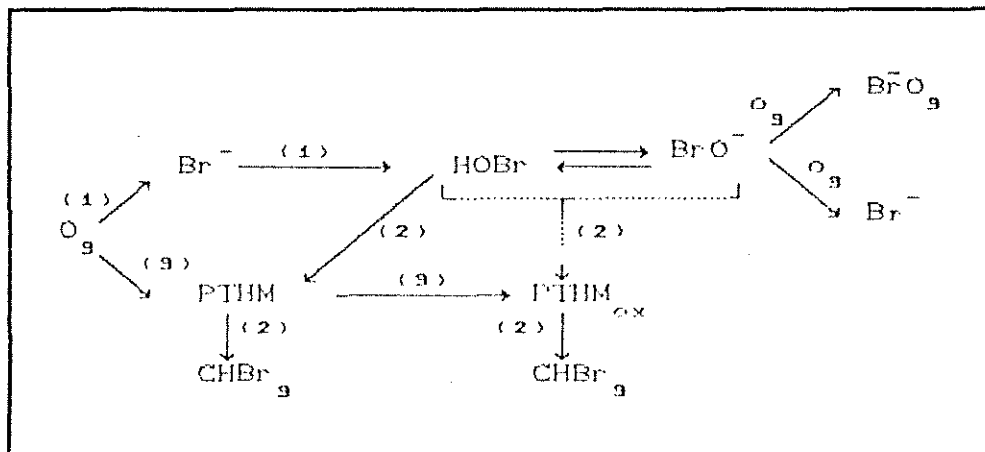


Figura 3.15 - Interação entre Ozônio, Brometos e Precursores de THM.
(Di Bernardo, 1989)

3.3.3 - Geração de Ozônio

Segundo Di Bernardo (1989) e Nebel (1981), a geração de ozônio pode ser realizada através de processos químicos ou físicos. Os métodos mais utilizados, a nível de trabalhos de pesquisas, ou de aplicação comercial, são os que utilizam gerador de ozônio por: (i) emprego de raios ultravioleta, comumente utilizado na preservação de alimentos, porções de cervejaria e nos dutos de ar condicionado de hotéis e hospitais; (ii) através de descarga elétrica onde o gás ionizado, oxigênio ou o próprio ar atmosférico, é parcialmente transformado em ozônio.

Desde o final do século passado, quando Marius Otto construiu o primeiro ozonizador, até os dias de hoje, os geradores continuam funcionando segundo o mesmo princípio. De acordo com Di Bernardo (1989) e Glaze (1987), quando o oxigênio ou o ar seco livre de impurezas (pó, óleo, etc), é introduzido em uma célula onde ocorre descarga elétrica, produzida por uma unidade de alta voltagem, há a formação do gás ozônio. Essa célula possui dois eletrodos com dimensões definidas, e uma abertura entre os mesmos, formando-se duas camadas dielétricas. A primeira formada pelo próprio gás, durante a sua passagem pela célula, enquanto a segunda o é por uma tubulação de vidro, utilizada para impedir a formação de arco voltaico. A Figura 3.16 mostra, esquematicamente, aspectos de um gerador de ozônio segundo estes princípios.

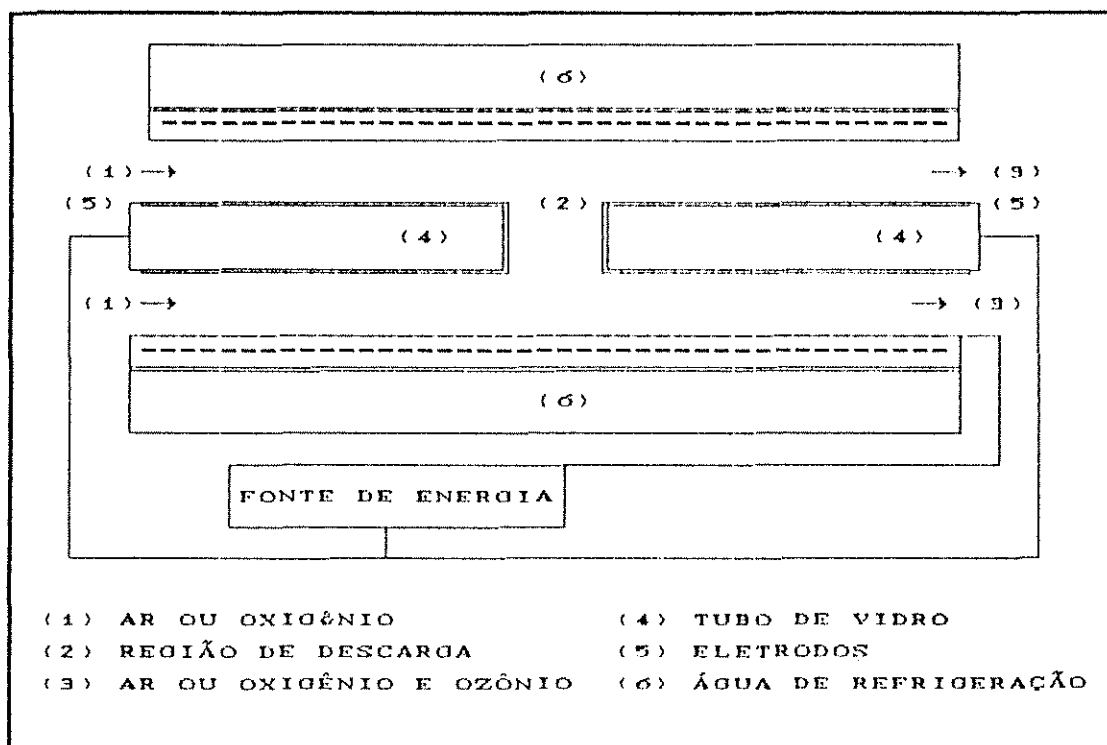


Figura 3.16 - Gerador de Ozônio
 (Glaze, 1987)

Um sistema de ozonização a partir do ar atmosférico, segundo Di Bernardo (1989) e Nebel (1981), apresenta uma certa complexidade. O ar deve estar livre de impurezas, e seu ponto de orvalho deve estar próximo a -50°C . Como o ar ambiente normalmente contém de 5000 a 10000 mg/l (em peso) de água, são necessários dispositivos para reduzir a sua umidade a valores menores que 25 mg/l. Equipamentos elétricos são utilizados em diferentes partes do sistema, com a voltagem em valores usuais. Porém, de acordo com esses autores, na unidade geradora de ozônio, esse valor de voltagem deve ficar em uma faixa compreendida entre 9 e 15 kv e, a frequência, em média entre 1000 a 2000Hz.

De acordo com Nebel (1981), os geradores de ozônio, que operam pelo princípio de descargas elétricas, em uma abertura entre dois eletrodos isolados por uma camada

dielétrica, um altamente carregado, e o outro aterrado, dissociam as moléculas de oxigênio em átomos de oxigênio que, através de choques, irão produzir a molécula de ozônio. A produção de ozônio é uma função direta da frequência aplicada e da voltagem. Nos ozonizadores que operam com baixa voltagem e alta frequência, os eletrodos apresentam um tempo de vida útil mais longo, além de produzirem sete vezes mais ozônio por eletrodo e oferecerem o dobro da concentração de ozônio, quando comparados ao ozonizador de baixa frequência e baixa voltagem.

Segundo Di Bernardo (1989) e Nebel (1981), quando há a ocorrência da descarga elétrica, nem todo elétron liberado na dissociação da molécula de oxigênio, será utilizado na formação da molécula de ozônio. O impacto de um elétron liberado em uma molécula de oxigênio poderá produzir um radical de O_2^- ou, então, remover um elétron, podendo originar um radical O_2^+ . Segundo esses autores, íons carregados promovem a condutividade dos elétrons estimando-se que metade da força elétrica, ou elétrons, são perdidos pela sua migração através dos campos elétricos formado pelos íons eletricamente carregados. De acordo com Di Bernardo (1989) e Nebel (1981), a formação de radicais de oxigênios carregados, positiva ou negativamente, só pode ser minimizada pela utilização de uma potência adequada, onde haja predominância na formação de gás ozônio.

A unidade geradora de gás ozônio, dissipa muito calor, conforme Di Bernardo (1989) e Nebel (1981) e, portanto é necessário o uso de água de refrigeração, que circula em torno dos eletrodos. Esta água não pode conter sais dissolvidos e deve manter o sistema em baixas temperaturas para não promover a decomposição do ozônio. Isto deve acontecer, também, para que os eletrodos sejam mantidos a temperatura constante, e baixa, quando são mais eficientes na produção do gás.

Para Schulhof e Smith (1988), um sistema de ozonização comercial, para ser instalado em uma estação de

tratamento de água de abastecimento, deve possuir: (i) equipamento de preparação de ar; (ii) ozonizador; (iii) conjunto de equipamentos elétricos; (iv) sistema de água para refrigeração; (v) câmaras de contato; (vi) sistema de controle e destruição de excesso de ozônio. Devido a instabilidade do ozônio, o mesmo deve ser produzido junto à estação de tratamento; a necessidade de uma instrumentação mais complexa vai depender das dosagens a serem aplicadas e do número de pontos de aplicação. Assim, os equipamentos devem dar respostas confiáveis quanto à dosagem de gás aplicado, em qualquer circunstância.

Masschelein (1988), reporta que o sistema comercial mais utilizado para a produção de ozônio é aquele com descarga elétrica. Usualmente, a concentração de ozônio gerada é da ordem de 20 g/m^3 , em condições normais de temperatura e pressão. Segundo o autor, através da melhoria técnica do sistema de eletrodos, esse valor de concentração pode ser aumentado. Porém, ele ressalta que, se a pressão parcial do ozônio, no processo de produção do gás, for maior do que 8 a 9%, há riscos de explosão.

Di Bernardo (1989), recomenda que os equipamentos comerciais trabalhem com concentrações de ozônio variáveis de 1 a 3% para ozonizadores que utilizam o ar atmosférico como fonte, e de 2 a 6% quando utilizam oxigênio. Em solução aquosa, esse autor indica que o ozônio é relativamente instável, apresentando um valor de meia vida de cerca de 165 minutos, a uma temperatura de 20°C , enquanto que, em condições atmosféricas normais, no meio ambiente, a meia vida do ozônio chega a ser de 12 horas. Conforme Di Bernardo (1989), o ozônio é um gás que ferve a -112°C à pressão atmosférica, é parcialmente solúvel em água e é facilmente detectado à baixas concentrações (0,01 - 0,05mg/l). Considerando a lei de Henry e respectivas constantes, segundo o mesmo autor, a solubilidade do ozônio na água, é muito maior que a solubilidade do oxigênio.

Segundo Dimitriou e Mierzejewski (1989), na ela-

boração de um projeto de ozonização, requer-se a opção do gás-fonte, ar atmosférico ou oxigênio, sistema de refrigeração a ser adotado, bem como o tipo de gerador de gás a ser utilizado e as opções de câmaras de contato. A seleção dos componentes e a padronização de todo o sistema deve seguir uma filosofia de trabalho, como a necessidade de um estudo da variação da demanda de gás, sua periodicidade e picos de utilização. De acordo com os autores, a escolha do tipo de refrigeração e das câmaras de contato dependem da expectativa de demanda. Saídas múltiplas e em paralelo para o gerador de ozônio, bem como do sistema de preparação do gás, é um exemplo de otimização de um sistema de ozonização, para sua aplicação em início e final de projeto. A Figura 3.17, apresenta um esquema de modulação para satisfazer tal quesito.

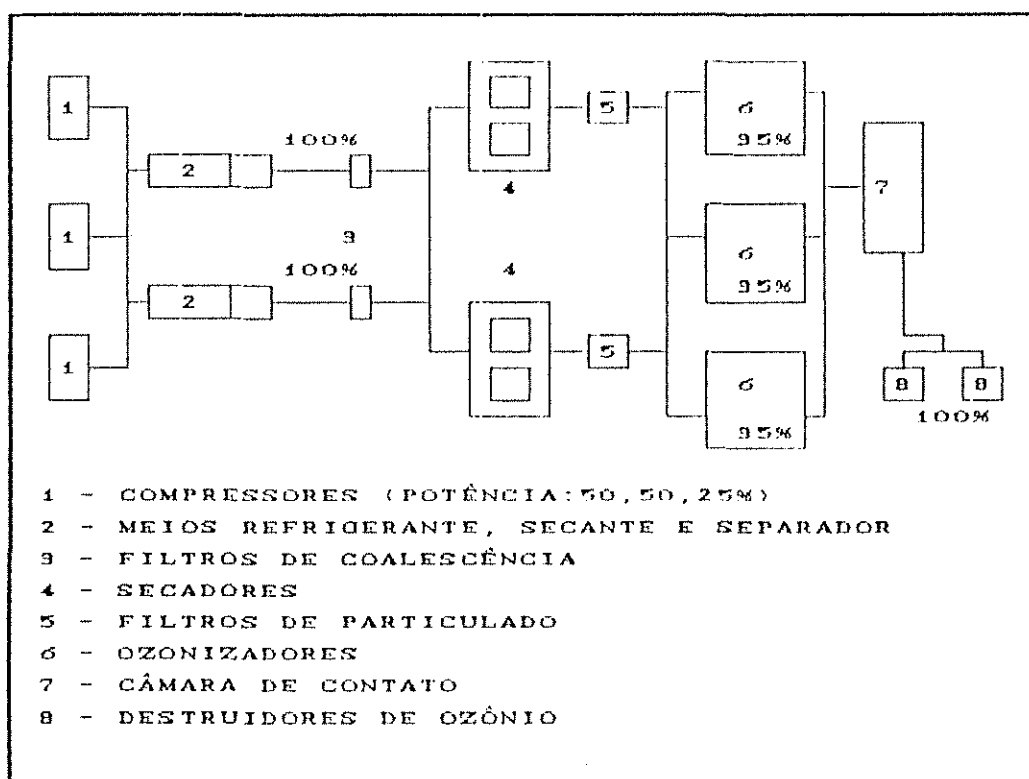


Figura 3.17 - Sistema otimizado de ozonização
(Dimitriou e Mierzejewski, 1989)

Segundo Geering (1989), a estação de tratamento que utiliza as águas oriundas do lago Zurique, na Suíça, conta com duas linhas independentes de ozonizadores. Isto acontece devido a variação de qualidade da água durante um período hidrológico, que necessita a aplicação de ozônio em diferentes fases do tratamento. A demanda variável de ozônio, bem como os diferentes níveis de concentração utilizados, levaram a uma concepção diferenciada.

Reckhow (citado em Collins et al, 1989), resumiu em cinco mecanismos, os efeitos benéficos da ozonização na coagulação, floculação e sedimentação: (i) aumenta os grupos orgânicos oxigenados, como os carboxílicos; (ii) favorece a diminuição do peso molecular dos compostos orgânicos dissolvidos; (iii) origina a formação de compostos orgânicos instáveis (como os ozonetos, peróxidos e radicais orgânicos livres), que contribuem para a condensação ou polimerização de matéria orgânica, de maneira similar aos polímeros convencionais; (iv) faz com que ligações de metais e compostos orgânicos possam ser rompidas, induzindo à uma ação convencional do coagulante sobre o metal, particularmente se o metal for primeiramente reduzido, e depois oxidado; (v) pode liberar polímeros biológicos originados pela oxidação de algas que atuariam como auxiliares de coagulação.

3.3.3.1 - Tipos de Ozonizadores

Segundo Nebel (1981), o ozônio pode ser gerado das mais diversas formas. Para tanto, requer que a molécula do gás oxigênio seja clivada e suas ligações rompidas, de tal forma que os seus átomos venham rapidamente a colidir com uma nova molécula de oxigênio, para formar a molécula do ozônio. Os métodos para se produzir o ozônio, de acordo com Nebel (1981), podem incluir: (i) a termólise do ozônio no plasma acima de 2760°C seguido de resfriamento brusco em oxigênio líquido; (ii) oxidação lenta do fósfo-

ro; (iii) irradiação do oxigênio em reatores nucleares; (iv) eletrólise com alta corrente em solução aquosa de fosfato, na temperatura ambiente, produzindo oxigênio e ozônio no ânodo; (v) irradiação de raios ultravioletas (UV) do ar ou oxigênio e; (vi) por descarga elétrica.

Conforme Di Bernardo (1989), Masschelein (1988) e Nebel (1981), as formas mais empregadas para a geração do gás ozônio são a utilização de radiação UV, e pela descarga elétrica. Os geradores de UV produzem uma concentração de ozônio muito baixa e necessitam de mais de 44 kw.h para produzir 1,0 kg de ozônio através do uso do ar atmosférico seco. Segundo os autores, altas concentrações de ozônio são obtidas com geradores de tecnologia de descarga elétrica. A aceleração obtida pelos eletrons dá energia suficiente para quebrar uma molécula de oxigênio e lançá-la contra uma outra, para poder formar a de ozônio.

Schulhof e Smith (1988), dividem os geradores de ozônio que utilizam o processo de descarga elétrica de placas (os dielétricos são placas de vidro) e tubular (os dielétricos são tubos de vidro), que separam os dois eletrodos. Segundo esses autores, a maior parte dos ozonizadores, hoje em funcionamento, são do tipo de descarga elétrica, com dielétrico tubular, ficando a concentração do gás a ser produzido, na dependência da vazão do gás, da pressão interna na área dos eletrodos, da área superficial dos eletrodos e da distância entre os mesmos, e do controle da potência e da frequência imposta ao gerador como meio alternativo para controle da concentração do ozônio.

3.3.3.2 - Parâmetros de Controle no Ozonizador

Segundo Masschelein (1988), os seguintes parâmetros de controle devem ser verificados: (i) controle da vazão de entrada do gás fonte (oxigênio ou ar) onde, para uma maior precisão de funcionamento do processo, a vazão deve ser expressa em condições normais de temperatura e

pressão; (ii) medição da temperatura da água de refrigeração, na entrada e na saída do ozonizador, alertando que o valor da temperatura de entrada não deve exceder 30°C e, seu valor na saída deve estar em torno de 25°C ; (iii) monitoramento dos residuais de ozônio na entrada e saída das câmaras de contato, fase gasosa, e nas unidades de destruição de excesso de ozônio (OFF GAS); (iv) necessidade de se determinar o residual de ozônio na água, na pré e pós-ozonização, com o devido cuidado para com a presença de outros oxidantes, alertando-se que o método de determinação do residual de ozônio na água deve ser seletivo.

Schulhof e Smith (1988) recomendam que, para se obterem melhores resultados com a ozonização, quando a fonte de geração é o ar atmosférico, os seguintes aspectos devem ser respeitados para o equipamento de preparação de ar: (i) estar isento de impurezas; (ii) ter baixo grau de umidade, com ponto de orvalho melhor que -50°C ; (iii) ser mantido à baixa temperatura; (iv) operar a pressão constante. Segundo os autores, dependendo do tipo de ozonizador, os preparadores de ar podem ser de três tipos diferentes: (i) de pressão negativa, quando a própria água, através de formação de vácuo, induz a entrada do ar nos geradores; (ii) de alta pressão, geralmente do tipo tubular, em que os compressores são refrigerados a água, são os mais comuns; (iii) sistemas de baixa pressão. Di Bernardo (1989), sobre os sistemas de preparação de ar, indica que para o sistema de alta pressão, é recomendado o gerador tubular de ozônio, para operar a pressão de 5 a 7 bar, enquanto que, os sistema de baixa pressão, são recomendados para grandes instalações, onde a produção de ozônio seja superior a $3,0 \text{ kg O}_3/\text{h}$.

Ilustrando dados típicos de uma instalação em GEB- Dordrecht, Holanda, Di Bernardo (1989), indica os principais parâmetros: (i) vazão de água tratada (fonte subterrânea) de 500 a $2610 \text{ m}^3/\text{h}$; (ii) vazão de ozônio aplicada da ordem de 1 a 3 mg/l ; (iii) produção de ozônio,

variável de 0.5 à 6.48 kg/h; destacando-se que para preparação do ar, há uma redução inicial da temperatura do ar comprimido para cerca de 5°C e posteriormente retirado da unidade até atingir o valor de -50°C; (iv) a capacidade do gerador de ozônio é de 3.24 kg O_3 /h para uma concentração de 25.0 g O_3 /m³ de ar; (v) consumo específico de energia de no máximo 15 kwh/kg O_3 , com água de resfriamento a 12°C; (vi) o consumo específico total de energia na instalação é de 21.8 kwh/kg O_3 para concentração de 25 g/m³ O_3 , nas condições normais de temperatura e pressão.

Segundo Geering (1989), um sistema de ozonização tem que ser monitorado adequadamente, e na ETA junto ao lago Zurique, Suíça, todo o sistema é computadorizado. Uma unidade principal controla a dosagem de gás na pré e na inter-ozonização das duas linhas de ozonização existentes. O sistema computadorizado ainda supervisiona o controle do sistema de destruição do excesso de ozônio, as fontes de energia e o sistema de ar de alta pressão. Há uma programação de tal modo disposta que o sistema pode ser operado no modo automático ou manual, e controlar os seguintes parâmetros de operação: (i) dosagem de ozônio em separado para cada difusor, no estágio intermediário e na pré-ozonização; (ii) o residual de ozônio após a ozonização intermediária; (iii) a concentração de ozônio, comum para ambos os geradores; (iv) operação da câmara de reação e contato; (v) controle da dosagem pré selecionada de ozônio, adicionalmente pelo residual de ozônio presente, no caso da ozonização intermediária e; (vi) o número de bombas de recalque de água bruta em operação. O controle da concentração de ozônio determina o nível da potência a ser colocada no gerador, para que a concentração seja sempre constante, independente do fluxo de gás.

3.3.3.3 - Sistemas de refrigeração

Segundo Dimitriou e Ivancic (1989), a refrigeração do ozonizador é fator preponderante, pois temperaturas elevadas, no gerador favorecem a decomposição do ozônio. Na estação instalada na baía de Myrtle, Estados Unidos, a temperatura máxima permitida no sistema de refrigeração é de 7.2°C , enquanto que, na saída do gás do gerador, deve ser no máximo igual a 43,3°C. Geering (1989) a respeito da estação de tratamento do lago Zurique, Suíça, indica que a temperatura de refrigeração foi mantida em torno de 7°C , como um procedimento para ser mantida a concentração de ozônio, sem precisar incrementar a potência elétrica, para aumento da produção.

Schulhof e Smith (1988), reportam que a água de refrigeração é um fator importante no controle operacional. Quanto melhor for a refrigeração, maior a concentração de ozônio na saída do equipamento. Os autores, recomendam que a água de refrigeração deva ser livre de impurezas, principalmente de cloratos ou sais dissolvidos. Quando a qualidade dessa água tiver características não desejáveis, deve-se prever circuitos fechados de refrigeração, com torres de resfriamento.

Segundo Dimitriou e Mierzejewski (1989), a água de refrigeração é um elemento crítico no controle, manutenção e operação de geradores de ozônio. Devem ter um fluxo estável e a temperatura não pode sofrer oscilações. Como Schulhof e Smith (1988), os autores alertam para o problema da presença de cloratos, pois, dosagens acima de 50,0mg/l, podem causar a corrosão no aço inoxidável. Deve existir um ponto para a segregação da água de refrigeração se necessário ou, passível de ser utilizada para outros fins tão úteis quanto a potabilidade.

3.3.3.4 - Sistemas de Neutralização do Excesso de Ozônio

Segundo Di Bernardo (1989), o ozônio quando em concentrações de 15 a 20% no ar, adquire características potencialmente explosiva. Esse autor, explicita que o ozônio é extremamente tóxico ao ser humano que, quando exposto a concentrações de 100mg/l, por um período de 1000 minutos, ou 1.0g/l por um período de 0,5 minuto, pode ser fatal. A exposição do ser humano a uma dosagem de 1.5 a 2.0 mg/l, durante duas horas, pode produzir secura na boca e garganta, dores no peito, perda da habilidade mental, dificuldade de coordenação e articulação motora. Deste modo, é necessário que um sistema de ozonização disponha de um meio seguro para neutralizar o excesso de ozônio, não consumido no tratamento. Este sistema deve existir para o caso de ser necessário a destruição de todo o gás produzido pelos geradores, antes de entrar em contato com o ar.

Na estação de tratamento de Myrtle, EUA, segundo Dimitriou e Ivanco (1989), o excesso de gas é coletado em um único ponto e levado a uma unidade de destruição. O sistema adotado nessa estação foi o catalítico termicamente assistido, usando o dióxido de manganês como catalizador.

Segundo Schulhof e Smith (1988), o ozônio, sendo um gás tóxico, não pode ser lançado na atmosfera. Os autores apresentam os seguintes processos de neutralização de excesso de ozônio: (i) a decomposição química por via úmida, faz com que o ozônio seja levado a um reator onde, através de reação de oxi-redução é consumido por uma solução que pode ser de hidróxido de sódio, sulfito de sódio ou de bisulfito de sódio; (ii) por diluição no ar atmosférico, onde através do auxílio de um sistema injetor, que mistura o ar ambiente com o poluente, é disperso na atmosfera numa concentração de baixa toxicidez; (iii) tratamento com carvão ativado, que é um sistema antigo, ainda uti-

lizado em pequenas instalações, onde o carvão ativado é mantido em caixas de camisa dupla a uma temperatura constante de 50°C, e o gás é reduzido por combustão e adsorção; (iv) na decomposição catalítica, processo muito usado nas estações de tratamento, vários tipos de óxidos metálicos podem ser usados na destruição do ozônio, a uma temperatura variável na faixa de 50 a 60°C, que é um processo muito usado nas estações de tratamento; (v) destruição térmica, processo pouco econômico em que o ozônio é destruído instantaneamente a uma temperatura de 350°C.

O excesso do gás ozônio, proveniente das câmaras de contato, segundo Geering (1989), devem ser destruídos. O processo utilizado na estação de Zurique (Suíça), foi o de destruição térmica, a uma temperatura de 380°C, sendo liberado em forma de gás oxigênio, para a atmosfera. Após a queima, o gás é levado a uma câmara trocadora de calor, para diminuir sua temperatura. Através de sistemas de injetores é feita a mistura do gás resfriado com o ar ambiente e, posteriormente lançado na atmosfera. Segundo o autor, normalmente, devem ser utilizadas duas unidades de destruição em paralelo, pois a oscilação de variação de carga, nas câmaras de contato, pode produzir um volume considerável de excesso de ozônio.

3.3.3.5 - Câmaras de Contato

Em estudos para a remoção de micro-poluentes orgânicos, sintetizados pelo homem, através do processo de ozonização, Yurteri e Gurol (1989) concluíram que, a eficiência no processo de ozonização depende de diversos fatores operacionais e cinéticos. Esses autores, explicitam em particular, que o processo de ozonização depende da reatividade e da volatilidade das substâncias contidas na água, e quando do dimensionamento da câmara de contato deve-se considerar as características químicas da água bruta, e certos valores como, a vazão da água afluyente, da

taxa de aplicação do gás ozônio, do tempo de detenção hidráulica e, da altura de coluna de água, acima da placa de difusão. A eficiência dessa câmara depende também da área da seção transversal do reator e, segundo os autores, esse parâmetro não necessita manter uma relação com os valores de altura do reator e com o tempo de contato.

Em estudo sobre transferência de massa, Laplanche et al (1989), detectaram fatores intervenientes na ozonização, como a qualidade da água bruta, o tipo de ozonização a ser adotada (pré, intermediária, pós-ozonização, ou a combinação dos três tipos) e do sistema de aplicação, seja através de turbinas, injetores ou o uso de placas porosas. Segundo os autores, o sistema de câmara de contato mais eficiente foi o de fluxo de pistão ("plug flow"), onde o escoamento da água é contrário ao do gás, procurando eliminar as zonas mortas do reator. Os difusores de placas porosas são dimensionados segundo a vazão do gás, a dimensão da bolha, enquanto que a transferência de massa, está intimamente ligada à altura da câmara de contato.

Após estudo em escala piloto, Joost et al. (1989) obtiveram alguns parâmetros de projeto para a cidade de Tucson (EUA), detectando a necessidade de quatro câmaras de contato com capacidade de $1,64 \text{ m}^3/\text{s}$ e um tempo de residência de 12 min. A eficiência técnica, comparada com a análise econômica, indicou câmaras com altura de cerca de 7,32 m. A Tabela 3.3 contém os resultados de eficiência de transferência para cada altura da câmara, obtidos nesse trabalho, essas câmaras de contato funcionaram como um sistema de fluxo de pistão ("plug-flow").

**TABELA 3.3 - Transferência de Massa em Função da
Altura da Câmara.**
(Joost et al., 1989)

ALTURA DA CÂMARA (m)	EFICIÊNCIA DE TRANSFERÊNCIA (%)
4,88	84,6
6,10	91,2
7,92	95,9

Singer et al. (1989), adotaram câmaras de contato com chicanas e sistema de difusão por placas porosas. Com esse sistema, os autores ozonizaram a água bruta, na sua chegada a ETA de Belle Glade (EUA), bem como a efluente das unidades de decantação. A câmara de pré-ozonização, por eles adotada, possuía 4,79m de altura, com tempo de detenção igual a 4 min. A câmara intermediária possuía altura de 3,81m e tempo de detenção de 10,7 min. A taxa máxima de aplicação, nas duas câmaras, foi de 10,0mg/l de ozônio, para uma vazão igual a 0,3 m³/s na estação.

As câmaras de contato, na estação de tratamento de Myrtle (EUA), dotada de sistemas de pré e pós-ozonização, segundo Dimitriou e Ivanco (1989), são do tipo de dupla passagem. A câmara de pré-ozonização, possui altura de 7.02m e eficiência de transferência de massa de 95%, para o maior valor da vazão e da concentração de ozônio. A câmara de contato no sistema de pós-ozonização, é bicompartimentada, com uma altura de 7.32 metros e, para as mesmas condições de vazão e concentração de ozônio, apresenta uma transferência de massa da ordem de 96%.

Segundo Nebel (1981), as câmaras de contato podem ter seu desempenho melhorado com o aumento da sua altura, pois há um incremento do tempo de contato entre a bolha de ozônio e a água. Esse autor recomenda que a altura da lâmina líquida esteja na faixa compreendida entre 3,7 à 5,5m. Valores acima deste, inviabilizam econômica-

mente a construção dessas câmaras. Nebel (1981), explicita que a pressão do gás introduzida nos difusores, é outro fator que influencia na qualidade das bolhas.

A adequação da câmara de contato e seus equipamentos, segundo Schulhof e Smith (1988), deve ser feita de acordo com as características da água e da dosagem e concentração de ozônio. Para águas filtradas, esses autores recomendam usar câmaras de contato com placas porosas, conforme disposição gráfica mostrada na Figura 3.18, e diâmetro das bolhas entre 3 a 5mm. Para uma maior eficiência de transferência do gás, esses autores sugerem que a câmara deva ter altura entre 4 a 6 metros e recomendam o reaproveitamento do excesso de gás da pós-ozonização, na pré-ozonização. Segundo eles, para a água bruta, o sistema dotado de placas porosas pode não ser tão seguro, pela possibilidade de obstrução das placas. Assim, dependendo das características da água eles recomendam o uso de sistemas com hidro-injetores, ou de turbinas, nas câmaras de contato.

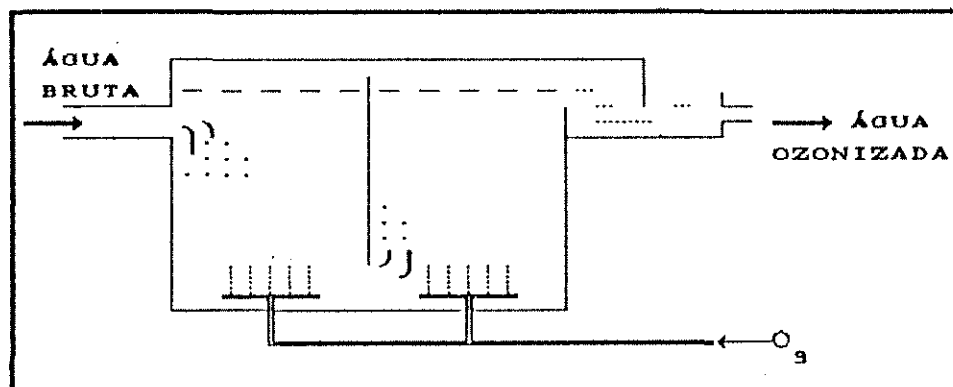


Figura 3.18 - Câmara de contato com Placa Porosa.
(Schulhof e Smith, 1988)

De acordo com Di Bernardo (1989), a velocidade descendente do líquido na câmara de contato, deve ser inferior a 0,2 m/s, enquanto a velocidade ascendente das

bolhas, no interior do líquido, deve ser superior a 0,4m/s, para bolhas com diâmetro médio de 2mm. Segundo esse autor, isso é obtido através do uso de placas difusoras com vazios intergranulares de 50 a 100 μ m, instaladas em colunas com lâmina líquida de 4 a 6 m. A Figura 3.19, mostra o esquema de uma câmara com chicanas para a aplicação do ozônio, onde se destaca: (1) o escoamento preferencial da água; (2) a zona de possível dosagem elevada de ozônio; (3) zona de baixa dosagem de ozônio; (4) o escoamento indesejável de gás; (5) saída auxiliar de gás e (6) o sistema de difusores. Ainda segundo Di Bernardo (1989), câmaras de contato, com configuração semelhante à do esquema apresentado na Figura 3.19, podem acarretar uma perda de gás variável entre 5 e 20% da concentração inicial do gás.

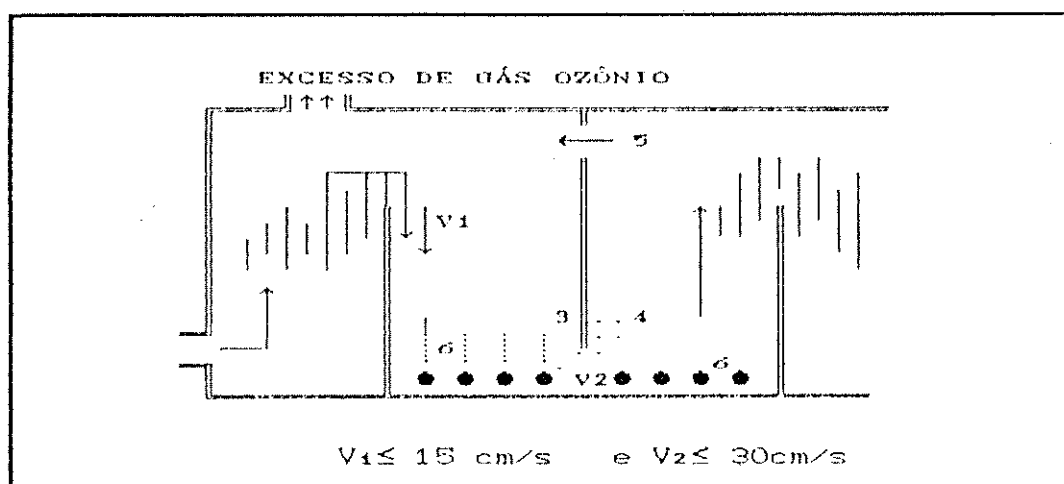


Figura 3.19 - Características das Câmaras de contato de Ozônio com a Água, com uso de Difusores.
(Di Bernardo, 1989)

3.3.4 - Transferência de Massa

Sotelo et al (1989), após estudos sobre a solubilidade do ozônio em meio aquoso com diferentes sais dissolvidos, concluíram que: (i) o aumento da temperatura provoca uma diminuição da concentração de ozônio, conforme dados gráficos da Figura 3.20-a; (ii) a diminuição da concentração do ozônio também ocorre quando há um incremento do valor de pH, de acordo com os resultados dos gráficos da Figura 3.20-b; (iii) a agitação e a vazão do gás são quesitos importantes na transferência de massa na fase líquida pois, o aumento das mesmas, faz com que haja um incremento da concentração de ozônio, conforme pode ser verificado através dos gráficos da Figura 3.20-b,d,e; (iv) que em ensaios em águas contendo íons carbonatos, cloretos e fosfatos mostraram que a concentração de ozônio era inversamente proporcionam a força iônica. A Tabela 3.4, apresenta valores experimentais para a constante da lei de Henry, para uma solução com fosfato de sódio, com pH igual a sete (7).

Tabela 3.4 - Constante da Lei de Henry (kPa mol/fr)
(Sotelo et al. (1989))

Velocidade de Agitação (rpm) ■	$H \times 10^{-5}$	Taxa de Vazão Gás (l/h) †	$H \times 10^{-5}$	Pressão Ozônio (kPa)	$H \times 10^{-5}$
100	5.84	40	0.20	0.5	5.22
500	5.39	60	5.67	2.0	5.64
800	5.14	70	5.72	3.5	5.41
valor Médio	5.46		5.86		5.41
Condições do experimento:					
■ T= 10°C; P= 1kPa; Q= 40 l/h;					
† T= 20°C; P= 2kPa; N= 100rpm;					
± T= 10°C; Q= 50l/h; N= 300rpm					

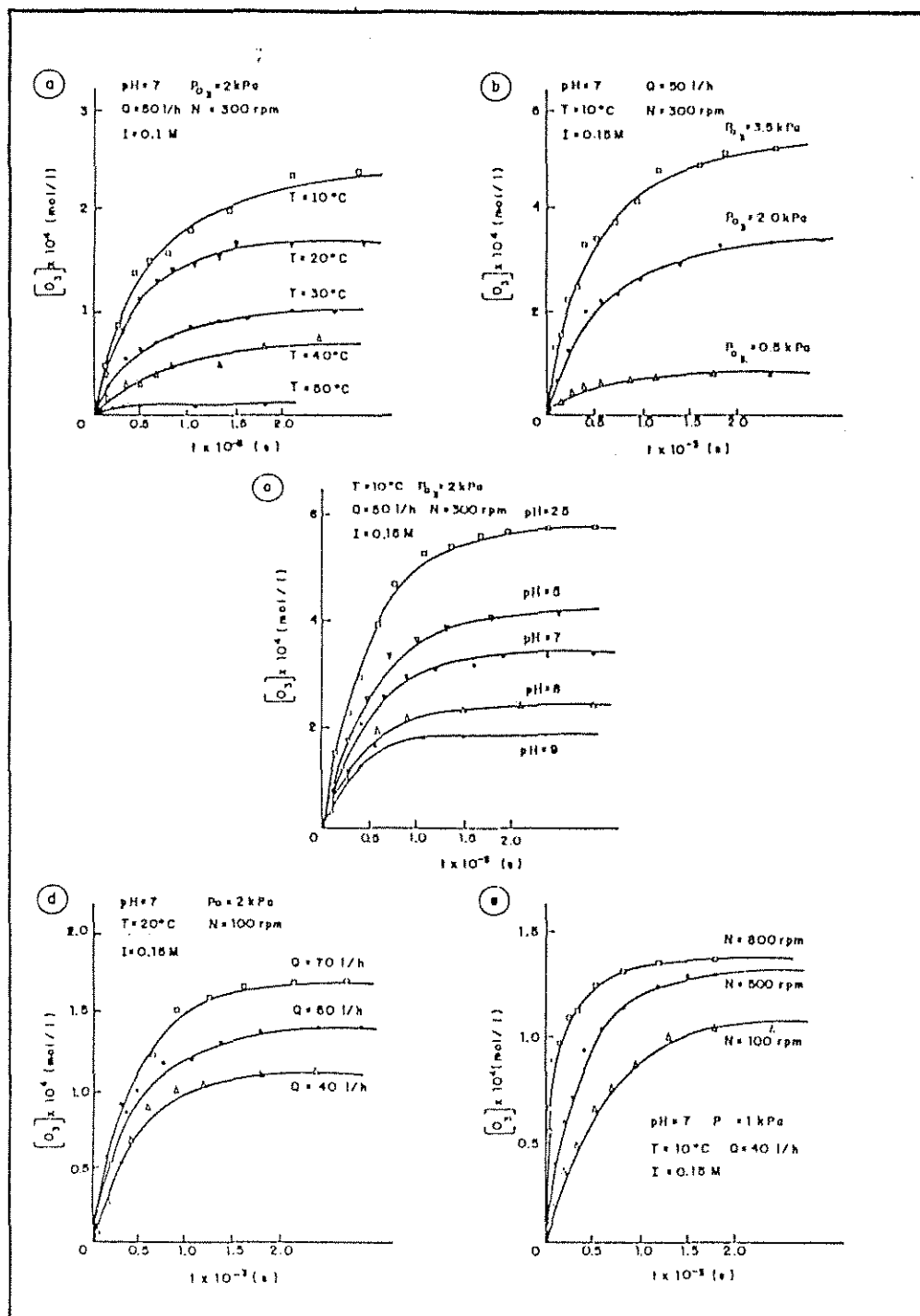


FIGURA 3.21 - CURVAS DE SOLUBILIDADE DO OZÔNIO EM FUNÇÃO:
 (a) TEMPERATURA ; (b) PRESSÃO; (c) pH;
 (d) VAZÃO ; (e) AGITAÇÃO

Segundo Nebel (1981), o ozônio puro é cerca de 12,5 vezes mais solúvel na água que o oxigênio enquanto Stanley e Johnson (1982) indicam 13 vezes, porém, a concentração ótima de geração do ozônio é de 2 a 3% em peso, quando o ar ou o oxigênio são usados como fontes. Quando a pressão parcial do ozônio é baixa, a solubilidade é diminuída quando o mesmo é transferido para a água. De acordo com Sotelo et al (1989), a quantidade de ozônio necessária é função direta da quantidade de matéria orgânica dissolvida, presente na água. A concentração do gás é maior na solução que tem material reativo do que na água pura. Segundo a lei de Henry, a concentração do gás é diretamente proporcional a pressão parcial do ozônio, na fase gasosa. Portanto, para maior eficiência é necessário pressurizar o reator, ou aumentar a altura da coluna da lâmina líquida na câmara de contato. Conforme Sotelo et al (1989), embora sendo a solubilidade do ozônio inversamente proporcional à temperatura, devido a alta taxa de decomposição e rápida reação, é conveniente ressaltar que mesmo diminuindo a sua concentração na água, a altas temperaturas, há uma maior inativação de microrganismos.

Os parâmetros que devem ser controlados na ozonização, segundo conclusões dos estudos de Sugimatsu et al (1989), podem ser resumidos nos efeitos produzidos por: (i) camada de ar acima da lâmina líquida; (ii) efeito da luz natural; (iii) efeito da variação de pH; (iv) força iônica e; (v) temperatura. A taxa de decomposição do ozônio em solução aquosa é fortemente influenciada pela presença de uma camada de ar sobre a lâmina líquida, enquanto a luz ambiente tem menor efeito. Os resultados obtidos com temperatura igual a 1°C com $\text{pH} < 4$, indicam que há uma reação de decomposição do ozônio em cadeia, com participação de radicais OH e HO_2 .

De acordo com Cunly e Fuchun (1989), na análise de balanço de massa do ozônio, na câmara de contato, foram observados os seguintes processos, concomitantes, de de-

composição, oxidação e perdas: (i) reação de oxidação do ozônio com a matéria orgânica; (ii) formação do ozônio residual na fase líquida; (iii) auto-decomposição do ozônio, tanto na fase líquida e como na gasosa; (iv) remoção de pequenas quantidades de bolhas de gás de ozônio da câmara devida a vazão da água o que, no entanto, depende das condições de projeto e operação da câmara. Para esses autores, propuseram o estabelecimento de um modelo de transferência de massa de ozônio, e as equações de transferência usadas baseiam-se na teoria da dupla membrana (interface gás-líquido), para uma determinada câmara de contato e tipo de água, obter-se as condições ótimas de operação de ozonização.

Gurol (1985), reporta que o coeficiente de transferência de massa, que determina a taxa de absorção do ozônio, está ligado à geometria da câmara de contato, à taxa de volatilização da matéria orgânica e às condições de operação da câmara de contato. Esse coeficiente, segundo a autora, pode ser alterado pela presença de surfactantes, fenóis, alcoóis e ácidos carboxílicos. A taxa de oxidação química dos poluentes orgânicos é diretamente proporcional à concentração de ozônio na água, a qual é determinada pelas condições de operação do reator, tais como, taxa de vazão de gás e da água, concentração do gás aplicado, tempo de detenção e composição química da mesma. A composição química da água pode ser fator significativo na performance da câmara de contato, vários compostos orgânicos e inorgânicos podem competir com o ozônio, acelerando ou retardando a decomposição.

Os métodos mais comuns de transferência de ozônio à água, segundo Glaze (1987), são os que utilizam câmaras de contato apropriadas, tendo o gás em contrafluxo e, se necessário, a presença de agitadores. A transferência de massa, de acordo com o autor, na ausência de reações químicas, obedece a Equação 3.49, onde C é a concentração do ozônio na fase líquida, C^* é a concentração do

ozônio na fase líquida em equilíbrio com a fase gasosa, P é pressão parcial do ozônio na fase gasosa, H é a constante da lei de Henry e, K_L coeficiente de transferência total. Em uma estação de tratamento, devido as reações químicas, dessa equação pode ser subtraída as perdas de ozônio, seja pela sua decomposição, ou devido a reações com substratos orgânicos ou inorgânicos, resultando na Equação 3.50, onde K_o é a taxa de decomposição do ozônio, e K_i a taxa devida aos substratos.

$$dC/dt = K_L (C^* - C) = K_L (P/H - C) \quad (3.49)$$

$$dC/dt = K_L (P/H - C) - K_o(C)(HO^-) - K_i(CS_i)(C) \quad (3.50)$$

De acordo com Di Bernardo (1989), a solubilidade do ozônio na água segue a lei de Henry, ou seja, a concentração de saturação é proporcional a pressão parcial do ozônio para uma dada temperatura. Quando essa pressão é baixa (menor do que 0,5 bar) para a dissolução do ozônio na água, mesmo para concentrações baixas de ozônio no gás (menor ou igual a 15 gO₃/m³ - CNTP), o valor da concentração de solubilidade pode resultar da ordem de 10 gO₃/m³. A superfície de contato entre o gás e o líquido influencia muito quanto ao valor das taxas de absorção. Deste modo, segundo o autor, quanto menor a relação entre o volume de gás por volume de líquido, mais dispersa será a distribuição do gás.

3.3.5 - Determinações do Teor Residual de Ozônio

Stanley e Johnson (1982) preconizam vários métodos de análise para determinação do residual de ozônio. A seguir são apresentados alguns desses métodos:

(i) Método Iodométrico - é uma reação onde todo o iodo contido na solução será oxidado a iodo. É um método

muito sensível (aproximadamente $2 \mu\text{g/l}$) porém, é passível de interferências se existirem outros oxidantes na solução, além do ozônio. Os autores consideram que pode ocorrer perda de ozônio durante a manipulação e coleta de amostras. Não é um método seletivo;

(iii) Espectrofotometria com Ultravioleta - mede a absorvância da luz UV à 254nm ; é um processo de detecção sensível ($20\mu\text{g/l}$, com célula de 50mm de caminho ótico); pode ser usado em análises contínuas; sofre a interferência de compostos orgânicos e inorgânicos que tenham valores de leitura de absorvância na mesma faixa;

(iii) Dietil-p-fenilenediamina (DPD) - o residual de ozônio é medido pela oxidação do DPD, com detecção por método titulométrico ou fotométrico, sofre interferência de alguns oxidantes como os halogênios e manganês;

(iv) FACTS (siringaldazina) - neste método, o iodeto é oxidado a iodo que, por sua vez, oxida a "siringaldazina", com detecção fotométrica a 530 nm ; com sensibilidade moderada, necessita da adição de dois reagentes. Como no método iodométrico, o iodeto pode ser oxidado por outros agentes químicos;

(v) Indigo-Blue - na reação do indigo com o ozônio, há um descoloração da solução; o residual será a diferença entre o valor determinado a partir da leitura de absorvância dessa solução e do branco (indigo mais água deionizada) em um espectrofotômetro à 600nm . É um método seletivo e simples, pode sofrer interferência de manganês e cloro, que pode ser corrigido com a adição de solução de glicina;

(vi) Ácido cromo violeta k (ACVK) - como no método do indigo, na reação de oxidação com o ozônio, há um branqueamento da solução e, a leitura, feita fotometricamente a 550nm . Este método tem sensibilidade moderada;

(vii) Amperométrico, de eletrodo a descoberto - é realizada leitura direta da redução do ozônio a oxigênio, onde a corrente é diretamente proporcional à concentração. O método tem boa sensibilidade e, onde há necessidade de

leituras contínuas, porém, pode sofrer interferência devido a ação de recobrimento ou a oxidação do eletrodo;

(viii) Amperométrico de eletrodos de membrana em estado estacionário - neste método, a determinação do ozônio ocorre pela sua redução a oxigênio, quando da sua difusão pela delgada membrana. A corrente é controlada pela taxa de difusão na membrana, a qual é diretamente proporcional à concentração de ozônio. É um método muito seletivo para determinação de ozônio na presença de outros oxidantes, e pode ser aplicado nos monitoramentos contínuos, porém é possível sofrer interferência devido ao recobrimento da membrana, ou pela ação de altas temperaturas.

Masschelein (1989) reporta que, os métodos mais recentes para determinação de residual de ozônio, encontram-se padronizados pelo comite da Associação Internacional de Ozonização (IOA). Segundo o autor, dentre esses métodos tem-se, para a determinação do residual na fase gasosa, o iodométrico e absorvância de UV e, quatro métodos colorimétricos, para a fase líquida, como o indigo-trisulfonato, e o ACVk. Há ainda projetos de norma sendo estudados para a utilização de métodos eletroquímicos.

3.3.6 - Pré - Ozonização

3.3.6.1 - Observações Iniciais

Os resultados da utilização da pré-ozonização, segundo Paillard et al (1989), mostram um incremento na eficiência dos mecanismos de coagulação, floculação e sedimentação, reduzindo tamanho da molécula da matéria orgânica, além de auxiliar na remoção de turbidez e cor. Singer et al (1989), atribuem à pré-ozonização um incremento na remoção de cor, turbidez e oxidação da matéria orgânica.

Conforme Francisco (1988), o uso da pré-ozonização na ETA de Manta (Equador) favoreceu a coagulação, floculação e sedimentação, resultando em carreiras

mais longas de filtração, mesmo em períodos de floração de algas.

Geering (1989), reporta o uso da pré-ozonização na estação de tratamento de Zurique (Suíça), devido à presença de precursores de THM, como aldeídos, cetonas e outros haletos. A aplicação de ozonização intermediária já era feita desde 1958. Esse autor reporta que, após o uso da pré-ozonização, não mais ocorreu a saturação do carvão ativado granular pelo material orgânico clorado, não biodegradável, durante o processo de filtração.

Chen e Snoeyink (1987) reportam o efeito da pré-ozonização no tratamento de água para abastecimento; com o gerador de ozônio operando em batelada, eles notaram, em média, um aumento no valor de uma unidade para o pH. Os autores, explicitam que houve aumento na remoção de compostos húmicos dissolvidos com o uso da pré-ozonização, e que a dosagem utilizada normalmente no tratamento de água para abastecimento fez com que houvesse uma redução na demanda química de oxigênio (DQO). Chen e Snoeyink (1987), concluíram que a remoção da DQO é diretamente proporcional à dosagem de ozônio aplicado, porém, inversamente proporcional à adsorção de meios filtrantes de carvão ativado, na remoção de compostos húmicos.

Segundo Richard (1988), as condições para o uso do ozônio, como pré-oxidante, estão ligadas ao uso de baixas dosagens de coagulante e pequenos períodos de tempo de contato, sem que haja perda do seu efeito de inativação de microrganismos. Para as águas oriundas do rio Sena (França), o uso da pré-ozonização atuou como auxiliar, na coagulação, floculação e sedimentação, reduzindo a dosagem necessária de ozônio na fase de pós-desinfecção.

3.3.6.1 - Efeito da Pré - Ozonização, sobre a Coagulação-Floculação

Liang et al (1989), reportam sobre os benefícios da microfloculação, causada pela pré-ozonização, e a desestabilização provocada pelo ozônio na partícula coloidal, atuando como um auxiliar no processo de coagulação-floculação. Dosagens acima de 3,0 mg/l do gás resultaram ser efetivas na desestabilização dessas partículas, enquanto que, as muito superiores a esta, demonstraram causar deterioração desses microflocos.

Paillard et al (1989), reportam a importância desse processo na oxidação da matéria orgânica dissolvida, bem como, a redução do peso molecular das substâncias húmicas presentes. Eles propõem uma relação estequiométrica entre os ácidos fúlvicos e dosagem ótima de coagulante.

Segundo Dowbiggin e Singer (1989), o ozônio pode auxiliar na desestabilização de partículas e de material coloidal. Eles verificaram que o íon cálcio mostrou-se particularmente hábil em auxiliar a desestabilização das partículas. A dosagem de ozônio requerida foi função direta da concentração do material orgânico.

Segundo Favardin e Collins (1989), a coagulação-floculação de águas que contenham matéria orgânica, posteriormente a uma etapa de pré-ozonização, apresentou maior remoção de precursores de THM, e também incremento da duração de carreira de filtração.

Richard (1988), obteve dados que mostraram uma redução no número de pequenas partículas e incremento nas de maior tamanho com pequenas dosagens de ozônio. Verificaram, no entanto, que se houver excesso do gás, ocorre exatamente o processo inverso, devido a uma restabilização de cargas dessas partículas. Para as águas do rio Sena (França), eles obtiveram dosagens da ordem de $0,2 \text{ g O}_3/\text{m}^3$, para a melhor remoção de turbidez e matéria orgânica. Richard (1988), destaca o efeito da menor dosagem é mais

eficaz, para remoção de turbidez e matéria orgânica, do que a necessária para anular o potencial zeta. Esse autor apresenta ainda o exemplo das águas do rio Houille, que é considerado um rio mais poluído que o Sena, para o qual a dosagem de ozônio necessário foi de $1,0 \text{ mgO}_3/\text{m}^3$, com uma dosagem de coagulante de 125 g/m^3 (comparado com 250 g/m^3 sem o uso do ozônio).

3.3.6.3 - Efeito da Pré-Ozonização sobre a Remoção de Turbidez

Segundo Di Bernardo (1989), a adição de um oxidante forte como o ozônio na água bruta, altera a natureza e a quantidade de cargas na superfície das partículas, permitindo que elas se agreguem, formando flocos, e possam ser removidas, seja por sedimentação ou filtração, e com isso diminuindo a turbidez da água.

A pré-ozonização da água bruta na estação de Mont Valerien (França), segundo Richard e Jacq (1989), trouxe benefícios para a coagulação e floculação. Foi notada pequena variação na taxa de carbono orgânico total, porém, houve uma redução da dosagem de coagulante de 30 para 25 mg/l, com respectiva redução de turbidez. A dosagem ótima encontrada para a pré-ozonização foi igual a 1.0 mg/l, que correspondia a 45% da demanda de ozônio na água bruta. Os resultados obtidos com a pré-ozonização não foram suficientes para determinar a possibilidade de uma redução da taxa de ozônio na pós-ozonização. Eles obtiveram uma pequena taxa de oxidação de compostos orgânicos na água bruta.

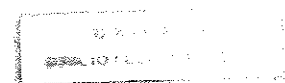
Para Collins et al (1989), o impacto da pré-ozonização em relação a coagulação, floculação e sedimentação, cobriu uma faixa do significativo ao não substancial, dependendo do tipo de água a ser tratada. Para amostras de água com turbidez moderada (tipo 1), devido a presença de compostos orgânicos e inorgânicos, a dosagem de

ozônio era diretamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos, porém, se nessa água houvesse uma quantidade excessiva de cations bivalentes, altas dosagens do gás eram requeridas. De acordo com os autores, para águas com baixa turbidez (tipo 2), porém com predominância de material húmico, houve desestabilização das partículas coloidais para pequenos valores de dosagem de ozônio, porém, para dosagens elevadas, a pré-ozonização apresentou maiores dificuldades na remoção dos flocos. Segundo Collins et al (1989), os parâmetros que mostraram eficácia no monitoramento do efeito do ozônio sobre as estabilidade das partículas, na determinação da dosagem ótima, foram o potencial zeta para a água tipo (1), e a densidade de carga coloidal, para a água tipo (2).

Grasso et al (1989), no estudo do efeito da pré-ozonização na remoção de turbidez, verificaram que não existe uma correlação direta entre dureza e remoção de turbidez. Baseados na teoria de desestabilização das partículas, eles verificaram que a turbidez diminuía, quando havia um aumento residual da dureza.

Segundo Favardin e Collins (1989), a pré-ozonização tem efeitos positivos sobre o consumo de sulfato de alumínio, levando a reduções na dosagem variável entre 13 a 30% e apresentando um efluente de melhor qualidade final.

Singer et al (1989), reportando sobre a estação de Belle Glade (EUA), com a utilização da pré-ozonização e, na aplicação do gás na fase intermediária, mostraram que houve melhora na coagulação, floculação e sedimentação. Os autores não puderam precisar a influência da dureza no processo ou se existiu um mecanismo combinado, para o incremento da remoção de turbidez.



3.3.6.4 - Efeito da Pré-Ozonização sobre a Remoção de Cor

Francisco (1988), obteve remoção de cor, de matéria orgânica e de sabor e odor com dosagem máxima de 8,1 mg O_3 /l. Da água bruta para o efluente do processo de pré-ozonização, houve uma redução de cor da ordem de 43% e desta para a água filtrada, essa redução foi de cerca de 98,8% (de 350 mg/l (Pt-Co) para a água bruta, para 2,5 na água filtrada).

Na estação de Fort Lauderdale (EUA), dotada de pré-ozonização, Thompson et al. (1989), obtiveram significativa redução da cor, destacando que a maior parcela foi removida através da coagulação, floculação e sedimentação. Eles detectaram que a oxidação pelo ozônio se realizava em valores de pH elevado, com a ocorrência de reação em cadeia, através de radicais livres que, não sendo seletivo, oxida mais efetivamente a matéria orgânica.

Connely e Geiger (1989), em instalação piloto, para estudos das características das águas do rio Merri-mack (EUA), mostraram que a pré-ozonização reduziu a cor presente, em todas as fases do tratamento. Segundo eles, a redução da cor com a pré-ozonização foi evidente após a ozonização e filtração, em comparação com a água bruta tratada sem ser ozonizada.

Singer et al (1989) verificaram que, com a pré-ozonização, houve uma melhora significativa na remoção da cor, em comparação a cloração. Após a pré-ozonização, eles verificaram que os valores de cor da água, ficaram em patamares mais estáveis e menores que 4 UC.

Segundo Richard (1988), em águas que contenham baixos teores de sólidos suspensos, mas valores significativos de matéria orgânica dissolvida, que causam coloração, a pré-ozonização irá oxidar essa matéria orgânica, incrementando a sedimentação dos flocos e, com isso, aumentando a redução de cor. Esse autor destaca que não se deve ozonizar a água no final do tratamento, pois poderia

ocorrer o efeito da microfloculação, ou seja, se ainda existir compostos de ferro e/ou manganês dissolvido, estes poderão ser oxidados às suas formas de precipitado, podendo dar coloração na água no final do tratamento.

3.3.6.5 - Efeito da Pré-Ozonização na Desinfecção

Segundo Nebel (1981), a ozonização é conhecida como um agente eficaz na desinfecção, bem como a sua capacidade para oxidação de quase todas as formas de bactérias e vírus. É conhecido também seu efeito na remoção de precursores de THM, e na oxidação de matéria orgânica, detergentes fenólicos, agrotóxicos e ácidos fúlvicos. A desinfecção, através da ozonização da *Escherichia Coli* é três vezes mais rápida que a realizada com cloração. De acordo com o autor, no processo de ozonização há o rompimento da parede da célula matando o microrganismo, enquanto que na cloração, ha' uma difusão através da paredes da célula e a inativação do processo enzimático, do microrganismo. A Tabela 3.5, apresenta uma comparação entre o desempenho do gás ozônio e as diversas espécies de cloro, na desinfecção. O ozônio apresenta um maior coeficientes de letalidade, pois necessita de menor concentração para conseguir uma inativação de 99% dos microrganismos, num intervalo de tempo de 10 minutos. O efeito letal sobre as bactérias é total e poucas microgramas são necessárias para se obter o efeito germicida. Muitas vezes o ozônio reage primeiro com substâncias inertes, mais reativas que os microrganismos, porém, terminada essa oxidação, a reação de desinfecção é muito rápida.

Tabela 3.5 - Comparação da Eficiência do Ozônio, em Relação as Espécies do cloro, na Desinfecção a 5°C, em Função do coeficiente de Letalidade.
(Nebel, 1981)

Oxidante	Bactérias	Vírus	Esporos	Cisto de Ameba
O ₃	500,0	0,5	2	0,5
Cl ₂ (como HOCl)	20,0	1,0	0,05	0,05
Cl ₂ (como OCl ⁻)	0,2	<0,02	<0,0005	0,0005
Cl ₂ (como HN ₂ Cl)	0,1	0,005	0,002	0,02

Di Bernardo (1989), comparando a eficiência da pré-ozonização, apresenta resultados da inativação de microrganismos com uma dosagem de 1mg/l de ozônio para o poliovírus tipo 1, enquanto que para dosagem de 2mg/l de cloro não foi obtida a mesma eficiência na redução completa desse tipo de vírus.

Nieminski e Kutz (1989), reportam que, no estudo da desinfecção, a ozonização foi efetiva na remoção de vírus. A ozonização aumentou a quantidade de oxigênio dissolvido e de material biodegradável, e com isso, aumentou a concentração de alguns microrganismos após a filtração.

Segundo Liang et al (1989), a pré-ozonização mostrou ser efetiva no controle de microrganismos, como as bactérias. Contudo, a ozonização parece dar condições para que ocorram atividades biológicas nos filtros. Após a desinfecção com cloro livre, ou cloraminação, do efluente na saída da estação de tratamento, esses autores obtiveram resultados satisfatórios na qualidade final da água, assim como, para manter residual na água com uma menor dosagem

Segundo Toul (1989), a pré-ozonização foi efetiva na inativação de coliformes. Porém, bactérias heterotróficas ainda foram encontradas após a filtração. Segundo Qingshi e Yuefeng (1989), em análises do teste para ensaios mutagênicos, na fase de desinfecção através da cloração e da ozonização de águas residuárias de hospitais, verificaram que no primeiro processo houve uma ação direta desse agente, com redução da atividade mutagênica, enquanto que na aplicação do ozônio ($40\text{mgO}_3/\text{l}$), houve desinfecção global pois não foi verificada nenhuma atividade microbiológica.

Cunly e Fuchun (1989), na desinfecção com utilização do ozônio, verificaram que a taxa de transferência de massa é importante para a desinfecção, porém, há uma dependência da concentração de ozônio residual na água. Os autores verificaram que a desinfecção também depende da cinética das reações de decomposição do ozônio, que ocorrem durante o processo.

De acordo com Glaze (1987), o ozônio é muito instável na água, e seu residual em água que tenham valores de pH iguais a 8, não permanece mais que uma hora. Porém, sua capacidade de inativar os microrganismos é muito grande, como na remoção da *Giardia*. O autor recomenda processo de desinfecção com a combinação da ozonização e cloração, o primeiro pela sua capacidade de reduzir matéria orgânica a produtos mais biodegradáveis e como excelente inativador de vírus e, ao cloro pela capacidade de manter o residual de inativação na água.

3.3.6.6 - Efeitos da Pré-Ozonização na Remoção de Matéria Orgânica

Conforme Nebel (1981), da oxidação parcial dos poluentes orgânicos dissolvidos na água, há produção de compostos polarizados. A eficiência na remoção desses orgânicos pela coagulação com sulfato de alumínio depende da

polaridade dos tipos dos compostos orgânicos dissolvidos.

3.3.6.6.1 - Ácidos Húmicos

Segundo Di Bernardo (1989), as substâncias húmicas, como os ácidos húmico e fúlvico, quando na presença de outros compostos orgânicos, após a ozonização, podem originar novos compostos, e essa oxidação incrementar a remoção de cor da água.

Segundo Dowbiggin e Singer (1989), pequenas quantidades de matéria húmica podem estabilizar partículas suspensas por reversão de cargas; compostos hidrolizados de alumínio, em pH 7,5 tornaram-se negativamente carregada na presença de matéria orgânica natural. De acordo com esses autores, suspensões com alta concentração de cálcio e baixa concentração de matéria húmica são prontamente coaguladas, enquanto emulsões com baixas concentrações de cálcio e alto teor de ácidos húmicos são mais lentas no processo de coagulação-floculação.

De acordo com Farvardin e Collins (1989), em águas contendo substâncias húmicas, a pré-ozonização atuou como auxiliar na remoção, além de reduzir a dosagem de coagulante entre 13 a 30%. Eles verificaram que a dosagem ótima de ozônio foi função da densidade de carga das partículas coloidais. Os autores verificaram que, quando a substância húmica tinha peso molecular muito baixo, a pré-ozonização não produzia efeitos positivos significativos.

3.3.6.6.2 - Detergentes

Os detergentes orgânicos, conforme Di Bernardo (1989), são do tipo alquil-sulfonados, alquil-benzeno, sulfonatos lineares, todos passíveis de serem oxidados. Porém, quando há a presença do ácido sulfônico, a oxidação pela ozônio é mais difícil.

Richard (1988), com a ozonização, conseguiu 50% de redução do tetrapropilbenzeno sulfonato de sódio, com

dosagem de 1,85mg/l e remoção de 90% com aplicação de 6,5mg/l. A relação encontrada, pelo autor, para a remoção pela pré-ozonização foi uma curva exponencial, o que explicaria a necessidade do aumento excessivo da dosagem, para incrementar a remoção em mais 40%.

3.3.6.6.3 - Fenóis

Os fenóis, segundo Di Bernardo (1989), quando oxidados, seguem uma reação em cadeia, com a formação de compostos di ou tri-hidróxiaromáticos e quenônios, que ainda mantêm o anel aromático na molécula. A fase seguinte há o rompimento dos anéis aromáticos, formando ácidos alifáticos, até chegarem na forma mais simples de CO_2 e H_2O . Conforme citação do autor, em estudos de oxidação de 14 tipos de fenóis, para pH no intervalo de 4 a 10, foram constatadas reduções na concentração dos composto de 30 para 0.1 mg/l, porém, após 12 minutos, muitos sub-produtos ainda permaneciam na água.

3.3.6.6.4 - Pesticidas

Segundo Di Bernardo (1989), os pesticidas reagem de forma diferenciada com o ozônio. Assim é que o aldrin e fosalone são rapidamente destruídos com pequenas dosagens. Por outro lado Dieldrin, Clordano, Lindano, DDT, PCBs e BHC são ligeiramente reativos com o ozônio.

Segundo Richard (1988), a destruição do paration pela ozonização se dá, numa primeira fase, pela sua oxidação à paraoxon. Essa molécula é, posteriormente, quebrada em outras de pequeno peso molecular. O paration, segundo o autor, com a utilização da ozonização, é totalmente destruído.

Dore et al (1989), apresentaram resultados de oxidação de pirimidinas, purinas e carboidratos. A ozonização mostrou ser menos reativa com os carboidratos,

zação mostrou ser menos reativa com os carboidratos, principalmente em meio ácido. As reações de radicais livres é o meio predominante para sua oxidação em pH neutro. Segundo os autores, as pirimidinas e purinas, obedeceram uma reação de segunda ordem, e a diferença de reatividade entre as duas se deve a substituições nos anéis moleculares, através da doação de eletrons do grupo NH_2 , o que explicaria a reatividade das purinas e, o deslocamento dos eletrons induzindo a formação de grupos carbonilas, explicaria a reatividade das pirimidinas.

3.3.6.7 - Efeitos da Pré-Ozonização na Filtração

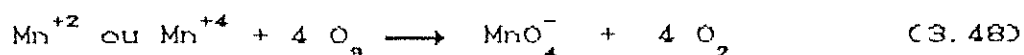
Segundo Nieminski e Kutz (1989), com a aplicação da ozonização em dois pontos da estação de tratamento das águas oriundas do rio Colorado (EUA), a água filtrada apresentou melhor qualidade quanto à remoção de turbidez, de 50 a 60%, quando comparada à água não ozonizada. Na contagem do número de partículas, a água que sofreu processo de ozonização apresentou uma remoção de cerca de 52% de partículas finas, através da microfloculação, antes da filtração. Segundo os autores, na água ozonizada, foram removidas 99% das partículas presentes durante filtração em unidades de camada única, como meio filtrante, enquanto que, em águas não ozonizadas, a remoção foi de 88%.

Segundo Connely e Geiger (1989), com o uso da pré-ozonização, as carreiras de filtração tiveram durações maiores, com maior redução da turbidez e cor, principalmente durante o período de verão.

Francisco (1988), analisando o uso da pré-ozonização, para o tratamento de água em Manta (Equador), verificou que, além de diminuir a turbidez e a cor, as carreiras de filtração foram maiores (aumentaram em 37%). Segundo ele, isto se deve porque houve uma melhor coagulação, floculação, com sedimentação mais eficiente dos flocos.

3.3.6.8 - Efeitos da Pré-Ozonização na Remoção de Ferro e Manganês

Segundo Di Bernardo (1989), a presença de metais pesados em águas de abastecimento causam problemas. A formação de precipitados, como os de compostos de ferro e de manganês, ocorrem em faixas de pH mais elevados do que aqueles normalmente utilizados para coagulação-floculação. A pré-ozonização favorece a destruição dos compostos complexados com ferro e manganês, porém, quando é grande o potencial de oxidação do meio, após a ozonização, há redução do pH para a formação do precipitado. As equações de números 3.37 a 3.40, são propostas para o ferro e manganês, porém, o autor ressalta que uma dosagem elevada de ozônio pode formar o íon permanganato, que é tóxico e, deve ser evitado. A Equação 3.48, indica este tipo de reação que deve ser evitado.



Quando o ferro e o manganês estão presentes como cátions livres, eles são facilmente oxidados até mesmo por uma simples aeração, de acordo com as Equações de números 3.2 e 3.3. Porém, quando são encontrados na forma de complexos, somente o uso de um forte oxidante é que pode provocar a sua redução.

Segundo Toui (1989), em estudos para a remoção de manganês das águas de abastecimento da cidade de Osaka (Japão), foram obtidos bons resultados com a ozonização. Toui (1989), explicita que, através da ozonização, o Mn(II) foi oxidado a Mn(VII), quando o residual de ozônio na água foi superior a 0,1 mg/l. No entanto, o efeito de remoção de manganês foi mais acentuado quando da aplicação do ozônio na fase intermediária.

3.3.6.9 - Efeito da Pré-Ozonização na Remoção de Sabor e Odor

A pré-ozonização tem sido largamente empregada na remoção de sabor e odor, conforme Richard (1988), pela oxidação total das substâncias que produzem estas características. O autor alerta que, se houver uma reação incompleta com o ozônio, com a formação de aldeídos, deverá ocorrer uma nova oxidação, até a transformação em funções ácidas para outras substâncias que não tenham esses caracteres.

3.3.6.10 - Efeito da Pré-Ozonização na Remoção de THM

Segundo Nebel (1981), a reação da matéria orgânica solúvel com o cloro pode originar a formação de trihalometanos (THM), que devido ao seu efeito carcinogênico, não deve ultrapassar 0,1mg/l. A remoção de THM pode ser obtidas de três maneiras: (i) remoção do THM depois de formado; (ii) remoção de compostos orgânicos dissolvidos na água antes de ser feita a desinfecção; (iii) eliminação do cloro como agente da desinfecção. O uso da pré-ozonização tem sido realizada com a finalidade de se reduzir THM, oxidando os precursores. Segundo o autor, três técnicas de oxidação com ozônio são indicadas para a remoção de THM: (a) aplicação de baixas dosagens de gás na pré-ozonização, para ser incrementada a coagulação-floculação, e remoção dos precursores; (b) o uso da pós-ozonização para remover os precursores restantes. Nesse caso, se o teor de matéria orgânica dissolvida for alto, a dosagem de ozônio deve ser pequena para não aumentar a presença dos precursores devido a uma oxidação incompleta; (c) a adoção, no final do tratamento, de um sistema de filtração dotado de carvão ativado para retirar os precursores restantes.

Segundo Grasso et al (1989), o potencial de THM parece aumentar quando há somente a pré-ozonização, mas, com a aplicação da oxidação intermediária, com aumento da dosagem aplicada e, se o índice de dureza da água não for expressivo, há um decréscimo na concentração dos mesmos. As temperaturas mais altas favoreceram a cinética de reação do ozônio, para a remoção de potencial de THM, contudo em pH muito elevados, no ponto de aplicação de cloro, o efeito de remoção de THM, foi menor.

Richard e Jacq (1989) reportam que, no tratamento com pré-ozonização, a remoção de precursores de THM diminuiu de 180 para 115mg/l (37% de redução), e após o tratamento convencional a redução de precursores foi de 100 para 40 mg/l (60% de redução) em relação a água sem ozonização.

Segundo Liang et al (1989), a aplicação de ozônio reduziu a presença de precursores na água de abastecimento e, virtualmente, THMs não chegaram a ser formados. Em teste com a simulação de uma rede de distribuição, não foi notada a formação de THMs, em amostras coletadas, nas diversas partes dessa rede.

Singer et al (1989), reportando sobre os resultados na diminuição de THM no tratamento de água de Belle Glade (EUA), com o uso da pré-ozonização, observaram que o potencial de formação do clorofórmio que antes da pré-ozonização era de cerca de 85%, foi reduzido para 40%. A redução total de THM foi de 600 para 124µg/l (remoção de 79%).

Connely e Geiger (1989), obtiveram resultados positivos na redução de THM, para as águas do rio Merri-mack (EUA). Enquanto para a água pré-ozonizada, foram encontradas concentrações variáveis de 9 e 86µg/l, para a água bruta natural essa faixa de valores foi de 114 a 142µg/l, com a temperatura variando entre 26,2 a 28,4 °C. Segundo os autores, isto pode ser considerado como um bom resultado, pois a agência Norte Americana que controla os

padrões de potabilidade (EPA), permite valores de concentrações de no máximo $100\mu\text{g/l}$ de THM.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - Introdução

A cidade de Piracicaba possui três estações de tratamento de água para abastecimento: ETAs 1 e 2 que captam água do rio Piracicaba; ETA 3 que capta água do rio Corumbataí. As características físico-químicas, químicas e microbiológicas do rio Piracicaba são desfavoráveis para o consumo público, principalmente na época de estiagem, quando aumenta a concentração dos poluentes e contaminantes na água a ser tratada.

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE), já vem realizando um acompanhamento contínuo da qualidade da água de abastecimento (bruta e tratada), através de convênio com o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP), Campus de Piracicaba, e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), efetuando determinações de diversos parâmetros, inclusive o controle da presença de metais.

Inicialmente, foi realizada uma análise dos dados disponíveis na ETA 1, utilizando-se de métodos estatísticos, de forma a possibilitar a obtenção de valores

máximo, médio e mínimo dos parâmetros de qualidade, referentes aos diferentes meses do ano de 1988.

Após o levantamento e análise dos dados, foi coletado um volume da água afluente à ETA (aproximadamente 5m³) e reservado para a execução do trabalho experimental, que foi dividido em: (i) caracterização da água de estudo; (ii) realização dos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação em aparelho especial, para traçado do Diagrama de Coagulação da água de estudo; (iii) pré-ozonização da água de estudo, com diferentes tempos de contato e dosagens de ozônio; (iv) comparação dos parâmetros de qualidade e de consumo de coagulante, para as águas bruta natural e pré-ozonizada.

As instalações utilizadas e a metodologia empregada para o desenvolvimento do trabalho experimental foram as mesmas do trabalho realizado por Di Matteo (1992).

4.2 - Descrição da Instalação

4.2.1 - Introdução

No desenvolvimento da pesquisa, os ensaios foram realizados, em sua maior parte, nos laboratórios da ETA 1 e ETA 3 (SEMAE); as determinações da condutividade e dureza foram realizados no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil, junto ao Departamento de Hidráulica e Saneamento, UNICAMP, na época instalado na cidade de Limeira; as determinações de metais foram de responsabilidade do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, na cidade de Piracicaba.

A unidade piloto de ozonização, assim como conjunto (frascos lavadores) para determinação do residual de ozônio na água pelo Método Iodométrico, foram cedidos pela empresa Filsan Equipamentos.

4.2.2 - Equipamento utilizado nos Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação

Para a realização dos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, foi utilizado um aparelho da marca POLILAB, modelo TBME, esse equipamento dispunha de:

- Motor com torque suficiente para atender as variações de rotações até 105 rpm;
- Dispositivo para variação contínua de rotação entre os limites, com escala graduada de zero a 105rpm.
- Reatores com um volume útil de dois litros, em acrílico transparente, seção quadrada em planta, e parede com espessura de 3mm;
- Número de reatores: 6 (seis);
- Agitadores, de paleta com dimensões de 7,0 x 4,5cm, em plástico resistente.

4.2.3 - Equipamentos utilizados nos Ensaio de Ozonização

O conjunto de geração de ozônio era composto, de um cilindro de gás oxigênio; fonte para a unidade geradora de gás ozônio; câmara de contato; coluna para determinação de produção de ozônio; duas colunas de destruição do excesso de ozônio: (i) coluna de excesso de gás ozônio (off gas), na saída da câmara de contato e (ii) coluna de aquecimento do gerador de ozônio, quando da necessidade de aquecer, ou desviar o gás ozônio introduzido na câmara de contato ou nas colunas, sem a necessidade de alterar a dosagem ou desligar todo o sistema. O controle de distribuição do gás ozônio entre as câmaras foi realizado através de um conjunto de registros de acionamento manual (ver Figuras 4.1, 4.2, 4.3).

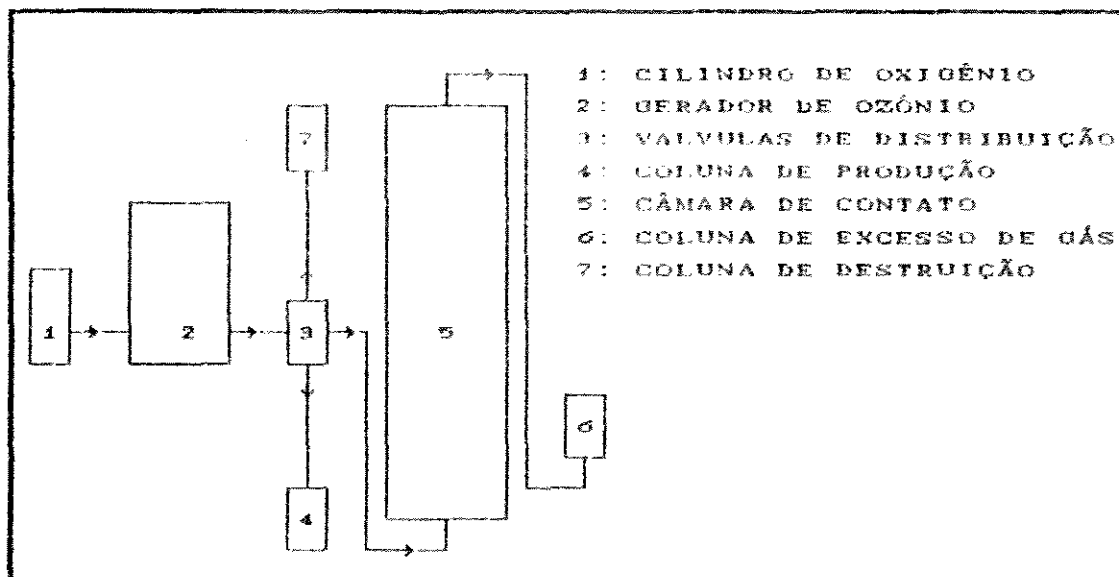


Figura 4.1 - Fluxograma do Sistema de Ozonização

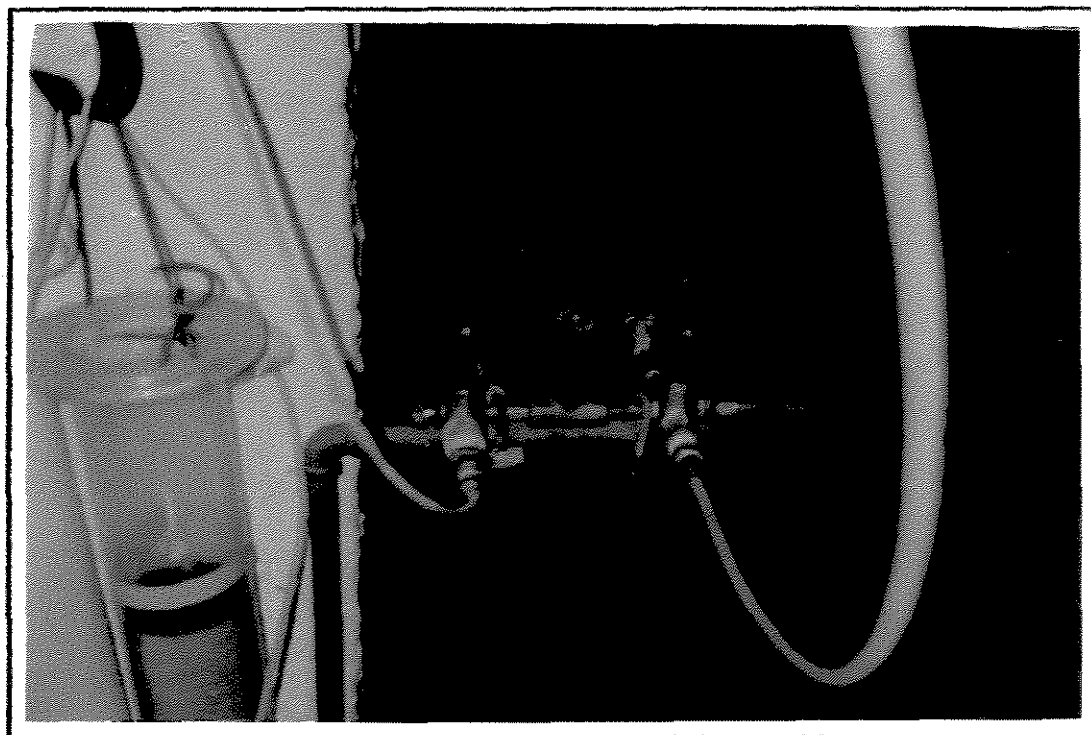


FIGURA 4.2 - Fotografia dos Registros para Distribuição do Gás Ozônio.

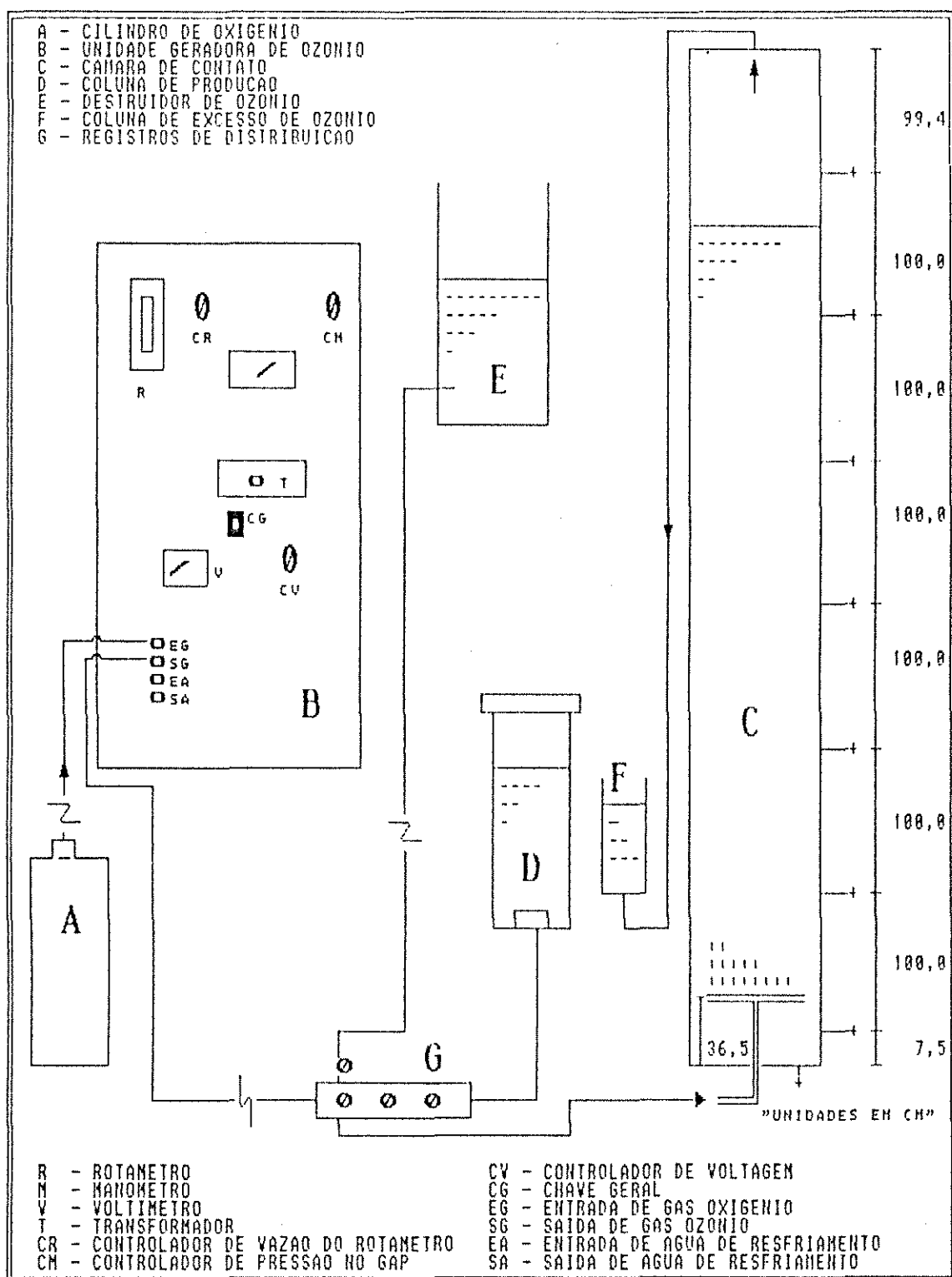


FIGURA 4.3 - Esquema da Unidade Completa de Geração de Gás Ozônio

O gerador de gás ozônio utilizado (ver Figuras 4.4 e 4.5) é da marca Filsan, modelo - TLA, com capacidade máxima nominal de 12 mg O_3 /l, concentração em peso de 2%, podendo operar com uma pressão na cabeça da célula de até 1kg/cm^2 (ver Figura 4.6), e variação de tensão de zero a 250 Volts. O aparelho possuía um rotâmetro para controlar a porcentagem de gás que passava pela câmara de ozonização. A pressão no tubo de gás oxigênio foi limitada a 2kg/cm^2 , e o sistema de refrigeração do equipamento foi através da passagem de água corrente (água tratada).



Figura 4.4 - Fotografia do Equipamento de Geração de Ozônio

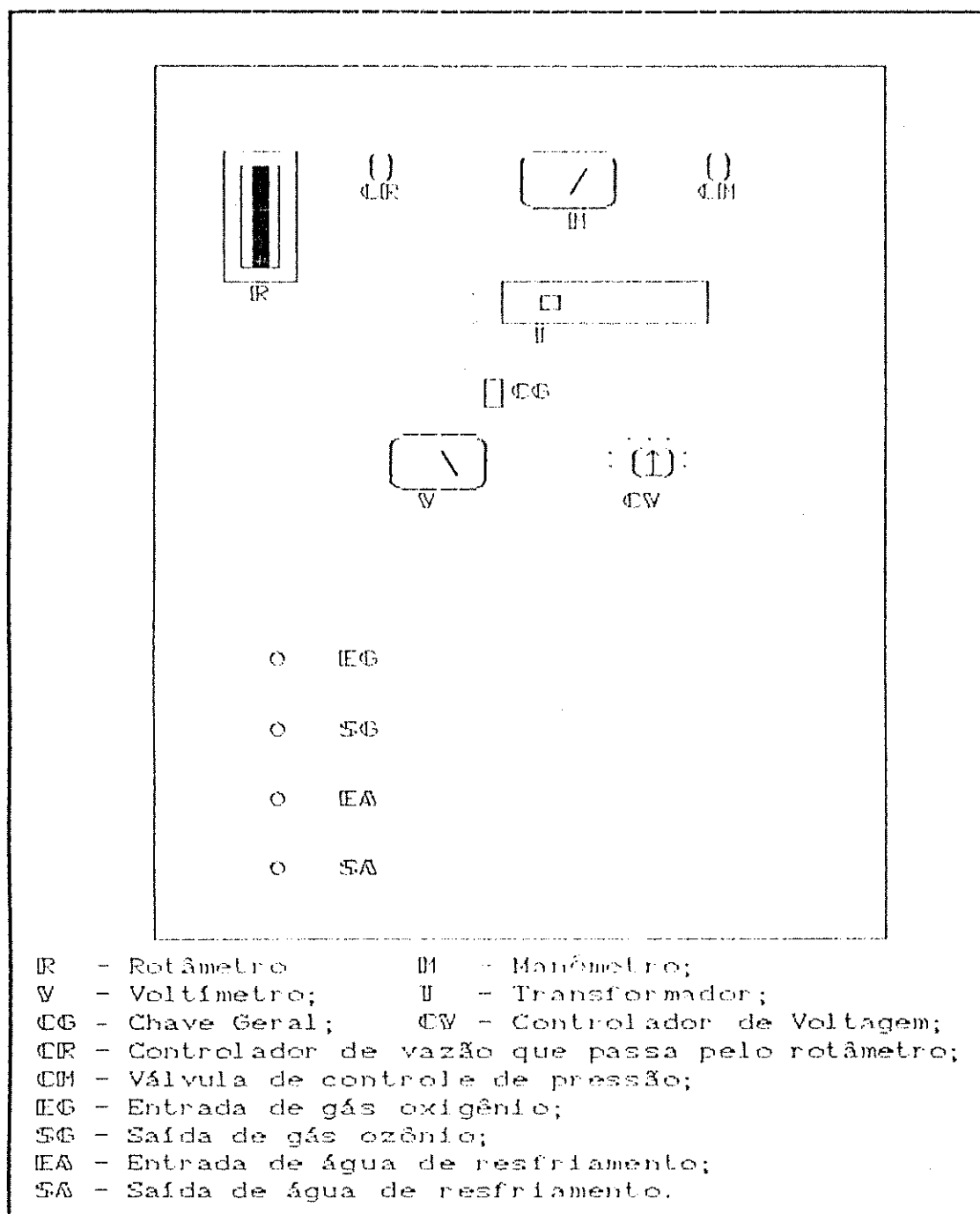


Figura 4.5 - Esquema do Gerador de Ozônio

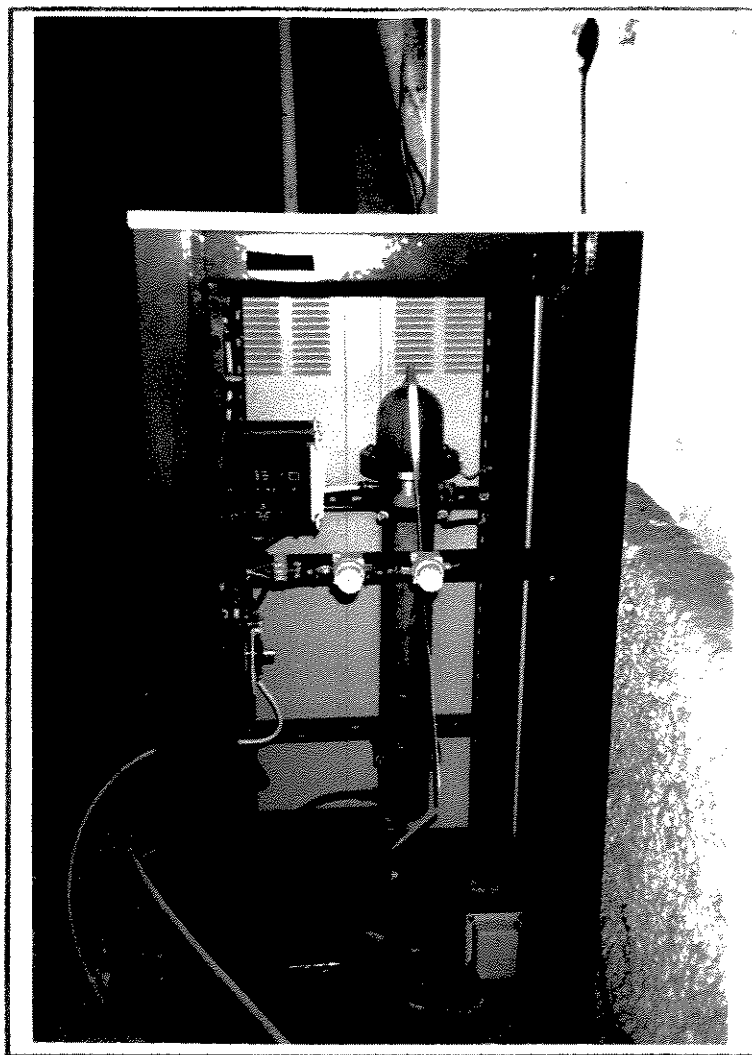


FIGURA 4.6 - Fotografia da Vista Interna do Gerador de Ozônio.

A câmara de contato (ver Figuras 4.7, 4.8 e 4.9) tem em sua base um sistema de drenagem, que permitia descargas para limpeza, assim como o tubo de entrada de gás ozônio, onde estava conectada a placa difusora, responsável pelo contato entre o ozônio e a água a ser ozonizada. O excesso de gás, que não era retido na câmara de contato, era levado através de uma mangueira conectada no topo da câmara, para a coluna de excesso de gás (Off Gás), contendo solução de Iodeto de Potássio.

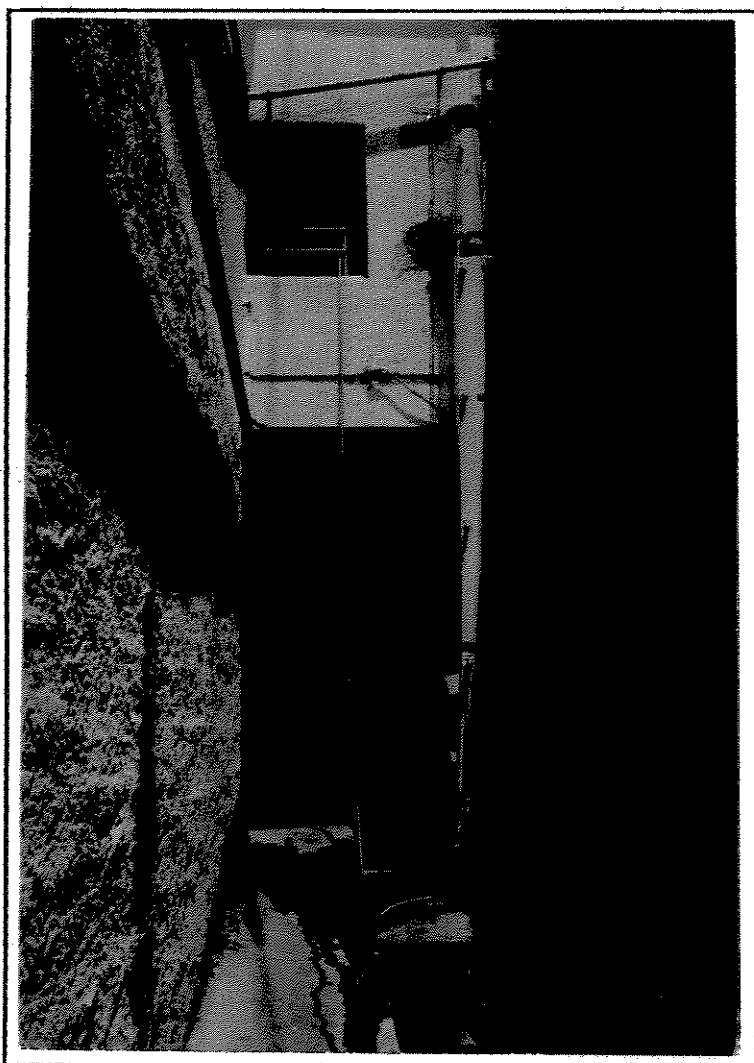


FIGURA 4.7 - Fotografia da Vista Geral
da Câmara de Contato

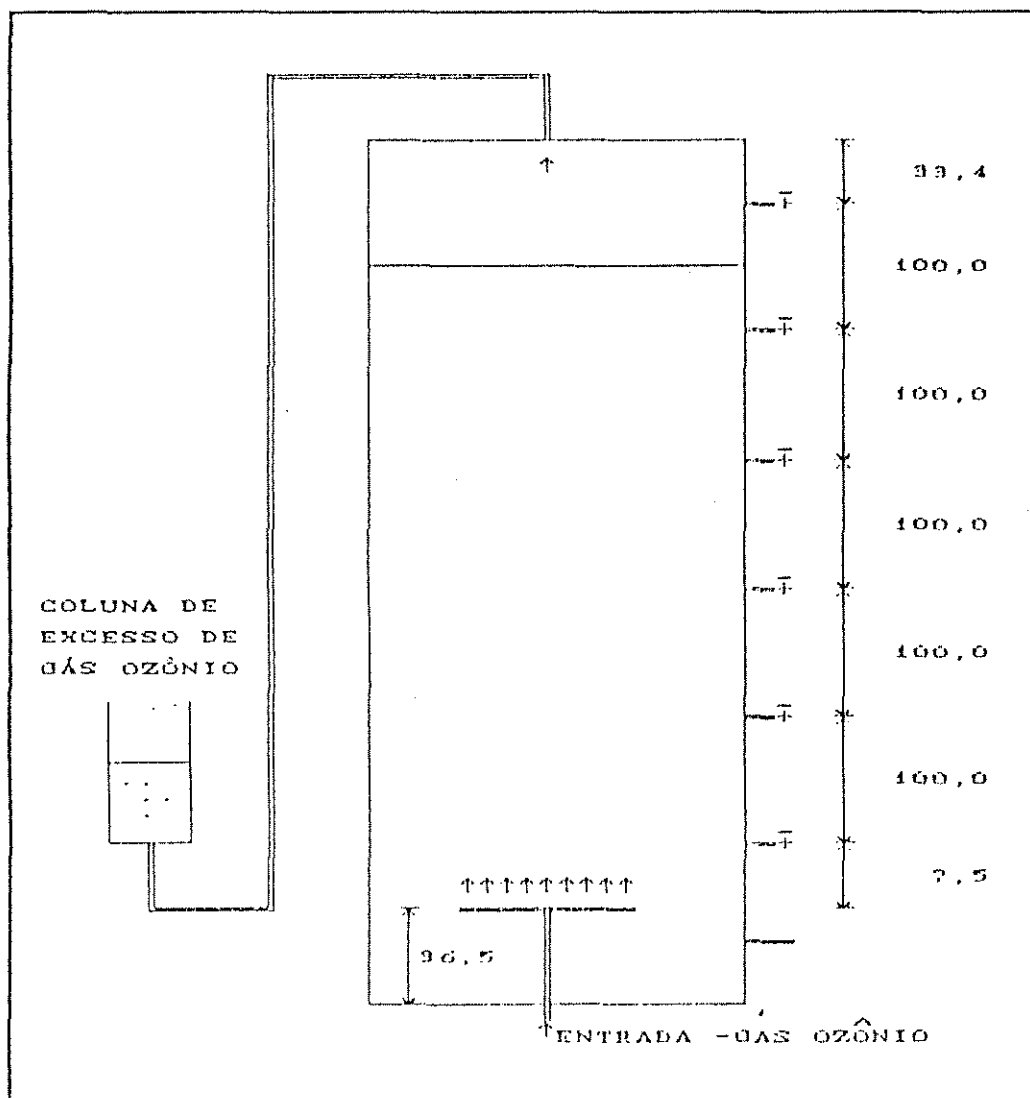


Figura 4.8 - Esquema da Câmara de Contato e da Coluna de Excesso de gás.

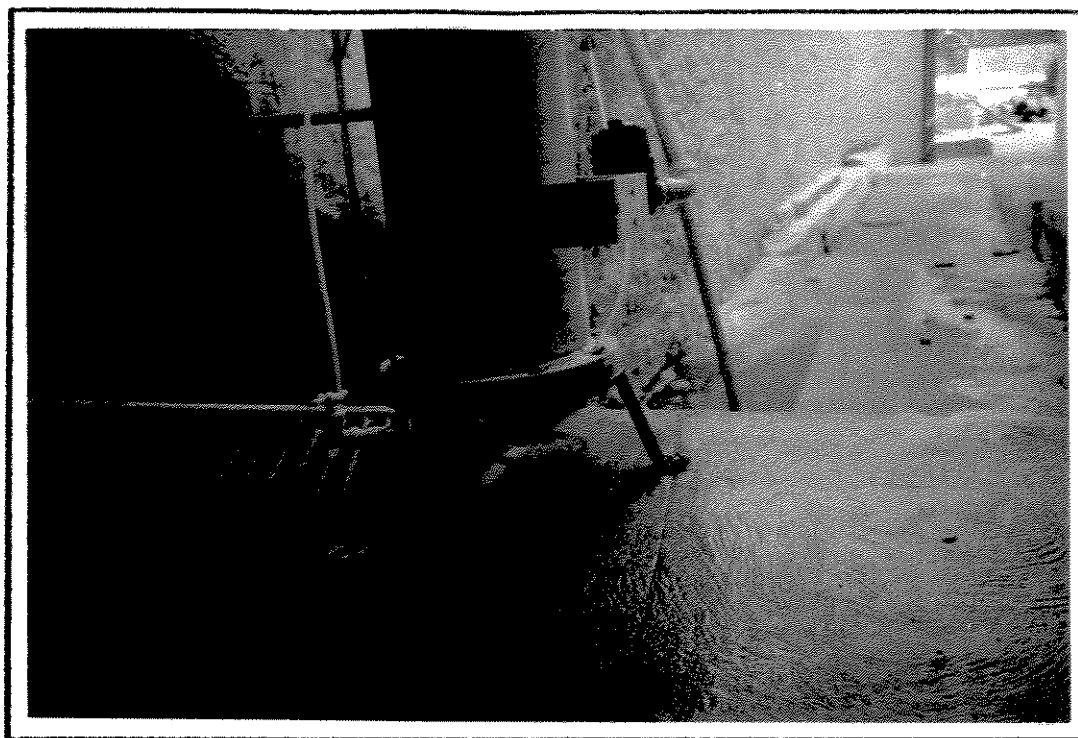


FIGURA 4.9 - Fotografia do Sistema de Descarga de Fundo da Câmara de Contato

A placa difusora responsável pela dispersão do gás na câmara de contato, era de vidro sinterizado com poros de 30 a 100 μ m, com diâmetro de 15,25 cm e espessura de 0,95cm (ver Figura 4.10).

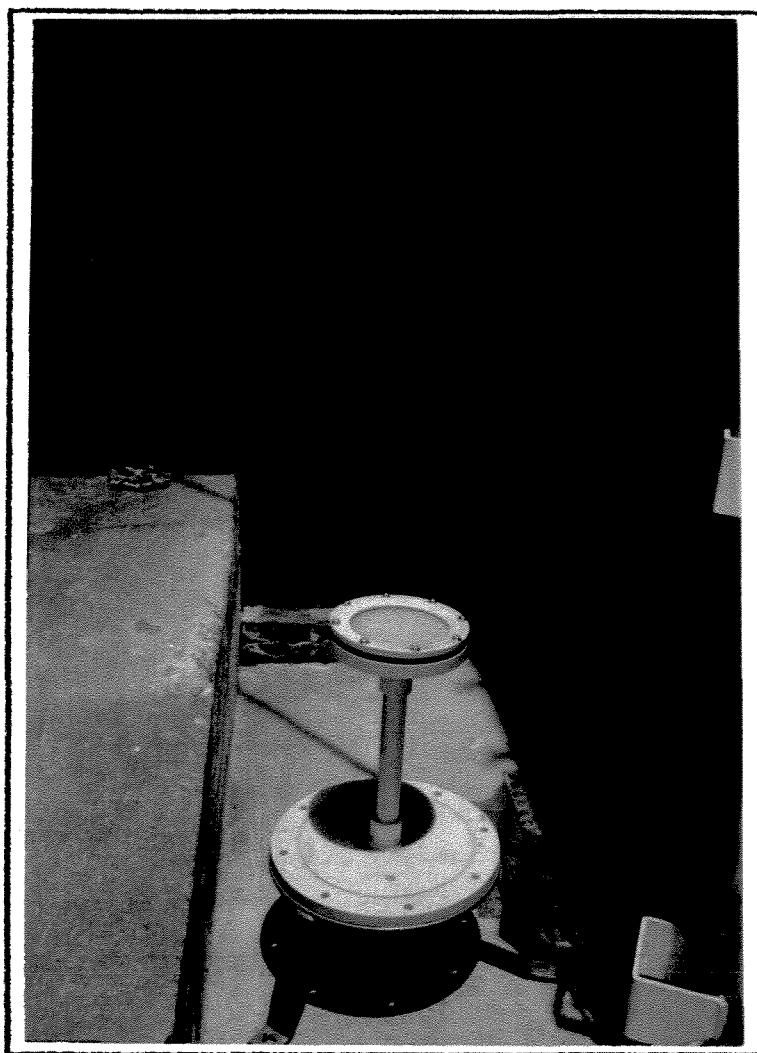


FIGURA 4.10 - Fotografia da Placa Difusora do Gás Ozônio

Para estudar o comportamento da distribuição do gás através da câmara de contato, foram instaladas torneiras espaçadas para a coleta de amostras da água pré-ozonizada (ver Figura 4.8).

Para que o gerador de ozônio não tivesse oscilações de pressão e alteração na produção do gás, todo o sistema (colunas de produção, destruição e de excesso de gás ozônio) foi mantido em equilíbrio através de vasos comunicantes.

A determinação do ozônio, na forma gasosa, aplicado na câmara de contato foi feita através de uma coluna de acrílico, denominada coluna de produção (ver Figura 4.11) de diâmetro interno de 8,9cm, onde era adicionada uma solução de iodeto de potássio com concentração de 2%.

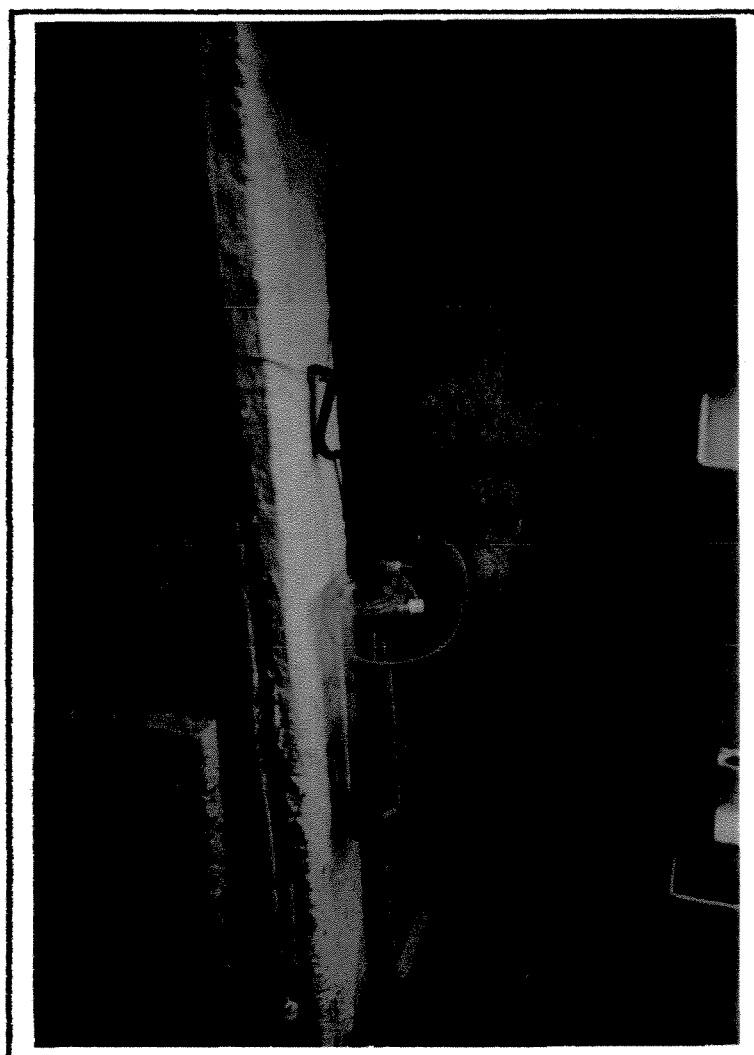


FIGURA 4.11 - Fotografia da Coluna de Produção para Determinação do Ozônio na Fase Gasosa

A coluna de destruição (neutralização) de ozônio

(ver Figura 4.12) de PVC com diâmetro interno de 24,2cm, continha uma solução de sulfeto, onde a altura de líquido de solução permaneceu em equilíbrio com a altura de líquido nas demais colunas. O gás ozônio em excesso foi destruído devido a sua periculosidade pois não podia ser disperso no ambiente. A coluna de excesso de gás ozônio, era de PVC, com diâmetro interno de 7,5cm (ver Figura 4.12).

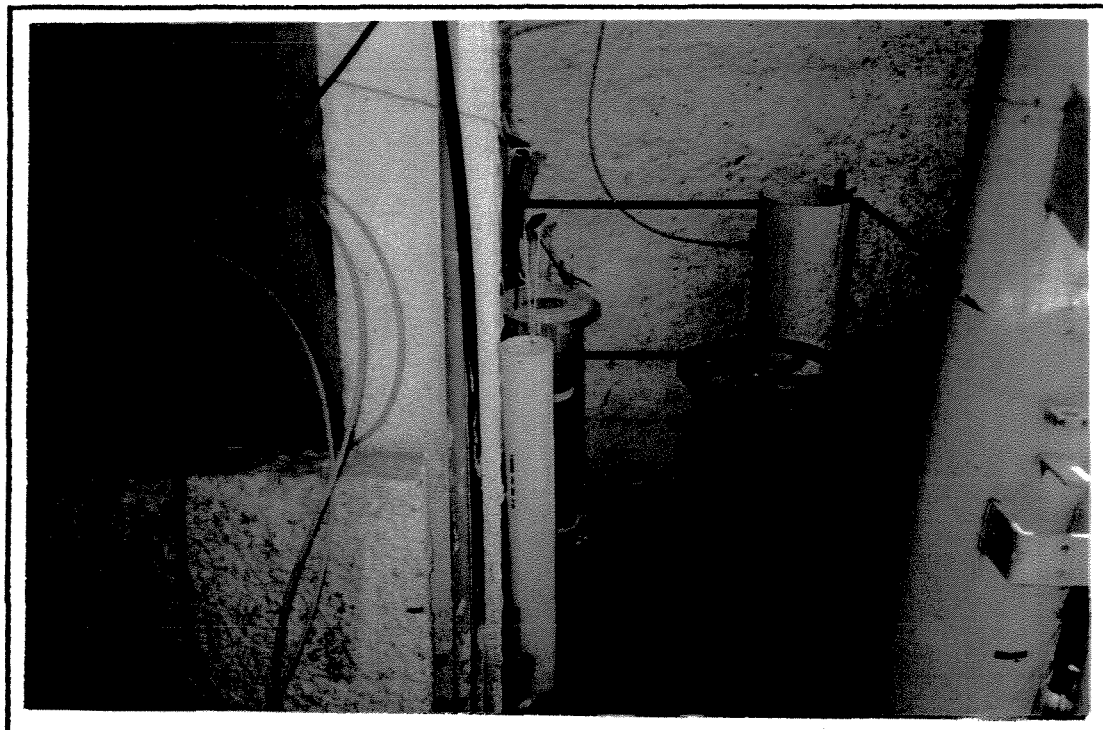


FIGURA 4.12 - Fotografia da Vista geral das Colunas de Excesso de Gás, Produção e Destruição de Ozônio.

O conjunto para determinação de residual de ozônio na água, através dos frascos lavadores (Método Iodométrico) era constituído de um sistema que trabalhava pela passagem de ar comprimido pela água pré-ozonizada, liberando o ozônio que reagia com a solução de Iodeto de Potássio do frasco seguinte. Os dois recipientes eram conectados em série, sendo que, no primeiro frasco era adicion-

nado 800ml de amostra da água pré-ozonizada, no segundo frasco onde era absorvido o ozônio liberado, era colocado 400ml de solução de iodeto de potássio (ver esquema da Figura 4.13 e fotografia da Figura 4.14).

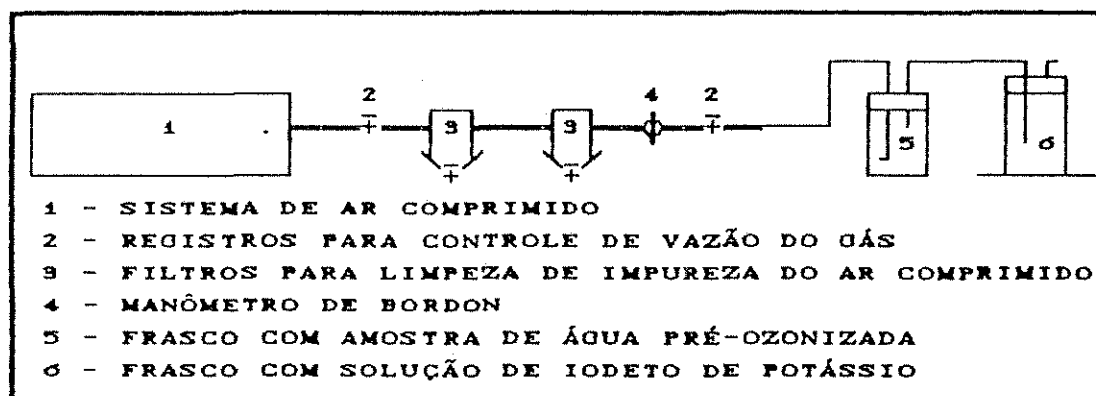


Figura 4.13 - Esquema do Sistema para Determinação do Residual de Ozônio, pelos Frascos Lavadores, Método Iodométrico.

Componentes da Figura 4.13:

- (1) - Sistema de ar comprimido:
 Motor - marca WAG, modelo 71-1085
 0,5 CV - 1710 rpm
 Compressor - marca Wayne, modelo 2,6/75D
 pressão máxima - $8,8 \text{ kg/cm}^2$
- (2) - Registro para controle do fluxo de ar,
 diâmetro de 127 mm (0,5 pol);
- (3) - Filtros de retenção de impurezas e umidade;
- (4) - Manômetro de Bordon com escala de 0 a 10 (kg/cm^2);
- (5) - Frasco de Amostra, volume do frasco - 1000ml;
- (6) - Frasco contendo solução de Iodeto de Potássio,
 volume do frasco - 500 ml.

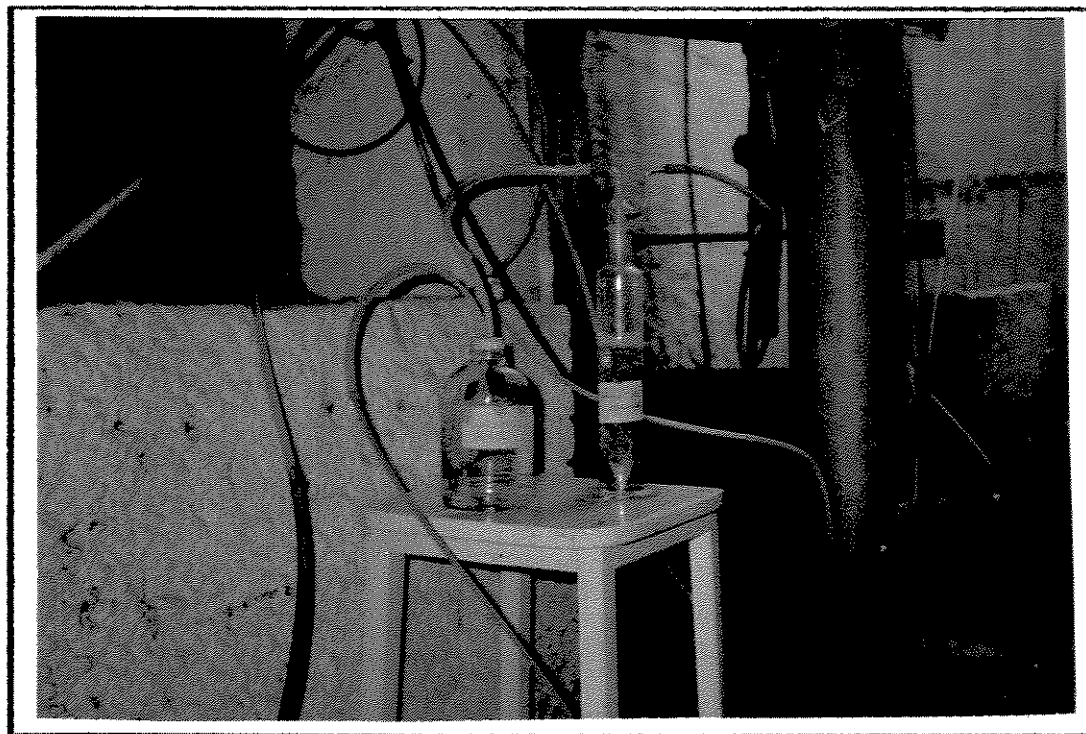


FIGURA 4.14 - Fotografia dos Frascos Lavadores utilizados na Determinação do Residual de Ozônio, M. Iodométrico

Na determinação do residual de Ozônio pelo Método Colorimétrico, foi utilizado um espectrofotômetro da marca Micronal, modelo: B - 34211, com um caminho óptico de 10 mm, com possibilidade de se adaptar célula de 30mm.

Para a determinação dos diversos parâmetros, foram utilizados os seguintes equipamentos:

a) pH - Potenciômetro da marca Digimed, modelo DMPH-1, para a determinação dos valores do potencial de hidrogênio.

b) Cor - A cor aparente foi determinada pelo método de comparação visual "Platino-Cobalto", que estabelece a unidade de cor produzida por 1,0 mg/l de platina na forma de ion Cloro platinado. As medidas são feitas no comparador "HELLIGE AQUATESTER", com disco padrão nº 610 e 611.

c) Turbidez - As medidas de turbidez foram feitas em turbidímetro da Micronal, modelo - B 250;

d) Temperatura - A medida da temperatura foi feita com termômetro de mercúrio;

e) Condutividade - Foi empregado um condutivímetro da marca Metrohm Herisau E-527, com eletrodo CH-9100, EA-608, e valor da constante do eletrodo igual a 0,83;

f) Alcalinidade e Dureza - Nas operações de titulação, foram empregadas buretas manuais.

g) Teor de Ferro e Manganês - Essas determinações foram realizadas por laboratoristas do CENA, utilizando Espectrofotometro de Absorção Atômica-Plasma Induzido de Argônio, da marca Jarrell-ASH, modelo 975.

4.3 - Fases Experimentais

A investigação experimental foi dividida em três fases, conforme mostrado na Tabela 4.1:

Tabela 4.1 - Fases Experimentais

FASE	OBJETIVOS	EQUIPAMENTOS
I	TRAÇADO DO DIAGRAMA DE EFICIÊNCIA COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO DA ÁGUA DE ESTUDO.	Potenciômetro; Comparador Helliger Aquatester; Turbidímetro; Termômetro de mercúrio; Aparelho Ensaio de Coagulação Floculação e Sedimentação; Condutivímetro; Buretas para alcalinidade e dureza; Balança.

Tabela 4.1 - Fases Experimentais (continuação)

FASE	OBJETIVOS	EQUIPAMENTOS
II	COMPORTAMEN- TO DA ÁGUA PRÉ-OZONIZ. EM RELAÇÃO AO TEMPO ; DETERMINA- ÇÃO DA PRO- DUÇÃO E RE- SIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA	Potenciômetro; Comparador Helliger Aqua tester discos padrões nº 610-611; Turbi- dímetro; Termômetro de mercúrio; Apare- lho Ensaio de Coagulação Floculação e Sedimentação; Condutivímetro; Buretas para alcalinidade e dureza; Balança; Conjunto completo de Geração Ozônio; Conjunto p/ det. de residual de Ozônio na água-Método Iodométrico; Espectrofo- tômetro; Bureta p/a det. da Produção de Ozônio-Método Iodométrico.
III	APLICAÇÃO DA PRÉ-OZO- NIZAÇÃO; CONFECCÃO DE UM NOVO DIAGRAMA DE EFICIÊNCIA COAG. -FLOC. PARA A ÁGUA PRÉ-OZONIZA- DA, PARA OS PONTOS PRÉ- DETERMINA - DOS.	Potenciômetro; Comparador Helliger Aqua tester, discos padrões nº 610-611; Tur- bidímetro; Termômetro de mercúrio; Apa- relho de Ensaio de Coagulação Flocula- ção e Sedimentação; condutivímetro; bu- retas p/ alcalinidade e dureza; balança; conjunto completo de geração de ozônio; buretas p/ determinação da produção de ozônio na água e de excesso de gás pelo Método Iodométrico; Espectrofotômetro; determinação de metais por espectrofo- tômetro de absorção atômica-Plasma In- duzido de Argônio, análise bacterioló- gica pelo método dos tubos múltiplos.

4.4 - Produtos Químicos

Os produtos químicos utilizados, eram próprios para análise (P.A.), com alto teor de pureza. Foram utilizadas soluções próprias para a lavagem e desinfecção dos frascos. As diluições foram realizadas com água deioniza-

da.

TABELA 4.2 - Produtos Químicos (Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação)

PRODUTOS QUÍMICOS	ENSAIO	FASES
S. Alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) - 1% Ácido Nítrico, 0,1 - 1% ; Ácido Sulfúrico, 0,1 - 1% ; Hidróxido de Sódio, 0,1 - 1% . (PA)	Coag. - Floc.	I e III
S. Alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (Comerc)) - 1% Ácido Nítrico, 0,1 - 1% ; Ácido Sulfúrico, 0,1 - 1% ; Hidróxido de Sódio, 0,1 - 1% . (PA)	Coag. - Floc.	II

TABELA 4.3 Produtos Químicos (Ensaio de Ozonização)

PRODUTOS QUÍMICOS	ENSAIO	FASES
Solução de Iodeto de Potássio (KI) - 2% ; Padrão Titulante de Tiossulfato de Sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) - 0,025 N ; Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) - 1,0 N ; Solução Indicadora de Amido	Produção e Off Gas (PA)	II e III
Solução de Iodeto de Potássio (KI) - 2% ; Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) - 1,0 N ; Padrão Titulante de Tiossulfato de Sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) - 0,005M; Solução Indicadora de Amido; Iodo Padrão (I_2) - 0,005M.	Residual de Ozônio - Método Iodométrico -	II e
Indigo Trissulfonato ($\text{C}_{16}\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_{11}\text{S}_3\text{K}_3$) Ácido Fosfórico (H_3PO_4); Di-Fosfato de Sódio (NaH_2PO_4). (PA)	Método Colorimétrico	III

4.5 - Fase Experimental - I : Confecção do Diagrama de Coagulação, Flocculação e Sedimentação

4.5.1 - Considerações Iniciais

O estudo das alterações, devidas à introdução de ozônio como uma forma de pré-tratamento, na coagulação, flocculação e sedimentação, requereu a uma análise do comportamento da água sem a pré-ozonização. Foram realizados ensaios para determinação dos pares ótimos (dosagem de coagulante e pH de coagulação) para a água de estudo.

O trabalho nesta primeira fase, teve como objetivo a construção do diagrama de eficiência de coagulação, flocculação e sedimentação (semelhantes aos diagramas das Figuras 3.1 e 3.2, da revisão bibliográfica, capítulo 3, item 3.1) baseando-se nos trabalhos de Amirtharajah e Mills (1982), Amirtharajah et al. (1986), Amirtharajah (1987, 1989), Di Bernardo e Mendes (1987), Di Bernardo et al. (1987), Di Bernardo (1990). Os conceitos de eficiência de coagulação, flocculação e sedimentação já são aplicados com sucesso em recentes projetos de Estações de Tratamento de Água.

Nesta etapa, foram efetuados ensaios com a água bruta em estudo, determinando-se, primeiramente pH, temperatura, alcalinidade, dureza, condutividade, cor aparente e turbidez, em seguida, foram realizados ensaios de coagulação, flocculação e sedimentação, variando-se as dosagens de coagulante primário, no caso sulfato de alumínio (P.A.), para cada reator, com tempos de mistura rápida, flocculação e sedimentação pré-determinados. Após cada ensaio, foram efetuadas leituras dos valores remanescentes de cor aparente e turbidez, e do pH de coagulação das amostras coletadas nos reatores.

Nesta primeira fase do desenvolvimento do diagrama de coagulação para a água bruta natural, foram adotados os valores do tempo de flocculação e da velocidade de

sedimentação.

A metodologia empregada para a realização dos ensaios foi a seguinte:

1ª Fase - Água Bruta Natural

- (i) Coagulante Primário: Sulfato de Alumínio
- (ii) Mistura Rápida: $G = 100 \text{ s}^{-1}$; $t = 3 \text{ min}$;
- (iii) Floculação : $G = 20 \text{ s}^{-1}$; $t = 30 \text{ min}$;
- (iv) Sedimentação : $V_s = 1 \text{ cm/min}$.

4.5.2 - Caracterização da Água Bruta

Para a execução dos ensaios, com o objetivo de construir o diagrama de coagulação, floculação e sedimentação, foram tomados por base dados obtidos anteriormente na estação de tratamento, com finalidade de se determinar os parâmetros de pesquisa, tais como turbidez, cor aparente e pH.

De posse de tais dados, foram fixados as faixas de dosagem de coagulante e de variação do pH, para se trabalhar com a água bruta de estudo.

4.5.3 - Procedimento Experimental

A água bruta de estudo reservada foi coletada após a homogeneização, com bomba submersa para execução dos ensaios. Primeiramente, foram medidas as seguintes características: pH, temperatura, cor aparente, turbidez, alcalinidade, dureza e condutividade.

A temperatura da água foi controlada em banho-maria (aquecimento ou resfriamento) em $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Foi adicionado acidulante ou alcalinizante para se obter o pH desejado da água de estudo; em seguida, foram colocados dois litros dessa água em cada reator e iniciados os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

O gradiente de velocidade para a mistura rápida

foi ajustado em 100 s^{-1} , e adicionada, simultaneamente, a quantidade de coagulante em cada reator. Após 3 minutos, a rotação foi reduzida gradualmente até se chegar ao gradiente de 20 s^{-1} , mantido por um intervalo de 30 minutos. Após a paralisação do aparelho, foram coletadas amostras dos seis reatores ao mesmo tempo, de modo, a se obter uma velocidade de sedimentação de 1 cm/min .

4.5.4 - Dosagens de Coagulante Primário e Respectivo Valores de pH

A dosagem de sulfato de alumínio e a faixa de pH utilizada nas baterias de ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, foram fixadas em:

(i) Dosagem de Sulfato de Alumínio (baterias)

a) 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 mg/l

b) 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 mg/l

c) 65 - 70 - 75 - 80 - 85 - 90 mg/l

(ii) A faixa de variação do pH foi de 4 a 10.

A correção do pH, antes da adição do coagulante primário, teve como objetivo atingir uma ampla faixa de pH de coagulação, e verificar o efeito das diferentes dosagens de sulfato de alumínio.

Após a realização de todos os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, para cada par de dosagem de coagulante e pH de coagulação, foram obtidos os valores remanescentes (em porcentagem) da cor aparente e turbidez. Estes pontos foram plotados nos diagramas de eficiência (para cor aparente e turbidez, respectivamente), os quais contêm as retas correspondentes às principais espécies hidrolisadas do sulfato de alumínio, formando uma nuvem de pontos onde foram delineadas as curvas de mesmo valor de remoção, e estudadas as regiões que apresentaram maior remoção em ambos os diagramas.

A partir dos dois diagramas de eficiência, foram escolhidos seis pontos significativos das regiões de meno-

res valores remanescentes de turbidez e cor aparente, para as menores dosagens de sulfato de alumínio. Os pares ótimos de remoção (dosagem de sulfato de alumínio e pH de coagulação) foram adotados na terceira fase, quando do uso da pré-ozonização.

4.6 - Fase Experimental II

Ensaio Preliminares de Pré-Ozonização,

4.6.1 - Introdução

Nessa fase, foram efetuados vários ensaios preliminares de pré-ozonização. A água bruta foi coletada na calha Parshall na entrada da ETA, antes da adição de qualquer produto químico, com a finalidade de se estudar o comportamento da água bruta quando da aplicação de ozônio. Os parâmetros de controle dos ensaios foram: (i) produção do gás ozônio; (ii) tempo de aplicação do ozônio na câmara de contato; (iii) aplicabilidade dos métodos de determinação do residual de ozônio (iodométrico e colorimétrico).

4.6.2 - Metodologia para determinação do Ozônio na Fase Gasosa

4.6.2.1 - Determinação da Produção

O método adotado para determinação da produção de ozônio foi o Iodométrico, conforme Standard Methods (1985). A identificação do valor da produção é importante para se saber a concentração de ozônio a ser aplicada na câmara de contato.

Procedimento:

1º - Na coluna de Produção, foi adicionado um volume de 2 litros da solução de Iodeto de Potássio a 2%. Após o pré-aquecimento do aparelho gerador de ozônio e, após certificar-se que os níveis hidráulicos das colunas

destruidoras de ozônio, de produção e de excesso, encontravam-se em equilíbrio, o gás ozônio foi transferido do queimador para a coluna de produção por um tempo pré-definido, igual a dois minutos.

2º - Foi coletada uma amostra de 200 ml, fixada com solução de ácido sulfúrico e protegida contra a incidência da luz ambiente.

3º - A amostra foi então titulada com uma solução de tiosulfato de sódio (0,025 N) até a mesma adquirir uma cor amarelo palha, adicionando-se, então, duas gotas (aproximadamente 2 ml) do indicador de amido, tornando-se de coloração azulada e a titulação completada até que a amostra se tornasse incolor, sendo o volume de tiosulfato anotado;

4º - Cálculo da produção de ozônio ($\text{g O}_3/\text{h}$):

$$P = (N_T \times \Delta V_T \times F_c \times 24000 \times 2 \times 60) / (\text{Vol} \times 1000 \times T) \quad (4.1)$$

$$P = (N_T \times \Delta V_T \times F_c \times 2880) / (\text{Vol} \times T) \quad (4.2)$$

onde:

N_T = Normalidade do Tiossulfato, 0,025N;

$\Delta V_T = V_f - V_b$;

V_f = Volume de Tiosulfato consumido na titulação da amostra (ml);

V_b = Volume de Tiosulfato consumido na titulação do branco (ml);

F_c = Fator de correção do tiossulfato;

Vol = Volume de amostra coletada para a titulação, 200ml;

T = Tempo de aplicação de ozônio durante a produção (min).

5º) Cálculo da dosagem de Ozônio aplicado na Câmara de Contato (O_3):

$$\text{O}_A = P \times 1000 \times T/V_r \times 60 \quad (4.3)$$

$$O_A = 100 * P * T_{ap} / V_r * 6 \quad (4.4)$$

onde:

P_{oz} = Produção de Ozônio (g/h);

T_{ap} = Tempo de Aplicação de Ozônio na Câmara de Contato (min.);

V_r = Volume da Câmara de Contato (m³);

4.6.2.2 - Determinação do excesso de Gás Ozônio

A determinação do excesso de gás ozônio, procedente da câmara de contato, foi similar à realizada para a determinação da produção. Porém, o valor obtido foi proporcional ao tempo de aplicação de ozônio.

Procedimento:

Os passos 1º, 2º, e 3º são semelhantes aos realizados para a determinação da produção (item 4.6.2.1), com a alteração do volume de iodeto de potássio para 1,52 litros.

4º) - Cálculo do Excesso de Gás (g O₃/h):

$$OFF = (N_T * \Delta V_T * F_c * 24000 * 1,52 * 60) / (Vol * 1000 * T_{ap}) \quad (4.5)$$

$$OFF = (N_T * \Delta V_T * F_c * 2189) / (Vol * T_{ap}) \quad (4.6)$$

onde:

N_T = Normalidade do Tiosulfato, 0,025N;

$\Delta V_T = V_f - V_b$;

V_f = Volume de Tiosulfato consumido na titulação da amostra (ml);

V_b = Volume de Tiosulfato consumido na titulação do branco (ml);

F_c = Fator de correção do tiosulfato;

Vol = Volume de amostra coletada para a titulação, 200ml;

T_{ap} = Tempo de aplicação de ozônio na câmara de contato (min.).

5º) Cálculo da Dosagem do Ozônio liberado pela Câmara de Contato (mg/l):

$$OFF_l = OFF * 1000 * T_{ap} / V_r * 60 \quad (4.7)$$

$$OFF_l = OFF * 100 * T_{ap} / V_r * 6 \quad (4.8)$$

onde:

OFF = Excesso de gás ozônio (g/h);

T_{ap} = Tempo de Aplicação de Ozônio na Câmara de Contato (min.);

V_r = Volume da Câmara de Contato (m³);

4.6.3 - Ensaios Preliminares de Pré-Ozonização

4.6.3.1 - Considerações Iniciais

Para se trabalhar com uma certa margem de segurança, no estudo do comportamento da água em função da pré-ozonização, foi estabelecido o seguinte plano de estudo: (i) câmara de contato operada em batelada; (ii) câmara de contato em fluxo contínuo; (iii) dosagem de ozônio aplicado, em função do valor da produção, com as alterações da voltagem, da pressão na célula ozonizadora e da porcentagem de vazão de gás oxigênio, no aparelho ozonizador.

Simultaneamente aos estudos da produção de ozônio, foram efetuados ensaios de coagulação, floculação e sedimentação com as águas brutas natural e pré-ozonizada, nas condições dos itens (i) e (ii). Nesses ensaios, foi utilizado o sulfato de alumínio comercial como coagulante.

Durante a realização dos testes preliminares,

No desenvolvimento dessa fase, os reatores utilizados para a realização dos ensaios de coagulação floculação e sedimentação foram modificados conforme (ver Figuras 4.16, 4.17 e 4.18), para possibilitar coleta simultânea em todos os reatores, otimizando desta maneira, o método de tomada das amostras, permitindo a realização de ensaios com tempos de floculação e sedimentação variáveis, para uma mesma dosagem de coagulante e pH de coagulação.

4.6.3.2 - Metodologia dos Ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação

Os ensaios foram realizados com a seguinte metodologia: (i) coleta da água bruta na calha de entrada da estação de tratamento de água; (ii) medição de pH, turbidez, cor aparente e alcalinidade; (iii) realização dos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação; (iv) realização do item (ii) para a água decantada; (v) determinação da produção de ozônio; (vi) pré-ozonização da água bruta natural, coletada simultaneamente ao item (i); (vii) determinação do excesso de gás da câmara de contato; (viii) realização dos itens (iii) e (iv).

O estudo do comportamento da água bruta pré-ozonizada em relação à bruta natural foi realizado, para cada dosagem de ozônio aplicado, através de ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, nas mesmas condições dos ensaios realizados com a água bruta natural.

Nesta etapa também foi estudado o comportamento da água pré-ozonizada através de ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, para a determinação do tempo máximo que essa água na câmara de contato mantinha suas características. Foram efetuados ensaios de coagulação floculação, após 25 horas do momento do término da ozonização, com a água bruta contida na câmara de contato. Este procedimento permitiu a comparação dos resultados dos

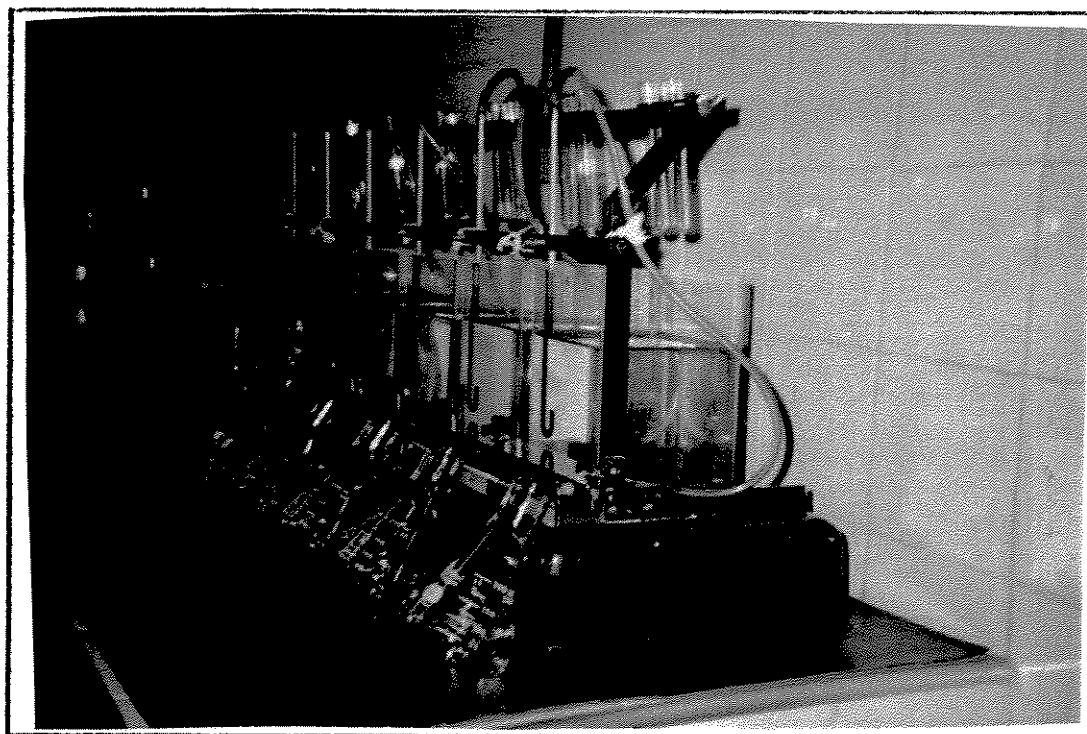


FIGURA 4.16 - Fotografia do Aparelho Original de Coagulação, Floculação e Sedimentação

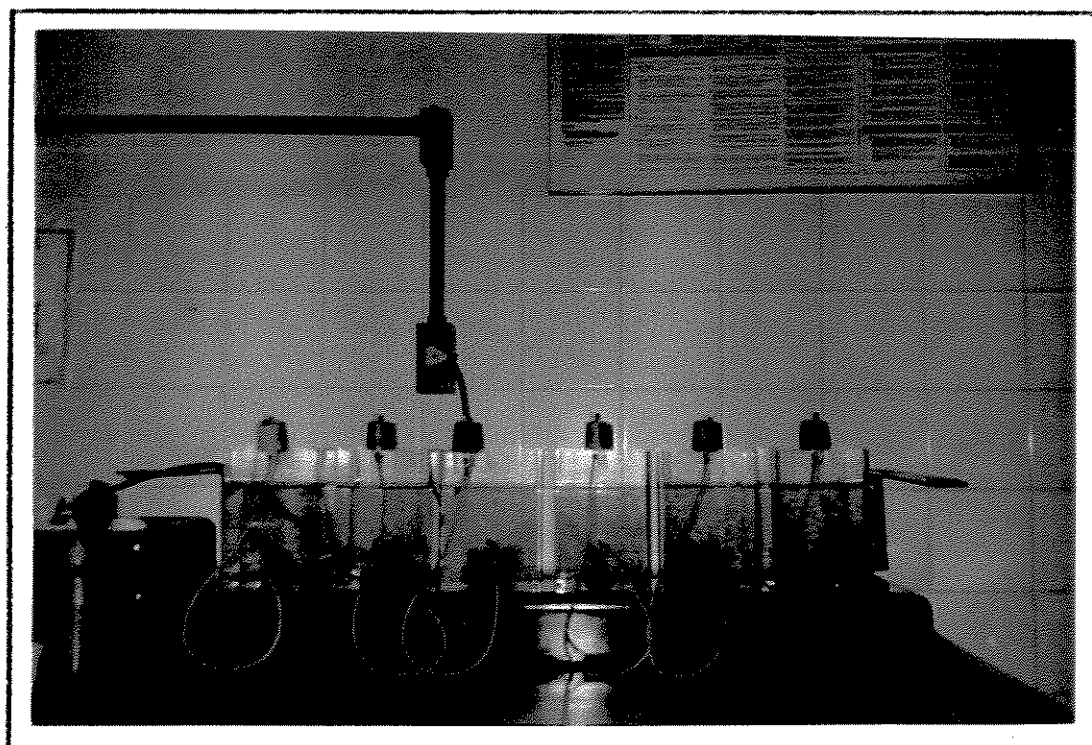


FIGURA 4.17 - Fotografia do Aparelho de Coagulação, Floculação e Sedimentação modificado para Coletas Simultâneas.

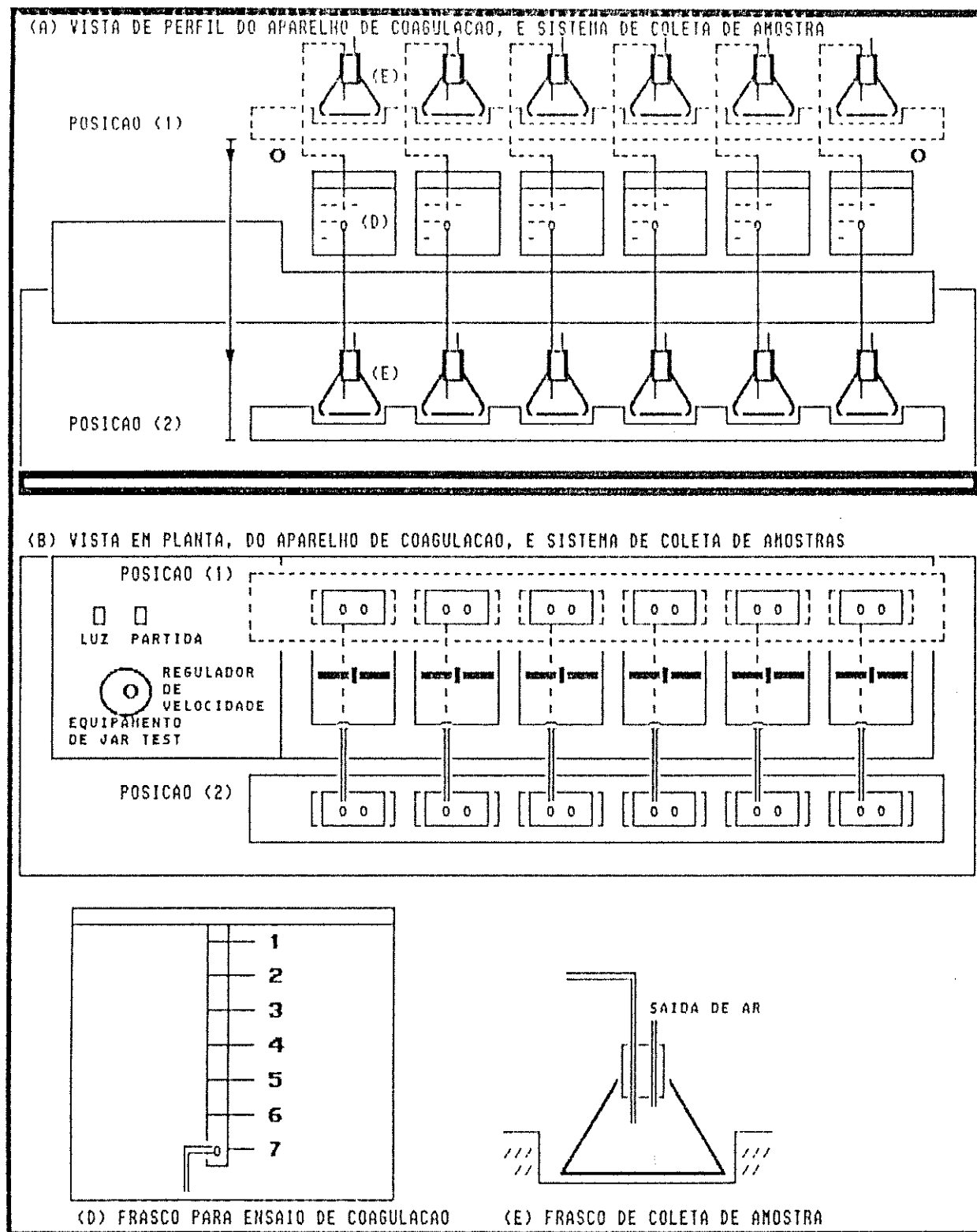


Figura 4.18 - Esquema do Aparelho de Coagulação, Flocculação e Sedimentação Modificado

valores remanescentes de cor aparente e turbidez da água pré-ozonizada decantada, coletada imediatamente após a ozonização, com aqueles obtidos em ensaios posteriores, onde a água foi coletada em diferentes horários, após a ozonização.

Com a realização desse experimento, verificou-se que as características da água pré-ozonizada decantada (turbidez e cor aparente remanescentes) apresentaram uma faixa maior de variação após ter passado 24 horas da ozonização. Assim, na terceira fase experimental, o período de coleta de água ozonizada para os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, foi limitado ao intervalo compreendido até 24 horas após a ozonização.

No fluxograma da Figura 4.19 são mostrados os diversos tipos de ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, efetuados nesta fase.

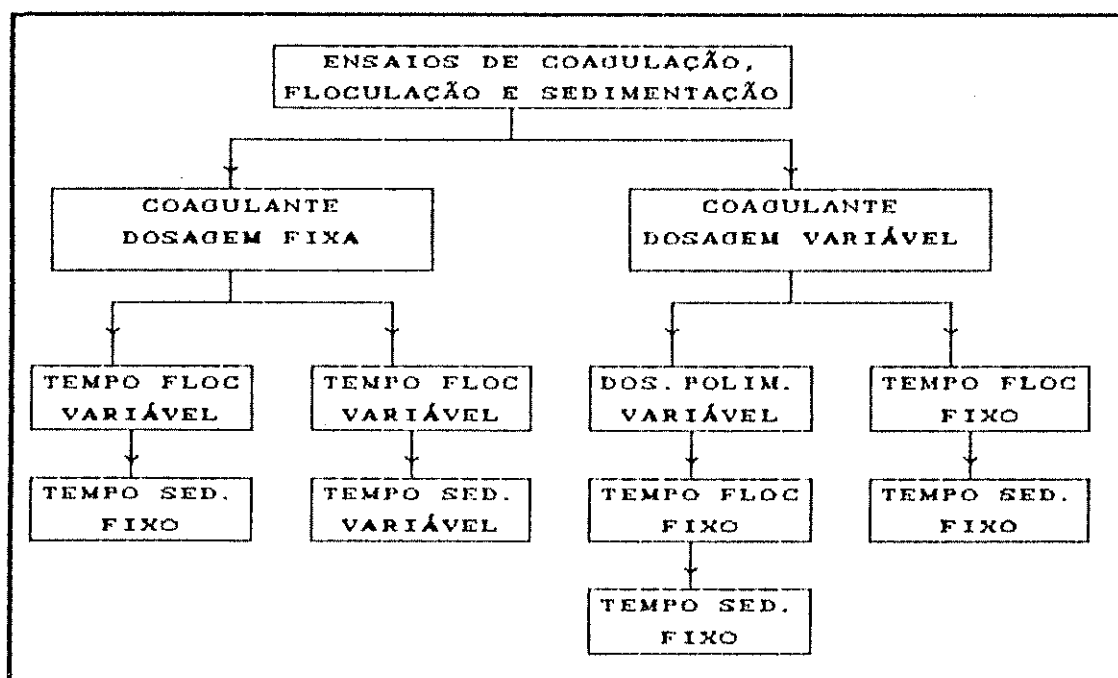


Figura 4.19 - Fluxograma dos Ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação.

Entre a primeira e a segunda fase da investigação experimental, houve uma preocupação de desenvolver um

procedimento de ensaios e análises que pudessem ser repetidos, dentro das normas e padrões que servem de fundamento para a realização e desenvolvimento da pesquisa.

Após a realização de vários ensaios de coagulação, floculação e sedimentação no aparelho modificado, estabeleceu-se, na última fase experimental (pré-ozonização), para cada dosagem de coagulante, a realização de ensaios com seis diferentes tempos de floculação e com coletas de amostras em quatro diferentes velocidades de sedimentação, para um mesmo tempo de floculação, conforme é mostrado na Tabela 4.4. Os valores do gradiente de velocidade e do tempo da mistura rápida foram fixados.

Tabela 4.4 Novos parâmetros para os Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação

Dosagem de Coagulante: Constante (mg/l)		
Mistura Rápida $G = 100 \text{ s}^{-1}$ $T = 3,0 \text{ min}$		
TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min.)	TEMPO DE SEDIMENTAÇÃO (min.)	VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO (cm/min.)
5	1,0	6,7
	2,0	3,1
	3,5	1,6
	7,0	0,8
10	1,0	6,7
	2,0	3,1
	3,5	1,6
	7,0	0,8
15	1,0	6,7
	2,0	3,1
	3,5	1,6
	7,0	0,8
20	1,0	6,7
	2,0	3,1
	3,5	1,6
	7,0	0,8

Tabela 4.4 Novos parâmetros para os Ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação (continuação)

Dosagem de Coagulante: Constante (mg/l)		
Mistura Rápida $G = 100 \text{ s}^{-1}$ $T = 3,0 \text{ min}$		
25	1,0	6,7
	2,0	3,1
	3,5	1,6
	7,0	0,8
30	1,0	6,7
	2,0	3,1
	3,5	1,6
	7,0	0,8

4.6.4 - Metodologia para Determinação de Ozônio na Fase Líquida

Para a determinação dos valores residuais de ozônio na fase líquida, foram utilizados dois métodos: (i) Método Iodométrico, ou dos frascos lavadores, conforme Standard Methods (1985); (ii) Método Colorimétrico, recomendado pelo Comitê de Padronização Europeu (1987), e aprovado pela Associação Internacional de Ozônio, e conforme Standard Methods (1989).

Optou-se primeiramente pelo método iodométrico por ser um processo de determinação do residual de ozônio na água menos oneroso, possibilitando assim, a realização de um número maior de ensaios, por que, no método colorimétrico, o seu custo tornaria proibitivo números elevados de ensaios.

O estudo preliminar do comportamento da água bruta pré-ozonizada foi necessário para verificação do tempo de permanência e transferência do ozônio no meio líquido.

Foram analisadas as diferentes condições de operação do aparelho e estudados os maiores tempo de perma-

nência do residual de ozônio na água, através do método iodométrico, obtendo-se, desta maneira, a melhor condição de produção. Os residuais de ozônio na água foram posteriormente reavaliados através do método colorimétrico.

4.6.4.1 - Método Iodométrico

Para a realização dos ensaios através do método iodométrico, foram feitas as padronizações das soluções de tiosulfato de sódio (0,005M) e de iodo (0,005M), diariamente. Também, foram efetuados ensaios para determinação de possíveis interferências da água de diluição utilizada para preparação da solução de iodeto de potássio (teste do branco).

Os ensaios de determinação do residual de ozônio na água foram iniciados com a câmara de contato sendo operada em fluxo contínuo. A vazão inicial, que era de 0,45 l/s (limite da câmara por recomendação do fabricante), foi diminuída para 0,14 l/s, para se obter maior tempo de detenção da água na câmara de contato. Apesar das alterações realizadas na câmara de contato e da baixa vazão de água, os resultados não foram satisfatórios, pois a mesma não foi projetada para operar em fluxo contínuo.

O passo seguinte foi operar a câmara de contato em batelada, sistema adotado para a execução da terceira fase experimental.

Esses ensaios foram realizados com a finalidade de se definir um valor adequado da produção de ozônio, observar a homogeneidade da distribuição do gás ao longo da câmara e também, o período de permanência do residual de ozônio na água. Para o estudo dos dois últimos itens, foram escolhidos três pontos de coletas ao longo da câmara, de tal maneira a se obter o primeiro ponto próximo à placa difusora, o segundo em uma posição intermediária e o último, no ponto mais distante da aplicação de gás, conforme esquema da Figura 4.20:

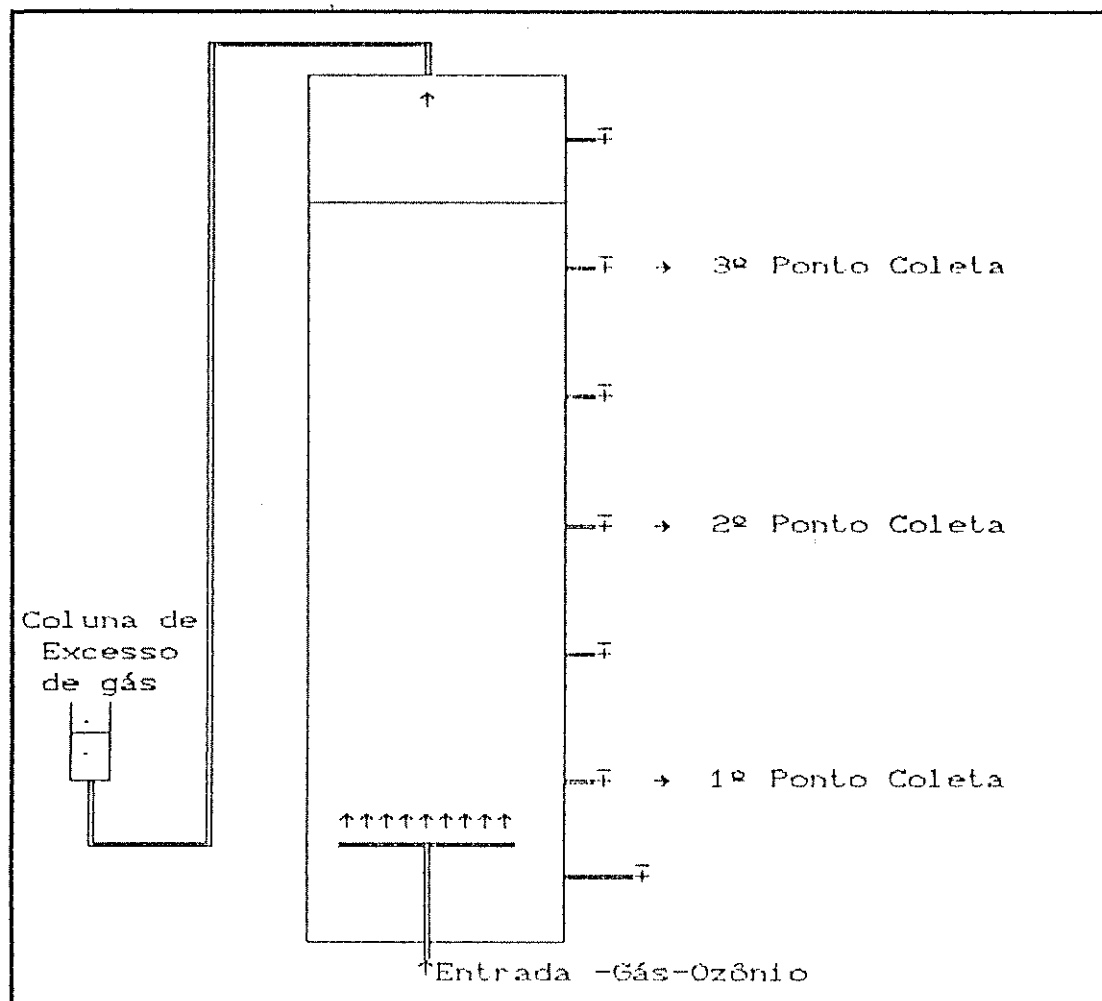


Figura 4.20 - Esquema da Câmara de Contato e dos Pontos de Coleta de Amostras.

Para cada ponto de coleta escolhido, foram realizados ensaios de ozonização com diferentes tempos de aplicação de ozônio e, coletadas amostras para a determinação do residual, até que se apresentasse nulo.

Observações:

- Considerou-se como coleta imediata, quando a tomada da amostra era iniciada 15 segundos antes do término da ozonização. O tempo inicial foi adotado como nulo (t_0 igual a zero).

- Conforme recomendação do Standard Methods

(1985) o tempo de passagem do ar nos frascos lavadores deve ser de 5 a 10 min.; foi adotado um tempo igual a 10 min., portanto, a variação entre os tempos de coletas de amostras foram superiores a 10min.

- Devido as condições de análises disponíveis, foi necessária a realização de ensaios individuais de ozonização para cada ponto de coleta. Desta maneira, foram coletadas amostras de água bruta natural antes da realização de cada ensaio de pré-ozonização para caracterização.

À medida que os ensaios foram se sucedendo, notou-se que o teor residual de ozônio na água era detectado por um curto espaço de tempo na câmara de contato. A busca de uma dosagem adequada de aplicação do ozônio levou à realização de uma série de ensaios de produção e determinação do teor residual na água. Na tentativa de se conseguir um maior tempo de permanência do residual, tentou-se uma produção no limite máximo do aparelho, posteriormente descartada em virtude de não ser aconselhável a operação do aparelho naquelas condições.

Desta maneira, a fase final dos ensaios preliminares de pré-ozonização foram realizados com a produção máxima e constante, restringindo-se a margem de segurança, na escolha dos pontos, para evitar erros de precisão ou exatidão nas dosagens limites do gerador de ozônio. Foram adotados os parâmetros abaixo:

(i) Pressão de Saída no Cilindro de Oxigênio:

$$P_s : 2 \text{ kg/cm}^2$$

(ii) Porcentagem de Vazão Máxima de O_2 :

$$Q : 80 \%$$

(iii) Pressão do gás no aparelho Ozonizador:

$$P_g : 0,7 \text{ kg/cm}^2$$

(iv) Vazão média de O_2 , conforme gráfico de Wallace e Tiernan:

$$Q_{WT} : 479,8 \text{ Nl/h}$$

(v) Voltagem:

V : 230 v

(vi) Porcentagem de Voltagem:

V_r : 85 %

(vii) Volume da câmara de contato:

U_r : 211,3 l

(viii) Produção de Ozônio:

P_o : 10,36 g/h

(ix) Concentração de Ozônio por litro de Oxigênio:

C_o : 21,6 mg O_3 /l O_2

Fixados os parâmetros da produção em que se encontrou maior tempo de permanência do teor residual de ozônio na água, decidiu-se pela realização de ensaios para determinação do teor residual, variando-se apenas o tempo de aplicação e, conseqüentemente, a dosagem de ozônio aplicado.

4.6.4.2 - Método Colorimétrico

Encerrando os ensaios preliminares que definiram o comportamento da água do rio Piracicaba perante a ozonização, foram realizados ensaios para determinação dos valores do teor residual de ozônio na água através do método colorimétrico, com a finalidade de compará-los com os obtidos através do método iodométrico.

O processo de determinação foi baseado no Método B, recomendado pela Comissão Europeia de Padronização e pela Associação Internacional de Ozônio (1987), e pelo Standard Methods (1989), que é um método considerado simples, quantitativo e seletivo.

Antes de se iniciar os ensaios, houve a necessidade da determinação das regiões de influência na câmara de contato, conforme é mostrado na Figura 4.21, para coletar volumes de amostras compatíveis em cada um dos pontos de tomada.

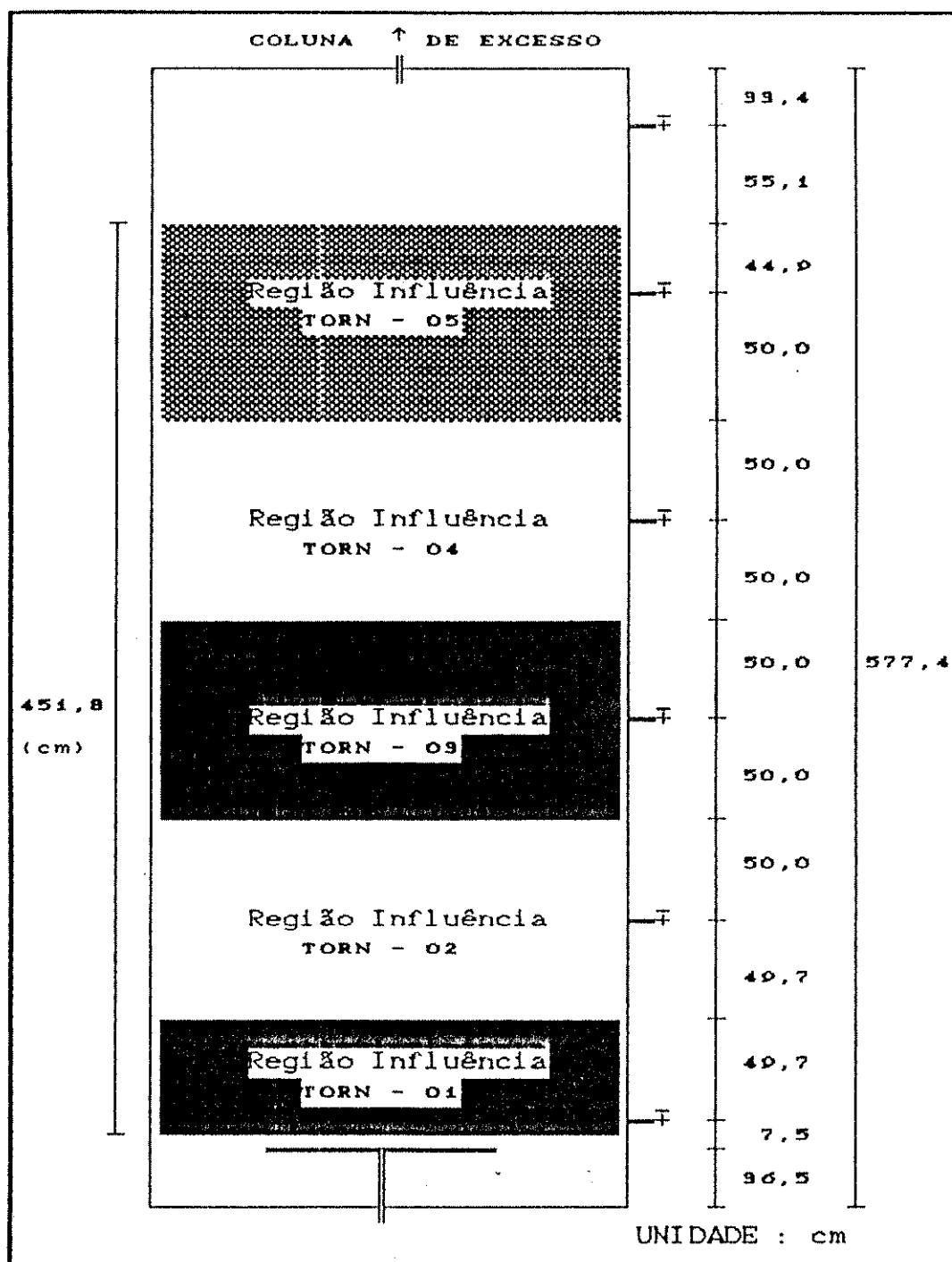


FIGURA 4.21 - Regiões de influência de cada torneira

a) Determinação do volume total da câmara de contato, em função das regiões de influência:

a.1) Cálculo do volume total de água na câmara de contato:

$$V(\text{TOTAL}) = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

$$V(\text{TOTAL}) = 26,77 + 46,64 + 46,76 + 46,76 + 44,36$$

$$V(\text{TOTAL}) \cong 211,3 \text{ l}$$

a.2) Cálculo dos fatores de multiplicação:

a.2.1) Para a torneira 01:

$$F_1 = V_1 / V_T$$

$$F_1 = 0,127$$

a.2.2) Para a torneira 02:

$$F_2 = V_2 / V_T$$

$$F_2 = 0,221$$

a.2.3) Para a torneira 03 e 04:

$$F_i = V_i / V_T$$

$$F_i = 0,221$$

a.2.4) Para a torneira 05:

$$F_5 = V_5 / V_T$$

$$F_5 = 0,210$$

b) Determinação do teor residual de ozônio em amostras individuais e compostas coletadas nas torneiras da câmara de contato.

b.1) Procedimento da coleta de amostras:

O método determina, primeiramente, que seja introduzido 10 ml de solução reagente diluída, de indigo trissulfonato, em frascos volumétricos de 100 ml e completados com 90 ml da amostra a ser analisada.

b.1.1) Amostras individuais:

Primeiramente todos os frascos de coleta foram demarcados para o volume total, em seguida foram adiciona-

dos 10ml de solução indigo trissulfonato, em cada frasco. O volume restante foi preenchido com a amostra da água ozonizada, coletada em cada uma das torneiras da câmara de contato, imediatamente após o término da ozonização.

Os fatores das regiões de influência de cada torneira foram utilizados no cálculo do residual médio de ozônio na água.

b.1.2) Amostra Composta:

Para a amostragem composta, cada frasco teve seu volume demarcado em função do fator calculado, devida as regiões de influência para cada torneira, totalizando 90 ml de volume de água ozonizada. O volume coletado em cada torneira foi:

$V_1 = 11,4 \text{ ml}$ - torneira 1

$V_2 = V_3 = V_4 = 19,9 \text{ ml}$ - torneiras 2, 3 e 4

$V_5 = 18,9 \text{ ml}$ - torneira 5

Cada um destes volumes, após a coleta, foi imediatamente adicionado em um erlenmeyer, contendo 10 ml de solução diluída de indigo trissulfonato.

b.2) Processo de determinação do residual de ozônio na água:

Na determinação do residual de ozônio na água foi utilizado o método B, recomendado pela Associação Internacional de Ozonização e pela Comissão Européia de Padronização (1987), sendo diretamente aplicado no intervalo de 0,06 a 0,6 mg de ozônio por litro.

Utilizando-se de um espectrofotômetro, no comprimento de onda de 600 nm, foram realizadas leituras de absorvância das amostras e do branco (contendo água deionizada e solução indigo). Segundo o método, a leitura deve ser efetuada utilizando célula de 40 a 50 mm (devido à dificuldade em se obter células com este caminho óptico, procurou-se observar a lei de Beer, tendo sido verificado, através de testes, a possibilidade de serem utilizadas

células com diferentes caminhos ópticos, uma vez que os resultados finais obtidos foram semelhantes). O aparelho disponível para leitura dispunha de célula com caminho óptico de 10 mm, sendo adaptada uma célula de 30 mm, para confirmação das leituras.

Foi utilizada a Fórmula 4.9, para determinação do teor residual de ozônio na água.

$$\text{mg Os/l} = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{volume} \\ \text{total (100 ml)} \end{array} \right] * \Delta \text{absorção}}{\left[\begin{array}{l} \text{comp.} \\ \text{célula (cm)} \end{array} \right] * 0,42 * \left[\begin{array}{l} \text{vol. água} \\ \text{amostrada} \end{array} \right]} \quad (4.9)$$

Nas duas primeiras determinações do teor residual de ozônio na água, o espectrofotômetro foi zerado com a solução branco (indigo trissulfonato mais água deionizada). A leitura da absorvância das amostras da água ozonizada foi direta. Nos últimos três ensaios, para testar o comportamento dos valores residuais, foram efetuadas leituras, com o aparelho zerado a partir da água deionizada (sem a solução de indigo), sendo que, para o cálculo do Δ de absorção (formula 4.5), fez-se também a leitura com a solução branco.

Para as amostras individuais, foram realizadas as leituras de cada uma delas e calculada a concentração do teor residual, multiplicando-se o valor encontrado pelo fator da região de influência onde foi coletada a amostra. O resultado final foi obtido através da média da concentração das amostras.

Diante dos resultados obtidos foi adotada para a fase final do trabalho experimental, a coleta individual de amostras, pois, com a coleta de amostra composta, existia a possibilidade de perda de gás no transporte e transferência da água ozonizada, para um único erlenmeyer.

4.7 - Fase Experimental III - Aplicação da Pré-Ozonização

4.7.1 - Caracterização da Amostra da Água Bruta

Nesta fase do trabalho, existiu o interesse de se caracterizar a presença de metais traços na água bruta do rio Piracicaba, cujos ensaios foram realizados pelo C.E.N.A., na cidade de Piracicaba. Foram feitas determinações de metais na água bruta natural para se comparar com os dados obtidos na água pré-ozonizada.

A eficiência da pré-ozonização pode ser avaliada através de análises dos dados obtidos para a água bruta natural, e se relacionar a quantidade de ozônio necessário para oxidar os metais presentes num determinado tempo de contato. Pode-se esperar que a ozonização não se aplique somente aos metais e que, parcela dele, oxide também a matéria orgânica presente na água bruta.

4.7.2 - Procedimento de Trabalho

4.7.2.1 - Pré-Ozonização

Nesta fase do trabalho, a água bruta natural foi pré-ozonizada, com a câmara de contato operando em batelada.

Após estudos dos resultados dos ensaios preliminares realizados na segunda fase do trabalho experimental e na busca de uma dosagem adequada de aplicação de ozônio e para se conseguir um maior tempo de permanência do residual de ozônio na água, optou-se para a realização da produção no limite máximo do aparelho, restringindo-se à margem de segurança (80%) na escolha dos pontos. Tal procedimento foi adotado para evitar erros de precisão ou exatidão nas dosagens limites do gerador de ozônio. A produção máxima fixada foi constante em todos os ensaios, variando-se apenas o tempo de aplicação de ozônio e, consequente-

mente, da dosagem de ozônio aplicada.

No início de cada ensaio de ozonização (para um tempo fixado de aplicação de ozônio), a água reservada foi devidamente homogeneizada e transferida para a câmara de contato, através de bomba submersa e uso de mangueira, num volume total de 211 litros. Com o aparelho ozonizador nas condições de operação desejada e, os níveis hidráulicos das três colunas em equilíbrio, foi efetuado o seu aquecimento por um período de 15 minutos, na coluna de destruição de ozônio.

Da coluna de destruição, o gás foi transferido para a coluna de produção e, após dois minutos, o mesmo foi desviado para a câmara de contato iniciando-se a cronometragem do tempo de aplicação de ozônio.

Para cada ensaio de ozonização, foram realizadas as determinações de produção (item 4.6.2.1), excesso de gás (item 4.6.2.2) e do teor residual de ozônio na água (item 4.6.4.2).

Convém ressaltar que foram tomados todos os cuidados possíveis para evitar-se perdas do gás ozônio, fechando-se os registros existentes ao longo da câmara. Após cada período de aplicação do gás, o mesmo era transferido para a coluna queimadora e o aparelho desligado, permitindo-se somente a passagem de gás oxigênio e da água de refrigeração, por aproximadamente 20 minutos, para o resfriamento total do aparelho.

Imediatamente após o término da aplicação do ozônio, eram coletadas amostras para determinação do teor residual de ozônio na água através do método colorimétrico e, em seguida, efetuadas coletas de amostra para análise bacteriológica. Convém ressaltar que, por motivos econômicos, só foram realizadas as análises bacteriológicas das águas bruta natural e bruta pré-ozonizada, para cada tempo de aplicação de ozônio.

Nas determinações da produção e do excesso de gás da câmara de contato, foram realizados testes do bran-

co, utilizando a solução de iodeto de potássio. Para garantir uma maior precisão dos dados, foi utilizado o iodo no teste do branco, conforme Standard Method (1985).

O método colorimétrico sofre a ação de dois tipos de interferentes: o cloro e o manganês. Como a água bruta natural foi coletada anteriormente à qualquer adição de produtos químicos, o controle foi efetuado somente para o manganês, já que a água do rio Piracicaba possuía concentrações expressivas deste componente, utilizando-se a solução de glicina, conforme recomendação do Standard Methods (1989).

O procedimento de coleta individual foi o mesmo da fase preliminar, onde acrescentou-se um frasco de amostra contendo 0,1 ml de reagente glicina. A coleta foi efetuada imediatamente após o término da ozonização. A tomada da amostra no frasco contendo glicina só foi possível de ser realizada em um único ponto de coleta, devido a grande dificuldade de se obter este produto químico e pela pequena quantidade disponível.

O local de coleta adotado para o frasco com glicina, foi aquele situado no ponto mais baixo da câmara, logo acima da placa difusora. Os estudos da literatura disponível e a realização de ensaios anteriores mostraram ser este, o local com maior concentração de gás ozônio.

As leituras das amostras seguiram a metodologia do método colorimétrico, com a utilização do espectrofotômetro e da célula de 30 mm para checagem das leituras efetuadas na célula de 10 mm.

Em todos os ensaios realizados, o espectrofotômetro foi zerado com a água deionizada (sem o indigo). O mesmo cálculo da variação entre a leitura do branco e da amostra de água pré-ozonizada (Δ absorção), foi realizado para a amostra contendo água deionizada com indigo e para a amostra contendo água deionizada com indigo e glicina.

4.7.2.2 - Ensaios de Coagulação - Floculação

Para cada condição de tempo de contato e concentração de ozônio foram realizados ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, para a água bruta natural e a pré-ozonizada, utilizando os pares de valores selecionados na primeira etapa da pesquisa, a partir do diagrama de eficiência de coagulação. O procedimento foi otimizado de maneira a se obter, simultaneamente, tempos de floculação e sedimentação variáveis, com a finalidade de se estudar o comportamento da água pré-ozonizada em relação à água bruta natural.

Em cada ensaio, foi utilizada a mesma dosagem de sulfato de alumínio e respectivo pH de coagulação nos seis reatores e adotados os parâmetros contidos na Tabela 4.4, do item 4.6.3.2.

A metodologia empregada para a realização dos ensaios da terceira fase foi a seguinte:

(i) Coagulante Primário: Sulfato de Alumínio

(ii) Mistura Rápida:

$$G = 100 \text{ s}^{-1};$$

$$t = 3 \text{ min};$$

(iii) Floculação:

$$G = 20 \text{ s}^{-1};$$

$$t_f: 5; 10; 15; 20; 25; 30 \text{ min};$$

(iv) Sedimentação:

$$V_s: 7,0; 3,5; 2,0; 1,0 \text{ cm/min.}$$

Foram determinadas as eficiências de remoção da cor aparente e de turbidez para diferentes velocidades de sedimentação para a água bruta natural e água bruta pré-ozonizada.

4.7.2.2.1 - Ensaios de Coagulação - Floculação para a Água Bruta Natural

Na realização de cada ensaio de coagulação, floculação e sedimentação com a dosagem de coagulante e pH de coagulação desejados (pares ótimos obtidos na primeira fase), foi coletado um volume de água bruta reservada, imediatamente após a homogeneização. Simultaneamente, foram coletadas amostras para determinação de pH, cor aparente, turbidez, alcalinidade, dureza, condutividade, metais traços e análise bacteriológica, para posteriormente comparar-se com os resultados obtidos com a água bruta pré-ozonizada e avaliar a eficiência da ozonização.

Antes de cada ensaio, a temperatura da água foi corrigida para $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$, semelhante ao procedimento realizado na primeira fase experimental. Com o decorrer do tempo, o pH da água bruta natural reservada foi se alterando, e foram necessários a realização de ensaios preliminares para determinação da quantidade de acidulante ou alcalinizante para se obter o pH de coagulação desejado, para o par ótimo selecionado.

Foram colocados dois litros de água bruta natural em cada reator e adicionado o volume pré-determinado de acidulante ou alcalinizante. Mantendo a mistura rápida com gradiente de 100 s^{-1} , foi adicionado, simultaneamente, o coagulante em todos os reatores. Imediatamente após o início da mistura rápida, foram coletadas amostras de água em todos os reatores e medidos os valores do pH de coagulação, turbidez e cor aparente. Depois de 3 minutos de mistura rápida, o gradiente de velocidade foi reduzido gradualmente até 20 s^{-1} e após o tempo de floculação pré-determinado em cada reator, foram coletadas amostras em quatro tempos diferentes, correspondentes as velocidades de sedimentação. Para cada amostra coletada, foram efetuadas as leituras de pH de coagulação, turbidez e cor aparente e, determinadas as porcentagens remanescentes em

função dos valores da água bruta natural.

Por motivos econômicos, não foi possível a análise dos metais traços para os seis diferentes tempos de floculação de cada ensaio, tendo como opção apenas a coleta de uma única amostra, que foi escolhida para o tempo de floculação de trinta minutos, logo após o término da coleta da amostra da última velocidade de sedimentação (0,8 cm/min.). A amostra era filtrada em filtro de millipore e preservada com 0,2 ml de ácido nítrico (P.A.). Desta maneira, para cada ensaio de coagulação, floculação e sedimentação, foi realizada a análise de metais traços de apenas uma amostra de água decantada.

4.7.2.2.2 - Ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação para a Água Bruta Pré-Ozonizada

Após cada ensaio de pré-ozonização, foram coletados volumes suficientes da água bruta ozonizada nos vários pontos de tomadas da câmara de contato, representando desta maneira, uma uniformidade de toda a água contida na câmara, para a realização dos ensaios de coagulação-floculação, nas dosagens de coagulante e pH de coagulação pré-determinados.

Foram obedecidos os mesmos parâmetros para a operação do gerador de ozônio, para se obter o valor da produção, conforme o item 4.6.4.1.

Conforme resultados obtidos nos testes realizados na segunda fase experimental, a água bruta pré-ozonizada foi coletada para os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, num intervalo de tempo de 2 até 24 horas, após a aplicação do ozônio na câmara de contato, período este em que características da água não sofreram grandes alterações. Foram realizadas as análises de pH, turbidez, cor aparente, alcalinidade, dureza, condutividade, metais traços e bacteriológicas, para comparação dos resultados destas medidas com os da água bruta natural.

A metodologia de preparação da água antes da realização dos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, com correção da temperatura e verificação da necessidade de se adicionar alcalinizante ou acidulante para a obtenção do pH de coagulação era semelhante ao citado no item 4.7.2.2.1, bem como o método dos ensaios de coagulação-floculação e de coleta de amostras nos diferentes tempos de sedimentação e do sobrenadante.

Nesta etapa coletou-se apenas uma amostra de água ozonizada decantada, para determinação da presença de ferro e manganês, para cada par (dosagem de coagulante e pH de coagulação ótimo), no tempo de floculação de trinta minutos, à cada diferente tempo de ozonização aplicado. Os resultados obtidos foram posteriormente comparados com aqueles dos ensaios realizados com a água bruta natural.

Com os resultados das leituras de cor aparente e turbidez e, em função dos valores obtidos para a água bruta natural, foram determinados os valores remanescentes, que foram comparados com os obtidos nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação da água bruta natural.

5. RESULTADOS

Inicialmente, foram determinadas as características da água bruta armazenada para estudos, cujos valores são mostrados na Tabela 5.1, para a realização da primeira e terceira fase experimental.

TABELA 5.1 - Características da Água Bruta na data de coleta

Turbidez	(UT)	11,0
Cor Aparente	(mg/l Pt-Co)	90,0
pH		7,3
Alcalinidade	(mg CaCO_3 /l)	32,0
Dureza	(mg CaCO_3 /l)	32,0
Condutância Específica	($\mu\text{mho/cm}$)	187,6

5.1 - Primeira Fase Experimental

Nas Tabelas de número A.1 a A.34, presentes no apêndice A, "Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimen-

tação, da Água Bruta de Estudo", são apresentados os valores dos parâmetros dos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, como tempo de detenção (T) e gradiente de velocidade (G) na fase de mistura rápida e floculação, e velocidade de sedimentação; os valores em porcentagem remanescentes da turbidez e cor aparente, ficaram em função dos valores obtidos para a água bruta (Tabela 5.1); podem ser identificados os valores de pH, os corrigidos antes do ensaio, e os obtidos para a coagulação; e a dosagem de coagulante aplicado em cada reator. Nessas tabelas também são apresentadas as características da água bruta, determinadas antes de cada ensaio.

Com os valores obtidos nas Tabelas de A.1 a A.34 foram construídos os diagramas de eficiência de coagulação, floculação e sedimentação, para turbidez e cor remanescentes, respectivamente, apresentados nas Figuras B.1 e B.2, presentes no apêndice B: "Diagramas de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação, em função do Coagulante Sulfato de Alumínio".

A partir dos diagramas de eficiência de Turbidez e de cor aparente remanescentes, foram selecionados seis pontos considerados representativos (em ambos os diagramas), para ensaios de pré-ozonização, e de coagulação, floculação e sedimentação a serem usados na terceira fase experimental. Esses pontos são apresentados na Tabela 5.2, através dos pares ótimos de dosagem de coagulante versus pH de coagulação.

TABELA 5.2 - Pontos ótimos, obtidos a partir do Diagrama de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação.

pH _c	5,4	6,7	7,1	5,4	7,5	4,7
DOSAGEM DE COAGULANTE (mg/l)	20,0	22,5	35,0	45,0	60,0	70,0

5.2 - Segunda Fase Experimental

5.2.1 - Estudo do desempenho da Ozonização através de ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação.

Nesta fase, a câmara de contato foi operada em regime de batelada, e em fluxo contínuo, e valores de produção foram variáveis, a Tabela 5.3, presente no apêndice C: "Segunda Fase Experimental - Estudo do Comportamento da Água Ozonizada através de ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para valores de Produção Variável, com a Câmara de Contato operando em Batelada e em Fluxo Contínuo", resume a série de ensaios efetuados.

TABELA 5.3 - Estudo do Comportamento da Água Ozonizada através de ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação (C.F.S.), para valor de Produção Variável, com a Câmara de Contato operando em Batelada e Fluxo Contínuo.

CÂMARA DE CONTATO	ENSAIOS DE C. F. S. PARA ÁGUA BRUTA NATURAL	ENSAIOS DE OZONIZAÇÃO	ENSAIOS DE C. F. S. PARA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA
BATELADA	C.1	C.2	C.3 a C.5
	C.6	C.7	C.8
	C.9	C.10	C.11 a C.14
	C.15	C.16	C.17 a C.18
FLUXO CONTÍNUO	C.19	C.20	C.21
	C.22	C.23	C.24
	C.25	C.26	C.27
	C.28	C.29	C.30

TABELA 5.3 - Estudo do Comportamento da Água Ozonizada através de ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação (C.F.S.), para valor de Produção Variável, com a Câmara de Contato operando em Batelada e Fluxo Contínuo. (continuação)

CÂMARA DE CONTATO	ENSAIOS DE C. F. S. PARA ÁGUA BRUTA NATURAL	ENSAIOS DE OZONIZAÇÃO	ENSAIOS DE C. F. S. PARA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA
FLUXO	C. 31	C. 32	C. 33
CONTÍNUO	C. 34	C. 35	C. 36
BATELADA	C. 37	C. 38	C. 39

A Tabela 5.3 contém um resumo dos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, para a águas brutas, natural e pré-ozonizada. As Tabelas 5.4 até a Tabela C.18, são semelhantes às da primeira fase experimental, excetuando-se, na fase de floculação, onde o tempo de detenção passou a ser variável, numa faixa compreendida entre 5 a 30 minutos.

A partir da Tabela C.19 até a C.39, nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, essas mesmas tabelas foram modificadas, tendo sido efetuadas leituras de turbidez e cor aparente para quatro velocidades de sedimentação (6,7, 3,1, 1,6 e 0.8cm/s).

Nas Tabelas C.2, C.7, C.10, C.16, C.20, C.23, C.26, C.29, C.32, C.35 e C.38, são apresentados os valores obtidos dos parâmetros dos ensaios de ozonização. Nessas tabelas, são apresentados, valores de produção e de concentração de ozônio, dosagem e tempo de aplicação, assim como, monitoramento dos parâmetros de controle do gerador de ozônio, das condições de operação da câmara de contato, e da determinação do residual de ozônio, na coluna de ex-

cesso.

5.2.2 - Determinação do Residual de Ozônio, através do Método Iodométrico, com Produção Fixo para cada Ensaio, e Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato, Variável

Na Tabela 5.4 são apresentados um resumo do estudo do residual do ozônio na água, pelo método iodométrico, para valor de produção adotado para cada ensaio, e tempo de aplicação, na câmara de contato, variável.

Nas Tabelas de número C.40 a C.43, são apresentadas as determinações do teor residual de ozônio na água, pelo método iodométrico. Essas tabelas contém os parâmetros de produção, tempo de aplicação do gás, para a câmara de contato em batelada, da coluna de excesso, assim como, as características da água bruta natural.

As Tabelas de número C.44 a C.47 são semelhantes às de número C.40 a C.43, com as seguintes alterações: passou de um para três o número de pontos de coletas de amostras e respectivos residuais de ozônio na água; coleta de amostras, em intervalos distintos, sendo a primeira, a coleta imediata. Nessas tabelas, passou-se a ter um único valor de dosagem de ozônio aplicado na câmara de contato.

TABELA 5.4 - Estudo do Residual do Ozônio na Água, pelo Método Iodométrico, para valor de Produção Adotado para cada ensaio, e Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato, Variável.

CÂMARA DE CONTATO	DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA, MÉTODO IODOMÉTRICO
BATELADA	C. 40 a C. 43
	C. 44 a C. 47

5.2.3 - Determinação do Residual de Ozônio, através do Método Iodométrico, com Produção Constante, e Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato, Variável.

A Tabela C.48, presente no apêndice C: "Segunda Fase Experimental - Estudo do Residual do Ozônio na Água, pelo Método Iodométrico, para valor de Produção Constante, e Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato, Variável", é semelhante à Tabela de número C.2, do item 5.2.1, quanto aos parâmetros de controle de ozonização. Os valores adotados para os ensaios de ozonização se mantiveram constantes, isto é, o mesmo tempo de aplicação e a mesma dosagem de ozônio, quando da realização dos ensaios, que foram reportados nas tabelas de números C.49 a C.54.

Nas Tabelas de número C.49 a C.54, são apresentadas as características das águas brutas, natural e ozonizada, para cada ensaio de ozonização e cada ponto de coleta de amostras (torneiras 1, 2 e 3). Nessas tabelas também são apresentados os tempos de coletas de amostras e seus respectivos residuais de ozônio na água.

TABELA 5.5 - Estudo do Residual do Ozônio na Água, pelo Método Iodométrico, para valor de Produção Constante, e Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato, Variável.

CÂMARA DE CONTATO	ENSAIOS DE OZONIZAÇÃO	RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA MÉTODO IODOMÉTRICO
BATELADA	C. 48	C. 49 a C. 54

5.2.4 - Determinação do Residual de Ozônio, através do Método Colorimétrico, com Produção Constante, e para um determinado Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato.

A Tabela C.55, presente no apêndice C: "Segunda Fase Experimental - Estudo do Residual do Ozônio na Água, pelo Método Colorimétrico, para valor de Produção Constante, e Tempo Determinado de Aplicação de Ozônio, na Câmara de Contato", é semelhante à Tabela de número C.2, do item 5.2.1, quanto aos parâmetros de controle de ozonização. Foram mantidos constantes, os valores adotados para esses ensaios de ozonização, quando da realização da determinação de residuais de ozônio na água, reportados nas Tabelas de números C.56 a C.60.

A Tabela 5.6, apresenta os ensaios realizados a uma produção constante, e igual a 10,36g/h. Nas Tabelas de número C.56 a C.60 foram feitas as determinações de residual na água, através do método colorimétrico (Índigo trissulfonato de sódio). Nessas tabelas, são apresentadas as características das águas brutas, natural e ozonizada e a concentração média do residual para amostras compostas e individuais, através de leitura em espectrofotômetro, com célula de caminho ótico de 10mm, através da determinação dos valores de absorvância das amostras, coletadas em cinco pontos diferentes, definidos na coluna de contato. Os tempos de aplicação de ozônio, usados nas Tabelas de números C.56, C.57, C.58, C.59 e C.60, foram respectivamente de, 10, 5, 10, 5 e 15 minutos.

A Tabela C.61, é semelhante, às tabelas de números C.56 a C.60. Porém, os resultados encontrados nessa tabela, são somente para coleta de amostras individuais, e leituras no espectrofotômetro, com células de caminhos óticos de 10 e 30mm, assim como, a coleta de uma única amostra onde foi adicionada a substância química glicina.

TABELA 5.6 - Estudo do Residual do Ozônio na Água, pelo Método Colorimétrico, para valor de Produção Constante, e determinado Tempo de Aplicação, na Câmara de Contato.

CÂMARA DE CONTATO	ENSAIOS DE OZONIZAÇÃO	RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA MÉTODO COLORIMÉTRICO
BATELADA	C. 55	C. 56 a C. 61

5.3 - Terceira Fase Experimental

A Tabela 5.7, contém um resumo dos ensaios realizados na terceira fase experimental, presentes no apêndice D: "Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para as Águas Brutas, Natural e Pré-Ozonizadas". Nesta fase foram realizados ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, tanto para as águas brutas natural como para as pré-ozonizadas. Nessa fase experimental, são apresentados os resultados dos ensaios de ozonização, com a câmara de contato operando em batelada, assim como, das determinações de metais, ferro e manganês, e ensaios bacteriológicos.

TABELA 5.7 - Ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para as Águas Brutas, Natural e Pré-ozonizada, e Ensaios de Ozonização. Determinação de Ferro, Manganês e, Ensaios Bacteriológicos.

CÂMARA DE CONTATO	ENSAIOS DE C. F. S. PARA ÁGUA BRUTA NATURAL	ENSAIOS DE OZONIZAÇÃO	ENSAIOS DE C. F. S. PARA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA
BATELADA	D.1 a D.6		
		D.7	D.8 a D.13
		D.14	D.15 a D.20
		D.21	D.22 a D.27
		D.28	D.29 a D.34
DETERMINAÇÕES			
FERRO E MANGANÊS		ENSAIOS BACTERIOLÓGICOS	
D.35		D.36	

5.3.1 - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO, PARA A ÁGUA BRUTA NATURAL.

As tabelas de números D.1 a D.6, presentes no apêndice D: "Ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para a Água Bruta Natural", contém os valores obtidos dos parâmetros de ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, como os tempos de detenção (T) e os gradientes de velocidade (G) nas fases de mistura rápida e floculação, e as velocidades de sedimentação; os valores em porcentagem remanescentes da turbidez e cor aparente, em função dos valores obtidos para a água bruta; foram também identificados, os valores de pH de coagulação; assim como a dosagem de sulfato de alumínio. Nessas tabelas também

são apresentadas as características da água bruta, determinadas antes de cada ensaio.

A Tabela 5.8, apresenta as figuras sobre o comportamento dos valores remanescentes de turbidez e cor aparente, presente do apêndice D: "Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades de Sedimentação, para as Condições Especificadas". Os valores remanescentes, dessas figuras, foram calculados em função da turbidez e cor aparentes, obtidos para a água bruta natural.

TABELA 5.8 - Figuras das Curvas Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em Porcentagem, em Função do Tempo de Floculação e das Velocidades de Sedimentação, para as Condições Especificadas, para a Água Bruta Natural.

ENSAIOS DE C. F. S.	FIGURAS	
	TURBIDEZ REMANESCENTE	COR APARENTE REMANESCENTE
D.1	D.1.1	D.1.2
D.2	D.2.1	D.2.2
D.3	D.3.1	D.3.2
D.4	D.4.1	D.4.2
D.5	D.5.1	D.5.2
D.6	D.6.1	D.6.2

5.3.1 - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO, PARA AS ÁGUAS BRUTAS PRÉ-OZONIZADAS.

Nas Tabelas de números G.7, G.14, G.21 e G.28, apresentadas no apêndice D: "Ensaio de Ozonização, Determinação dos Residuais de Ozônio, e Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para as Águas Brutas Pré-ozonizadas", são apresentados os parâmetros de controle do gerador de ozônio, assim como, os valores obtidos para a

produção, e dosagem aplicada na câmara de contato. Nessa mesma tabela, são apresentadas os valores obtidos na determinação da concentração média do residual de ozônio, obtidos pelo método colorimétrico (indigo trissulfonato). A Tabela 5.9, apresenta um resumo dos valores obtidos nessas tabelas.

TABELA 5.9 - Resumo das Tabelas contendo as Condições de Operação de Ozonização, e os valores das concentrações médias, dos residuais de Ozônio na Água, à Produção Constante, apresentadas no Apêndice D.

TABELA	OZÔNIO APLICADO		RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA	
	TEMPO (min)	DOSAGEM (mg O_3 / l)	COMPRIM. DA CÉLULA (mm)	CONCENTRAÇÃO MÉDIA (mg O_3 / l)
G. 7	5	4,07	10	0,157
			30	0,293
G. 14	7,5	5,91	10	0,288
			30	0,295
G. 21	10	7,92	10	0,422
			30	0,414
G. 28	15	13,05	10	0,394
			30	0,397

As tabelas referentes aos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação das águas brutas pré-ozonizadas, apresentadas na Tabela 5.7, são semelhantes às das Tabelas de número D.1 a D.6, do item 5.3.1, as Tabelas de D.8 a D.13, de D.9 a D.20, de D.22 a D.27 e de D.29 a D.34, são ensaios realizados para tempos de aplicação de ozônio, respectivamente, de 5, 7,5, 10 e 15 minutos. Nessas tabelas também são apresentadas as características das águas brutas, natural e pré-ozonizadas.

A Tabela 5.10, apresenta as figuras sobre o comportamento dos remanescentes de turbidez e cor aparente, presente no apêndice D: "Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em porcentagem, em Função do Tempo

de Floculação, e das Velocidades de Sedimentação, para as Condições Especificadas". Os valores remanescentes, dessas figuras, foram calculados em função da turbidez e cor aparentes, obtidos para a água bruta natural.

TABELA 5.10 - Figuras das Curvas Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em Porcentagem, para Dosagem de Sulfato de Alumínio especificada, em Função do Tempo de Floculação, para a Água Bruta Natural.

ENSAIOS DE C. F. S.	FIGURAS	
	TURBIDEZ REMANESCENTE	COR APARENTE REMANESCENTE
D. 8	D. 8.1	D. 8.2
D. 9	D. 9.1	D. 9.2
D. 10	D. 10.1	D. 10.2
D. 11	D. 11.1	D. 11.2
D. 12	D. 12.1	D. 12.2
D. 13	D. 13.1	D. 13.2
D. 15	D. 15.1	D. 15.2
D. 16	D. 16.1	D. 16.2
D. 17	D. 17.1	D. 17.2
D. 18	D. 18.1	D. 18.2
D. 19	D. 19.1	D. 19.2
D. 20	D. 20.1	D. 20.2
D. 22	D. 22.1	D. 22.2
D. 23	D. 23.1	D. 23.2
D. 24	D. 24.1	D. 24.2
D. 25	D. 25.1	D. 25.2
D. 26	D. 26.1	D. 26.2
D. 27	D. 27.1	D. 27.2
D. 29	D. 29.1	D. 29.2
D. 30	D. 30.1	D. 30.2
D. 31	D. 31.1	D. 31.2
D. 32	D. 32.1	D. 32.2
D. 33	D. 33.1	D. 33.2
D. 34	D. 34.1	D. 34.2

Na Tabela D. 35, presente no apêndice D: "Determinações da Concentração de Ferro e de Manganês, para as Águas Brutas, Natural e Pré-ozonizadas", são apresentados os valores da concentração desses metais, para as águas

brutas, natural pré-ozonizadas, assim como, para os valores das amostras coletadas em todos os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, desta fase experimental, para tempo de floculação de 30 minutos e velocidade de sedimentação de 0,8 cm/min. As concentrações de manganês, mantiveram-se menor que 0,02mg/l, exceto, para tempo de ozonização de 15 minutos, onde essas concentrações foram de 0,10mg/l, para valores de dosagens de coagulante de 20, 45 e 70mg/l, com respectivo pH de coagulação, de 8,20, 5,31 e 4,74. As concentrações de Ferro nas águas brutas naturais ficaram no intervalo de 0,05 a 0,10mg/l, já para as ozonizadas, esse intervalo ficou entre 0,10 a 0,20mg/l. A Tabela 5.11, apresenta um resumo das amostras coletadas nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, que obtiveram concentração de ferro iguais ou acima de 0,02mg/l.

TABELA 5.11 - Concentrações de Ferro, obtidos nos ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para as Condições Especificadas, com valores iguais ou acima de 0,02mg/l.

TEMPO DE OZONIZAÇÃO (min)	DOSAGEM COAGULANTE (mg/l)	CONCENTRAÇÃO DE FERRO (mg/l)
7,5	20	0,08
	22,5	0,05
	35	0,04
	45	0,04
	60	0,03
	70	0,04
15	20	0,10
	22,5	0,02
	45	0,03
	70	0,03

Os resultados dos exames bacteriológicos, encontram-se na Tabela D.36, presente no apêndice D: "Exames Bacteriológicos", para amostras da água bruta natural e da

água pré-ozonizada coletadas, respectivamente, imediatamente antes e após cada ensaio de ozonização. A redução percentual de coliformes totais, foram de 96,25, 98,23, 99,82 e 99,98%, respectivamente, para os ensaios com tempos de aplicação de ozônio de 5, 7,5, 10 e 15 minutos.

A partir dos dados obtidos nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação da terceira fase experimental, foram geradas novas tabelas em função da velocidade de sedimentação, e do par de valores, dosagem de sulfato de alumínio e pH de coagulação. Nessas tabelas podem ser obtidos os valores remanescentes de turbidez e cor aparente, identificando-se o tempo de floculação e de ozonização, bem como, a tabela de origem desses valores. Essas Tabelas encontram-se no apêndice E: "Valores Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades de Sedimentação".

A Tabela 5.12, apresenta as figuras sobre o comportamento dos remanescentes de turbidez e cor aparente, presente do apêndice E: "Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades de Sedimentação, para as Condições Especificadas". Os valores remanescentes, dessas figuras, foram calculados em função da turbidez e cor aparentes, obtidos para a água bruta natural.

TABELA 5.12 - Figuras das Curvas Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em Porcentagem, em Função do Tempo de Floculação e das Velocidades de Sedimentação, para as Condições Especificadas.

TABELAS	FIGURAS	
	TURBIDEZ REMANESCENTE	COR APARENTE REMANESCENTE
E.1	E.1.1	E.1.2
E.2	E.2.1	E.2.2
E.3	E.3.1	E.3.2
E.4	E.4.1	E.4.2

TABELA 5.12 - Figuras das Curvas Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente, em Porcentagem, em Função do Tempo de Floculação e das Velocidades de Sedimentação, para as Condições Especificadas. (continuação)

TABELAS	FIGURAS	
	TURBIDEZ REMANESCENTE	COR APARENTE REMANESCENTE
E. 5	E. 5.1	E. 5.2
E. 6	E. 6.1	E. 6.2
E. 7	E. 7.1	E. 7.2
E. 8	E. 8.1	E. 8.2
E. 9	E. 9.1	E. 9.2
E. 10	E. 10.1	E. 10.2
E. 11	E. 11.1	E. 11.2
E. 12	E. 12.1	E. 12.2
E. 13	E. 13.1	E. 13.2
E. 14	E. 14.1	E. 14.2
E. 15	E. 15.1	E. 15.2
E. 16	E. 16.1	E. 16.2
E. 17	E. 17.1	E. 17.2
E. 18	E. 18.1	E. 18.2
E. 19	E. 19.1	E. 19.2
E. 20	E. 20.1	E. 20.2
E. 21	E. 21.1	E. 21.2
E. 22	E. 22.1	E. 22.2
E. 23	E. 23.1	E. 23.2
E. 24	E. 24.1	E. 24.2

6. DISCUSSÃO

6.1 - Primeira Fase Experimental

A primeira fase experimental foi desenvolvida de modo a se obter os diagramas de eficiência de coagulação, floculação e sedimentação para a água bruta natural, coletada na entrada da calha Parshall, sem a aplicação de qualquer substância química como pré-tratamento, e armazenada em reservatórios devidamente fechados. Esse procedimento foi realizado, para que se pudesse, posteriormente, utilizar os dados dessa etapa, na terceira fase experimental, com o emprego da água bruta pré-ozonizada.

Foi adotado no aparelho utilizado para a realização dos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, na fase de mistura rápida, um gradiente de 100 s^{-1} , para um tempo de detenção de três minutos, resultando no valor do número de Camp (C) aplicado, da ordem de 18000. De acordo com Amirtharajah et al (1986) e Letterman et al. (1973), esse valor se encontra dentro dos parâmetros adotados para misturadores rápidos mecanizados.

Para a floculação, foram adotados valores de gradiente de velocidade e de tempo de detenção, respectivamente, iguais a 20 s^{-1} e 30 min, semelhantes aos ótimos indicados por Di Bernardo et al. (1987). A velocidade de

sedimentação para essa fase foi constante e igual a 1,0 cm/min, esse valor é indicado por Di Bernardo e Mendes (1989), como sendo de valor próximo do desejável para água bruta com as características semelhantes a utilizada.

6.1.1 - Diagrama de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para Turbidez Remanescente

No diagrama de eficiência de coagulação, floculação e sedimentação, conforme a Figura B.1 presente no apêndice B: "Diagramas de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação, em função do Coagulante Sulfato de Alumínio", verificou-se que as curvas de turbidez remanescentes obtidas na região de adsorção-neutralização são semelhantes às obtidas por Amirtharajah e Mills (1982), Di Bernardo et al (1987). Os melhores valores de turbidez remanescentes encontrados, estão compreendidos na faixa de 11 a 20%, para dosagem de sulfato de alumínio entre 20 a 70mg/l, com o pH de coagulação em torno de 4,1 a 5,5.

A região de restabilização encontrada ficou deslocada mais à direita, quando comparada com as obtidas por Amirtharajah e Mills (1982), e Di Bernardo et al (1987). Os valores de turbidez remanescentes foram superiores a 35%, para pH de coagulação entre 4,5 e 6,8, e a dosagem de coagulante entre 20 a 90 mg/l.

Na região da varredura, os resultados de turbidez remanescente obtidos nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, ficaram na mesma faixa de valores mencionados por Amirtharajah e Mills (1982) e Di Bernardo et al (1987). Os valores remanescentes (menor ou igual a 15%) encontrados para essa região estão compreendidos em três faixas de dosagens de coagulante: para valores entre 20 a 25 mg/l, entre 32 a 38 mg/l e de 55 a 65 mg/l, e respectivamente, com valores do pH de coagulação nos intervalos de 6,5 a 7,2; de 6,8 a 7,5 e finalmente entre 7,3 a 7,7.

6.1.2 - Diagrama de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para Cor Aparente Remanescente

Para a cor aparente remanescente, foi obtido o diagrama de eficiência, conforme é mostrado na Figura B.2, presente no apêndice B: "Diagramas de Eficiência de Coagulação, Floculação e Sedimentação, em função do Coagulante Sulfato de Alumínio", onde foi verificado uma semelhança no traçado das curvas de remanescentes, na região de adsorção-neutralização, com as obtidas por Amirtharajah e Mills (1982), Edwards e Amirtharajah (1985) e Di Bernardo et al (1987). Foram encontradas duas faixas de dosagem de sulfato de alumínio, cujos remanescentes de cor aparente resultaram-se em valores menores que 20%, de 55 a 78 mg/l, e de 38 a 56 mg/l, respectivamente, para valores de pH de coagulação nas faixas, de 4,3 a 4,8, e de 5,0 a 5,7.

Na região da varredura, os resultados de cor aparente remanescente obtidos nos ensaios encontram-se na faixa de valores citados por Amirtharajah e Mills (1982), Edwards e Amirtharajah (1985) e Di Bernardo et al (1987). Os resultados encontrados para os remanescentes de cor aparente, com porcentagem inferiores a 20%, ficaram compreendidos em dois intervalos distintos de dosagens de coagulante, de 20 a 28 mg/l e de 28 a 43 mg/l, respectivamente, para valores de pH de coagulação nas faixas de 6,5 a 6,9 e de 6,7 a 7,4.

6.1.3 - Pontos Representativos nos Diagramas de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para Turbidez e Cor Aparente Remanescentes

Após um estudo detalhado dos dois diagramas de eficiência de coagulação, floculação e sedimentação (Figuras B.1 e B.2), para turbidez e cor aparente remanescentes, foram adotados seis pares representativos (dosagem de

sulfato de alumínio e pH de coagulação) das curvas que apresentaram as maiores remoções nas regiões de adsorção-neutralização ($D_c=20\text{mg/l}$ e $pH_c=5,4$; $D_c=45\text{mg/l}$ e $pH_c=5,4$; $D_c=70\text{mg/l}$ e $pH_c=4,7$) e de varredura ($D_c=22,5\text{mg/l}$ e $pH_c=6,7$; $D_c=35\text{mg/l}$ e $pH_c=7,1$; $D_c=60\text{mg/l}$ e $pH_c=7,5$).

6.2 - Segunda Fase Experimental

A segunda fase experimental envolveu varias etapas, como o estudo da produção de ozônio, o comportamento da água bruta pré-ozonizada através dos ensaios de coagulação-floculação, presentes nas tabelas do apêndice C: "Ensaio Preliminares de Ozonização, e Estudo do Comportamento da Água Pré-ozonizada, através de Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação".

Na primeira etapa nos estudos de produção de ozônio, através de ensaios de coagulação-floculação, as Tabelas de C.1 a C.18, presentes no apêndice C: "Ensaio de Coagulação e Sedimentação, para Tempo de Floculação e Velocidade de Sedimentação Constantes", a análise dos valores obtidos nesses ensaios, para os remanescentes de turbidez e cor aparente, demonstrou não existir alterações significativas, desses parâmetros, até vinte e quatro horas após a realização da pré-ozonização, para varias dosagens de ozônio aplicado.

As variação das dosagens de sulfato de alumínio, com a câmara de contato funcionando em batelada, como por exemplo para os ensaios de C.3 a C.5, onde a turbidez e cor aparente remanescentes com coleta imediata e até 20 horas após a pré-ozonização, não sofreram alterações significativas para tempo de floculação (t_f) de 5 a 25 minutos (4,5 a 5,5 u.t. e 10 mg/l de Pt-Co, respectivamente para turbidez e cor aparente para valor de $t_f = 25\text{min}$).

Nos ensaios de C.11 a C.14, vieram a comprovar que para para dosagens de sulfato de alumínio entre 30 a 40 mg/l, com pH de coagulação de 6,4 a 6,7, a turbidez e

cor remanescentes também não sofreram alterações significativas. Para o ensaio com 25 horas após a ozonização, para tempos de floculação de 15 a 30 minutos, pode-se notar pequenas alterações no comportamento dos parâmetros, turbidez e cor aparente.

As Tabelas C.19 até a C.36, presentes no apêndice C: "Ensaios de Coagulação, Floculação e Sedimentação, para Tempos de Floculação e Velocidades de Sedimentação Variáveis", onde houve coleta de amostras para tempo de floculação de 5 a 30min, para as velocidades de sedimentação de 6,7 a 0,8cm/min, baseados em trabalhos de Di Bernardo et al (1987) e Di Bernardo e Mendes (1989), pode-se avaliar os resultados de remoção de turbidez e cor aparente, para variações de dosagem de sulfato de alumínio entre 32,6 a 48,5mg/l. Com a câmara de contato operando em fluxo contínuo, para os tempos de detenção da água de 7,5 e 13 min. e de aplicação de ozônio de 20 minutos. Nesses ensaios para tempo de floculação acima de 15 minutos e velocidade de sedimentação de 1,6 e 0,8 cm/min, foram obtidos remoções na faixa de 80 a 92% para turbidez e de 86 a 98% para a cor aparente.

Para os ensaios contidos nas Tabelas de C.19 a C.36, nos ensaios de pré-ozonização houve variações na produção do gás e a concentração de ozônio variou de 0,92 a 5,40 mg O_3 /l. Os valores obtidos nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, comparados com os valores obtidos nos ensaios para a água bruta natural, as águas pré-ozonizadas apresentaram valores de remoção próximos ao da água bruta natural (para os parâmetros de controle, turbidez e cor aparente). Para dosagens de sulfato de alumínio entre 32,6 a 48,5 mg/l e pH_c acima de 6,0, segundo Amirthrajah (1989), Amirtharajah (1987), Di Bernardo (1990) e Di Bernardo et al (1987), a coagulação se dá na região de varredura, e de acordo com Richard (1988), dependendo da dosagem de ozônio aplicada pode ter ocorrido uma microfloculação o que poderia ter dificultado a sedi-

mentabilidade dos flocos.

Para os ensaios de pré-ozonização, com a câmara de contato operando em batelada (Tabela C.38), para tempo de aplicação de 10 minutos e concentração de ozônio de $4,88 \text{ mgO}_3/\text{l}$, os ensaios de coagulação-floculação (Tabelas C.37 e C.39), são semelhantes aos ensaios realizados para a câmara operada em fluxo contínuo (Tabelas C.19 a C.36), com a dosagem de sulfato de alumínio de $34,0 \text{ mg/l}$ e pH_c entre 6,4 a 6,6. Os valores de remoção obtidos para a água bruta natural foram maiores que os obtidos para a água pré-ozonizada (para os parâmetros de controle, turbidez e cor aparente), que de acordo Richard (1988) poderia ser devido a formação de micro flocos.

Para a determinação do residual de ozônio na água, pelo método iodométrico (frascos lavadores), depende-se da presença de outros oxidantes na água da amostra, e das impurezas contidas no ar comprimido injetado na amostra. Porém esses ensaios foram úteis para se obter uma ordem de grandeza de valores de residuais de ozônio na água quando se alterava os valores dos parâmetros de controle do aparelho de ozonização e o tempo de aplicação do gás na câmara de contato. Esse método foi utilizado nos ensaios que se encontram nas Tabelas C.40 a C.54, presentes no apêndice C.

Nas Tabelas C.40 a C.43, presentes no apêndice C: "Determinação do Residual de Ozônio na Água, através do Método Iodométrico, Produção de Gás Variável e um único ponto de Coleta de Amostras". Os dados obtidos observaram os resultados obtidos por Gürol (1985), sobre a transferência de massa de ozônio, onde esse coeficiente depende da geometria e das condições de operação da câmara de contato, neste caso, foi diretamente proporcional ao tempo de aplicação, e ao aumento da concentração de ozônio, através da alteração de parâmetros de controle, observando-se que a câmara de contato foi operada como reator estático.

Os dados obtidos nas Tabelas de números C.44 a

C. 47, presentes no apêndice C: "Determinação do Residual de Ozônio na Água, através do Método Iodométrico, com Três Pontos de Coleta de Amostras, para Produção Constante". Ficou demonstrado que o valor do residual de ozônio na água é decrescente ao longo da câmara de contato, ele é máximo próximo à placa difusora, e que após 20 minutos depois do término do ensaio, para o maior tempo de aplicação de ozônio (15min), e uma dosagem aplicada de 12,25 mg O_3 /l, foi obtido valor nulo para o residual de ozônio, no segundo ponto de coleta.

As Tabelas C. 49 a C. 54, presentes no apêndice C: "Determinação do Residual de Ozônio na Água, através do Método Iodométrico, com Produção Constante, até se obter Residual Nulo para cada Ponto de Coleta de Amostra". Esses ensaios também demonstraram que para uma mesma produção, tempo de aplicação de ozônio, o seu residual na água é decrescente ao longo da câmara de contato, e que somente para tempo de aplicação superior a 25 minutos pode-se obter valores de residuais para amostra coletada até 12min, no terceiro ponto de coleta. Os resultados obtidos nessas tabelas mostraram que as remoções de cor aparente são mais significativas do que para a turbidez e que para o tempo de aplicação de 25 minutos para os três pontos de coleta houve a melhor remoção da cor aparente. Nessas tabelas pode ser observado que quanto maior o tempo de aplicação (a produção é constante) há uma distribuição mais uniforme do gás em toda a câmara de contato, e que o residual de ozônio na coluna de excesso foi diretamente proporcional ao aumento do tempo de aplicação do gás.

As Tabelas C. 56 a C. 60, presentes no apêndice C: "Determinação do Residual de Ozônio na Água, através do Método Colorimétrico, com Produção Constante, com Coleta de Amostras Individuais e Compostas". apresentam os valores de residuais de ozônio na água, determinados pelo método colorimétrico, foi observado que apesar da modificação do método de determinação, e os valores dos residuais

obtidos menores, ficou confirmado que os valores são decrescentes ao longo da câmara e que houve uma distribuição mais homogênea do gás na câmara para tempo de aplicação acima de 10 minutos. Através desses ensaios foi adotado o sistema de coleta individual ao de amostras compostas, para não existir perdas de gás na manipulação de frascos de coletas. Nessas tabelas podem ser confirmadas o desempenho da pré-ozonização na remoção de cor aparente, que foi diretamente proporcional ao tempo de aplicação. A turbidez das águas brutas ozonizadas, em todos os ensaios, foram maiores que o obtido para as águas naturais.

A Tabela C.61, presente no mesmo anexo das Tabelas de números C.58 a C.60. Nessa tabela foi utilizada somente coleta de amostras individuais, com leitura dos residuais em Espectrofotômetro, com caminho ótico de 10 e 30mm. Esse procedimento foi utilizado em toda a terceira fase experimental para confirmação dos valores de residuais, conforme recomendação do "Standard Method" (1989) e pelo "International Ozone Association-Standardisation, Committee Europe" (1987).

6.3 - Terceira Fase Experimental

6.3.1 - Ensaios de Coagulação Floculação

Para o par de valores ($D_c = 20 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$), na região de adsorção neutralização, com relação à turbidez remanescente, pode ser verificado através das Tabelas E.1 a E.4 (correspondentes aos ensaios das Tabelas D.1, D.8, D.15, D.22 e D.29), que a pré-ozonização não provocou alterações significativas e as remoções foram proporcionais ao tempo de floculação (t_f) e à velocidade de sedimentação (V_s). Os melhores valores de remoção foram obtidos para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e $t_f = 30 \text{ min}$ (para as águas brutas natural e as pré-ozonizadas), conforme a Figura E.1.4. Através do gráfico da Figura E.1.1, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$,

notou-se que todas as águas pré-ozonizadas apresentaram maiores valores de remoção de turbidez, em função da formação de flocos maiores e mais densos, visualizados na realização dos ensaios. Para $V_g = 3,1$ cm/min, de acordo com a Figura E.2.1, houve maior remoção para as águas pré-ozonizadas até $t_f = 15$ min, com exceção da água pré-ozonizada 7,5 min. Para $V_g = 1,6$ e $0,8$ cm/min, Figuras E.3.1 e E.4.1, as curvas que apresentaram melhores desempenho de remoção de turbidez, foi a água bruta natural, seguida da pré-ozonizada com 15 min. Para essas V_g e para $t_f = 30$ min, essas águas apresentaram respectivamente, os seguintes valores de remoção 81 e 85% e de 85 e 73%.

As curvas de remoção de cor aparente, para $D_c = 20$ mg/l e $pH_c = 5,4$, mostradas nos gráficos das Figuras E.1.2 a E.4.2, obedeceram a um processo semelhante ao de turbidez, onde os valores foram proporcionais a t_f e V_g . No gráfico da Figura E.4.2, pode ser visualizado esse processo de remoção, e para $V_g = 0,8$ cm/min e $t_f = 30$ min, as águas pré-ozonizadas com 5 e 7,5 min apresentaram remoção de 78%, e as com tempo de aplicação de ozônio de 10 e 15 min, respectivamente de 83 e 89%. A água bruta natural, só apresentou maior remoção que as águas pré-ozonizadas para $V_g = 3,1$ e $1,6$ cm/min quando os valores de t_f foram superiores a 20 min, e para $V_g = 0,8$ cm/min valores de t_f acima de 10 min, quando esse parâmetro foi superior a 25 min a remoção foi máxima (94%).

Para o par de valores ($D_c = 22,5$ mg/l e $pH_c = 6,7$), na região de varredura, para a turbidez remanescente, pode ser verificado através das tabelas de E.5 a E.8 (dados dos ensaios correspondentes às Tabelas D.2, D.9, D.16, D.23 e D.30), que as remoções de turbidez foram proporcionais à V_g e ao t_f . Os gráficos das Figuras E.5.1 e E.6.1, para $V_g = 6,7$ e $3,1$ cm/min, pode ser observado que as águas pré-ozonizadas apresentaram curvas de remoção mais significativas que a água bruta natural, principalmente para as águas com tempos de aplicação de ozônio de 5 e 15 minutos.

Para a V_s de 1,6 cm/min (conforme Figura E.7.1), a água pré-ozonizada com 5 minutos apresenta a curva de maior remoção de turbidez, e seu valor é máximo para t_f a partir de 15min (62%). Com $V_s = 0,8$ cm/min (conforme Figura E.8.1), a água bruta natural e a pré-ozonizada com 5 minutos apresentaram as porcentagens mais significativas de remoção, e para $t_f = 30$ min, valores máximos de 75 e 80%, respectivamente.

De acordo com os gráficos das Figuras E.5.2 a E.8.2, para a $D_c = 22,5$ mg/l e $pH_c = 6,7$, a remoção de cor aparente foi proporcional ao t_f e V_s , com melhor desempenho para as águas pré-ozonizadas, que mostrou um predomínio da pré-ozonizada com 5 minutos, principalmente para V_s de 6,7 e 3,1 cm/min. Para $V_s = 1,6$ cm/min as águas pré-ozonizadas apresentam valores de remoção bem próximos e para valores de t_f acima de 25 minutos as águas com aplicação de ozônio de 5, 7,5min (78%) e 15 e 10min (72%). Para $V_s = 0,8$ cm/min, as águas pré-ozonizadas 5 e 10min, apresentam valor máximo de remoção de cor aparente (89%), respectivamente para valores de $t_f = 15$ e 25min.

Para o par $D_c = 35$ mg/l e $pH_c = 7,1$, na região de varredura, conforme as Tabelas E.9 a E.12 em função das velocidades de sedimentação (correspondendo ao dados dos ensaios das Tabelas D.3, D.10, D.17, D.24 e D.31), a remoção de turbidez foi proporcional à V_s e a t_f , resultando que os maiores valores de remoção foram obtidos, respectivamente, para 0,8 cm/min e 30 minutos (para as águas brutas, natural e pré-ozonizadas). Conforme os gráficos das Figuras E.9.1 e E.10.1 ($V_s = 6,7$ e 3,1 cm/min), foi observado que as águas pré-ozonizadas apresentaram valores de remoção mais significativos de turbidez, que para a água bruta natural, sendo que o melhor desempenho, para essas velocidades de sedimentação, foi da pré-ozonizada 5min, com valor de remoção máxima a partir de $t_f = 25$ (46%) e 15min (50%), respectivamente. Para $V_s = 1,6$ cm/min (Figura E.11.1), a água pré-ozonizada 5min apresenta a curva de

maior remoção de turbidez, e seu valor é máximo para $t_f = 15\text{min}$ (58%). O gráfico da Figura E.12.1 ($V_g = 0,8\text{cm/min}$), as águas pré-ozonizadas (5, 10 e 15min) apresentaram as curvas mais significativas de remoção, e para as águas (10 e 15min) maior valor de remoção para $t_f = 30\text{min}$ (73%).

Como pode ser observado nos gráficos das Figuras E.9.2 a E.12.2, a remoção de cor aparente para o par de valores ($D_c = 35\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$), as águas pré-ozonizadas não apresentaram remoções significativas em relação aos seus valores iniciais, embora tenham menores valores finais de remanescentes, em relação a água bruta natural. Para a água pré-ozonizada 7,5min (ver Figura E.9.2 a E.11.2) apresentou as curvas de menores valores de remanescentes, para valores de V_g iguais a 6,7; 3,1 e 1,6 cm/min, para t_f iguais, respectivamente, de 10, 15 e 15 minutos. Para $V_g = 0,8\text{cm/min}$, as águas pré-ozonizadas com 5 e 10min, apresentaram valores de remoção de cor aparente iguais (89%), a partir de $t_f = 20\text{min}$. Para $t_f = 30\text{min}$ também a água pré-ozonizada com 15min chegou com igual valor de remoção (89%), e as águas brutas, pré-ozonizada com 7,5min e natural, obtiveram respectivamente, 83 e 67%.

Para o par de valores, $D_c = 45\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$, na região de adsorção neutralização, conforme as Tabelas de números E.13 a E.16, em função das velocidades de sedimentação (correspondendo aos dados dos ensaios das Tabelas D.4, D.11, D.18, D.25 e D.32). Para essas condições, as águas pré-ozonizadas excetuando-se a de 10min, apresentaram menores valores de remanescentes iniciais ($t_f = 0$) em comparação à bruta natural. Para a $V_g = 6,7$ e $3,1\text{cm/min}$, a água pré-ozonizada com 10min, apresentou as curvas de maior remoção de turbidez, atingindo valor máximo (35 e 38%, respectivamente) para valor $t_f \geq 25\text{min}$. A curva de maior remoção, para $V_g = 1,6\text{cm/min}$, foi para a água pré-ozonizada com 15min, embora tenha apresentado pequena diferença em relação as demais águas, remoção máxima para $t_f = 30\text{min}$ (54%). Para $V_g = 0,8\text{cm/min}$, a água bruta natural teve a sua

maior remoção a partir de $t_f \geq 10\text{min}$ (42%), para esse valor de t_f a remoção foi igual ao da água ozonizada por 15min, e para $t_f \geq 25\text{min}$ para a água ozonizada com 10min. Nessa velocidade de sedimentação, a curva que apresentou os maiores valores de remoção foi a água pré-ozonizada por 15min, foi proporcional ao tempo de floculação, e igual a 62% para valor de t_f entre 15 a 25min, e foi máxima para $t_f = 30\text{min}$ (67%).

Os remanescentes de cor aparente para a dosagem de 45mg/l de sulfato de alumínio ($\text{pH}_c = 5,4$), de acordo com os gráficos das Figuras E.13.2 a E.16.2, para $t_f = 0$, foram menores para as águas pré-ozonizadas, em comparação com os valores obtidos para a bruta natural, principalmente para $t_f = 0$. Para $V_s = 6,7\text{cm/min}$, a água ozonizada com 7,5min apresentou a curva de maior remoção de cor aparente, para $t_f \geq 25\text{min}$ (61%), seguida da águas ozonizadas de 10 e 15min (44%). A água pré-ozonizada com 7,5 minutos, para $V_s = 3,1\text{cm/min}$, apresentou boa remoção no intervalo de 5 a 20min (61%), sendo que para valor de t_f entre 15 a 25min a água ozonizada com 15min também obteve esse mesmo valor de remanescente, a partir de $t_f = 25\text{min}$ a remoção foi máxima e igual a 67%, esse valor foi obtido para a água ozonizada com 15min para $t_f = 30\text{min}$. Para $V_s = 1,6\text{cm/min}$ as águas pré-ozonizadas, de 7,5 10 e 15min, apresentaram as curvas com maior remoção de cor aparente, para $t_f = 5\text{min}$ (67%), no intervalo de 5 a 20min a água ozonizada com 15min apresentou a maior remoção (72%), para t_f maior que 25min foi máximo (78%) para a água de 7,5min, também obtido pela água ozonizada 15min para $t_f = 30\text{min}$. Para $V_s = 0,8\text{cm/min}$, a água ozonizada com 15min apresentou a curva de menores remanescentes para todos os tempos de floculação, e foi obtido o valor máximo para $t_f = 15\text{min}$ (89%), seguida pela água com 7,5min com maior remoção para $t_f = 25\text{min}$ (83%). Nessa V_s a água ozonizada com 10min apresentou seu valor final de remoção (72%) para $t_f = 5\text{min}$, as águas brutas, natural e 5min, apresentaram valor final de remoção (67%)

a partir de $t_f = 10\text{min}$.

Para o par de valores $D_c = 60\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$, na região de varredura, com a formação do hidróxido de alumínio para a remoção de partículas. Conforme os gráficos das Figuras E.17.1 a E.20.1, em função das velocidades de sedimentação (correspondendo aos dados dos ensaios das Tabelas D.5, D.12, D.19, D.26 e D.33) a remoção da turbidez foi proporcional aos valores de V_s e t_f . Para valores de $V_s = 6,7, 3,1$ e $1,6\text{ cm/min}$ a água com aplicação de ozônio de 5 minutos apresentou as curvas com maiores valores de remoção, que foram máximos, respectivamente, para valores de $t_f = 15$ (46%), 25 (54%) e 10min (62%), a água bruta natural, para esses valores de V_s , apresentou valores de remoção maiores que os obtidos para as águas ozonizadas com 7,5, 10 e 15min. Para $V_s = 0,8\text{cm/min}$, a água ozonizada com 5min, para $t_f \geq 10\text{ min}$ apresentou valor de remoção final (81%), enquanto que a água bruta natural apresentou esse mesmo valor de remoção para o intervalo de t_f de 10 a 15min, e valor máximo a partir de $t_f = 20\text{min}$ (85%).

A remoção de cor aparente, de acordo com os gráficos das Figuras E.17.2 a E.20.2, para o par de valores $D_c = 60\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ foi proporcional a t_f e V_s , e a água pré-ozonizada de 5min, a que apresentou os maiores valores. Para $V_s = 6,7\text{cm/min}$, todas as águas ozonizadas tiveram remanescentes (para $t_f = 0$) bem menores que o da água bruta natural, nessa velocidade bem pouca remoção existiu em relação aos seus valores iniciais (para todas as águas), sendo a maior remoção obtida para as águas ozonizadas com 5 e 10min (56%), a partir de $t_f = 0$. Para $V_s = 3,1\text{cm/min}$, foi semelhante ao obtido para $V_s = 6,7\text{cm/min}$, com excessão da água ozonizada com 5min que apresentou remoção máxima de (67%) a partir de $t_f = 15\text{min}$. Para $V_s = 1,6\text{cm/min}$ a água bruta natural apresentou remoção significativa superando as águas ozonizadas com 7,5 e 15min, a partir de $t_f = 25\text{min}$ (67%), porém para as águas pré-ozonizadas com 5 e 10min, foram obtidas valores mais significativos de remoção res-

pectivamente, a partir de valores de $t_f = 10$ (78%) e 25min (72%). As águas pré-ozonizadas (5, 10min) e natural, para $V_o = 0,8\text{cm/min}$, apresentaram valores máximos de remoção, para $t_f = 10$ (94 e 89%) e 20min (83%).

Para o par de valores, $D_c = 70\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$, na região de adsorção-neutralização, de acordo com os gráficos das Figuras E.21.1 a E.24.1, (correspondentes aos dados dos ensaios presentes nas Tabelas D.6, D.13, D.20, D.27 e D.34), a remoção de turbidez foi proporcional à V_o e ao t_f , e a água bruta natural apresentou os maiores valores de remoção, independente do valor de V_o e t_f . Para $V_o = 6,7$ e $3,1\text{cm/min}$, os valores máximos de remoção (para a água bruta natural), foram obtidos respectivamente, a partir de valor de $t_f = 25$ (56%) e 20min (67%), para valores de $V_o = 1,6$ e $0,8\text{cm/min}$, ele foi máximo para $t_f = 30\text{min}$ (92%). A água pré-ozonizada com 5min, para $V_o = 6,7\text{cm/min}$, foi a que apresentou a melhor curva de remoção, e valor máximo para $t_f = 5\text{min}$ (35%), valor esse obtido pela água ozonizada 10min para $t_f = 30\text{min}$. Para $V_o = 3,1\text{cm/min}$, as águas de 5, 10 e 15min, respectivamente, apresentaram os maiores valores de remoção, porém, para valor de $t_f = 20\text{min}$, a remoção foi igual para as três águas (38%), para $t_f = 25\text{min}$ as águas ozonizadas com 10 e 15min, apresentaram igual valor de remoção (42%), e para $t_f = 30\text{min}$, foi obtida a maior remoção pela ozonizada com 15min (46%). Para $V_o = 1,6\text{cm/min}$, a água ozonizada com 15min, foi a que apresentou maiores valores percentuais de remoção, e os valores máximos obtidos por todas as águas ozonizadas (15, 10, 5 e 7,5min), foram obtidas, respectivamente, para $t_f = 30$ (63%), 20 (50%), 10 (46%) e 30min (35%). As curvas de remoção de turbidez, para $V_o = 0,8\text{cm/min}$, foram semelhantes às da $V_o = 1,6\text{cm/min}$, os valores máximos de remoção obtidos para as águas ozonizadas (15, 10, 5, 7,5min) foram obtidas, respectivamente, para $t_f = 30$ (75 e 69%) e 20min (62 e 50%).

Para a dosagem de sulfato de alumínio de 70 mg/l ($\text{pH}_c = 4,7$), os gráficos das Figuras E.21.2 a E.24.2, apresentam os valores remanescentes de cor aparente, e para $t_f = 0$, as águas pré-ozonizadas, apresentam remanescentes bem menores que o obtido para a água bruta natural. Para $V_o = 6,7 \text{ cm/min}$, a água pré-ozonizada com 7,5min apresentou a curva com os maiores valores de remoção, atingindo sua maior remoção para $t_f = 15 \text{ min}$ (39%). Para esse mesmo valor de V_o , as águas (ozonizadas 10 e 15min e natural) obtiveram o mesmo valor de remoção final (44%), para diferentes tempos de floculação ($t_f = 0, 5$ e 20min). Para $V_o = 3,1 \text{ cm/min}$, os valores remanescentes de cor aparente, foram próximos para todas as águas até $t_f = 15 \text{ min}$, quando a água pré-ozonizada de 7,5min apresenta maior remoção (67%), esse valor foi atingido pelas águas, natural e ozonizada com 15min, para $t_f = 20 \text{ min}$, e elas passaram a valor máximo de remoção (72%), respectivamente, para valores de $t_f = 25$ e 30min. Para $V_o = 1,6 \text{ cm/min}$, a água bruta natural apresentou os maiores valores de remoção, seguida pela água pré-ozonizada de 15min, os valores máximos de remoção (para essas águas) foram obtidos respectivamente, para $t_f = 30$ (94%) e 25min (83%). Para $V_o = 0,8 \text{ cm/min}$ as águas brutas, natural e pré-ozonizada com 15min, apresentaram curvas com iguais, e as maiores, valores de remoção de cor aparente, e foi máxima (94%) para $t_f = 20 \text{ min}$.

6.3.2 Determinação de Metais

Na determinação de ferro total, de acordo com a Tabela D.35, presente no anexo D: "Determinação de Ferro e Manganês", as águas brutas pré-ozonizadas apresentaram teores desse metal maiores do que o obtido para a bruta natural, demonstrando existir uma oxidação do ferro combinado (ou complexado), conforme citado por Di Bernardo (1989) e Richard (1988). Para as águas decantadas, a remoção de ferro ficou em função da dosagem de ozônio aplicado

e do par de valores, dosagem de sulfato de alumínio e pH de coagulação. Para as águas pré-ozonizadas de 7,5 e 15 minutos foram determinados valores mais significativos do metal, e foi obtida uma maior remoção para os pontos (D_c e pH_c) na região de varredura, nessa região foi diretamente proporcional à D_c e com a elevação do pH_c . Na região de adsorção-neutralização, para essas duas águas pré-ozonizadas, conforme Amirtharajah (1987) e Di Bernardo (1990), as remoções ocorreram no mecanismo da desestabilização de partículas, e para os pontos (D_c e pH_c) de maiores dosagens de coagulante, não dependendo do pH_c . Para as águas pré-ozonizadas com tempo de 5 e 10 minutos foram obtidas valores mínimos de ferro remanescentes, independentemente da dosagem de coagulante e do pH de coagulação.

Para o manganês, conforme Tabela D.35, presente no anexo D: "Determinação de Ferro e Manganês", para as amostras filtradas, foram obtidos valores mínimos na determinação desse metal, para as águas brutas (todas) e decantadas (natural e pré-ozonizadas com 5, 7,5 e 10min). Para a água pré-ozonizada com 15min, para os pontos (D_c e pH_c) na região de adsorção-neutralização, foram encontradas nas águas decantadas a presença de manganês acima do mínimo, demonstrando que o manganês que se encontrava na forma de precipitado (o valor encontrado para a água bruta pré-ozonizada foi o menor que o mínimo), passou a dissolvido para esses valores de pH_c , e não foram removidos no processo de desestabilização de partículas.

6.3.3 - Ensaios Bacteriológicos

A pré-ozonização conforme Branco (1978), Cunly e Fuchun (1989), Di Bernardo (1990) e, Glaze (1987) demonstrou ser muito eficiente na desinfecção, e de acordo com os resultados obtidos, conforme Tabela D.36, presente no anexo D: "Exames Bacteriológicos", os valores de redução de coliformes foram significativos e diretamente propor-

cional ao tempo de aplicação de ozônio.

Para as águas pré-ozonizadas (5, 7,5, 10 e 15min), houve uma redução no N.M.P. de coliformes totais, que em valores percentuais foram respectivamente, de 96,25 - 98,23 - 99,82 e de 99,98% , esses valores estão de acordo com os relatado por Branco (1978), Di Bernardo (1990), Liang et al (1989) e Cunly e Fuchun (1989), demonstrando que o ozônio, na redução de coliformes, obteve uma alta eficiência como desinfectante.

7. CONCLUSÃO

A água de estudo apresentou nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, para a água bruta natural, o mesmo comportamento encontrado por Amirtharajah (1987) e Di Bernardo (1990), e existir para a turbidez e cor aparente remanescentes, nas regiões de adsorção-neutralização e na varredura, faixas ótimas de remoção, onde foram adotados seis pares de valores (dosagem de coagulante e respectivo pH de coagulação). Esses valores foram escolhidos nos diagramas de eficiência de coagulação, floculação e sedimentação, em função das curvas de maior remoção, no seu ponto de menor valor de dosagem, em função dos remanescentes de turbidez e de cor aparente.

Nos ensaios realizados na segunda fase experimental, com a câmara de contato funcionando em fluxo contínuo, foram obtidos resultados poucos significativos nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação. Após a modificação do ponto de aplicação do gás, foram necessários altos valores de tempo de detenção da água, na câmara de contato, para serem obtidos maiores valores de remoção (turbidez e cor aparente). Com a câmara de contato operando em batelada, mostrou uma distribuição mais uniforme do gás (O_3 residual), principalmente, para tempo de aplicação de ozônio na água acima de 10 minutos.

O método iodométrico, na segunda fase experimental, mostrou-se inadequado para a determinação precisa, seja quantitativa e qualitativamente do residual de ozônio na água, devido a presença de interferentes. Porém foi muito útil nos ensaios comparativos, para a determinação da homogeneidade de comportamento do gás ozônio na água, ao longo de toda a câmara de contato.

As leituras dos residuais de ozônio na água, para o método colorimétrico, foram realizados em aparelho com caminho ótico de 10 e 30 mm, na terceira fase experimental, e observada a lei de Beer, citado em Di Bernardo (1990). As maiores diferenças de leitura entre as amostras, foram para os tempos de aplicação de ozônio de 5 e 7,5 minutos, para os demais tempos de ozonização, os desvios obtidos não foram significativos.

O ozônio mostrou-se, conforme a literatura, eficiente na pré-desinfecção da água bruta, com resultados significativos de redução de coliformes totais, sendo que os valores de remoção foram diretamente proporcionais ao tempo de aplicação (dosagem de ozônio).

Na remoção de metais todas as amostras tiveram que ser filtradas, para todas as águas, brutas e as decantadas, perdendo-se valores de metais que encontravam-se na forma de precipitados, acima da granulometria do papel de filtro. Para o ferro, a sua oxidação promoveu a solubilização do metal, mesmo para pH maiores que 8, podendo ser esse ferro solúvel devido a oxidação de substâncias complexadas (ou combinadas), resultando em teores maiores do que o obtido para a água natural. Para as águas decantadas, natural e ozonizadas de 5 e 10min, foram obtidos valores residuais abaixo do mínimo, independente da dosagem de sulfato de alumínio e pH_c .

Na determinação do teor de manganês foram obtidos valores mínimos em todas as águas brutas e para as decantadas (natural e ozonizadas com 5, 7,5 e 10min). Para a água com aplicação de ozônio com 15 minutos, as dosagens

que se encontravam com valores de pH menores que 6 apresentaram valores remanescentes maiores, indicando ter existido uma oxidação do metal para uma forma mais simples e, encontrar-se na forma dissolvida, para os pares de valores na região de adsorção neutralização, e não foram desestabilizadas independentemente do valor do pH_c e da dosagem de coagulante.

Na remoção de turbidez e cor aparente através do ensaio de coagulação, floculação e sedimentação, para as duas regiões do diagrama de coagulação (adsorção e varredura), puderam ser observados os efeitos da microfloculação, conforme Liang et al (1989), durante os ensaios, porém boa parte dos flocos formados apresentavam baixos valores de velocidades de sedimentação, como para a dosagem de 20,0 mg/l, alta remoção inicial (para V_s de 6,7 e 1,6 cm/min) e baixa para as demais condições.

A oxidação de matéria orgânica dissolvida, conforme Paillard et al (1989), pode ser confirmada nos ensaios em que a água bruta natural teve boa remoção de turbidez, mas para a cor aparente as águas pré-ozonizadas apresentaram menores valores de remanescentes.

Conclusivamente foi obtido uma diminuição da cor aparente para as águas brutas ozonizadas, e foi diretamente proporcional ao tempo de aplicação de ozônio. Para as águas decantadas essas remoções dependeram da velocidade de sedimentação dos flocos, da dosagem de coagulante e do pH de coagulação.

A processo de remoção de turbidez foi iniciada com a pré-ozonização, e atingiu valor de 42% para água com aplicação de ozônio com 15 minutos. Como aconteceu para a cor aparente a remoção depende da densidade dos flocos formados, da dosagem de coagulante e pH de floculação.

Para $D_c = 20$ mg/l e $pH_c = 5,4$ (região de adsorção-neutralização) para valores de t_f menor que 15 minutos e V_s acima de 3,1 cm/min, a pré-ozonização provocou desestabilização das partículas mais rapidamente, porém para

valores de t_f superiores a 15 minutos, e de V_s abaixo de 1,6cm/min, essa desestabilização não foi suficiente para que existisse uma maior e mais rápida agregação dos flocos, do que existiu para a água bruta natural.

Para $D_c = 22,5$ mg/l e $pH_c = 6,5$ (região de varredura) a água pré-ozonizada com 5 min apresentou os menores valores de turbidez e cor aparente remanescentes, a água bruta natural não apresentou valores significativos de remoção de cor aparente, embora para V_s de 1,6 e 0,8 cm/min obtivesse valores sensíveis de remoção de turbidez.

Para $D_c = 35$ mg/l e $pH_c = 7,1$, na região de varredura, as águas pré-ozonizadas, com 7,5 e 5min, tiveram respectivamente, as curvas de remoção mais significativas para a remoção da cor aparente e turbidez. As águas pré-ozonizadas, em relação a cor aparente, apresentaram valores iniciais bem menores de remanescentes, comparativamente a água bruta natural.

Para $D_c = 45$ mg/l e $pH_c = 5,4$, as águas pré-ozonizadas apresentaram maiores valores de remoção, sendo que para as $V_s = 6,7$ e 3,1 cm/min, os maiores valores foram obtidos para as águas com tempo de aplicação de ozônio de 10 e 7,5 minutos, respectivamente, para remoção de turbidez e cor aparente. Para as demais velocidades de sedimentação a água ozonizada com 15 minutos apresentou melhores valores de remoção para ambos parâmetros.

O par de valores $D_c = 60$ mg/l e $pH_c = 7,5$, na região de varredura, a remoção de turbidez foi proporcional aos valores de V_s e t_f , e os melhores valores foram obtidos para a água pré-ozonizada 5min, que foi superada pela bruta natural para $V_s = 0,8$ cm/min e t_f maior que 20min. Na remoção da cor aparente, houve um predomínio das águas pré-ozonizadas, principalmente para $V_s = 6,7$ e 3,1cm/min, nas demais velocidades de sedimentação, a água ozonizada com 5min apresentou os maiores valores e remoção, seguida das águas, ozonizadas com 10min e natural.

Para o par de valores, dosagem de 70 mg/l de

sulfato de alumínio e pH de coagulação de 4,7, na região de adsorção-neutralização, a água bruta natural apresentou os resultados mais significativos de remoção de turbidez, seguida da água pré-ozonizada com 15min. Na remoção da cor aparente, as águas que apresentaram melhores valores de remoção dependeram da velocidade de sedimentação, para $V_s = 6,7$ e $3,1 \text{ cm/min}$, deve-se destacar a água ozonizada com 7,5min (que apresentou a menor remoção de turbidez). Os resultados mais significativas de remoção de cor foi para os valores de $V_s = 1,6$ e $0,8 \text{ cm/min}$, pelas águas brutas, natural e pré-ozonizada com 15 minutos (94%).

8. RECOMENDAÇÕES

Para os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, recomenda-se a utilização de equipamento apropriado, que apresente valores de gradiente de velocidade mais elevados, em função de se desejar aplicar menores dosagens de coagulantes, principalmente para auxiliar na desestabilização das partículas na região de adoração-neutralização.

Determinação da cor aparente, por processos fotométricos mais precisos que os discos de platino-cobalto, para poder se obter leituras menores que 5 mg/l, e uma maior definição dos valores de leituras.

A necessidade da identificação da água de estudo a nível de partículas antes e após da aplicação de ozônio, e também para a água decantada. A definição de granulometria poderia explicar a maior ou menor dificuldade de sedimentabilidade dos flocos, assim como, o rompimento ou a formação de microflocos.

Em um novo trabalho de pesquisa seria recomendável a construção de um diagrama para a água bruta natural e outro para cada água com tempo de pré-ozonização definido, o que poderá resultar no estudo do deslocamento (ou não) das curvas de remoção (turbidez e cor aparente), indicando se há alterações significativas das regiões de

adsorção e de varredura.

O estudo de remoções de metais seria mais efetivo se fossem monitoradas o tipos das espécies presentes na água natural e da decantada, sem e com aplicação da pré-ozonização. Algumas das consequências desse estudo poderiam ser alteração da concentração e do tempo de aplicação de ozônio na câmara de contato. Esse estudo também poderia influir na dosagem de sulfato de alumínio e seu respectivo pH de coagulação.

Após este primeiro contato com a água do rio Piracicaba e a constatação da presença de áreas agrícolas a montante da estação de tratamento onde foi realizada a pesquisa, seria importante numa próxima pesquisa a detecção e estudo da pré-oxidação dos agrotóxicos pelo ozônio. As algas são outro fator interferente no processo de tratamento de água, e existente na água desse rio, a pesquisa deveria abranger além do efeito do ozônio sobre as algas, a remoção de sabor e odor, e o comportamento nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

Foi constatada perda do gás excedente à câmara de contato, devido ao sistema hidráulico na coluna de excesso (perda de carga devido à lamina líquida da solução de iodeto de potássio) que foi considerado mínima no balanço de massa do sistema. É importante um processo alternativo de coleta do gás excedente de forma a minimizar essa perda, como a adoção de menores espaços vazios entre a câmara de contato e a coluna de excesso.

9 BIBLIOGRAFIA

AMIRTHARAJAH, A. - The Mecanism of Coagulation. Seminário Nacional sobre Coagulação e Filtração Direta, 18-21 jul, 1989, São Carlos, São Paulo.

AMIRTHARAJAH, A. - Theory and Praticce of Rapid Mixing. Memorias del Seminario Internacional sobre Tecnologia Simplificada para Potabilización del Agua, Assoc. Col. de Ing. San. y Amb. (ACODAL). Cali, Colômbia, Ag., 1987.

AMIRTHARAJAH, A. - The Use of Chemicals for Coagulation. Memorias del Seminario Internacional sobre Tecnologia Simplificada para Potabilización del Agua, Assoc. Col. de Ing. San. y Amb. (ACODAL). Cali, Colômbia, Ag., 1987.

AMIRTHARAJAH, A.; ASCE, M. & TRUSLER, S. L. - Desestabilization of Particles by Turbulent Rapid Mixing. Journal of Environmental Engineering, v. 112(6), p. 1085-1108, 1986.

- AMIRTHARAJAH, A. & MILLS, K.M. - Rapid Mix Design for Mechanism of alum Coagulation. Journal of American Water Works Association, v. 74(4), p. 210-216, 1982.
- BENEFIELD, LARRY D.; JUDKINS, J. F. & WEAND, B. L. - Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 510p., 1982.
- BRANCO, S. M. - Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária. São Paulo, Convênio BNH, ABES e CETESB, 616p., 1978.
- CHELKOWSKA, K. & GRASSO, D. - Early Aqueous Ozone Decomposition - Progeny Speciation. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- CHEN, A.S.C. & SNOEYINK, V. L. - Activated Alumina Adsorption of Dissolved Organic Compounds Before and After Ozonation. Environmental Sci. Technology, v. 21(1), p. 83-88, 1987.
- COLLINS, A. G.; GRASSO, D. & FARVARDIN, M.R. - Evaluation Preozonation as an Aid to Coagulation - Flocculation Processes. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- COMMITTEE, TRACE INORGANIC SUBSTANCES - Research Needs for the Treatment of Iron and Manganese. Journal of American Water Works Association, v. 81(8), p. 119-122, 1987.
- CONNELY, P. & GEIGER, B. - Treatment of New England River Water Source by Ozonation, Conventional Treatment, and Carbon Adsorption. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

CUNLY, L. & FUCHUN, X. - A Study on The Mathematical Models and Optimun Design of Water Disinfection by Ozone. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

CUNLY, L. & FUCHUN, X. - Mass Balance Analysis of Ozone in Conventional Bubble Column. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

DANIEL, P.A. & LANIER, M. - Impact of Ozonation on Formation of Brominated Organics. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

DANIEL, P.A. & MEYERTHOFFER, P. F. - Oxidation of Taste and Odor Causing Compounds. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

DAVIS, J. A. & GLOOR, R. - Adsorption of Dissolved Organics in Lake Water by Aluminum Oxide, Effect of Molecular Weight. Environmental Sci. Technology, v. 15(10), p. 1223-1229, 1981.

DI BERNARDO, L. - Coagulação-Floculação. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, USP-SC, 1-129, 1990.

DI BERNARDO, L. - Ozonização. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, USP-SC, 43p, 1989.

DI BERNARDO, L.; MENDES, C. G. N. - Coagulação-Floculação de Águas Superficiais - Estudo de Caso. Seminário Nacional sobre Coagulação e Filtração Direta. 18 a 21 de julho, Brasil, 1989.

- DI BERNARDO, L.; MENDES, C. G. N. & GUIMARÃES, A. F. - Coagulação-Floculação de Águas com Turbidez Elevada. Revista DAE, v. 47(150), p. 227-239, 1987.
- DI BERNARDO, L. & PENNA, J. A. - Influência da Mistura Rápida Hidráulica nas Operações de Floculação e Sedimentação. Revista DAE, v. 45(143), p. 408-417, 1985.
- DI MATTEO, M. L. - Influência da Pré-Ozonização na Coagulação-Floculação, utilizando o Cloreto Férrico como Coagulante. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas, UNICAMP, 1992.
- DIMITRIOU, M. A. & IVANCO, E. - The Myrtle Beach Ozone System and Water Treatment Plant. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- DIMITRIOU, M. A. & MIERZEJEWSKI, M. K. - Cost Effectiveness and Ozone System Design. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- DORE, M.; NOMPEX, Ph & at al. - Ozonation of molecules Constituting Celular Matter. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- DOWBIGGIN, W. B. & SINGER, P. C. - Effects of Natural Organic Matter and Calcium on Ozone - Induced Particle Destabilization. Journal of American Water Works Association, v. 8(81), p. 77-84, 1989.

- DRAGO, J. A. - Planning for Future Ozonation Facilities at existing Water Treatment Plants. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- DUGUET, J. P.; BRUCHET, A. & MALLEVIALLE, J. - Geosmin and 2-Methylisoborneol Removal. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- EDWARDS, G. A. & AMIRTHARAJAH, A. - Removing Color Caused by Humic Acids. Journal of American Water Works Association, v. 77(3), p. 307-316, 1989.
- FARVARDIN, M. R & COLLINS, A. G. - Preozonation as Aid in the Coagulation of Humic Substances - Optimum Preozonation Dose. Water Research, v. 23(3), p.307-316, 1989.
- FRANCISCO J., R. - Experiences with Ozone in Brasil. Proceedings of the International Ozone Symposium, September, R. J., 1988.
- GEERING, F. - Experiences with a New Plant for Treatment of Lake Zurich Water. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- GILLI, G., SCURSATONI, L. et al. - Water Disinfection: A Relationship Between Ozone and Aldehydes Production. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- GLAZE, W. H. - Drinking - Water Treatment with Ozone. Environmental Sci. Technology, v. 21(3), p. 224-230, 1987.

GLAZE, W. H. et al. - Evaluation of Ozonation by-Products from Two California Surface Water. Journal of American Water Works Association, v. 81(8), p. 66-73, 1989.

GORDON, G.; RAKNESS, K. et al. - Limitations of Iodometric Determination of Ozone. Journal of American Water Works Association, v. 81(8), p. 72-76, 1989.

GOULD, J. P. & ULIRSCH, G. V. - Development of a Structure Based Predictive Model for Overall Ozonation Kinetics of Nitrophenols. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

GRASSO, D.; WEBBER, W.J., & DEKAM, J. A. - Effects of Peroxidation with Ozone on Water Quality: A Case Study. Journal of American Water Works Association, v. 81(8), p. 85-92, 1989.

GUROL, M. D. - Factors Controlling the Removal of Organics Pollutants in Ozone Reactors. Journal of American Water Works Association, v. 77(8), p. 55-65, 1985.

HUNDT, R. R. - The Removal of Fulvic Acid Using Alumin Coagulants: Mechanism and Application. Ph.D. Dissertation, John Hopkins University, 1985.

INTERNATIONAL OZONE ASSOCIATION - STANDARDISATION COMMITTEE EUROPE, Colorimetric Methods for The Determination of Residuals Ozone in Water (Indigo-Trisulphonate - Method B), Brussels, 1987.

- JACANGELO, J. G. ET AL. - Ozonation: Assessing its Role in the Formation and Control of Disinfection by-Products. Journal of American Water Works Association, v. 81(8), p.77-84, 1989.
- JOHNSON, P. N. & AMIRTHARAJAH, A. - Ferric Chloride and Alum as a Single and Dual Coagulants. Journal of American Water Works Association, v. 75(5), p. 232-239, 1983.
- JOOST, R. D.; JACKSON, L. A. & BOLLIKY, J. - Optimization of Ozone Contactors for Drinking Water Disinfection. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- KLEIN, B. & SMITH, D.W. - A Study of Ozone Treatment at Canadian Water Plants. Proceedings of Ninth Ozone WCongress, June 3-9, New York, 1989.
- KNOCKE, W. R.; HOEHN, R. G. & SINSABAUGH, R. L. - Using Alternative Oxidants to Remove Dissolved Manganese from Waters Laden with Organics. Journal of American Water Works Association, v. 81(8), p. 75-79, 1987.
- LAPLANGE, A.; SAUZE, N. L. & LANGLAIS, B. - Simulation of Ozone Transfer in Water Comparision with a Pilot Unit. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- LETTERMAN, R. D.; QUON, J. E. & GEMMEL, R.S. - Influence of Rapid-Mix Parameter on Flocculation. Journal of American Water Works Association, v. 65(11), p.716-722, 1973.

- LIANG, S.; STOLARIK, GARY. F. et al. - The "Big Switch"
Los Angeles Aqueduct Filtration Plant Treatment of
California State Project Water. Proceedings of Ninth
Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- MASSCHELEIN, W.J. - Design Rules of Ozonation Systems.
Proceedings of International Ozone Symposium, Sep-
tember, R.J., 1988.
- MASSCHELEIN, W.J. - Present State of Standardization of
Ozone Measurements in Europe. Proceedings of Ninth
Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- MONK, R. D. G. et al. - Prepurchasing Ozone Equipment.
Journal of American Water Works Association, v.
81(8), p. 49-54, 1985.
- MORRIS, J. & KNOCKE, W.R. - Temperature. Effects on the
use of Metal - Ions Coagulants for Water Treatment.
Journal of American Water Works Association, v.
76(3), p. 74-79, 1984.
- NEBEL, C. - Ozone. In: KIRK, R. E. & OTHMER, D. F..
(Ed.), Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd edi-
tion, v.16, p. 683- 713, New York, 1981.
- NIEMINSK, E.C. & KUTZ, SUSAN M. - Impacts of Ozone
Treatment on Selected Microbiological Parameters in
Colorado River Water. Proceedings of Ninth Ozone
World Congress, June 3-9, New York, 1989.
- O'MELIA, C. R. - Particle Interactions. In: STUMM, W.,
(Ed), Aquatic Surface Chemistry. Willey Inter-
science, New York, 1987.

PAILLARD, HERVÉ; LEFEBVRE, E. & LEGUBE, B. - The Effect of Ozonation on Organics Removal by Coagulation - Flocculation. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

PEREZ, J. M.; VARGAS, L. M. C. & RITCHER, C. - Coagulação. In: Evaluation de Plantas de Tratamiento de Agua. Manual DTIAPA nº C-5, CEPIS, Tomo 1, cap. 1, p. 1-77, Lima, 1984.

QINGSHI, Z. & YUEFENG, X. - Detection and Evaluation of Mutagenic Activity in Effluent Disinfected by Chlorine and Ozone. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, p. 572-578, New York, 1989.

RICE, R. G. - The Impact of Chemicals on a Limited Resource. In: Safe Drinking Water: The Impact of Chemicals on a Limited Resource, RICE R. G.. Chelsea, Mich., Lewis Publishers, 1985.

RICE, R. G. & NETZER, A. - Handbook of Ozone Technology and Applications. Butterworth Publishers, Boston, 1982.

RICHARD, Y. & BRENER, L - Interferences between Ozone and Chlorine - In: RICE, R. G. & NETZER, A., (Ed.), Handbook of Ozone Technology and Applications, v. 1, Ann Arbor Sci. Publ., 1982.

RICHARD, Y. - Use of Ozone in Drinking Water Production. Proceedings of International Ozone Symposium, September, R.J., 1988.

RICHARD, Y. & JACQ, P. - Advantages of Preozonation in the Upgrading of The Mont Valerien Plant in France. Proceedings of Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

RICHTER, C. A. - Sistemas de Flocculação Acelerada, Revista DAE, São Paulo, v. 46(145), p. 149-155, 1986.

RICHTER, CARLOS A. & VARGAS, L. M. C. - Flocculação. In: Evaluation de Plantas de Tratamiento de Agua, Manual DTIAPA, nº C-5, CEPIS, Tomo 1, Cap 2, p. 79-116, Lima, 1984.

SAWYER, C. L. & MCCARTY, P. L. - Chemistry for Environmental Engineering. New York , McGraw-Hill Inc., 532p., 1978.

SCHULHOF, P. & SMITH, P.D. - Generation of Ozone . Proceedings of the International Ozone Symposium, September, R.J., 1988.

SIERKA, R. A.; AMY, G. L. & RENNA, J. - Molecular Weight Characterization of Color Constituents and Subsequent Removal by Ozone and Carbon Adsorption. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

SINGER, P. C.; ROBINSON, K. & ELEFRITZ, R. A. - Ozonation at Belle Glade, Flórida: A Case History. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

SNOEYINK, V. L. & JENKINS, DAVID - Water Chemistry. John Wiley & Sons Inc., 463p., New York, 1980.

SOTELO, J. L. et al. - Henrys Law Constant for the Ozone - Water System. Water Research, v. 23(10), p. 1239-1246, 1989.

STANDARD METHODS - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 16th ED., Washington D.C., APHA - AWWA - WPCF, 1286p, 1985.

STANDARD METHODS - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 17th ED., Washington D.C., APHA - AWWA - WPCF, 1400p, 1989.

STANLEY, J. & JOHNSON, D. - Analysis of Ozone in Aqueous Solution. In: RICE, R. G. & NETZER, A., (Ed.), Handbook of Ozone Technology and Applications, v. 1, Ann Arbor Sci. Publ., 1982.

STUMM, W. & O'MELIA, C. R. - Stoichiometric of Coagulation. Journal of American Water Works Association, v. 60(5), p. 514-539, 1968.

SUGIMITSU, H.; OKAZAKI, S. & MORIWAKI, T. - Decomposition of Ozone in Aqueous Solution. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

TCHOBANOGLOUS, G. & SCHROEDER, E. D. - Water Quality, Addison - Wesley Publishing Company, 381p, California, 1985.

THOMPSON, D. M. et al. - Testing and Design Considerations for Ozone Application at Fort Lauderdale, Florida. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

TOUI, S. - The Oxidation of Manganese and the Disinfection by Ozonation in Water Purification Process. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

TREWEEK, G. P. - Optimization of Flocculation Time Prior to Direct Filtration. Journal of American Water Works Association, v. 71(2), p. 96-101, 1979.

VAN VALIN, R.D.V.; BRAYTON, S.V. & CHEN Y. S. - Improved Indigo Method for Field Determination of Ozone in Water. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

YOSHIRO, O.; ISAO, S. & MASSUMI, K. - The Environmental Mutagenicity of Chemicals Produced in the Ozonation and Chlorination Processes. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

YURTERI, C. & GUROL, M. D. - Ozonation of Trace Organic Compounds: Model Predictions versus Experimental Data. Proceedings of the Ninth Ozone World Congress, June 3-9, New York, 1989.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

INFLUÊNCIA DA PRÉ-OZONIZAÇÃO NA COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO
DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO, UTILIZANDO O
SULFATO DE ALUMÍNIO COMO COAGULANTE

VOLUME II

ROBERTO BRESAOLA

ORIENTADOR: DR. LUIZ DI BERNARDO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, da Universidade de Campinas, para obtenção do título Mestre em Saneamento e Hidráulica.

Campinas
Estado de São Paulo
Janeiro de 1993

B753i
v.2
35291/BC

INFLUÊNCIA DA PRÉ-OZONIZAÇÃO NA COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO
DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO, UTILIZANDO O
SULFATO DE ALUMÍNIO COMO COAGULANTE

VOLUME II

ROBERTO BRESAOLA

ORIENTADOR: DR. LUIZ DI BERNARDO

Atesto que esta é a versão definitiva
da dissertação/tese.

26/06/98

Prof. Dr.
Matrícula.

Luiz Di Bernardo

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

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

B753i

Bresaola, Roberto

Influência da pré-ozonização na coagulação-
floculação da água de abastecimento, utilizando o sulfato
de alumínio como coagulante . / Roberto Bresaola.--
Campinas, SP: [s.n.], 1993.
2v.

Orientador: Luiz Di Bernardo
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Ozônio. 2. Floculação. 3. Sulfato de alumínio. 4.
Coagulantes. I. Di Bernardo, Luiz. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil.
III. Título.

APÉNDICES

A P Ê N D I C E A

"Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação,
da Água Bruta de Estudo"

TABELA A.1 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 10.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	10,0	5,0	9,8	10,0	100	90	100
2	10,0	10,0	9,8	10,0	100	90	100
3	10,0	15,0	9,6	10,0	100	90	100
4	10,0	20,0	9,4	10,0	100	90	100
5	10,0	25,0	9,2	10,0	100	80	89
6	10,0	30,0	8,8	10,0	100	80	89

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
ALCALINIDADE : 32 mg CaCO_3/l	DUREZA : 31 mg CaCO_3/l	TURBIDEZ : 10,0 ut
CONDUTIVIDADE : 183 $\mu\text{mhos/cm}$	pH : 7,2	
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)	TEMPERATURA : 25,0 °C	

TABELA A.2 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 10.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	10,0	35,0	8,6	10,0	100	90	100
2	10,0	40,0	8,2	9,5	95	80	89
3	10,0	45,0	8,0	6,1	61	55	61
4	10,0	50,0	7,8	3,0	30	35	39
5	10,0	55,0	7,6	1,5	15	20	22
6	10,0	60,0	7,4	1,8	18	20	22
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 32 mg CaCO_3/l			DUREZA : 31 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 10,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 183 $\mu\text{mhos/cm}$			pH : 7,2				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.3 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 10.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	10,0	65,0	7,0	1,5	15	20	22
2	10,0	70,0	7,1	2,8	28	20	22
3	10,0	75,0	7,0	3,2	32	25	28
4	10,0	80,0	6,9	3,3	33	25	28
5	10,0	85,0	6,8	5,4	54	25	28
6	10,0	90,0	6,7	4,2	42	30	33

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
ALCALINIDADE : $32 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$	DUREZA : $31 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$	TURBIDEZ : $10,0 \text{ ut}$
CONDUTIVIDADE : $183 \text{ } \mu\text{mhos/m}$	pH : 7,2	
COR APARENTE : 90 mg/l(Pt-Co)	TEMPERATURA : $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$	

TABELA A.4 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 9.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$ $T = 3,0 \text{ min}$		$G = 20 \text{ s}^{-1}$ $T = 30 \text{ min}$		$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	9,0	5,0	8,3	10,0	83	90	100
2	9,0	10,0	7,8	10,0	83	90	100
3	9,0	15,0	7,6	10,0	83	80	89
4	9,0	20,0	7,4	5,0	42	35	39
5	9,0	25,0	7,2	1,5	13	15	17
6	9,0	30,0	7,0	2,5	21	20	22
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 32 mg CaCO_3/l			DUREZA : 31 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 12,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 183 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,3				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.5 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 9.

MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$		$T = 3,0 \text{ min}$		$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$	
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	9,0	35,0	6,9	1,2	10	10	11
2	9,0	40,0	6,8	1,7	14	10	11
3	9,0	45,0	6,7	2,5	21	20	22
4	9,0	50,0	6,6	4,4	37	25	28
5	9,0	55,0	6,5	4,8	40	30	33
6	9,0	60,0	6,4	6,0	50	35	39
DADOS DA AGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 32 mg CaCO_3 /l			DUREZA : 31 mg CaCO_3 /l		TURBIDEZ : 12,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 183 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,3				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.6 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 9.

MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	9,0	65,0	6,3	5,4	45	25	20
2	9,0	70,0	6,2	6,5	54	30	33
3	9,0	75,0	6,0	8,9	74	40	44
4	9,0	80,0	5,9	9,5	79	40	44
5	9,0	85,0	5,7	9,0	75	50	56
6	9,0	90,0	5,5	9,2	77	50	56
DADOS DA AGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 32 mg CaCO_3 /l			DUREZA : 33 mg CaCO_3 /l		TURBIDEZ : 12,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 183 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,3				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.7 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 8.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 180 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	8,0	5,0	7,5	11,0	92	80	89
2	8,0	10,0	7,3	10,0	83	80	89
3	8,0	15,0	7,1	6,4	53	50	56
4	8,0	20,0	7,0	2,0	17	20	22
5	8,0	25,0	6,9	2,0	17	20	22
6	8,0	30,0	6,8	3,0	25	25	28
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $33 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $32 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $12,0 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : $183 \text{ } \mu\text{mhos/m}$			pH : 7,7				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$				

TABELA A.8 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 8.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,8 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	8,0	35,0	6,7	2,5	21	20	22
2	8,0	40,0	6,5	4,2	35	25	28
3	8,0	45,0	6,4	5,5	46	30	33
4	8,0	50,0	6,3	6,2	52	35	39
5	8,0	55,0	6,2	6,5	54	35	39
6	8,0	60,0	6,1	7,2	60	40	44
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 33 mg CaCO_3/l			DUREZA : 32 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 12,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 183 $\mu\text{nhos/m}$			pH : 7,7				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.9 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 8.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	8,0	65,0	6,0	9,0	75	40	44
2	8,0	70,0	5,8	7,4	62	40	44
3	8,0	75,0	5,7	8,0	67	40	44
4	8,0	80,0	5,6	8,0	67	40	44
5	8,0	85,0	5,3	9,7	81	50	56
6	8,0	90,0	5,1	9,7	81	50	56
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 33 mg CaCO_3/l			DUREZA : 32 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 12,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 183 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,7				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.10 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 7.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(UT)	(%)	(PI-Co)	(%)
1	7,0	5,0	7,1	11,0	92	90	100
2	7,0	10,0	7,0	11,0	92	90	100
3	7,0	15,0	6,9	2,5	21	30	33
4	7,0	20,0	6,8	2,3	19	25	20
5	7,0	25,0	6,7	2,0	17	15	17
6	7,0	30,0	6,6	5,0	42	35	39
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 33 mg CaCO_3 /l			DUREZA : 34 mg CaCO_3 /l		TURBIDEZ : 12,0		
CONDUTIVIDADE : 193 $\mu\text{mhos/in}$			pH : 7,7				
COR APARENTE : 90 (PI-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.11 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 7.

MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,0	35,0	6,5	3,0	25	20	22
2	7,0	40,0	6,3	4,0	33	25	28
3	7,0	45,0	6,2	5,2	43	30	33
4	7,0	50,0	6,1	5,2	43	30	33
5	7,0	55,0	6,0	6,8	57	30	33
6	7,0	60,0	5,9	8,5	71	40	44
DADOS DA AGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 33 mg CaCO_3 /l		DUREZA : 34 mg CaCO_3 /l		TURBIDEZ : 12,0 ut			
CONDUTIVIDADE : 193 $\mu\text{mhos/m}$		pH : 7,7					
COR APARENTE : 90 mg/l(Pt-Co)		TEMPERATURA : 25,0 °C					

TABELA A.12 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 7.

MISTURA RÁPIDA			FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO		
$G = 100 \text{ s}^{-1}$		$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$		
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,0	65,0	5,6	8,0	67	40	44
2	7,0	70,0	5,5	7,0	58	35	39
3	7,0	75,0	5,2	6,8	57	35	39
4	7,0	80,0	5,1	7,0	58	35	39
5	7,0	85,0	4,9	6,8	57	35	39
6	7,0	90,0	4,8	8,0	67	40	44
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 33 mg CaCO_3/l			DUREZA : 34 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 12,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 193 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,7				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.13 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 6.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$		$T = 3,0 \text{ min}$		$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$	
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,0	5,0	6,3	12,0	92	90	100
2	6,0	10,0	6,2	10,0	77	80	89
3	6,0	15,0	6,0	3,0	23	25	28
4	6,0	20,0	5,9	2,7	21	20	22
5	6,0	25,0	5,7	2,9	22	20	22
6	6,0	30,0	5,6	6,5	50	25	28
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 34 mg CaCO_3 /l			DUREZA : 34 mg CaCO_3 /l		TURBIDEZ : 13,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 193 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.14 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 6.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,8 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,0	35,0	5,4	3,5	27	20	22
2	6,0	40,0	5,2	3,4	26	20	22
3	6,0	45,0	5,0	3,1	24	15	17
4	6,0	50,0	4,9	3,1	24	15	17
5	6,0	55,0	4,8	3,5	27	20	22
6	6,0	60,0	4,7	6,0	46	25	28

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
ALCALINIDADE : $34 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$	DUREZA : $34 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$	TURBIDEZ : $13,8 \text{ ut}$
CONDUTIVIDADE : $193 \text{ } \mu\text{mhos/m}$	pH : 7,8	
COR APARENTE : 90 mg/l(Pt-Co)	TEMPERATURA : $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$	

TABELA A.15 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 6.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 180 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,0	65,0	4,7	2,2	17	10	11
2	6,0	70,0	4,7	3,5	27	15	17
3	6,0	75,0	4,6	4,5	35	15	17
4	6,0	80,0	4,6	4,9	38	25	28
5	6,0	85,0	4,5	4,5	45	30	33
6	6,0	90,0	4,5	7,0	54	35	39
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $34 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $34 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $13,0 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : $193 \text{ } \mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 90 mg/l(Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$				

TABELA A.16 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 5,3.

MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 180 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMINIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,3	5,0	5,2	12,0	86	90	100
2	5,3	10,0	5,1	10,0	71	80	89
3	5,3	15,0	4,9	6,4	46	40	44
4	5,3	20,0	4,8	5,0	36	25	28
5	5,3	25,0	4,7	4,0	29	25	28
6	5,3	30,0	4,7	4,0	29	25	28
DADOS DA AGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 35 mg CaCO_3/l			DUREZA : 36 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 14,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 289 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 98 mg/l(Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.17 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 5,8.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$		$T = 3,0 \text{ min}$		$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$	
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,8	7,0	5,4	12,0	86	60	67
2	5,8	9,0	5,2	10,0	71	60	67
3	5,8	12,5	5,0	7,5	54	50	56
4	5,8	17,5	4,9	5,2	37	30	33
5	5,8	22,5	4,8	4,2	30	25	28
6	5,8	27,5	4,7	4,4	31	25	28
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $35 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $36 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $14,0 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : $209 \text{ } \mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$				

TABELA A.18 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 5,8.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,8	5,0	5,7	14,0	100	90	100
2	5,8	7,5	5,6	13,0	93	70	78
3	5,8	10,0	5,5	3,6	26	50	56
4	5,8	12,5	5,4	3,6	26	15	17
5	5,8	15,0	5,3	2,5	18	10	11
6	5,8	17,5	5,2	4,7	34	25	28
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 35 mg CaCO_3 /l			DUREZA : 36 mg CaCO_3 /l		TURBIDEZ : 14,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 289 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 98 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.19 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 4,8.

MISTURA RÁPIDA			FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO		
$G = 100 \text{ s}^{-1}$		$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$		
REATOR	pH de CORREC.	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	4,8	10,0	4,8	14,0	93	90	90
2	4,8	20,0	4,6	9,2	61	50	50
3	4,8	25,0	4,5	7,5	50	40	40
4	4,8	35,0	4,6	4,5	30	35	35
5	4,8	40,0	4,5	4,0	27	25	25
6	4,8	60,0	4,4	3,7	25	20	20
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 35 mg CaCO_3/l			DUREZA : 23 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 15,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 219 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 100 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.20 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 4,5.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 180 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	4,5	15,0	4,1	13,0	87	90	90
2	4,5	22,5	4,1	10,0	67	70	70
3	4,5	37,5	4,0	9,0	60	60	60
4	4,5	47,5	4,3	5,5	37	35	35
5	4,5	65,0	4,4	2,0	13	10	10
6	4,5	70,0	4,1	6,0	40	35	35
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 35 mg CaCO_3 /l			DUREZA : 23 mg CaCO_3 /l		TURBIDEZ : 15,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 219 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 100 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.21 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 10.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,8	20,0	6,7	5,0	28	25	25
2	6,8	22,5	6,7	5,5	31	25	25
3	6,5	22,5	6,5	4,7	26	25	25
4	5,7	22,5	5,2	2,5	14	10	10
5	6,0	25,0	5,8	4,7	26	20	20
6	6,0	27,5	5,7	6,5	36	25	25
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 35 mg CaCO_3/l			DUREZA : 23 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 18,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 219 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 100 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.22 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 10.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$		$T = 3,0 \text{ min}$		$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$	
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,7	20,0	6,9	3,9	22	20	20
2	6,7	22,5	6,8	2,9	16	10	10
3	6,4	22,5	6,5	3,5	19	20	20
4	5,7	22,5	5,1	2,0	11	10	10
5	6,0	25,0	5,9	5,1	28	25	25
6	6,0	27,5	5,8	3,5	19	20	20
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $35 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $39 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $18,0 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : $236 \mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 100 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$				

TABELA A.23 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 4,5 E 6,5.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 188 \text{ s}^{-1}$ $T = 3,0 \text{ min}$		$G = 20 \text{ s}^{-1}$ $T = 30 \text{ min}$		$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,5	45,0	5,8	5,2	29	25	25
2	6,3	50,0	5,6	4,6	26	20	20
3	6,3	55,0	5,3	5,5	31	25	25
4	6,3	60,0	5,2	5,5	31	25	25
5	4,5	55,0	4,4	4,8	27	20	20
6	4,5	65,0	4,4	3,5	19	20	20
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 35 mg CaCO_3/l			DUREZA : 39 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 18,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 236 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 100 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.24 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 6,5 E 6,7.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$		$T = 3,0 \text{ min}$		$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$	
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,7	22,5	6,6	5,3	28	25	25
2	6,7	27,5	6,5	4,4	23	20	20
3	6,7	32,5	6,4	5,9	31	25	25
4	6,5	35,0	6,0	6,5	34	30	30
5	6,5	37,5	5,9	6,5	34	25	25
6	6,5	42,5	5,8	6,6	35	25	25
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 37 mg CaCO_3/l			DUREZA : 35 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 18,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 291 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,8				
COR APARENTE : 100 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.25 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 5,5 E 6,8.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,8	12,0	7,2	12,0	67	70	78
2	6,8	18,0	7,1	6,5	36	40	44
3	5,8	28,0	6,0	3,0	17	20	22
4	5,5	34,0	5,4	2,0	11	10	11
5	5,5	38,0	5,4	4,0	22		
6							
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $100 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $28 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $18,0 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : $349 \text{ } \mu\text{mhos/m}$			pH : 8,5				
COR APARENTE : 90 mg/l(Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$				

TABELA A.26 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 9,4.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	9,4	30,0	8,5	13,0	72	80	89
2	9,4	38,0	8,3	13,0	72	80	89
3	9,4	48,0	8,0	12,0	67	70	78
4	9,4	55,0	7,8	6,6	37	40	44
5	9,4	62,0	7,7	3,5	19	30	33
6	9,4	72,0	7,5	5,5	31	30	33
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $100 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $20 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $10,0 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : $349 \text{ } \mu\text{mhos/m}$			pH : 8,5				
COR APARENTE : 90 mg/l(Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$				

TABELA A.27 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 8,6.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	8,6	32,0	7,6	5,5	31	40	44
2	8,6	38,0	7,5	4,0	22	25	28
3	8,6	48,0	7,3	5,0	28	25	28
4	8,6	55,0	7,2	6,6	37	35	39
5	8,6	62,0	7,1	7,5	42	40	44
6	8,6	72,0	7,0	8,0	44	40	44
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 100 mg CaCO_3/l			DUREZA : 28 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 18,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 349 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 8,5				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.28 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 6,7 E 7,0.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,0	18,0	6,9	3,5	35	25	31
2	7,0	22,0	6,8	3,5	35	25	31
3	7,0	28,0	6,6	5,2	52	30	30
4	6,7	18,0	6,7	4,8	48	30	30
5	6,7	22,0	6,6	1,0	10	5	6
6	6,7	28,0	6,6	4,2	42	25	31
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $29 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $34 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $10,0 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : $207 \text{ } \mu\text{mhos/m}$			pH : 7,6				
COR APARENTE : 80 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$				

TABELA A.29 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 7,5 E 7,7.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,7	34,0	6,7	5,0	50	20	22
2	7,7	37,0	6,6	4,9	49	25	20
3	7,7	44,0	6,5	5,0	50	30	33
4	7,5	52,0	6,3	8,0	80	40	44
5	7,5	62,0	6,0	7,0	70	50	56
6	7,5	75,0	5,6	8,5	85	50	56
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : 29 mg CaCO_3/l			DUREZA : 34 mg CaCO_3/l		TURBIDEZ : 10,0 ut		
CONDUTIVIDADE : 237 $\mu\text{mhos/m}$			pH : 7,6				
COR APARENTE : 90 mg/l (Pt-Co)			TEMPERATURA : 25,0 °C				

TABELA A.30 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO IGUAL A 8,3.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 180 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	8,3	34,0	6,9	5,6	56	40	44
2	8,3	37,0	6,8	3,1	31	20	22
3	8,3	44,0	6,7	5,9	59	40	44
4	8,3	52,0	6,5	5,5	55	40	44
5	8,3	62,0	6,4	6,5	65	50	56
6	8,3	75,0	6,0	8,2	82	60	67
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $29 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $34 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $10,8 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : $237 \text{ } \mu\text{mhos/m}$			pH : 7,6				
COR APARENTE : 90 mg/l(Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,8 \text{ } ^\circ\text{C}$				

TABELA A.31 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 5,4 E 7,2.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,5	17,0	6,6	4,5	45	25	24
2	7,2	17,0	6,9	3,0	30	30	29
3	6,0	30,0	5,2	3,5	35	25	24
4	6,0	35,0	5,1	3,7	37	25	24
5	5,4	42,0	4,8	3,0	30	25	24
6	5,4	48,0	4,8	3,5	35	30	29

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
ALCALINIDADE : 29 mg CaCO_3/l	DUREZA : 34 mg CaCO_3/l	TURBIDEZ : 10,8 ut
CONDUTIVIDADE : 237 $\mu\text{mhos/m}$	pH : 7,6	
COR APARENTE : 105 mg/l (Pt-Co)	TEMPERATURA : 25,0 °C	

TABELA A.32 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 5,5 E 7,9.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,5	13,0	5,5	2,0	20	20	19
2	5,5	15,0	5,4	2,4	24	25	24
3	6,8	23,0	6,6	4,5	45	35	33
4	6,8	25,0	6,7	3,5	35	25	24
5	7,9	32,0	6,9	4,0	40	25	24
6	7,9	35,0	6,8	5,0	50	40	38
DADOS DA ÁGUA BRUTA							
ALCALINIDADE : $38 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$			DUREZA : $34 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$		TURBIDEZ : $10,0 \text{ ut}$		
CONDUTIVIDADE : 237 µmhos/m			pH : 7,8				
COR APARENTE : 105 mg/l(Pt-Co)			TEMPERATURA : $25,0 \text{ °C}$				

TABELA A.33 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 7,9 E 10,2.

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	10,2	60,0	8,1	0,9	6	20	19
2	9,9	56,0	7,4	0,6	4	5	5
3	9,3	35,0	7,4	1,0	7	10	10
4	9,3	38,0	7,1	2,5	10	15	14
5	7,9	33,0	6,9	2,0	14	10	10
6	9,5	35,0	7,3	0,6	4	5	5

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
ALCALINIDADE : $31 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$	DUREZA : $34 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$	TURBIDEZ : $14,0 \text{ ut}$
CONDUTIVIDADE : 237 pinhos/in	pH : $7,6$	
COR APARENTE : 105 mg/l(Pt-Co)	TEMPERATURA : $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$	

TABELA A.34 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA DOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA pH CORRIGIDO ENTRE 6,0 E 10,0 .

MISTURA RÁPIDA		FLOCULAÇÃO		SEDIMENTAÇÃO			
$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 3,0 \text{ min}$	$G = 20 \text{ s}^{-1}$	$T = 30 \text{ min}$	$V_s = 1,0 \text{ cm/min}$			
REATOR	pH CORRIGIDO	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH de COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	10,0	60,0	7,5	0,6	4	10	10
2	6,8	24,0	6,6	1,4	10	5	5
3	7,2	24,0	6,7	1,5	10	10	10
4	7,0	22,0	6,7	1,4	10	5	5
5	6,5	52,0	5,3	3,0	21	10	10
6	6,0	62,0	4,6	1,5	11	10	10

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
ALCALINIDADE : 31 mg CaCO_3 /l	DUREZA : 34 mg CaCO_3 /l	TURBIDEZ : 14,0 ut
CONDUTIVIDADE : 237 $\mu\text{mhos/m}$	pH : 7,6	
COR APARENTE : 105 mg/l (Pt-Co)	TEMPERATURA : 25,0 °C	

APÊNDICE B

"Diagramas de Eficiência de Coagulação Floculação e
Sedimentação, em Função do Coagulante
Sulfato de Alumínio"

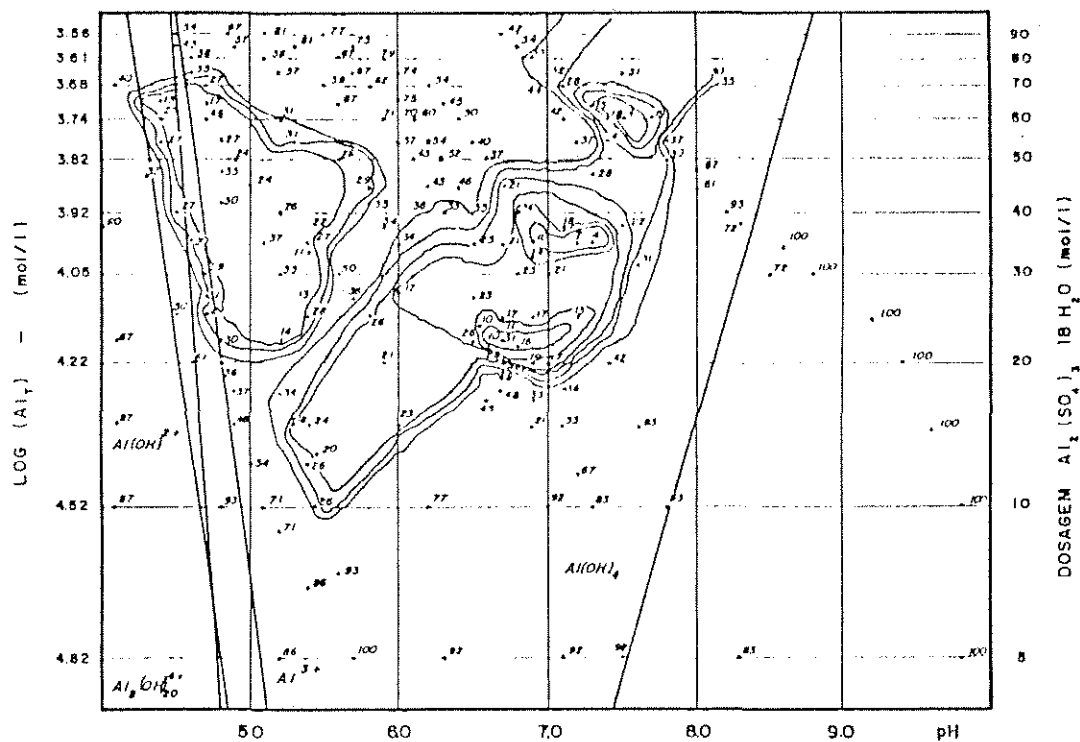


FIGURA B.1- DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO, EM FUNÇÃO DA TURBIDEZ REMANESCENTE.

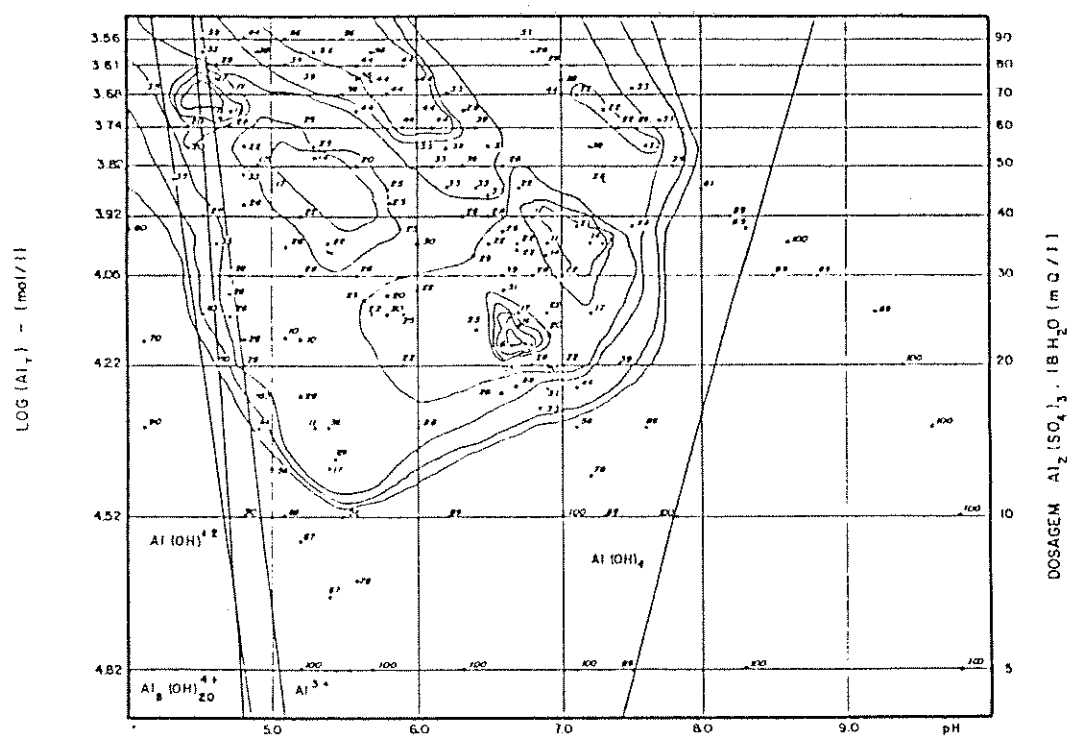


FIGURA B.2 - DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO, EM FUNÇÃO DA COR APARENTE REMANESCENTE.

APÊNDICE C

"Segunda Fase Experimental - Estudo do Comportamento
da Água Ozonizada, através de ensaios de
Coagulação, Floculação e Sedimentação"

"Estudo do comportamento da Água Ozonizada através
de Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação,
para valores de Produção Variável, com a Câmara de
Contato operando em batelada e fluxo contínuo"

TABELA C.01 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 40,9mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

TOLIM: A ÁGUA B. NATURAL		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		$G = 100 \text{ s}^{-1}$	$T = 1.0 \text{ min}$	$V_s = 2.0 \text{ cm/min}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20\text{s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	40,9	6,5	8,5	15	20	11
2	10,0	40,9	6,5	5,1	9	15	8
3	15,0	40,9	6,5	4,2	28	10	6
4	20,0	40,9	6,5	3,5	6	10	6
5	25,0	40,9	6,6	3,0	5	5	3
6	30,0	40,9	6,6	2,4	4	5	3

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3 /l)
NATURAL	180	55,8	25	6,8	-----

TABELA C.82 - CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESIDUAIS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 5 MINUTOS, CÂMARA DE CONTATO EM BATELADA.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O_2 (kg/cm^2)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm^2)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS-OXIGÊNIO (MALLACE E TIERMAN) ($N\ l/h$)	VOLTIMETRO (V)
2,0	55	0,6	325,0	117,5

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODETO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mgO_3/lO_2)
2,0	2,0	13,0	2,660	1,05

RESIDUAL DE OZÔNIO NA COLUMA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODETO DE POTÁSSIO NA COLUMA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO ($mg\ O_3/l$)	
2,0	5,0	2,3	0,17	

TABELA C.03 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 40,9 mg/l DE SULF. DE ALUM., EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO

COLETA IMEDIATA FOLHA: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		$G = 105 \text{ s}^{-1}$	$T = 1.0 \text{ min}$	$V_s = 2.0 \text{ cm/min}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/6=20 \text{ s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	40,9	6,5	9,0	16	25	14
2	10,0	40,9	6,5	7,5	14	20	11
3	15,0	40,9	6,5	4,0	7	10	6
4	20,0	40,9	6,5	6,0	11	10	6
5	25,0	40,9	6,5	4,5	8	10	6
6	30,0	40,9	6,5	3,5	6	5	3

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3 /l)
NATURAL	180	55,0	25	6,8	-----
OZONIZADA	125	35,0	25	7,2	-----

TABELA C.04 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 40,9 mg/l DE SULF. DE ALUM., EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO

COLETA APÓS 15 H TUBUL: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO	
		G = 105 s ⁻¹	t = 1.0 min	Vs = 2.0 cm/min	

FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	40,9	6,5	11,0	20	30	17
2	10,0	40,9	6,5	14,0	25	40	22
3	15,0	40,9	6,5	6,0	11	15	8
4	20,0	40,9	6,5	5,0	9	10	6
5	25,0	40,9	6,5	5,5	10	10	6
6	30,0	40,9	6,5	7,0	13	15	8

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R Í S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)
NATURAL	180	55,0	25	6,8	-----
OZONIZADA	125	35,0	25	7,2	-----

TABELA C.05 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 40,9 mg/l DE SULF. DE ALUM., EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO

COLETA APÓS 20 H FOLHA: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		$G = 105 \text{ s}^{-1}$	$T = 1.0 \text{ min}$	$V_s = 2.0 \text{ cm/min}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20 \text{ s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	40,9	6,5	11,0	20	25	14
2	10,0	40,9	6,5	6,0	11	15	8
3	15,0	40,9	6,5	5,5	10	15	8
4	20,0	40,9	6,5	6,0	11	15	8
5	25,0	40,9	6,5	5,5	10	10	6
6	30,0	40,9	6,5	6,5	12	15	8

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3/l)
NATURAL	180	55,8	25	6,8	-----
OZONIZADA	125	35,8	25	7,2	-----

TABELA C.06 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 38,1mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

FOLHA: A		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
ÁGUA B. NATURAL		$G = 185 \text{ s}^{-1}$	$T = 1.0 \text{ min}$	$V_s = 2.0 \text{ cm/min.}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20 \text{ s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	38,1	6,4	5,0	10	20	14
2	10,0	38,1	6,4	4,0	8	15	11
3	15,0	38,1	6,4	2,7	5	10	7
4	20,0	38,1	6,4	3,2	6	10	7
5	25,0	38,1	6,5	3,5	7	10	7
6	30,0	38,1	6,5	4,5	9	15	11

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R Í S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3 /l)
NATURAL	188	55,0	25	6,8	-----

TABELA C.07 - CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESIDUAIS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 50 MINUTOS, CÂMARA DE CONTATO EM BATELADA.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GAS-OXIGÊNIO (HALLACE E TIERNAN) (N l/h)	VOLTIMETRO (V)
2,0	55	0,6	325,0	117,5

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODETO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUTO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mgO ₃ /lO ₂)
2,0	2,0	9,9	1,910	0,83

RESIDUAL DE OZÔNIO NA COLUMA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODETO DE POTÁSSIO NA COLUMA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	
1,52	50,0	49,7	0,11	

TABELA C.08 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 38,1 ATÉ 40,9 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

COLETA IMEDIATA FOLHA: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		$G = 105 \text{ s}^{-1}$	$T = 1,0 \text{ min}$	$V_s = 2,0 \text{ cm/min}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20 \text{ s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	38,1	6,5	6,0	12	20	14
2	10,0	40,9	6,4	4,2	8	10	7
3	15,0	40,9	6,4	3,5	7	10	7
4	20,0	40,9	6,5	4,2	4	10	7
5	25,0	40,9	6,5	4,5	9	10	7
6	30,0	40,9	6,5	4,5	9	10	7

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3 /l)
NATURAL	140	50,0	25	6,9	-----
OZONIZADA	125	37,0	25	7,1	-----

TABELA C.09 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 33,0 e 40,0 mg/l DE SULF. DE ALUM., EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

FOLHA: A		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
ÁGUA B. NATURAL		$G = 105 \text{ s}^{-1}$	$T = 1.0 \text{ min}$	$V_s = 2.0 \text{ cm/min}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20 \text{ s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	33,0	6,6	2,5	7	10	7
2	10,0	33,0	6,6	2,3	7	5	4
3	15,0	33,0	6,6	2,2	6	10	7
4	20,0	40,0	6,5	3,2	9	10	7
5	25,0	40,0	6,5	2,0	6	5	4
6	30,0	40,0	6,5	2,0	6	5	4

ÁGUA BRUTA	CARACTERÍSTICAS				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3 /l)
NATURAL	140	35,0	25	6,9	25,0

TABELA C.10 - CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESIDUAIS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 5 MINUTOS, CÂMARA DE CONTATO EM BATELADA.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O_2 (kg/cm^2)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm^2)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GAS OXIGÊNIO (HALLACE E TIEMMAN) (l/h)	VOLTIMETRO (V)
2,0	80	0,8	585,0	117,5

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODEIO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUTO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mgO_3/lO_2)
2,0	2,0	10,6	2,030	0,80

RESIDUAL DE OZÔNIO NA CÂMARA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODEIO DE POTÁSSIO NA CÂMARA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO ($mg O_3/l$)	
1,52	5,0	0,15	$3,9 \times 10^{-2}$	

TABELA C.11 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 20,0 A 40,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

COLETA APÓS 30' TOLIM: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		$G = 105 \text{ s}^{-1}$	$T = 1.0 \text{ min}$	$V_s = 2.0 \text{ cm/min}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20\text{s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	20,0	6,9	12,0	34	40	25
2	10,0	30,0	6,7	4,2	12	10	7
3	15,0	33,0	6,5	5,0	14	15	11
4	20,0	35,0	6,6	4,0	11	10	7
5	25,0	38,0	6,5	5,5	16	15	11
6	30,0	40,0	6,4	7,3	21	25	10

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R Í S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3/l)
NATURAL	140	35,0	25	6,8	25,0
OZONIZADA	105	30,0	25	---	-----

TABELA C.12 : CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 33,0 ATÉ 40,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

COLETA APÓS 55' FOLHA: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO	
		G = 105 s ⁻¹	T = 1.0 min	Vs = 2.0 cm/min	

FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	33,0	6,6	3,0	9	10	7
2	10,0	33,0	6,6	2,8	8	5	4
3	15,0	33,0	6,6	2,5	7	5	4
4	20,0	40,0	6,5	4,0	11	10	7
5	25,0	40,0	6,5	2,9	8	5	4
6	30,0	40,0	6,5	2,5	7	5	4

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R Í S T I C A S				
	COR APARENTE [mg/l (Pt-Co)]	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)
NATURAL	148	35,8	25	6,8	25,8
OZONIZADA	105	30,8	25	---	-----

TABELA C.13 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 33,0 ATÉ 40,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

COLETA APOS 24h FOLHA: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		G = 105 s ⁻¹	T = 1.0 min	Vs = 2.0 cm/min			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	33,0	6,6	2,1	6	5	4
2	10,0	33,0	6,5	2,6	7	5	4
3	15,0	33,0	6,5	4,0	11	10	7
4	20,0	40,0	6,4	2,0	6	5	4
5	25,0	40,0	6,4	2,9	8	5	4
6	30,0	40,0	6,4	3,5	10	10	7

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (U)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)
NATURAL	140	35,0	25	6,8	25,0
OZONIZADA	105	30,0	25	---	-----

TABELA C.14 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 20,0 A 40,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

COLETA APÓS 25h FOLHA: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		$G = 105 \text{ s}^{-1}$	$T = 1,0 \text{ min}$	$V_s = 2,0 \text{ cm/min}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20 \text{ s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	20,0	6,8	8,2	23	40	29
2	10,0	30,0	6,7	5,2	15	15	11
3	15,0	33,0	6,5	8,0	23	35	25
4	20,0	35,0	6,4	7,5	21	35	25
5	25,0	38,0	6,4	9,0	26	35	25
6	30,0	40,0	6,4	7,0	20	30	21

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3/l)
NATURAL	140	35,0	25	6,8	25,0
OZONIZADA	105	30,0	25	---	-----

TABELA C.15 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 33,0 e 44,0 mg/l DE SULF. DE ALUM., EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

FOLHA: A AGUA B. NATURAL		MISTURA RAPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		$G = 105 \text{ s}^{-1}$	$T = 1.0 \text{ min}$	$V_s = 2.0 \text{ cm/min}$			
FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20 \text{ s}^{-1}$) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	PH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	33,0	6,6	2,5	7	10	7
2	10,0	33,0	6,6	2,8	8	10	7
3	15,0	33,0	6,5	3,0	9	10	7
4	20,0	40,0	6,4	3,1	9	10	7
5	25,0	40,0	6,4	2,5	7	10	7
6	30,0	40,0	6,4	2,0	6	5	4
AGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S						
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO_3 /l)		
NATURAL	140	35,0	25	8,2	-----		

TABELA C.16 - CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESIDUAIS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 5 MINUTOS, CÂMARA DE CONTATO EM BATELADA.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O_2 (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GAS-ÓXIGÊNIO (HALLACE E TIERNAN) (l/h)	VOLTIMETRO (V)
2,0	88	0,6	433,0	150,0

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODETO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUTO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O_3 /l O_2)
2,0	2,0	25,5	4,910	2,13

RESIDUAL DE OZÔNIO NA CULMIA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODETO DE POTÁSSIO NA CULMIA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O_3 /l)	
1,52	5,0	2,45	$6,1 \times 10^{-2}$	

TABELA C.17 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 33,0 A 40,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

COLETA APÓS 20' FOLHA: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO	
		G = 105 s ⁻¹	T = 1.0 min	V _s = 2.0 cm/min	

FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	33,0	6,6	3,5	10	10	7
2	10,0	33,0	6,7	2,6	7	5	4
3	15,0	33,0	6,6	3,0	9	5	4
4	20,0	40,0	6,6	4,2	12	10	7
5	25,0	40,0	6,5	2,5	7	5	4
6	30,0	40,0	6,5	2,5	7	5	4

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (U)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)
NATURAL	140	35,0	25	8,2	-----
OZONIZADA	120	32,0	25	---	-----

TABELA C.18 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 20,0 A 40,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

COLETA APÓS 50' FOLHA: C A. PRÉ-OZONIZADA		MISTURA RÁPIDA		SEDIMENTAÇÃO			
		G = 105 s ⁻¹	T = 1.0 min	Vs = 2.0 cm/min			

FRASCO	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO (mg/l)	pH DE COAGUL.	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,0	20,0	6,9	20,0	57	40	29
2	10,0	30,0	6,7	6,0	17	20	14
3	15,0	33,0	6,7	5,0	14	10	7
4	20,0	35,0	6,6	5,3	15	10	7
5	25,0	38,0	6,6	6,0	17	20	14
6	30,0	40,0	6,5	5,5	16	15	11

ÁGUA BRUTA	C A R A C T E R I S T I C A S				
	COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	TURBIDEZ (UT)	TEMPERATURA (°C)	pH	ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)
NATURAL	140	35,0	25	8,2	-----
OZONIZADA	120	32,0	25	---	-----

TABELA C.19 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 44,8 mg/l SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO = 44,8 mg/l					A: ÁGUA B. NATURAL		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/6=20s ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,23	6,7	24,8	37	70	33
			3,1	6,8	9	25	12
			1,6	5,7	9	25	12
			0,8	5,8	8	15	7
2	10	6,23	6,7	25,8	38	60	29
			3,1	3,5	5	10	5
			1,6	3,5	5	10	5
			0,8	3,8	5	10	5
3	15	6,30	6,7	20,8	31	50	24
			3,1	2,5	4	5	2
			1,6	3,8	5	5	2
			0,8	2,3	4	5	2
4	20	6,32	6,7	30,8	46	70	33
			3,1	3,2	5	10	5
			1,6	2,8	3	5	2
			0,8	1,5	2	5	2
5	25	6,33	6,7	24,8	37	60	29
			3,1	3,6	5	10	5
			1,6	2,8	3	5	2
			0,8	1,5	2	5	2
6	30	6,39	6,7	32,8	49	70	33
			3,1	3,8	5	5	2
			1,6	2,2	3	5	2
			0,8	1,8	2	5	2

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	210	----
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	6,8	----
TEMPERATURA (°C)	29	----
TURBIDEZ (ut)	65	----

TABELA C.20 - CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESÍDUOS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 20 MINÚTOS, CÂMARA DE CONTATO EM FLUXO CONTÍNUO.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS-OXIGÊNIO (WALLACE E FERRARI)	VOLTIMETRO (V)
2,0	85	0,7	509,8	150,8

RESÍDUO DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IÓDIO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l O ₂)
2,0	2,0	25,5	4,900	5,40

RESÍDUO DE OZÔNIO NA COLUMA DE EXCESSO				
VOLUME DE IÓDIO DE POTÁSSIO NA COLUMA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	TEMPO DE DETENÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESÍDUO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
1,52	20,0	13	49,75	0,96

TABELA C.21 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 44,8 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 44,8 mg/l					C: ÁGUA B. PRÉ-OZONIZADA		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO ($P/G=285^{-1}$) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,25	6,7	44,0	68	98	43
			3,1	9,0	14	28	10
			1,6	6,5	10	15	7
			0,8	6,0	9	15	7
2	10	6,30	6,7	33,0	51	68	29
			3,1	7,0	11	15	7
			1,6	6,5	10	10	5
			0,8	4,5	7	5	2
3	15	6,34	6,7	35,0	54	70	32
			3,1	6,5	10	10	5
			1,6	5,0	8	5	2
			0,8	3,5	5	5	2
4	20	6,34	6,7	35,0	54	70	33
			3,1	6,0	9	10	5
			1,6	4,5	7	5	2
			0,8	1,5	2	5	2
5	25	6,37	6,7	40,0	62	98	43
			3,1	4,5	7	5	2
			1,6	3,2	5	5	2
			0,8	2,0	3	5	2
6	30	6,47	6,7	33,0	51	70	33
			3,1	8,0	12	10	5
			1,6	3,3	5	5	2
			0,8	2,0	3	5	2

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO_3/l)	---	----
CONDUTIVIDADE ($\mu\text{mhos}/\text{m}$)	---	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	210	180
DUREZA (mg CaCO_3/l)	---	----
pH	6,8	7,3
TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	29	29
TURBIDEZ (ut)	65	70

TABELA C.22 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 33,8 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 33,8 mg/l					A: ÁGUA R. NATURAL		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20s^{-1}$) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,72	6,7	15,8	63	58	56
			3,1	4,3	18	15	17
			1,6	3,4	14	10	11
			0,8	3,1	13	10	11
2	10	6,72	6,7	14,8	58	58	56
			3,1	2,9	12	10	11
			1,6	2,7	11	10	11
			0,8	2,0	8	5	6
3	15	6,70	6,7	11,8	46	40	44
			3,1	2,3	10	10	11
			1,6	2,4	10	10	11
			0,8	1,5	6	5	6
4	20	6,74	6,7	11,8	46	35	39
			3,1	1,5	6	5	6
			1,6	2,0	8	5	6
			0,8	1,2	5	5	6
5	25	6,71	6,7	10,8	42	40	44
			3,1	2,0	8	5	6
			1,6	1,6	7	5	6
			0,8	1,0	4	5	6
6	30	6,70	6,7	13,8	54	40	44
			3,1	2,0	8	5	6
			1,6	2,0	8	5	6
			0,8	0,9	4	5	6

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg $CaCO_3/l$)	----	----
CONDUTIVIDADE ($\mu mhos/m$)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	98	----
DUREZA (mg $CaCO_3/l$)	----	----
pH	7	----
TEMPERATURA ($^{\circ}C$)	29	----
TURBIDEZ (ut)	24	----

TABELA C.23 - CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESIDUAIS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 13 MINUTOS, CÂMARA DE CORTEJO EM FLUXO CONTÍNUO.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS OXIGÊNIO (WALLACE E TIERNAN) (N l/h)	VOLÍMETRO (V)
2,0	85	0,7	589,0	130,0

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IOBETO DE POTÁSSIO A 2% (1)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mgO ₃ /lO ₂)
2,0	2,0	17,1	3,300	3,70

RESIDUAL DE OZÔNIO NA CULUNA DE EXCESSO				
VOLUME DE IOBETO DE POTÁSSIO NA CULUNA (1)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	TEMPO DE DETENÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
1,52	20,0	13	30,75	5,90

TABELA C.24 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 33,8 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM EN-SAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 33,8 mg/l					C: ÁGUA B. PRÉ-OZONIZADA		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/6=20s ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,69	6,7	15,0	63	50	56
			3,1	7,5	31	15	17
			1,6	6,0	25	15	17
			0,8	5,1	21	10	11
2	10	6,70	6,7	15,0	63	40	44
			3,1	5,6	23	10	11
			1,6	3,6	15	5	6
			0,8	2,8	12	5	6
3	15	6,69	6,7	12,0	50	30	33
			3,1	4,0	17	5	6
			1,6	2,9	12	5	6
			0,8	2,5	10	5	6
4	20	6,69	6,7	13,0	54	35	39
			3,1	3,0	13	5	6
			1,6	2,0	8	5	6
			0,8	1,5	6	5	6
5	25	6,66	6,7	12,0	50	35	39
			3,1	2,0	12	5	6
			1,6	2,3	10	5	6
			0,8	1,4	6	5	6
6	30	6,66	6,7	14,0	58	40	44
			3,1	2,2	9	5	6
			1,6	2,2	9	5	6
			0,8	1,0	4	5	6

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/m)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	----
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7	----
TEMPERATURA (°C)	29	----
TURBIDEZ (ut)	24	----

TABELA C.25 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 36,4 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 36,4 mg/l					A: ÁGUA B. NATURAL		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/G=20s^{-1}$) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,67	6,7	14,0	93	20	20
			3,1	4,5	30	20	22
			1,6	3,0	20	10	11
			0,8	3,0	20	10	11
2	10	6,67	6,7	11,0	73	45	50
			3,1	4,5	30	20	22
			1,6	3,0	20	10	11
			0,8	1,5	10	5	6
3	15	6,67	6,7	11,0	73	35	39
			3,1	2,0	13	10	11
			1,6	2,0	13	10	11
			0,8	1,5	10	5	6
4	20	6,71	6,7	11,0	73	35	39
			3,1	3,2	21	10	11
			1,6	1,8	12	5	6
			0,8	1,2	8	5	6
5	25	6,67	6,7	10,0	67	25	28
			3,1	1,7	11	5	6
			1,6	2,0	13	5	6
			0,8	1,1	7	5	6
6	30	6,67	6,7	10,0	67	25	28
			3,1	2,4	16	10	11
			1,6	1,7	11	5	6
			0,8	0,9	6	5	6

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg $CaCO_3/l$)	----	----
CONDUTIVIDADE ($\mu mhos/cm$)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	20	----
DUREZA (mg $CaCO_3/l$)	----	----
pH	7,2	----
TEMPERATURA ($^{\circ}C$)	20	----
TURBIDEZ (ut)	15	----

TABELA C.26 - CONDIÇÕES DE PRÉ OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESIDUAIS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 20 MINUTOS, CÂMARA DE CONTATO EM FLUXO CONTÍNUO.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O_2 (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS-OXIGÊNIO (WATIACT E TIEMMAN) (M l/h)	VOLÍMETRO (V)
2,0	85	0,7	509,0	120,8

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IÓDIO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE IIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O_3 /l O_2)
2,0	2,0	12,8	2,200	2,40

RESIDUAL DE OZÔNIO NA COLUMA DE EXCESSO				
VOLUME DE IÓDIO DE POTÁSSIO NA COLUMA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	TEMPO DE DETENÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE IIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O_3 /l)
1,52	20,0	13	19,10	0,32

TABELA C.27 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 36,4 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 36,4 mg/l					C: ÁGUA B. PRÉ-OZONIZADA		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(nt)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,70	6,7	13,0	87	50	56
			3,1	4,5	30	15	17
			1,6	4,5	30	15	17
			0,8	3,5	23	10	11
2	10	6,70	6,7	12,0	80	40	44
			3,1	3,4	23	10	11
			1,6	3,3	22	10	11
			0,8	1,7	11	5	6
3	15	6,69	6,7	13,0	87	50	56
			3,1	6,0	40	15	17
			1,6	2,4	16	5	6
			0,8	2,1	14	5	6
4	20	6,70	6,7	11,0	73	40	44
			3,1	1,9	13	5	6
			1,6	2,4	16	5	6
			0,8	1,1	7	5	6
5	25	6,73	6,7	10,0	67	40	44
			3,1	2,6	17	5	6
			1,6	2,4	16	5	6
			0,8	1,2	8	5	6
6	30	6,70	6,7	11,0	73	40	44
			3,1	3,2	21	10	11
			1,6	1,0	12	5	6
			0,8	1,4	9	5	6

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	70
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7,2	7,4
TEMPERATURA (°C)	28	28
TURBIDEZ (nt)	15	17

TABELA C.28 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 32,6 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 32,6 mg/l					A: ÁGUA B. NATURAL		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,80	6,7	12,0	80	40	57
			3,1	4,0	27	15	21
			1,6	3,0	20	10	14
			0,8	3,0	20	10	14
2	10	6,87	6,7	12,0	80	40	57
			3,1	5,5	37	20	29
			1,6	3,0	20	10	14
			0,8	2,0	13	10	14
3	15	6,89	6,7	12,0	80	40	57
			3,1	3,0	20	10	14
			1,6	2,7	18	10	14
			0,8	1,5	10	5	7
4	20	6,87	6,7	10,0	67	35	50
			3,1	3,0	20	10	14
			1,6	2,2	15	5	7
			0,8	1,0	7	5	7
5	25	6,91	6,7	11,0	73	40	57
			3,1	5,0	33	20	29
			1,6	2,9	19	10	14
			0,8	1,3	9	5	7
6	30	6,93	6,7	12,0	80	40	57
			3,1	5,0	33	20	29
			1,6	3,0	20	10	14
			0,8	1,3	9	5	7

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/m)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	70	----
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7,1	----
TEMPERATURA (°C)	20	----
TURBIDEZ (ut)	15	----

TABELA C.29 - CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESÍDUOS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 20 MINUTOS, CÂMARA DE CONTATO EM FLUXO CONTÍNUO.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS-OXIGÊNIO (WALLACE E TILMAN) (N l/h)	VOLTIMETRO (V)
2,0	85	0,7	509,0	110,0

RESÍDUO DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODETO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l O ₂)
2,0	2,0	8,85	1,5	1,7

RESÍDUO DE OZÔNIO NA COLUMA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODETO DE POTÁSSIO NA COLUMA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	TEMPO DE DETENÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESÍDUO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
1,52	20,0	13	13,20	0,22

TABELA C.30 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 32,6 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 32,6 mg/l						C: ÁGUA B. PRÉ-OZONIZADA	
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=205 ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,92	6,7	15,0	100	50	71
			3,1	7,5	50	25	36
			1,6	4,3	29	20	29
			0,8	3,5	23	10	14
2	10	6,94	6,7	13,0	87	50	71
			3,1	5,0	33	10	14
			1,6	3,0	20	10	14
			0,8	2,5	17	5	7
3	15	6,94	6,7	13,0	87	50	71
			3,1	4,0	27	15	21
			1,6	3,0	20	10	14
			0,8	2,5	17	5	7
4	20	6,93	6,7	11,0	73	40	57
			3,1	5,1	34	15	21
			1,6	2,1	14	5	7
			0,8	1,6	11	5	7
5	25	6,94	6,7	11,0	73	40	57
			3,1	4,0	27	10	14
			1,6	2,5	17	5	7
			0,8	1,6	11	5	7
6	30	6,94	6,7	11,0	73	40	57
			3,1	4,0	27	10	14
			1,6	2,1	14	5	7
			0,8	1,2	8	5	7

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/m)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	70	60
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7,2	7,3
TEMPERATURA (°C)	28	30
TURBIDEZ (ut)	15	15

TABELA C.31 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 48,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 48,5 mg/l					A: AGUA B. NATURAL		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,60	6,7	27,0	32	40	24
			3,1	10,0	12	15	9
			1,6	9,0	11	15	9
			0,8	7,0	9	10	6
2	10	6,50	6,7	10,0	21	25	15
			3,1	6,5	8	10	6
			1,6	5,1	6	10	6
			0,8	4,0	5	5	3
3	15	6,70	6,7	27,0	32	40	24
			3,1	4,5	5	10	6
			1,6	3,5	4	5	3
			0,8	3,6	3	5	3
4	20	6,60	6,7	27,0	32	40	24
			3,1	3,5	4	5	3
			1,6	2,6	3	5	3
			0,8	2,1	2	5	3
5	25	6,20	6,7	36,0	42	60	35
			3,1	3,5	4	5	3
			1,6	2,4	3	5	3
			0,8	3,0	2	5	3
6	30	6,10	6,7	40,0	47	60	35
			3,1	3,5	4	5	3
			1,6	3,0	4	5	3
			0,8	2,0	2	5	3

CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	170	----
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7,6	----
TEMPERATURA (°C)	25	----
TURBIDEZ (ut)	85	----

TABELA C.32 - CONDIÇÕES DE PRÉ OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESÍDUOS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 7,5 MINUTOS, CÂMARA DE CONTATO EM FLUXO CONTÍNUO.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS-OXIGÊNIO (WALLACE E TIEMME) (N l/h)	VOLÍMETRO (U)
2,0	85	0,7	506,0	115,0

RESÍDUO DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODOÍO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE H ₂ O-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l O ₂)
2,0	2,0	9,20	1,55	0,92

RESÍDUO DE OZÔNIO NA COLUMA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODOÍO DE POTÁSSIO NA COLUMA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	TEMPO DE DETENÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE H ₂ O-SULFATO (ml)	RESÍDUO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
1,52	20,0	7,5	16,60	0,28

TABELA C.33 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 44,8 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO: 44,8 mg/l					C: AGUA R. PRÉ-OZONIZADA		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=28s ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,10	6,7	37,8	44	50	29
			3,1	13,0	15	15	9
			1,6	10,0	12	15	9
			0,8	7,5	9	10	6
2	10	6,10	6,7	47,0	55	70	41
			3,1	10,0	12	10	6
			1,6	8,0	9	10	6
			0,8	5,1	6	5	3
3	15	6,10	6,7	42,0	49	50	29
			3,1	7,5	9	10	6
			1,6	4,5	5	5	3
			0,8	3,5	4	5	3
4	20	6,10	6,7	42,0	49	50	29
			3,1	5,5	6	5	3
			1,6	3,6	4	5	3
			0,8	2,9	3	5	3
5	25	6,10	6,7	55,0	65	90	53
			3,1	6,5	8	5	3
			1,6	3,5	4	5	3
			0,8	2,1	2	5	3
6	30	6,10	6,7	43,0	51	50	29
			3,1	5,5	6	5	3
			1,6	4,0	5	5	3
			0,8	2,3	3	5	3

CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	178	----
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7,6	7,3
TEMPERATURA (°C)	28	28
TURBIDEZ (ut)	85	95

TABELA C.34 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMNESCENTES, APLICAÇÃO DE 43,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 43,0 mg/l					A: AGUA B. NATURAL		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=28s ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMNESCENTE		COR APARENTE REMNESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,42	6,7	20,0	27	40	29
			3,1	7,5	10	10	7
			1,6	7,3	10	10	7
			0,8	6,5	9	10	7
2	10	6,35	6,7	22,0	29	50	36
			3,1	5,0	7	10	7
			1,6	5,0	7	10	7
			0,8	4,2	6	5	4
3	15	6,41	6,7	20,0	27	40	29
			3,1	4,0	5	5	4
			1,6	3,3	4	5	4
			0,8	3,2	4	5	4
4	20	6,40	6,7	22,0	29	40	29
			3,1	4,0	5	5	4
			1,6	3,2	4	5	4
			0,8	2,4	3	5	4
5	25	6,43	6,7	19,0	25	35	25
			3,1	3,5	5	5	4
			1,6	2,5	3	5	4
			0,8	1,9	3	5	4
6	30	6,40	6,7	35,0	47	50	36
			3,1	6,5	9	5	4
			1,6	3,0	4	5	4
			0,8	2,1	3	5	4

CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA		
	NATURAL	PRE-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	140	----
PUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7,2	----
TEMPERATURA (°C)	28	----
TURBIDEZ (ut)	75	----

TABELA C.35 - CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESIDUAIS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE DETECÇÃO DE 7,5 MINUTOS, CÂMARA DE CONTATO EM FLUXO CONTÍNUO.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O_2 (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS OXIGÊNIO (MILLER E TIERHART) (N l/h)	VOLÍMETRO (V)
2,0	85	0,7	506,0	115,0

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODOÍO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O_3 /l O_2)
2,0	2,0	10,68	1,81	1,07

RESIDUAL DE OZÔNIO NA CULUNA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODOÍO DE POTÁSSIO NA CULUNA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	TEMPO DE DEFENSA (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O_3 /l)
1,52	20,0	7,5	17,50	0,30

TABELA C.36 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 43,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 43,0 mg/l					C: ÁGUA D. PRÉ-OZONIZADA		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO ($\rho/\rho=20s^{-1}$) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (P(-Lo))	(%)
1	5	6,30	6,7	50,0	67	70	50
			3,1	13,0	17	25	18
			1,6	10,0	13	20	14
			0,8	7,8	10	10	7
2	10	6,31	6,7	43,0	57	70	50
			3,1	8,5	11	10	7
			1,6	7,0	9	10	7
			0,8	4,4	6	5	4
3	15	6,31	6,7	40,0	53	50	36
			3,1	6,9	9	5	4
			1,6	3,9	5	5	4
			0,8	3,1	4	5	4
4	20	6,32	6,7	35,0	47	35	25
			3,1	9,0	12	10	7
			1,6	3,4	5	5	4
			0,8	2,5	3	5	4
5	25	6,29	6,7	35,0	47	35	25
			3,1	8,0	11	5	4
			1,6	4,0	5	5	4
			0,8	2,5	3	5	4
6	30	6,28	6,7	55,0	73	90	64
			3,1	11,0	15	5	4
			1,6	5,0	7	5	4
			0,8	2,5	3	5	4

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	140	----
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7,2	----
TEMPERATURA (°C)	20	----
TURBIDEZ (ut)	75	----

TABELA C.37 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 34,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM EN-SAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 34,0 mg/l					A: AGUA B. NATURAL		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO (p/G=20s ⁻¹) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (F(-Co))	(%)
1	5	6,50	6,7	27,0	64	90	100
			3,1	7,3	17	25	28
			1,6	7,3	17	25	28
			0,8	5,8	14	15	17
2	10	6,60	6,7	25,0	60	90	100
			3,1	10,0	24	20	22
			1,6	5,0	13	10	11
			0,8	5,0	12	10	11
3	15	6,60	6,7	14,0	33	35	39
			3,1	3,5	8	10	11
			1,6	3,5	8	5	6
			0,8	2,6	6	5	6
4	20	6,60	6,7	14,0	33	35	39
			3,1	3,0	7	10	11
			1,6	3,0	7	5	6
			0,8	2,0	5	5	6
5	25	6,60	6,7	14,0	33	35	39
			3,1	2,0	5	5	6
			1,6	3,0	7	5	6
			0,8	1,6	4	5	6
6	30	6,60	6,7	14,0	33	35	39
			3,1	3,7	9	5	6
			1,6	3,5	8	5	6
			0,8	1,5	4	5	6

CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	----	----
CONDUTIVIDADE (µmhos/m)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	----
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	----	----
pH	7,3	----
TEMPERATURA (°C)	29	----
TURBIDEZ (ut)	42	----

TABELA C.38 - CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO DE OZÔNIO DA ÁGUA BRUTA NATURAL, E RESÍDUOS DE OZÔNIO PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 10 MINUTOS, CÁMARA DE CURTATO EM ROTELADA.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O_2 (kg/cm ²)	PERCENTAGEM DE OZÔNIO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA COLUNA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE OZÔNIO DE GÁS OXIGÊNIO (VOLÚMETRO E TITRANTE) (m l/h)	VOLÚMETRO (v)
2,0	90	0,7	541,0	100,0

RESÍDUO DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODETO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg/l ou l/h)
2,0	2,0	37,35	6,31	4,80

RESÍDUO DE OZÔNIO NA COLUNA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODETO DE POTÁSSIO NA COLUNA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESÍDUO DE OZÔNIO (mg O_3 /l)	
1,52	10,0	26,15	0,88	

TABELA C.39 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, APLICAÇÃO DE 34,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO, EM IN-SAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO.

DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO : 34,0 mg/l					C: ÁGUA B. PRÉ-OZONIZADA		
REATOR	TEMPO FLOCULAÇÃO ($p/6=20s^{-1}$) (min)	pH DE COAGUL.	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5	6,40	6,7	35,0	83	70	70
			3,1	29,0	69	50	56
			1,6	24,0	57	35	39
			0,8	10,0	43	40	44
2	10	6,40	6,7	32,0	76	70	70
			3,1	14,0	33	20	22
			1,6	14,0	33	20	22
			0,8	13,0	29	15	17
3	15	6,40	6,7	29,0	69	50	56
			3,1	15,0	36	40	44
			1,6	9,0	21	10	11
			0,8	6,0	14	5	6
4	20	6,50	6,7	21,0	50	35	39
			3,1	11,0	26	20	22
			1,6	6,5	15	5	6
			0,8	6,2	15	5	6
5	25	6,50	6,7	29,0	69	50	56
			3,1	10,0	24	15	17
			1,6	8,0	19	10	11
			0,8	6,0	14	5	6
6	30	6,50	6,7	30,0	90	50	56
			3,1	12,0	29	15	17
			1,6	7,5	13	10	11
			0,8	6,1	15	5	6

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg $CaCO_3/l$)	----	----
CONDUTIVIDADE ($\mu mhos/cm$)	----	----
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	50
DUREZA (mg $CaCO_3/l$)	----	----
pH	7,3	----
TEMPERATURA ($^{\circ}C$)	29	29
TURBIDEZ (ut)	42	38

Determinação do Residual de Ozônio na Água
a uma Produção Constante, Método Iodométrico,
para Dosagem de Ozônio Variável

TABELA C.4B : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE,
MÉTODO IODOMÉTRICO, PARA DOSAGEM DE OZÔNIO VARIÁVEL.

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA		CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO	
pH	6,9	VOLTAGEM (V)	200
TURBIDEZ (ut)	24,0	PRESSÃO NA CÉLULA (kg/cm ²)	0,7
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	100,0	PORCENTAGEM DE VAZÃO (%)	90
TEMPERATURA (°C)	24,0	TEMPO DE APLICAÇÃO DE O ₃ NA PRODUÇÃO (min)	2
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	25,0	PRODUÇÃO DE O ₃ (g/h)	7,99

APLICAÇÃO DE OZÔNIO NA CÂMARA DE CONTATO		PASSAGEM DE AR COMPRIMIDO (FRASCOS LAVADORES)		RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA (M. IODOMÉTRICO) (mg O ₃ /l)
TEMPO (min)	DOSAGEM (mg/l)	TEMPO (min)	PRESSÃO (kg/cm ²)	
15	9,14	15	0,31	0,52
20	11,29	9	0,31	0,65
30	17,50	15	0,31	1,12

TABELA C.41 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE,
MÉTODO IODOMÉTRICO, PARA DOSAGEM DE OZÔNIO VARIÁVEL.

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA		CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO	
pH	6,9	VOLTAGEM (V)	210
TURBIDEZ (ut)	31,0	PRESSÃO NA CÉLULA (kg/cm ²)	0,7
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	120,0	PORCENTAGEM DE VAZÃO (%)	100
TEMPERATURA (°C)	25	TEMPO DE APLICAÇÃO DE O ₃ NA PRODUÇÃO ³ (min)	2
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ / l)	25,0	PRODUÇÃO DE O ₃ (g/h)	9,62

APLICAÇÃO DE OZÔNIO NA CÂMARA DE CONTATO		PASSAGEM DE AR COMPRIMIDO (FRASCOS LAVADORES)		RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA (M. IODOMÉTRICO) (mg O ₃ /l)
TEMPO (min)	DOSAGEM (mg/l)	TEMPO (min)	PRESSÃO (kg/cm ²)	
12	0,15	15	0,38	0,25

TABELA C.42 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, PARA DOSAGEM DE OZÔNIO VARIÁVEL.

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA		CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO	
pH	6,9	VOLTAGEM (V)	210
TURBIDEZ (ut)	30,0	PRESSÃO NA CÉLULA (kg/cm ²)	0,7
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	100,0	PORCENTAGEM DE VAZÃO (%)	100
TEMPERATURA (°C)	25,5	TEMPO DE APLICAÇÃO DE O ₃ NA PRODUÇÃO ² (min)	2
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	25,0	PRODUÇÃO DE O ₃ (g/h)	9,79

APLICAÇÃO DE OZÔNIO NA CÂMARA DE CONTATO		PASSAGEM DE AR COMPRIMIDO (FRASCOS LAVADORES)		RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA (M. IODOMÉTRICO) (mg O ₃ /l)
TEMPO (min)	DOSAGEM (mg/l)	TEMPO (min)	PRESSÃO (kg/cm ²)	
10	6,91	15	0,38	
				0,16

TABELA C.43.: DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, PARA DOSAGEM DE OZÔNIO VARIÁVEL.

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA		CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO	
pH	6,9	VOLTAGEM (V)	210
TURBIDEZ (u.t.)	28,0	PRESSÃO NA CÂMARA (kg/cm ²)	0,7
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	75,0	PORCENTAGEM DE OZÔNIO (%)	100
TEMPERATURA (°C)	27,0	TEMPO DE APLICAÇÃO DE O ₃ NA PRODUÇÃO (min)	2
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	25,0	PRODUÇÃO DE O ₃ (g/h)	9,79

APLICAÇÃO DE OZÔNIO NA CÂMARA DE CONTATO		PASSAGEM DE AR COMPRIMIDO (FRASCOS LAVADORES)		RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA (M. IODOMÉTRICO) (mg O ₃ /l)
TEMPO (min)	DOSAGEM (mg/l)	TEMPO (min)	PRESSÃO (kg/cm ²)	
8	5,53	15	0,31	0,07
9	6,22	15	0,31	0,10
14	9,68	15	0,31	0,31
16	11,06	15	0,31	0,49

Determinação do Residual de Ozônio na Água
a uma Produção Constante, Método Iodométrico,
para Dosagem de Ozônio Aplicada Determinada

TABELA C.44 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DA ÁGUA BRUTA NATURAL, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 10,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO: 10,0 min.					
DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO: 7,74 mg/l					
TORNEIRA : Ø 1		TORNEIRA : Ø 2		TORNEIRA : Ø 3	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	0,176	10'	NULO	20'	NULO
CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA			CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO		
pH	6,9		VOLTAGEM (V)	230	
TURBIDEZ (ut)	30,0		PRESSÃO NA CÉLULA (kg/cm ²)	0,7	
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	100,0		PORCENTAGEM DE VAZÃO (%)	100	
TEMPERATURA (°C)	25,5		PRODUÇÃO (g/h)	10,962	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	25,0		PRESSÃO AR COMP. (kg/cm ²)	0,313	

TABELA C.45 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DA ÁGUA BRUTA NATURAL, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 10,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO: 10,0 min.					
DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO: 7,74 mg/l					
TORNEIRA : 01		TORNEIRA : 02		TORNEIRA : 03	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	0,244	10'	NULO	20'	NULO
CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA			CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO		
pH	6,9	VOLTAGEM (V)		230	
TURBIDEZ (ut)	20,0	PRESSÃO NA CÉLULA (kg/cm ²)		0,7	
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	75,0	PORCENTAGEM DE VAZÃO (%)		100	
TEMPERATURA (°C)	27,0	PRODUÇÃO (g/h)		10,962	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	25,0	PRESSÃO AR COMP. (kg/cm ²)		0,313	

TABELA C.46 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DA ÁGUA BRUTA NATURAL, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 10,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO: 10,0 min.					
DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO: 7,74 mg/l					
TORNEIRA : Ø 1		TORNEIRA : Ø 2		TORNEIRA : Ø 3	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	0,404	10'	NULO	25'	NULO
CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA			CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO		
pH	6,9		VOLTAGEM (V)	230	
TURBIDEZ (ut)	30,0		PRESSÃO NA CÉLULA (kg/cm ²)	0,7	
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	100,0		PORCENTAGEM DE VAZÃO (%)	100	
TEMPERATURA (°C)	25,5		PRODUÇÃO (g/h)	10,962	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	25,0		PRESSÃO AR COMP. (kg/cm ²)	0,313	

TABELA C.47 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DA ÁGUA BRUTA NATURAL, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 5,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO: 15,0 min.					
DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO: 12,25mg/l					
TORNEIRA : Ø 1		TORNEIRA : Ø 2		TORNEIRA : Ø 3	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	1,510	20'	NULO	40'	NULO
CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA		CONDIÇÕES DE PRÉ-OZONIZAÇÃO			
pH	6,9	VOLTAGEM (V)	230		
TURBIDEZ (ut)	30,0	PRESSÃO NA CÉLULA (kg/cm ²)	0,7		
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	100,0	PORCENTAGEM DE VAZÃO (%)	80		
TEMPERATURA (°C)	25,5	PRODUÇÃO (g/h) [~]	10,355		
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	25,0	PRESSÃO AR COMP. (kg/cm ²)	0,313		

"Estudo do Residual de Ozônio na Água, Método
Iodométrico, para valor de Produção Constante e
Tempo de Aplicação na Câmara de Contato Variável"

TABELA C.48 - CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO APARELHO GERADOR DE OZÔNIO, E RESPECTIVO VALOR DE PRODUÇÃO, PARA OS ENSAIOS DAS TABELAS DE NÚMEROS 49 A 54.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GAS-OXIGÊNIO (WALLACE E TIERNAN) (N l/h)	VOLTIMETRO (V)
2,0	80	0,7	479,0	230,0

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO			
SOLUÇÃO DE IODETO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)
2,0	2,0	13,8	10,36

TABELA C.49 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DAS ÁGUAS BRUTA, NATURAL E OZONIZADA, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 5,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO : 5,0min.

DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO : 4,08mg/l

RESIDUAL NA COLUNA DE EXCESSO: 0,16mg/l

TORNEIRA : 01		TORNEIRA : 02		TORNEIRA : 03	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	0,373	IMEDIATA	0,022	IMEDIATA	0,101
11'	0,242	15'	0,007	13'	0,014
25'	0,213	27'	NULO	28'	NULO
44'	NULO	43'	NULO	43'	NULO

ENSAIOS	TORNEIRA: 01		TORNEIRA: 02		TORNEIRA: 03	
	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA
pH	6,8	7,6	6,9	7,2	6,9	7,3
TURBIDEZ (ut)	30,0	29,0	24,0	29,0	25,0	27,0
COR AFARENTE (mg/l Pt-Co)	00	50	00	50	00	50
TEMPERATURA (°C)	23,5	23,5	24,0	25,0	24,5	25,0
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	29,1	28,6	29,1	28,1	29,1	29,1

TABELA C.58 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DAS ÁGUAS BRUTA, NATURAL E OZONIZADA, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 10,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO : 10,0min.

DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO : 8,17mg/l

RESIDUAL NA COLUNA DE EXCESSO: 1,51mg/l

TORNEIRA : Ø 1		TORNEIRA : Ø 2		TORNEIRA : Ø 3	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	0,833	IMEDIATA	0,464	IMEDIATA	0,628
11' 30"	NULO	12' 20"	NULO	12'	NULO
24' 15"	NULO	23' 30"	NULO	24'	NULO

ENSAIOS	TORNEIRA: Ø 1		TORNEIRA: Ø 2		TORNEIRA: Ø 3	
	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA
pH	7,0	7,1	7,0	7,1	7,0	7,1
TURBIDEZ (ut)	16,0	17,0	15,0	17,0	15,0	17,0
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	100	50	80	40	80	40
TEMPERATURA (°C)	24,5	25,5	24,0	25,0	24,0	24,0
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	29,1	28,1	30,1	28,1	30,6	28,1

TABELA C.51 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DAS ÁGUAS BRUTA, NATURAL E OZONIZADA, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 15,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO: 15,0min.

DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO: 12,25mg/l

RESIDUAL NA COLUNA DE EXCESSO: 3,27mg/l

TORNEIRA : Ø 1		TORNEIRA : Ø 2		TORNEIRA : Ø 3	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	2,156	IMEDIATA	1,341	IMEDIATA	1,144
12'	NULO	12'	NULO	12'	NULO
25'	NULO	25'	NULO	25'	NULO

ENSAIOS	TORNEIRA: Ø 1		TORNEIRA: Ø 2		TORNEIRA: Ø 3	
	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA
pH	6,9	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0
TURBIDEZ (ut)	15,0	15,0	15,0	16,0	14,0	15,0
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	80	40	80	40	80	40
TEMPERATURA (°C)	23,5	23,5	25,0	25,5	25,5	26,0
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	33,0	33,0	32,3	31,0	30,1	33,0

TABELA C.52 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DAS ÁGUAS BRUTA, NATURAL E OZONIZADA, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 20,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO: 20,0min.

DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO: 16,34mg/l

RESIDUAL NA COLUNA DE EXCESSO: 5,08mg/l

TORNEIRA : 01		TORNEIRA : 02		TORNEIRA : 03	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	2,885	IMEDIATA	2,419	IMEDIATA	1,931
13'	0,527	12'	NULO	17'	NULO
26'	NULO	27'	NULO	28'	NULO

ENSAIOS	TORNEIRA: 01		TORNEIRA: 02		TORNEIRA: 03	
	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA
pH	6,9	7,0	7,1	7,2	6,9	7,0
TURBIDEZ (ut)	14,0	13,0	14,0	13,0	14,0	15,0
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	80	40	80	40	80	30
TEMPERATURA (°C)	23,5	23,5	25,5	26,0	23,0	23,0
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	33,0	33,0	31,5	31,0	33,5	30,1

TABELA C.54 : DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO A UMA PRODUÇÃO CONSTANTE, MÉTODO IODOMÉTRICO, E PARÂMETROS DAS ÁGUAS BRUTA, NATURAL E OZONIZADA, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 30,0 min.

TEMPO DE APLICAÇÃO DE OZÔNIO: 30,0min.

DOSAGEM DE OZÔNIO APLICADO: 24,50mg/l

RESIDUAL NA COLUNA DE EXCESSO: 9,84mg/l

TORNEIRA : Ø 1		TORNEIRA : Ø 2		TORNEIRA : Ø 3	
COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	COLETA	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
IMEDIATA	3,698	IMEDIATA	2,878	IMEDIATA	2,741
11' 30"	1,122	12'	0,716	12' 15"	0,592
24'	NULO	24' 30"	NULO	26'	NULO

ENSAIOS	TORNEIRA: Ø 1		TORNEIRA: Ø 2		TORNEIRA: Ø 3	
	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA	BRUTA	OZONIZADA
pH	6,9	7,0	7,0	7,0	6,9	7,0
TURBIDEZ (ut)	17,0	17,0	24,0	25,0	19,0	22,0
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	80	40	90	50	90	50
TEMPERATURA (°C)	23,0	23,5	25,0	23,5	23,5	23,5
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	32,0	28,6	32,5	28,1	33,0	27,6

"Estudo do Residual do Ozônio na Água, Método
Colorimétrico, para valor de Produção Constante
e Tempo Determinado de Aplicação de Ozônio
na Câmara de Contato"

TABELA C.55 - CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO APARELHO GERADOR DE OZÔNIO, E RESPECTIVO VALOR DE PRODUÇÃO, PARA OS ENSAIOS DAS TABELAS DE NÚMEROS 56 A 60.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS-OXIGÊNIO (WALLACE E TIERNAN) (N l/h)	VOLTIMETRO (V)
2,0	80	0,7	479,0	230,0

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO			
SOLUÇÃO DE IODEIO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE IIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)
2,0	2,0	51,0	10,36

TABELA C.56 - DETERMINAÇÃO DE RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA, MÉTODO COLORIMÉTRICO (ÍNDIGO), TEMPO DE APLICAÇÃO DE 10min.

ENSAIO DE OZONIZAÇÃO			
TEMPO DE APLICAÇÃO : 10min		DOSAGEM APLICADA : 0,17 mg O ₃ /l	
CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS BRUTAS			
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA	
pH	6,9	7,0	
TURBIDEZ (nt)	0,5	10,0	
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	80,0	40,0	
TEMPERATURA (°C)	23	21,5	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	29,5	29,0	
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA COMPOSTA	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C	90	0,155	0,4101
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA INDIVIDUAL	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C.1	90	0,176	0,4656
C.2	90	0,177	0,4683
C.3	90	0,157	0,4153
C.4	90	0,175	0,4630
C.5	90	0,177	0,4683
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO			0,4551

TABELA C.57 - DETERMINAÇÃO DE RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA, MÉTODO COLORIMÉTRICO (ÍNDIGO), TEMPO DE APLICAÇÃO DE 5min.

ENSAIO DE OZONIZAÇÃO			
TEMPO DE APLICAÇÃO : 5min	DOSAGEM APLICADA : 4,00 mg O ₃ /l		
CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS BRUTAS			
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA	
pH	6,9	7,0	
TURBIDEZ (ut)	8,6	10,0	
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	70,0	30,0	
TEMPERATURA (°C)	22	22,0	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	33,0	32,5	
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA COMPOSTA	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C	90	0,000	0,2116
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA INDIVIDUAL	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C.1	90	0,152	0,4021
C.2	90	0,055	0,1455
C.3	90	0,033	0,0873
C.4	90	0,025	0,0661
C.5	90	0,054	0,1429
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO			0,1471

TABELA C.58 - DETERMINAÇÃO DE RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA, MÉTODO COLORIMÉTRICO (INDIGO), TEMPO DE APLICAÇÃO DE 10min.

ENSAIO DE OZONIZAÇÃO			
TEMPO DE APLICAÇÃO : 10min	DOSAGEM APLICADA : 8,17 mg O ₃ /l		
CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS BRUTAS			
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA	
pH	7,0	7,0	
TURBIDEZ (ut)	0,0	9,0	
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	70,0	30,0	
TEMPERATURA (°C)	23,5	22,0	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	36,0	31,0	
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA COMPOSTA	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C	90	0,158	0,4180
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA INDIVIDUAL	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C.1	90	0,181	0,4788
C.2	90	0,180	0,4762
C.3	90	0,180	0,4762
C.4	90	0,179	0,4735
C.5	90	0,180	0,4762
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO			0,4759

TABELA C.59 - DETERMINAÇÃO DE RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA, MÉTODO COLORIMÉTRICO (INDIGO), TEMPO DE APLICAÇÃO DE 5min.

ENSAIO DE OZONIZAÇÃO			
TEMPO DE APLICAÇÃO : 5min	DOSAGEM APLICADA : 4,00 mg O ₃ /l		
CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS BRUTAS			
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA	
pH	7,0	7,1	
TURBIDEZ (ut)	0,0	0,5	
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	70,0	30,0	
TEMPERATURA (°C)	23,5	24,0	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	36,0	34,5	
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA COMPOSTA	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C	90	0,070	0,1052
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA INDIVIDUAL	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C.1	90	0,006	0,2275
C.2	90	0,066	0,1746
C.3	90	0,035	0,0926
C.4	90	0,027	0,0714
C.5	90	0,046	0,1217
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO			0,1293

TABELA C.60 - DETERMINAÇÃO DE RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA, MÉTODO COLORIMÉTRICO (INDIGO), TEMPO DE APLICAÇÃO DE 15min.

ENSAIO DE OZONIZAÇÃO			
TEMPO DE APLICAÇÃO : 15min	DOSAGEM APLICADA : 12,25 mg O ₃ /l		
CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS BRUTAS			
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA	
pH	6,9	7,0	
TURBIDEZ (ut)	0,3	9,0	
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	70,0	20,0	
TEMPERATURA (°C)	23,0	23,0	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	35,5	32,5	
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA COMPOSTA	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C	90	0,183	0,4841
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA			
AMOSTRA INDIVIDUAL	VOLUME DE AMOSTRA	Δ ABSORVÂNCIA	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
C.1	90	0,183	0,4841
C.2	90	0,183	0,4841
C.3	90	0,182	0,4815
C.4	90	0,182	0,4815
C.5	90	0,180	0,4762
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO			0,4813

TABELA C.61 - RESULTADOS DE VALORES DE RESIDUAIS DE OZÔNIO NA ÁGUA, DETERMINADOS PELO MÉTODO COLORIMÉTRICO, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO, NA CÂMARA DE CONTATO DE 15min.

ENSAIO DE OZONIZAÇÃO								
TEMPO DE APLICAÇÃO : 15min					DOSAGEM APLICADA : 12,25 mg O ₃ /l			
DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA								
PONTOS DE COLETA	ABSORVÂNCIA BRANCO		ABSORVÂNCIA AMOSTRA		Δ ABSORVÂNCIA		CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	
	10mm	30mm	10mm	30mm	10mm	30mm	10mm	30mm
* C.1	0,199	0,581	0,173	0,497	0,140	0,429		
C.1	0,199	0,581	0,025	0,068	0,174	0,513	0,460	0,452
C.2	0,199	0,581	0,050	0,128	0,149	0,453	0,394	0,399
C.3	0,199	0,581	0,125	0,347	0,007	0,234	0,196	0,206
C.4	0,199	0,581	0,106	0,300	0,009	0,281	0,246	0,240
C.5	0,199	0,581	0,103	0,271	0,010	0,310	0,254	0,273
* COM GLICINA					CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO		0,300	0,300

APÊNDICE D

"Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação
para as Águas Brutas, Natural e Pré-ozonizadas"

"Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação
para a Água Bruta Natural"

TABELA D.01 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,35	5	--	23	88	88	89
			6,7	21	81	68	67
			3,1	18	69	68	67
			1,6	15	58	48	44
			0,8	11	42	38	33
2	5,36	10	--	23	88	88	89
			6,7	19	73	68	67
			3,1	17	65	68	67
			1,6	11	42	35	39
			0,8	7	27	28	22
3	5,39	15	--	23	88	88	89
			6,7	19	73	68	67
			3,1	15	58	48	44
			1,6	8	31	25	28
			0,8	5,5	21	18	11
4	5,37	20	--	23	88	88	89
			6,7	19	73	58	56
			3,1	14	54	38	33
			1,6	8	31	25	28
			0,8	5,4	21	18	11
5	5,38	25	--	23	88	88	89
			6,7	17	65	58	56
			3,1	13	58	38	33
			1,6	5	19	15	17
			0,8	4	15	5	6
6	5,35	30	--	23	88	88	89
			6,7	17	65	58	56
			3,1	12	46	38	33
			1,6	5	19	15	17
			0,8	3,8	15	5	6

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg Ca(OH) ₂ /l)	88,2	XXXXX
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	395,8	XXXXX
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	98	XXXXX
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	38	XXXXX
pH	8,3	XXXXX
TEMPERATURA (°C)	25	XXXXX
TURBIDEZ (ut)	26	XXXXX

TABELA D.02 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE LUR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	(Pt-Co)	(%)
1	6,70	5	0	21	81	90	100
			6,7	20	77	70	70
			3,1	18	69	60	67
			1,6	14	54	50	56
			0,8	11	42	30	33
2	6,72	10	0	21	81	90	100
			6,7	19	73	70	70
			3,1	18	69	60	67
			1,6	13	50	50	56
			0,8	8,5	33	25	28
3	6,73	15	0	21	81	90	100
			6,7	19	73	60	67
			3,1	18	69	50	56
			1,6	13	50	50	56
			0,8	7,5	29	25	28
4	6,70	20	0	21	81	90	100
			6,7	19	73	60	67
			3,1	17	65	50	56
			1,6	12	46	40	44
			0,8	7	27	20	22
5	6,70	25	0	21	81	90	100
			6,7	19	73	50	56
			3,1	17	65	50	56
			1,6	12	46	40	44
			0,8	6,5	25	20	22
6	6,74	30	0	21	81	90	100
			6,7	18	69	50	56
			3,1	16	62	50	56
			1,6	12	46	40	44
			0,8	6,5	25	20	22

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88,2	XXXXX
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	395	XXXXX
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	XXXXX
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	30	XXXXX
pH	8,3	XXXXX
TEMPERATURA (°C)	25	XXXXX
TURBIDEZ (ut)	26	XXXXX

TABELA D.03 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 35,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,10	5	--	24	92	90	100
			6,7	20	77	90	100
			3,1	19	73	70	78
			1,6	15	58	60	67
			0,8	12	46	40	44
2	7,12	10	--	24	92	90	100
			6,7	20	77	90	100
			3,1	19	73	70	78
			1,6	15	58	60	67
			0,8	11	42	40	44
3	7,09	15	--	24	92	90	100
			6,7	20	77	90	100
			3,1	18	69	70	78
			1,6	15	58	60	67
			0,8	11	42	40	44
4	7,10	20	--	24	92	90	100
			6,7	20	77	90	100
			3,1	18	69	70	78
			1,6	14	54	60	67
			0,8	11	42	35	39
5	7,11	25	--	24	92	90	100
			6,7	19	73	90	100
			3,1	18	69	70	78
			1,6	14	54	50	56
			0,8	10	38	30	33
6	7,10	30	--	24	92	90	100
			6,7	19	73	80	89
			3,1	18	69	70	78
			1,6	13	50	50	56
			0,8	10	38	30	33

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88,2	XXXXX
CONDUTIVIDADE (µmhos/m)	395,8	XXXXX
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	XXXXX
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	30	XXXXX
pH	8,3	XXXXX
TEMPERATURA (°C)	25	XXXXX
TURBIDEZ (ut)	26	XXXXX

TABELA D.04 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,35	5	0	23	88	90	100
			6,7	21	81	90	100
			3,1	20	77	80	89
			1,6	16	62	40	44
			0,8	15	58	35	39
2	5,36	10	0	23	88	90	100
			6,7	21	81	90	100
			3,1	20	77	80	89
			1,6	16	62	35	39
			0,8	11	42	30	33
3	5,41	15	0	23	88	90	100
			6,7	21	81	90	100
			3,1	19	73	80	89
			1,6	16	62	35	39
			0,8	11	42	30	33
4	5,39	20	0	23	88	90	100
			6,7	21	81	90	100
			3,1	19	73	70	78
			1,6	16	62	35	39
			0,8	11	42	30	33
5	5,41	25	0	23	88	90	100
			6,7	20	77	90	100
			3,1	19	73	70	78
			1,6	15	58	35	39
			0,8	11	42	30	33
6	5,38	30	0	23	88	90	100
			6,7	20	77	90	100
			3,1	18	69	70	78
			1,6	15	58	35	39
			0,8	11	42	30	33

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	80,2	XXXXX
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	395,0	XXXXX
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	90	XXXXX
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	30	XXXXX
pH	8,3	XXXXX
TEMPERATURA (°C)	25	XXXXX
TURBIDEZ (ut)	26	XXXXX

TABELA D.05 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 60,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

297.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	(mg/l (Pt-Co))	(%)
1	7,45	5	0	24	92	90	100
			6,7	20	77	90	100
			3,1	17	65	70	78
			1,6	11	42	40	44
			0,8	5,5	21	20	22
2	7,43	10	0	24	92	90	100
			6,7	20	77	90	100
			3,1	17	65	70	78
			1,6	11	42	40	44
			0,8	5,3	20	20	22
3	7,47	15	0	24	92	90	100
			6,7	19	73	80	89
			3,1	16	62	70	78
			1,6	11	42	40	44
			0,8	5,3	20	20	22
4	7,54	20	0	24	92	90	100
			6,7	19	73	80	89
			3,1	16	62	70	78
			1,6	10	38	35	39
			0,8	4	15	15	17
5	7,50	25	0	24	92	90	100
			6,7	19	73	80	89
			3,1	16	62	70	78
			1,6	10	38	30	33
			0,8	4	15	15	17
6	7,51	30	0	24	92	90	100
			6,7	18	69	80	89
			3,1	15	58	60	67
			1,6	10	38	30	33
			0,8	3,8	15	15	17

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88,2	XXXXX
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	395,0	XXXXX
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	XXXXX
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	30	XXXXX
pH	8,3	XXXXX
TEMPERATURA (°C)	25	XXXXX
TURBIDEZ (ut)	26	XXXXX

TABELA D.06 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 70,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

208.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VFLOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	4,63	0	--	21	81	70	70
		5	6,7	17	63	50	56
			3,1	14	54	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	9	35	25	28
2	4,65	0	--	21	81	70	70
		10	6,7	15	58	50	56
			3,1	12	46	35	39
			1,6	8,5	33	20	22
			0,8	6	23	15	17
3	4,67	0	--	21	81	70	70
		15	6,7	15	58	50	56
			3,1	11	42	35	39
			1,6	5,3	20	15	17
			0,8	4,5	17	10	11
4	4,66	0	--	21	81	70	70
		20	6,7	15	58	40	44
			3,1	8,5	33	30	33
			1,6	4,0	15	10	11
			0,8	3,5	13	5	6
5	4,67	0	--	21	81	70	70
		25	6,7	14	54	40	44
			3,1	8,5	33	25	28
			1,6	4,0	15	10	11
			0,8	3,5	13	5	6
6	4,64	0	--	21	81	70	70
		30	6,7	14	54	40	44
			3,1	8,5	33	25	28
			1,6	2	8	5	6
			0,8	2	8	5	6

DADOS DA AGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	80,2	
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	395,0	
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	98	
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	30	
pH	8,3	
TEMPERATURA (°C)	25	
TURBIDEZ (ut)	26	

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação
e das Velocidades de Sedimentação, para as
Condições Especificadas (Água Bruta Natural)"

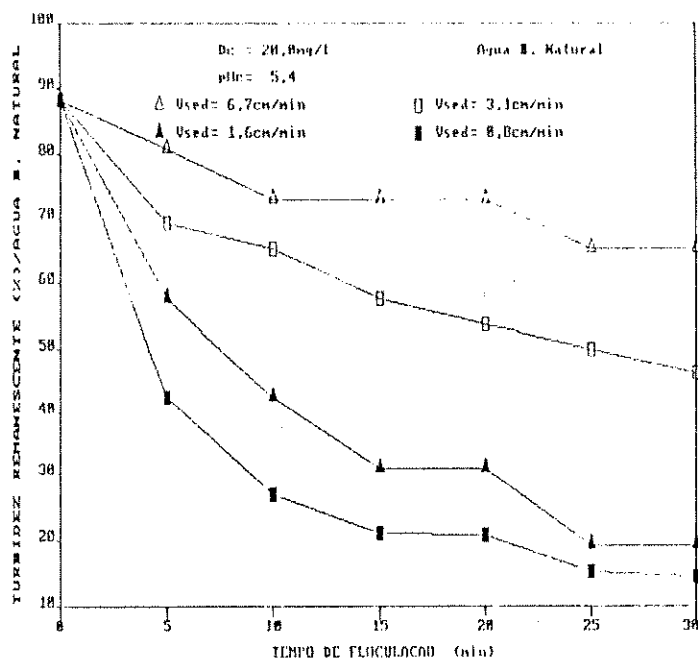


FIGURA D.1.1 - Percentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{ag} , para $D_c = 20,0 \text{ rev/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Natural).

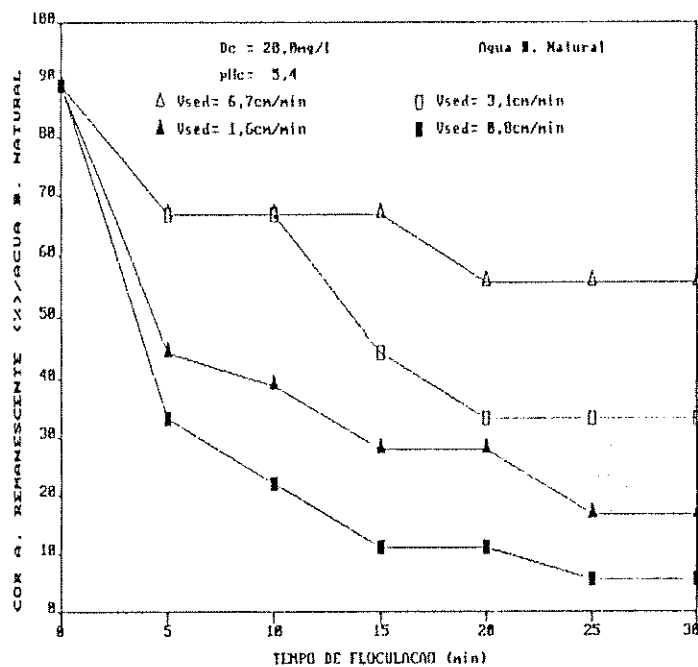


FIGURA D.1.2 - Percentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{ag} , para $D_c = 20,0 \text{ rev/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Natural).

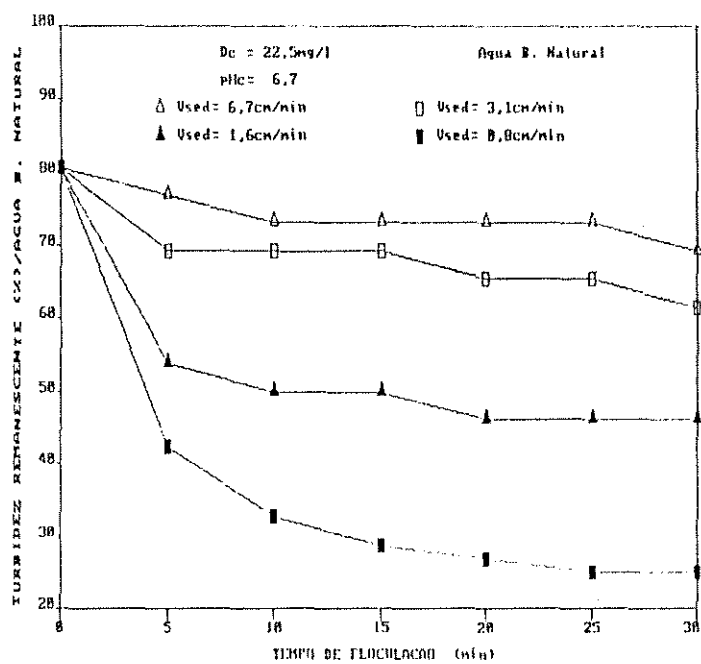


FIGURA D.2.1 - Percentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH = 6,7$ (Água B. Natural).

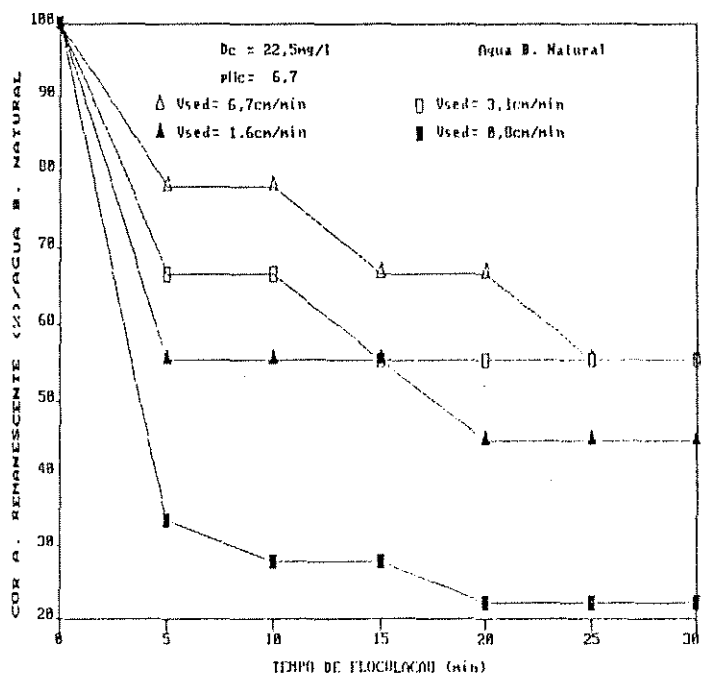


FIGURA D.2.2 - Percentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH = 6,7$ (Água B. Natural).

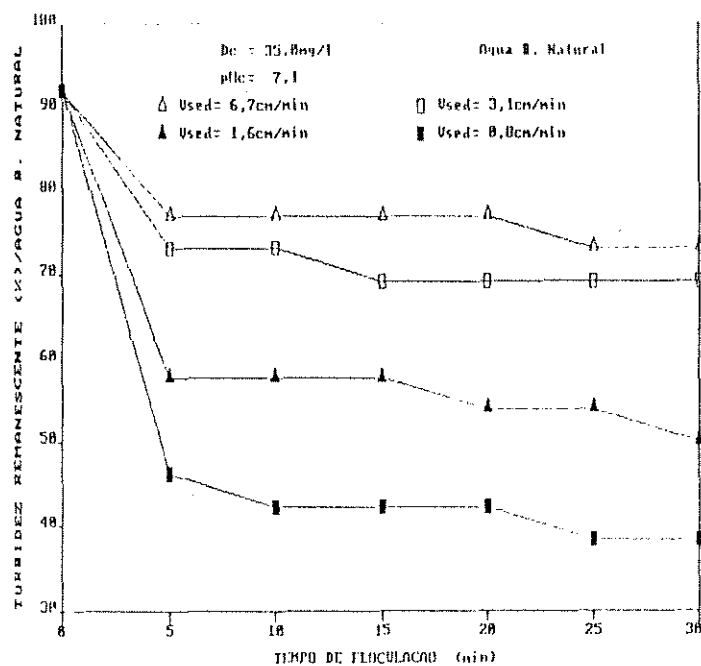


FIGURA D.3.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Flocculação, para diferentes valores de V_a , para $D_c = 35,8 \text{ mg/l}$ e $pHe = 7,1$ (Água B Natural).

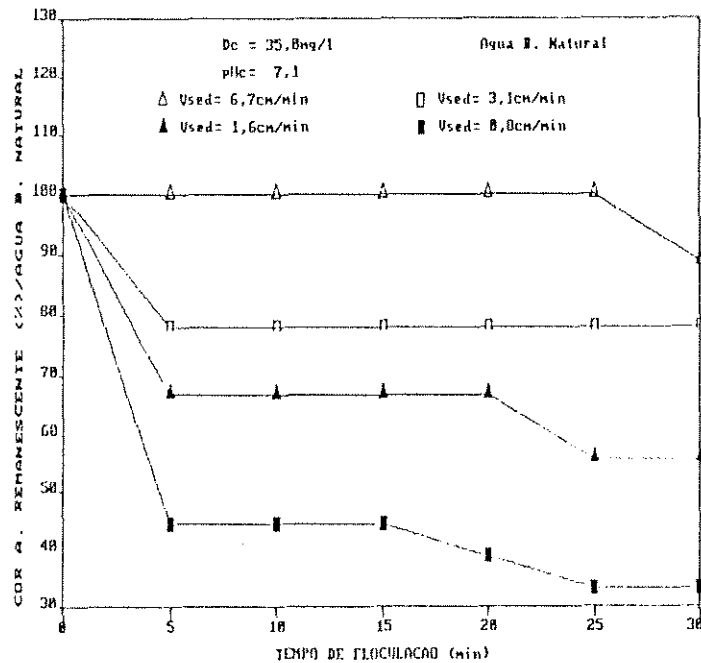


FIGURA D.3.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Flocculação, para diferentes valores de V_a , para $D_c = 35,8 \text{ mg/l}$ e $pHe = 7,1$ (Água B Natural).

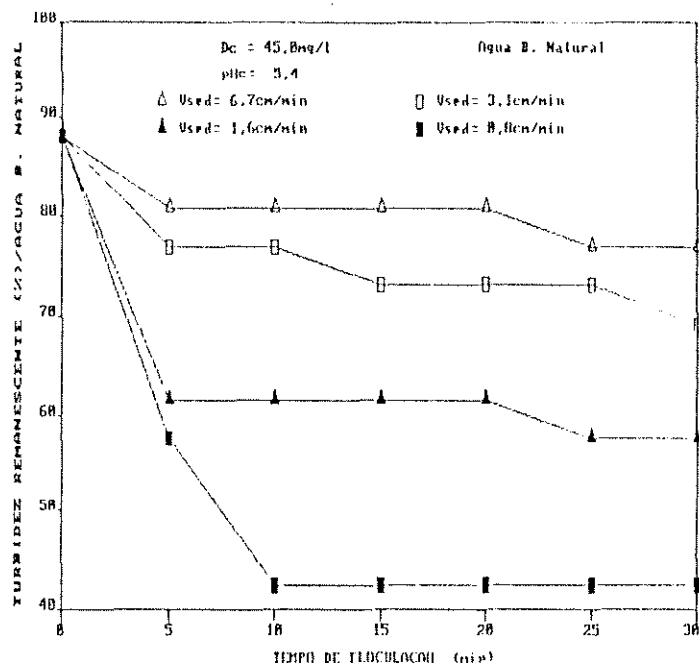


FIGURA D.4.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 5,4$ (Água B Natural).

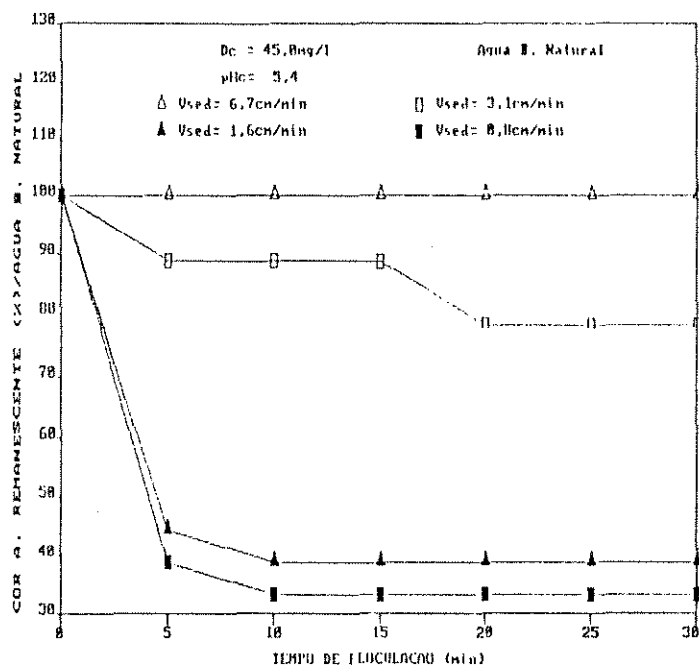


FIGURA D.4.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 5,4$ (Água B Natural).

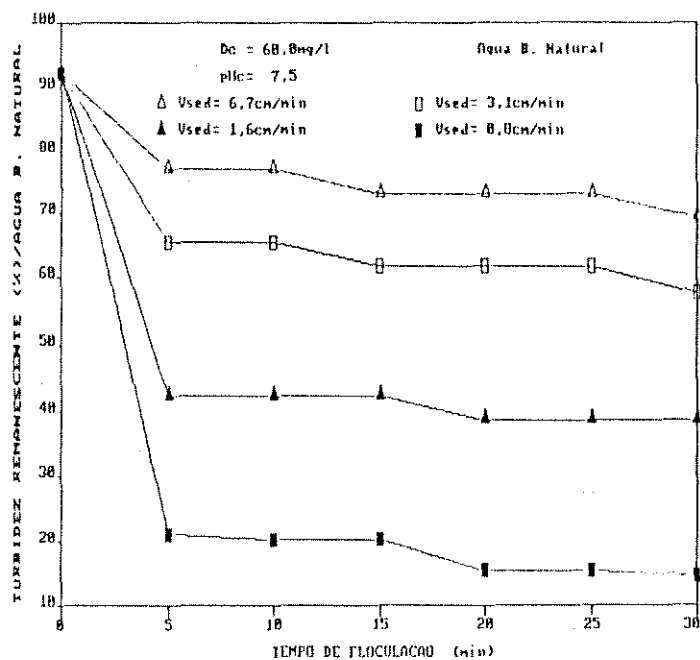


FIGURA D.5.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{ag} , para $D_0 = 60,8 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 7,5$ (Água Natural).

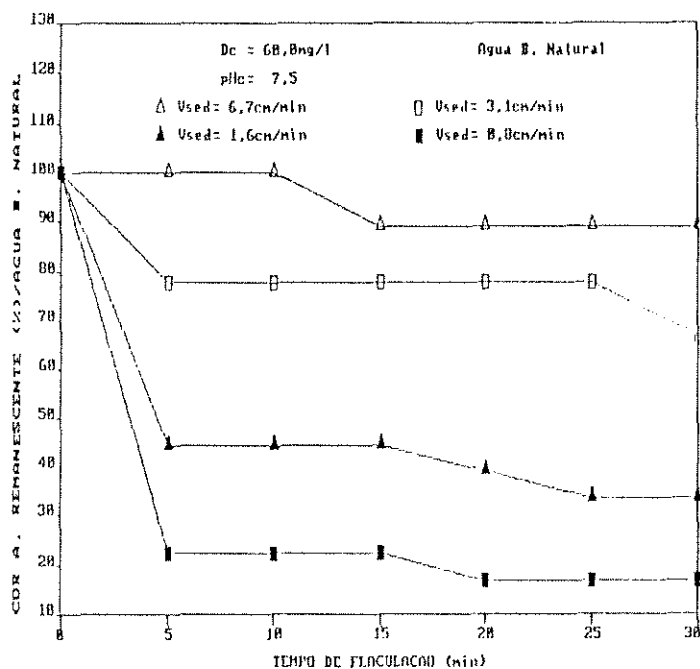


FIGURA D.5.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{ag} , para $D_0 = 60,8 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 7,5$ (Água Natural).

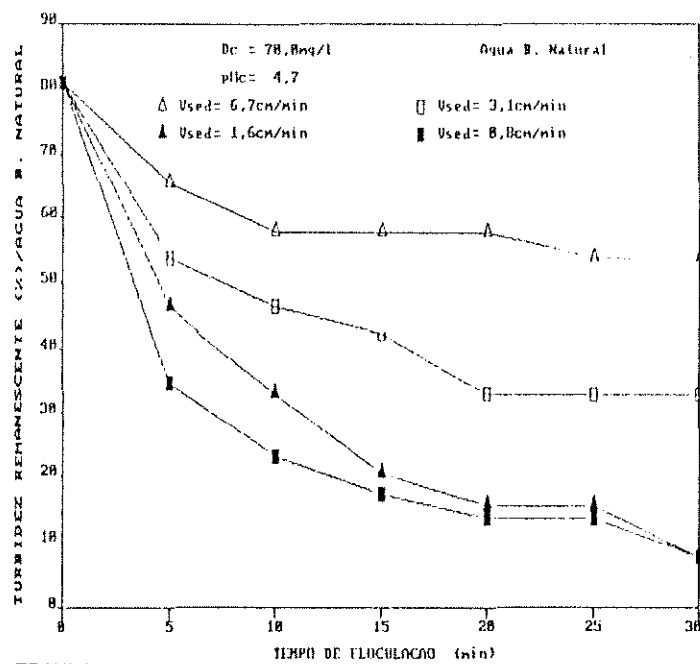


FIGURA D.6.1 - Percentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 70,8 \text{ cm}^3/\text{l}$ e $plc = 4,7$ (Água N. Natural).

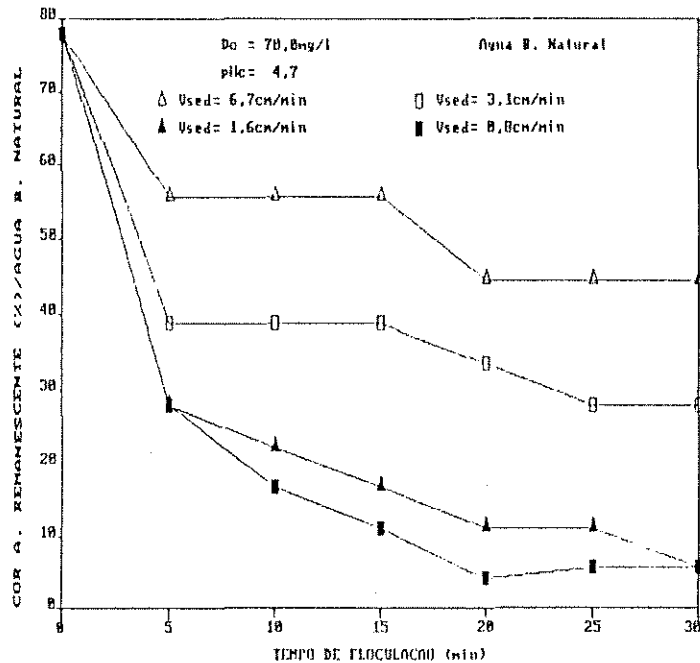


FIGURA D.6.2 - Percentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 70,8 \text{ cm}^3/\text{l}$ e $plc = 4,7$ (Água N. Natural).

"Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação,
para a Água Bruta Pré-Ozonizada 5mln"

TABELA D.87 - CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE PRÉ-OZONIZAÇÃO, E RESULTADOS DE VALORES DE RESÍDUAIS DE OZÔNIO NA ÁGUA, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 5 MINUTOS.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS-OXIGÊNIO (WALLACE E TILMANN) (N l/h)	VOLÍMETRO (V)
2,0	00	0,7	479,0	230

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IÓDIO DE POTÁSSIO A 2% (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mgO ₃ /l O ₂)
2,0	2,0	57,2	10,309	21,49

RESIDUAL DE OZÔNIO NA CULUNA DE EXCESSO				
VOLUME DE IÓDIO DE POTÁSSIO NA CULUNA (l)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	DOSAÇÃO DE OZÔNIO APLICADO (mg O ₃ /l)
1,5	5,0	10,6	0,231	4,07

DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA								
PONTOS DE COLETA	ABSORVÂNCIA BRANCO		ABSORVÂNCIA AMOSTRA		Δ ABSORVÂNCIA		CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	
	10mm	30mm	10mm	30mm	10mm	30mm	10mm	30mm
* C.1	0,186	0,697	0,157	0,462	0,029	0,235	0,077	0,207
C.1	0,186	0,697	0,065	0,181	0,121	0,516	0,320	0,455
C.2	0,186	0,697	0,110	0,332	0,068	0,365	0,179	0,322
C.3	0,186	0,697	0,151	0,432	0,035	0,265	0,093	0,230
C.4	0,186	0,697	0,128	0,367	0,058	0,330	0,153	0,291
C.5	0,186	0,697	0,138	0,391	0,040	0,306	0,127	0,270

* COM GLICINA	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO	0,157	0,233
---------------	------------------------------	-------	-------

TABELA D.00 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SÓLIDO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,35	0	--	18	69	40	44
		5	6,7	18	69	40	44
			3,1	17	65	38	41
			1,6	16	62	30	33
			0,8	14	54	30	33
2	5,40	0	--	18	69	40	44
		10	6,7	18	69	40	44
			3,1	16	62	35	39
			1,6	15	58	30	33
			0,8	13	50	25	28
3	5,40	0	--	18	69	40	44
		15	6,7	17	65	40	44
			3,1	15	58	35	39
			1,6	14	54	30	33
			0,8	11	42	25	28
4	5,39	0	--	18	69	40	44
		20	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	35	39
			1,6	14	54	30	33
			0,8	11	42	25	28
5	5,41	0	--	18	69	40	44
		25	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	30	33
			1,6	13	50	25	28
			0,8	10	38	20	22
6	5,31	0	--	18	69	40	44
		30	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	30	33
			1,6	13	50	25	28
			0,8	10	38	20	22

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	87
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	386,0	381,8
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	37	36
pH	8,3	8,0
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	20

TABELA D.89 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,75	0	--	17	65	40	44
		5	6,7	15	58	35	39
			3,1	14	54	30	33
			1,6	12	46	25	28
			0,8	11	42	20	22
2	6,77	0	--	17	65	40	44
		10	6,7	15	58	35	39
			3,1	14	54	30	33
			1,6	12	46	25	28
			0,8	11	42	20	22
3	6,78	0	--	17	65	40	44
		15	6,7	15	58	35	39
			3,1	13	50	25	28
			1,6	10	38	20	22
			0,8	8	31	10	11
4	6,78	0	--	17	65	40	44
		20	6,7	15	58	35	39
			3,1	13	50	25	28
			1,6	10	38	20	22
			0,8	6,5	25	10	11
5	6,74	0	--	17	65	40	44
		25	6,7	15	58	35	39
			3,1	13	50	25	28
			1,6	10	38	20	22
			0,8	6,5	25	10	11
6	6,74	0	--	17	65	40	44
		30	6,7	15	58	35	39
			3,1	13	50	25	28
			1,6	10	38	20	22
			0,8	5,2	20	10	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	87
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	306,8	301,8
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	90	35
PUREZA (mg CaCO ₃ /l)	37	36
pH	8,3	8,8
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	20

TABELA D.10 : CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE TUB APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 25,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,10	0	--	18	69	40	44
		5	6,7	15	58	40	44
			3,1	14	54	35	39
			1,6	13	50	30	33
			0,8	10	38	20	22
2	7,12	0	--	18	69	40	44
		10	6,7	15	58	40	44
			3,1	14	54	35	39
			1,6	12	46	30	33
			0,8	8,5	33	20	22
3	7,09	0	--	18	69	40	44
		15	6,7	15	58	40	44
			3,1	13	50	35	39
			1,6	11	42	25	28
			0,8	8	31	15	17
4	7,12	0	--	18	69	40	44
		20	6,7	15	58	40	44
			3,1	13	50	35	39
			1,6	11	42	25	28
			0,8	8	31	10	11
5	7,10	0	--	18	69	40	44
		25	6,7	14	54	40	44
			3,1	13	50	35	39
			1,6	11	42	25	28
			0,8	7,5	29	10	11
6	7,10	0	--	18	69	40	44
		30	6,7	14	54	40	44
			3,1	13	50	35	39
			1,6	11	42	25	28
			0,8	7,5	29	10	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	87
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	306,0	301,0
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	20	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	37	36
pH	8,3	8,0
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	20

TADELA D.11 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA PRÉ OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR.
E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,35	5	0	21	81	50	56
			6,7	21	81	50	56
			3,1	20	77	40	44
			1,6	10	69	35	39
			0,8	14	50	30	33
2	5,41	10	0	21	81	50	56
			6,7	21	81	50	56
			3,1	20	77	40	44
			1,6	10	69	35	39
			0,8	13	50	30	33
3	5,44	15	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	50	56
			3,1	18	69	40	44
			1,6	17	65	35	39
			0,8	13	50	30	33
4	5,41	20	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	50	56
			3,1	18	69	40	44
			1,6	16	62	35	39
			0,8	13	50	30	33
5	5,45	25	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	50	56
			3,1	19	73	40	44
			1,6	10	69	35	39
			0,8	13	50	30	33
6	5,40	30	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	50	56
			3,1	10	69	40	44
			1,6	10	69	35	39
			0,8	13	50	30	33

DADOS DA AGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	87
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	386,0	381,8
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	37	36
pH	8,3	8,8
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	20

TABELA D.12 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR AFAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 0,8 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR AFARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,45	0	--	18	69	40	44
		5	6,7	15	58	40	44
			3,1	14	54	40	44
			1,6	10	38	25	28
			0,8	5,5	21	10	11
2	7,45	0	--	18	69	40	44
		10	6,7	15	58	40	44
			3,1	14	54	35	39
			1,6	10	38	20	22
			0,8	5	19	5	6
3	7,43	0	--	18	69	40	44
		15	6,7	14	54	40	44
			3,1	13	50	30	33
			1,6	10	38	20	22
			0,8	5	19	5	6
4	7,46	0	--	18	69	40	44
		20	6,7	14	54	40	44
			3,1	13	50	30	33
			1,6	10	38	20	22
			0,8	5	19	5	6
5	7,44	0	--	18	69	40	44
		25	6,7	14	54	40	44
			3,1	12	46	30	33
			1,6	10	38	20	22
			0,8	5	19	5	6
6	7,49	0	--	18	69	40	44
		30	6,7	14	54	40	44
			3,1	12	46	30	33
			1,6	10	38	20	22
			0,8	5	19	5	6

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	87
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	306,0	301,8
COR AFARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	37	36
pH	8,3	8,8
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	20

TABELA D.13 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 70,0 mg/l DE SÓDIO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEPERIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	4,76	0	--	22	85	50	56
		5	6,7	17	65	50	56
			3,1	17	65	40	44
			1,6	16	62	40	44
			0,8	14	54	30	33
2	4,79	0	--	22	85	50	56
		10	6,7	17	65	50	56
			3,1	16	62	40	44
			1,6	14	54	35	39
			0,8	11	42	20	22
3	4,82	0	--	22	85	50	56
		15	6,7	17	65	50	56
			3,1	16	62	40	44
			1,6	14	54	35	39
			0,8	11	42	20	22
4	4,84	0	--	22	85	50	56
		20	6,7	17	65	50	56
			3,1	16	62	40	44
			1,6	14	54	35	39
			0,8	10	38	20	22
5	4,82	0	--	22	85	50	56
		25	6,7	17	65	50	56
			3,1	16	62	40	44
			1,6	14	54	30	33
			0,8	10	30	15	17
6	4,80	0	--	22	85	50	56
		30	6,7	17	65	50	56
			3,1	15	50	40	44
			1,6	14	54	30	33
			0,8	10	30	15	17

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	87
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	306,0	301,8
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	37	36
pH	8,3	8,4
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	20

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação
e das Velocidades de Sedimentação, para as
Condições Especificadas (Água Pré-ozonizada 5min)"

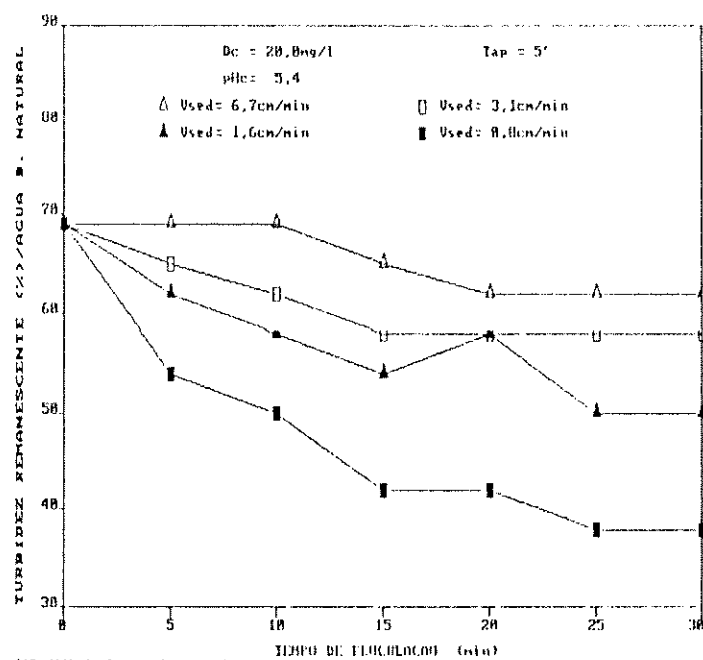


FIGURA D.B.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 5,4$ (Água Oz. 5mln).

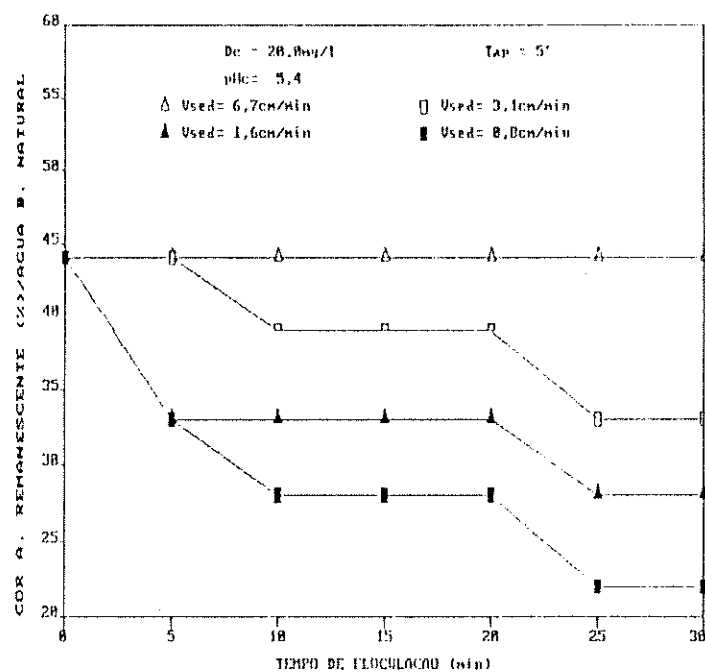


FIGURA D.B.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 5,4$ (Água Oz. 5mln).

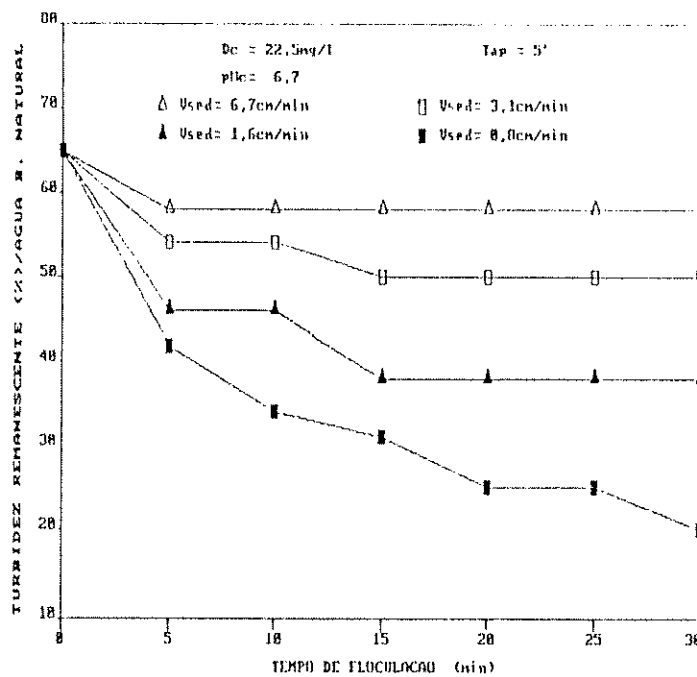


FIGURA D.9.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH = 6,7$ (Água Oz. 5ml/l).

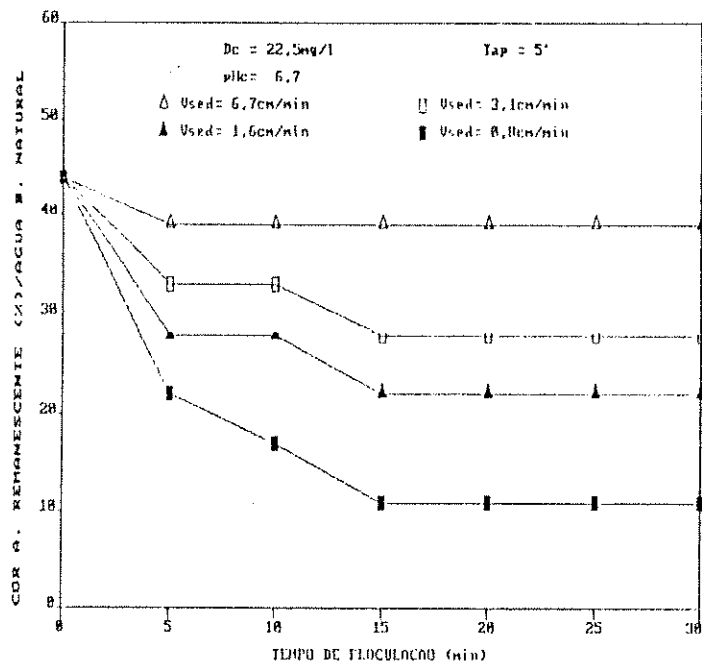


FIGURA D.9.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH = 6,7$ (Água Oz. 5ml/l).

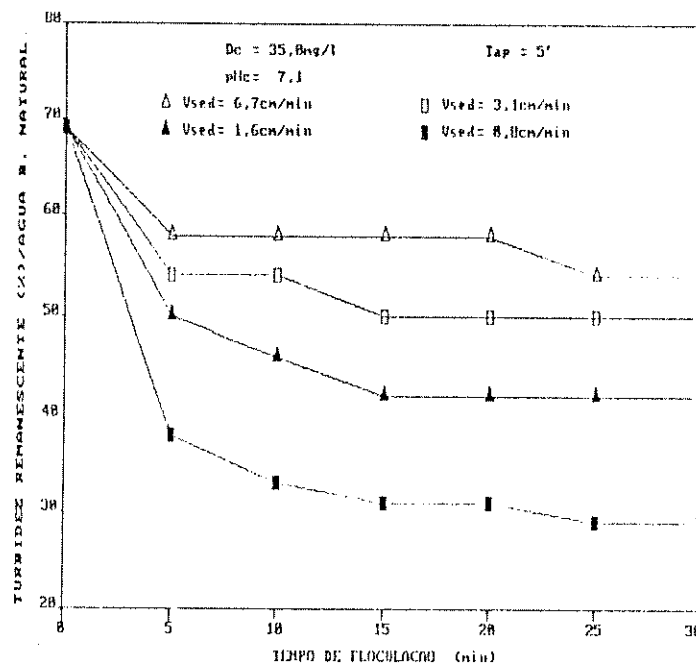


FIGURA D.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_s = 35,8 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,1$ (Água Oz. 5ml/l).

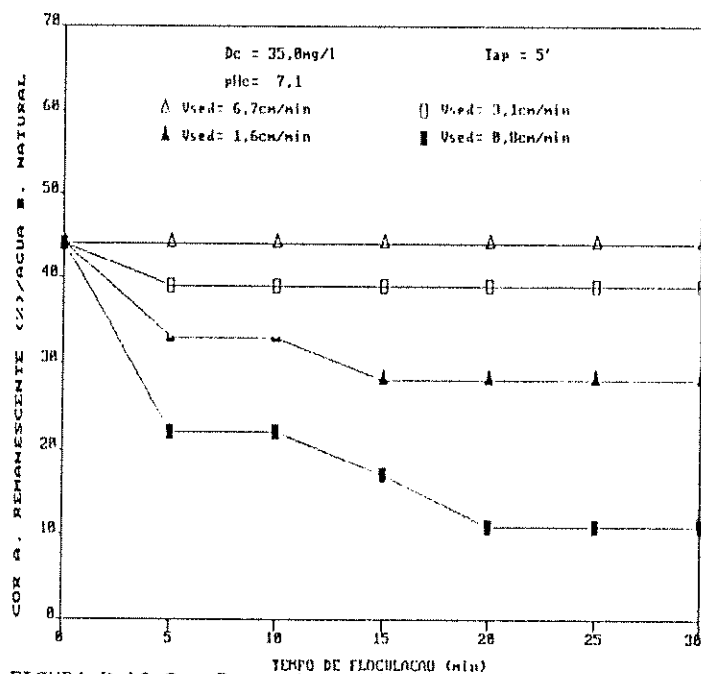


FIGURA D.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_s = 35,8 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,1$ (Água Oz. 5ml/l).

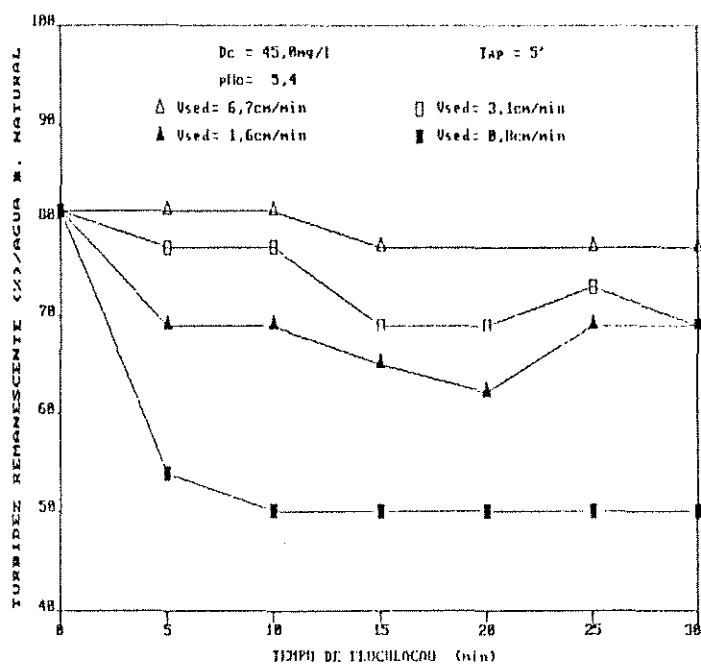


FIGURA D.11.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. Gndm).

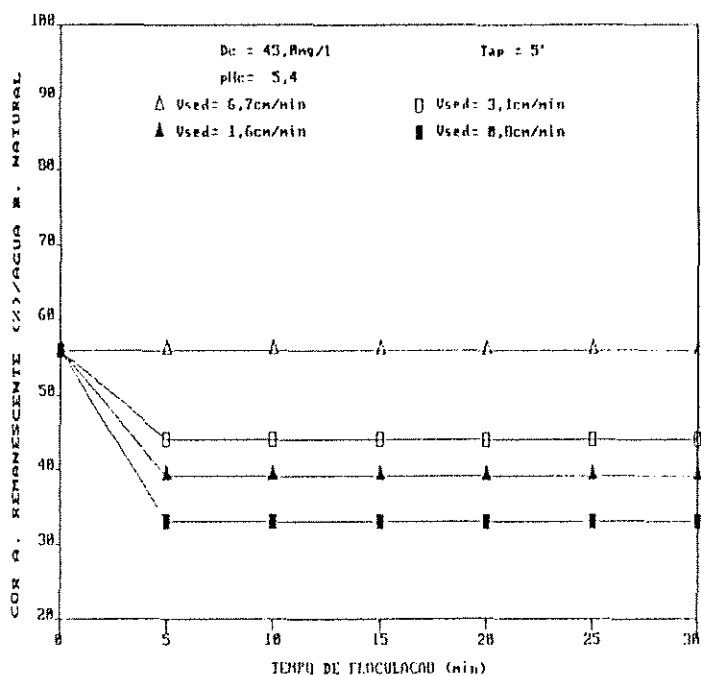


FIGURA D.11.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. Gndm).

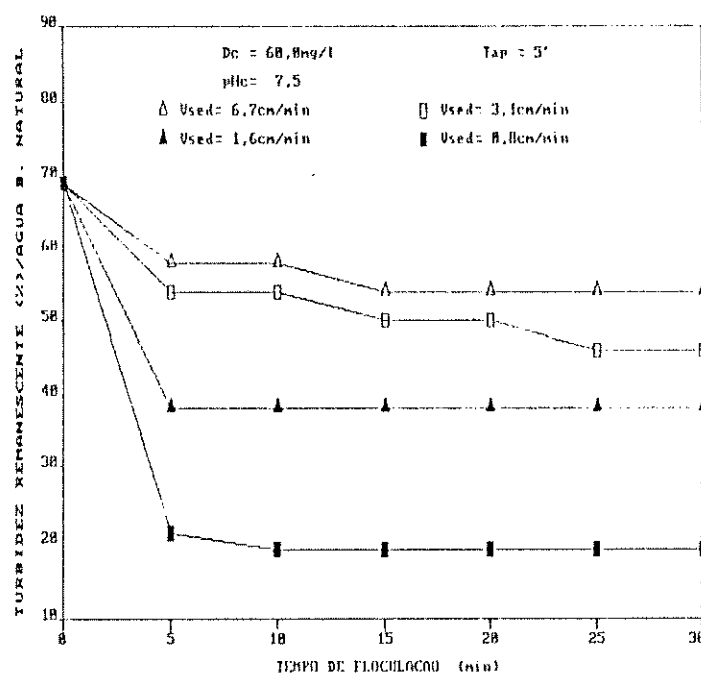


FIGURA D.12.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 7,5$ (Água Oz. 5mln).

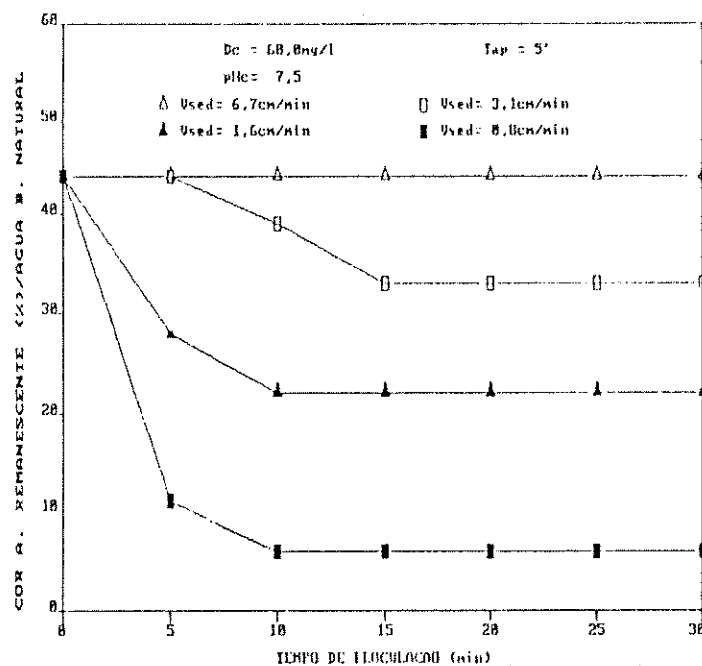


FIGURA D.12.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 7,5$ (Água Oz. 5mln).

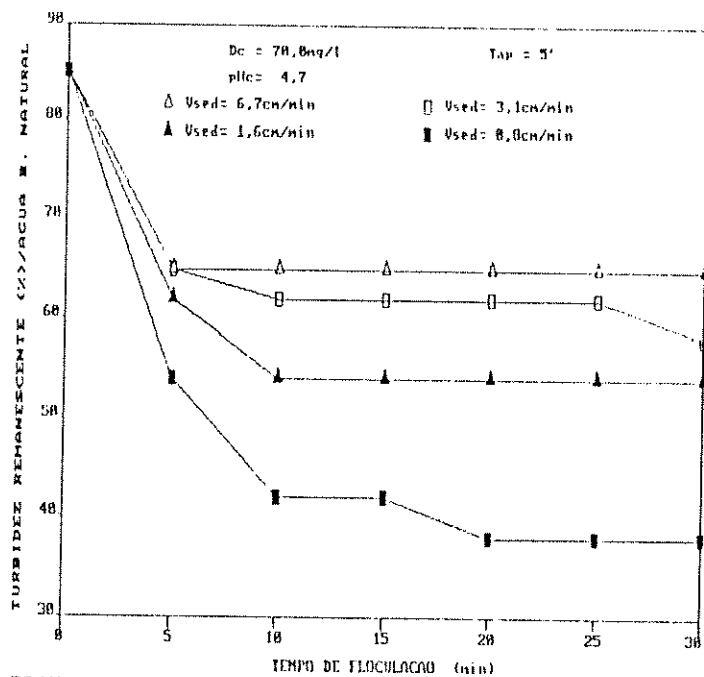


FIGURA D.13.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 70,8 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 4,7$ (Água Oz. 5mln).

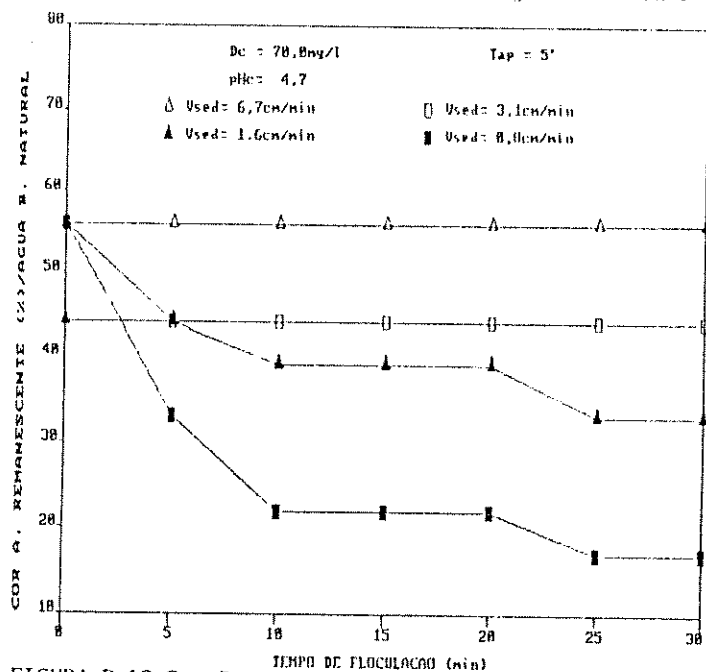


FIGURA D.13.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 70,8 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 4,7$ (Água Oz. 5mln).

"Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação,
para a Água Bruta Pré-Ozonizada 7,5min"

TABELA D.14 - CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE PRÉ-OZONIZAÇÃO, E RESULTADOS DE VALORES DE RESÍDUOS DE OZÔNIO NA ÁGUA, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 7,5 MINUTOS.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg/cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GÁS OXIGÊNIO (WALLACE E TIEMANN) (N l/h)	VOLTMETRO (V)
2,0	80	0,7	479,8	230

RESÍDUO DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODETO DE POTÁSSIO A 2% (1)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
2,0	2	55,3	9,985	20,81

RESÍDUO DE OZÔNIO NA COLUMA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODETO DE POTÁSSIO NA COLUMA (1)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESÍDUO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	DOSAÇÃO DE OZÔNIO APLICADO (mg O ₃ /l)
1,5	7,5	26,6	0,578	5,91

DETERMINAÇÃO DO RESÍDUO DE OZÔNIO NA ÁGUA								
PONTOS DE COLETA	ABSORVÂNCIA BRANCO		ABSORVÂNCIA AMOSTRA		Δ ABSORVÂNCIA		CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	
	10mm	30mm	10mm	30mm	10mm	30mm	10mm	30mm
* C.1	0,199	0,581	0,173	0,497	0,026	0,004	0,060	0,074
C.1	0,199	0,581	0,025	0,068	0,174	0,513	0,460	0,452
C.2	0,199	0,581	0,050	0,120	0,149	0,453	0,394	0,399
C.3	0,199	0,581	0,125	0,347	0,074	0,234	0,196	0,286
C.4	0,199	0,581	0,106	0,304	0,093	0,281	0,246	0,248
C.5	0,199	0,581	0,103	0,271	0,096	0,310	0,254	0,273
* COM GLICINA					CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO		0,288	0,295

TABELA D.15 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULASAO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,46	0	--	20	77	40	44
		5	6,7	19	73	35	39
			3,1	19	73	35	39
			1,6	18	69	35	39
			0,8	17	65	35	39
2	5,63	0	--	20	77	40	44
		10	6,7	19	73	35	39
			3,1	18	69	35	39
			1,6	17	65	30	33
			0,8	16	62	30	33
3	6,00	0	--	20	77	40	44
		15	6,7	19	73	35	39
			3,1	18	69	35	39
			1,6	17	65	30	33
			0,8	16	62	30	33
4	5,72	0	--	20	77	40	44
		20	6,7	18	69	35	39
			3,1	17	65	35	39
			1,6	16	62	25	28
			0,8	14	54	25	28
5	5,96	0	--	20	77	40	44
		25	6,7	18	69	35	39
			3,1	18	69	35	39
			1,6	14	54	20	22
			0,8	13	50	15	17
6	5,47	0	--	20	77	40	44
		30	6,7	18	69	35	39
			3,1	17	65	35	39
			1,6	14	54	20	22
			0,8	13	50	15	17

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	77,4	75,5
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	361,1	369,4
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	40
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	31	31
pH	8,5	8,0
TEMPERATURA (°C)	21	21
TURBIDEZ (ut)	26	24

TABELA D.16 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,16	0	--	21	81	50	56
		5	6,7	20	77	50	56
			3,1	18	69	40	44
			1,6	15	58	25	28
			0,8	13	50	20	22
2	7,25	0	--	21	81	50	56
		10	6,7	19	73	50	56
			3,1	18	69	40	44
			1,6	14	54	25	28
			0,8	10	38	20	22
3	7,05	0	--	21	81	50	56
		15	6,7	19	73	50	56
			3,1	17	65	40	44
			1,6	15	58	35	39
			0,8	13	50	25	28
4	7,23	0	--	21	81	50	56
		20	6,7	19	73	50	56
			3,1	17	65	35	39
			1,6	13	50	25	28
			0,8	10	38	20	22
5	7,26	0	--	21	81	50	56
		25	6,7	19	73	50	56
			3,1	18	69	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	10	38	20	22
6	6,96	0	--	21	81	50	56
		30	6,7	19	73	50	56
			3,1	18	69	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	9,4	36	20	22

DADOS DA ÁGUA BRUA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	77,4	75,5
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	361,1	369,4
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	40
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	31	31
pH	8,5	8,0
TEMPERATURA (°C)	21	21
TURBIDEZ (ut)	26	24

TABELA D.17 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 35,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,51	5	0	23	88	40	44
			6,7	28	77	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	15	58	25	28
			0,8	13	50	15	17
2	7,50	10	0	23	88	40	44
			6,7	20	77	35	39
			3,1	19	73	35	39
			1,6	14	54	25	28
			0,8	10	38	15	17
3	7,52	15	0	23	88	40	44
			6,7	20	77	35	39
			3,1	18	69	25	28
			1,6	14	54	20	22
			0,8	9,5	37	15	17
4	7,50	20	0	23	88	40	44
			6,7	20	77	35	39
			3,1	19	73	25	28
			1,6	16	62	20	22
			0,8	11	42	15	17
5	7,51	25	0	23	88	40	44
			6,7	20	77	35	39
			3,1	19	73	25	28
			1,6	15	58	20	22
			0,8	11	42	15	17
6	7,53	30	0	23	88	40	44
			6,7	20	77	35	39
			3,1	17	65	25	28
			1,6	14	54	20	22
			0,8	11	42	15	17

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	77,4	75,5
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	361,1	369,4
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	40
PUREZA (mg CaCO ₃ /l)	31	31
pH	8,5	8,8
TEMPERATURA (°C)	21	21
TURBIDEZ (ut)	26	24

TADELA D.18 - CARACTERÍSTICAS DA AGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE TUR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTE, PARA APLICACÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,13	5	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	50	56
			3,1	19	73	35	39
			1,6	19	73	30	33
			0,8	16	62	20	22
2	5,94	10	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	18	69	30	33
			0,8	14	54	20	22
3	6,27	15	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	18	69	30	33
			0,8	14	54	20	22
4	6,01	20	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	18	69	30	33
			0,8	14	54	20	22
5	6,40	25	0	21	81	50	56
			6,7	20	77	35	39
			3,1	19	73	30	33
			1,6	18	69	20	22
			0,8	14	54	15	17
6	5,74	30	0	21	81	50	56
			6,7	19	73	35	39
			3,1	19	73	30	33
			1,6	18	69	20	22
			0,8	14	54	15	17

DADOS DA AGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	77,4	75,5
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	361,1	369,4
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	90	40
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	31	31
pH	8,5	8,0
TEMPERATURA (°C)	21	21
TURBIDEZ (ut)	26	24

TABELA D.19 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 60,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				cut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,03	0	--	24	92	50	56
		5	6,7	21	81	50	56
			3,1	21	81	50	56
			1,6	20	77	35	39
			0,8	16	62	25	28
2	7,47	0	--	24	92	50	56
		10	6,7	21	81	50	56
			3,1	21	81	50	56
			1,6	20	77	35	39
			0,8	16	62	25	28
3	7,05	0	--	24	92	50	56
		15	6,7	21	81	50	56
			3,1	21	81	50	56
			1,6	20	77	35	39
			0,8	16	62	25	28
4	7,73	0	--	24	92	50	56
		20	6,7	21	81	50	56
			3,1	20	77	50	56
			1,6	18	69	35	39
			0,8	15	58	25	28
5	7,51	0	--	24	92	50	56
		25	6,7	21	81	50	56
			3,1	20	77	50	56
			1,6	17	65	35	39
			0,8	15	58	25	28
6	7,02	0	--	24	92	50	56
		30	6,7	21	81	50	56
			3,1	20	77	50	56
			1,6	17	65	35	39
			0,8	15	58	25	28

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	77,4	75,5
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	361,1	369,4
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	40
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	31	31
pH	8,5	8,0
TEMPERATURA (°C)	21	21
TURBIDEZ cut)	26	24

TABELA D.20 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE TUR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				cul	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	4,70	0	--	20	77	50	56
		5	6,7	20	77	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	18	69	30	33
			0,8	16	62	25	28
2	4,77	0	--	20	77	50	56
		10	6,7	20	77	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	18	69	30	33
			0,8	14	54	25	28
3	4,84	0	--	20	77	50	56
		15	6,7	20	77	35	39
			3,1	19	73	30	33
			1,6	18	69	25	28
			0,8	14	54	20	22
4	4,83	0	--	20	77	50	56
		20	6,7	20	77	35	39
			3,1	19	73	30	33
			1,6	18	69	25	28
			0,8	13	50	20	22
5	4,87	0	--	20	77	50	56
		25	6,7	19	73	35	39
			3,1	19	73	30	33
			1,6	18	69	25	28
			0,8	13	50	20	22
6	4,81	0	--	20	77	50	56
		30	6,7	19	73	35	39
			3,1	19	73	30	33
			1,6	17	65	20	22
			0,8	13	50	15	17

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	77,4	75,5
CONDUTIVIDADE (µmhos, m)	361,1	369,4
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	40
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	31	31
pH	8,5	8,8
TEMPERATURA (°C)	21	21
TURBIDEZ (cul)	26	24

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação
e das Velocidades de Sedimentação, para as
Condições Especificadas (Água Pré-ozonizada 7,5min)"

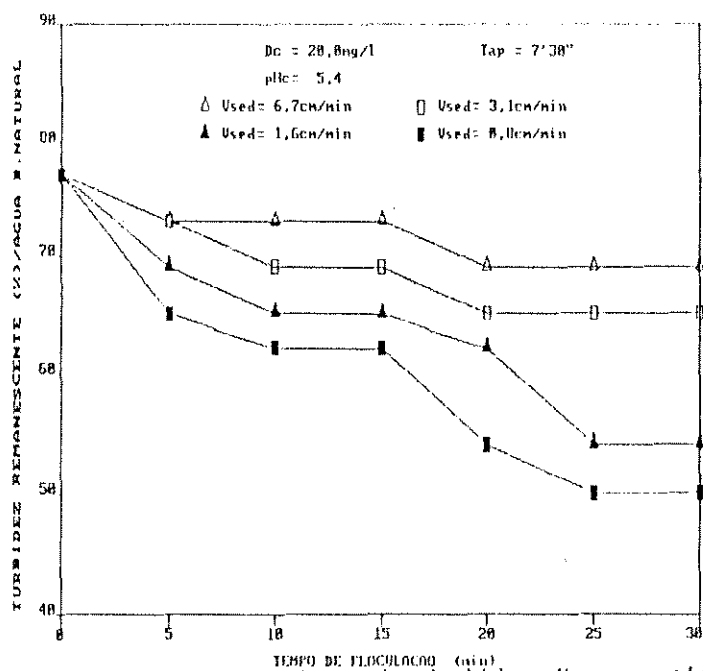


FIGURA D.15.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s , para $D_0 = 20,8 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. 7,5ml/d).

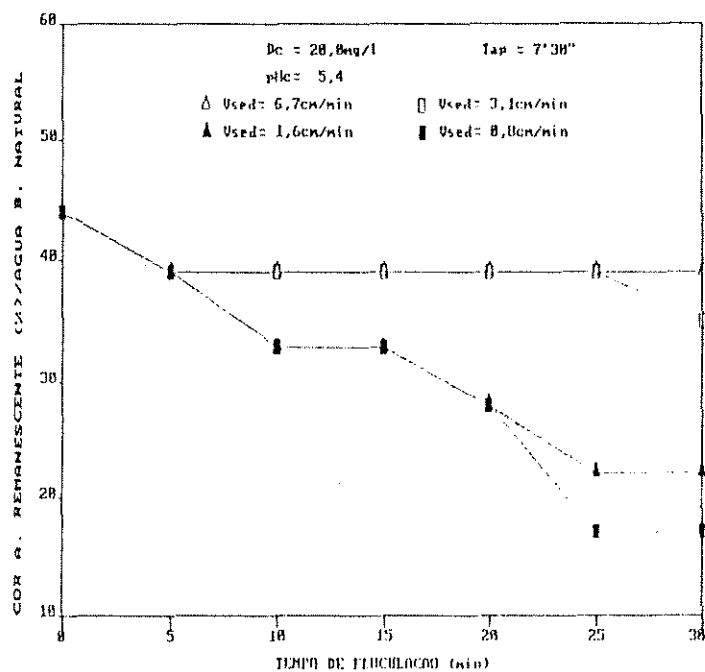


FIGURA D.15.2 - Porcentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s , para $D_0 = 20,8 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. 7,5ml/d).

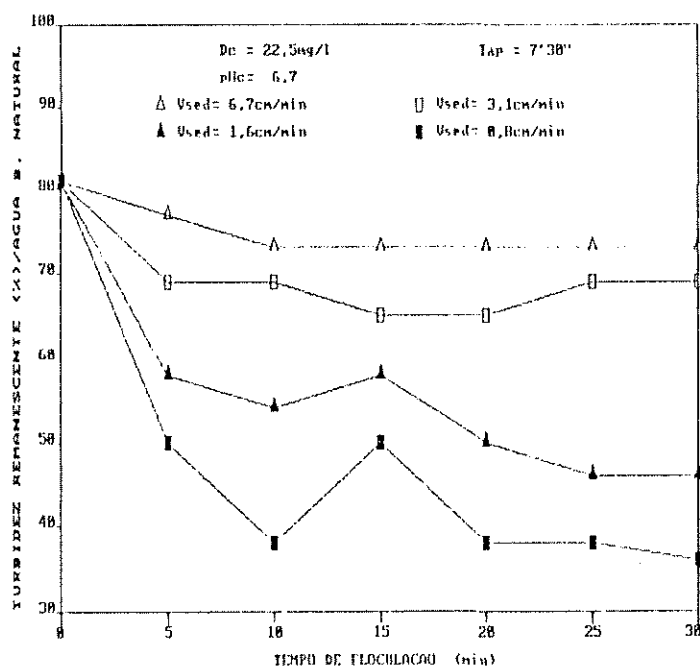


FIGURA D.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH = 6,7$ (Água Oz. 7,5ml/l).

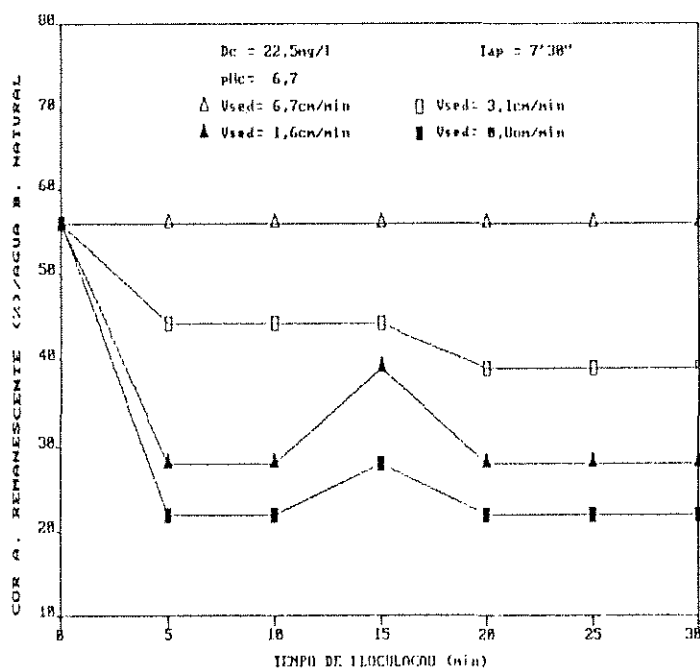


FIGURA D.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH = 6,7$ (Água Oz. 7,5ml/l).

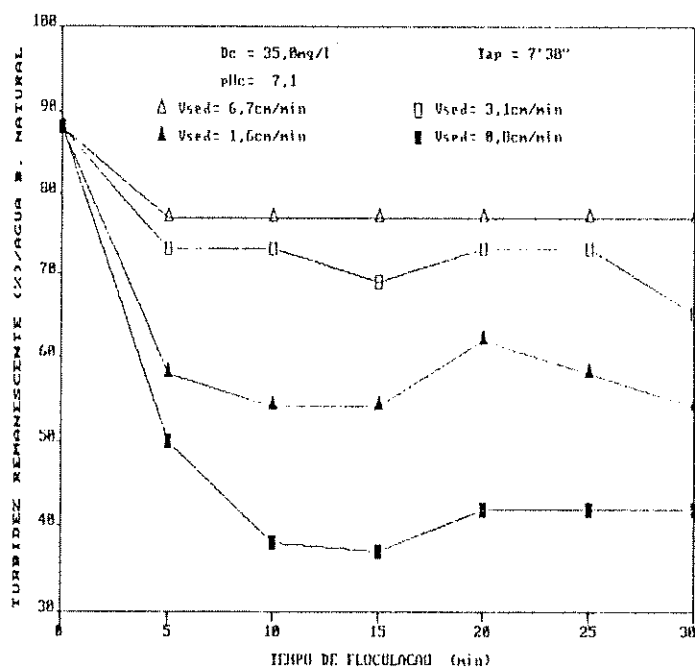


FIGURA D.17.1 - Percentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 35,8 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$ (Água Oz. 7,5mln).

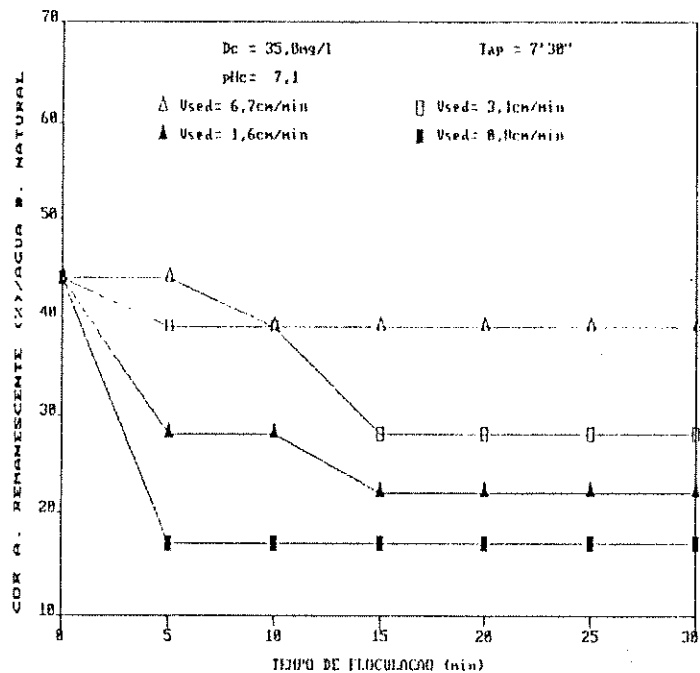


FIGURA D.17.2 - Percentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 35,8 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$ (Água Oz. 7,5mln).

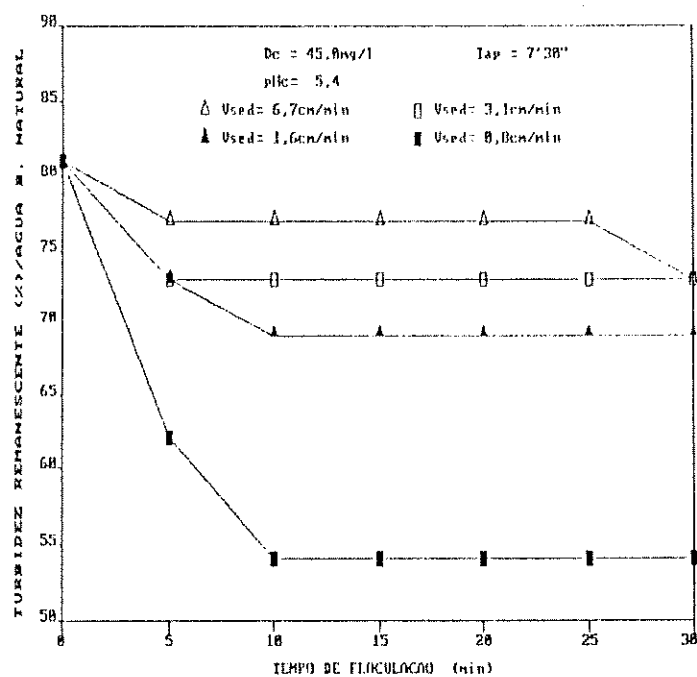


FIGURA D.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sd} , para $D_0 = 45,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 5,4$ (Água Oz. 7,5ml/l).

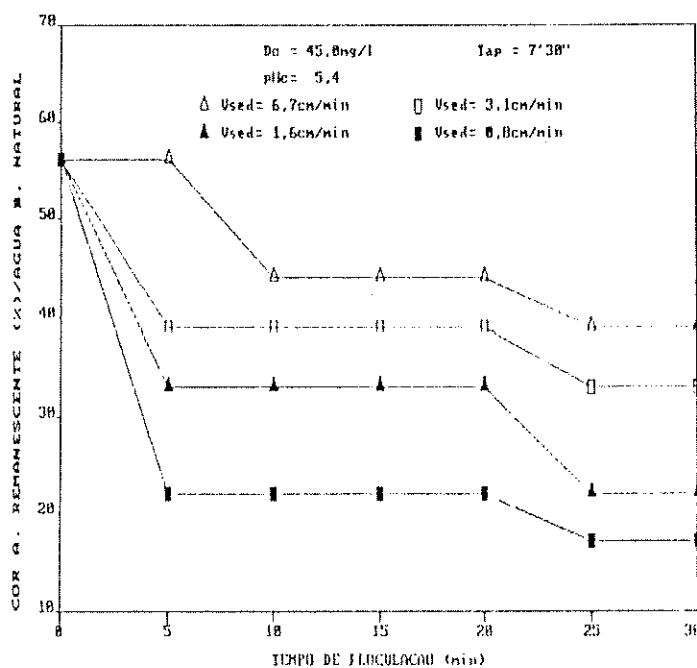


FIGURA D.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sd} , para $D_0 = 45,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 5,4$ (Água Oz. 7,5ml/l).

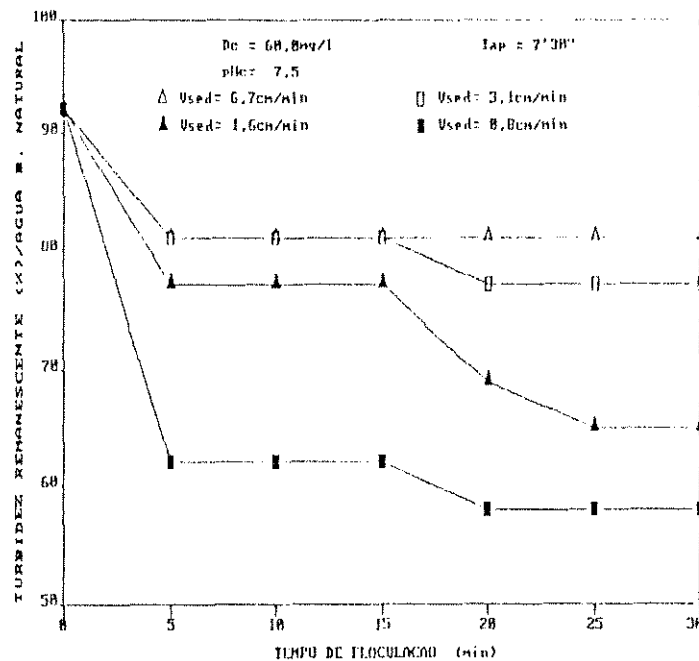


FIGURA D.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{ag} , para $D_0 = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,5$ (Água Oz. 7,5ml).

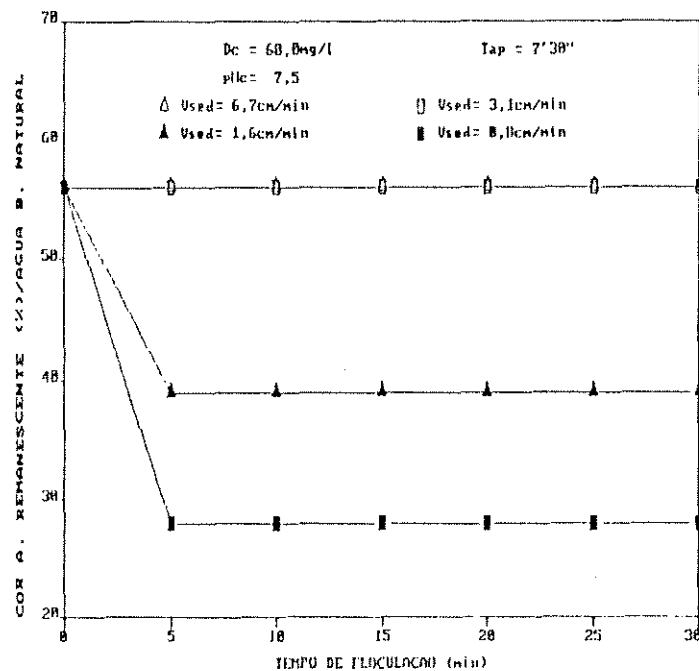


FIGURA D.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{ag} , para $D_0 = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,5$ (Água Oz. 7,5ml).

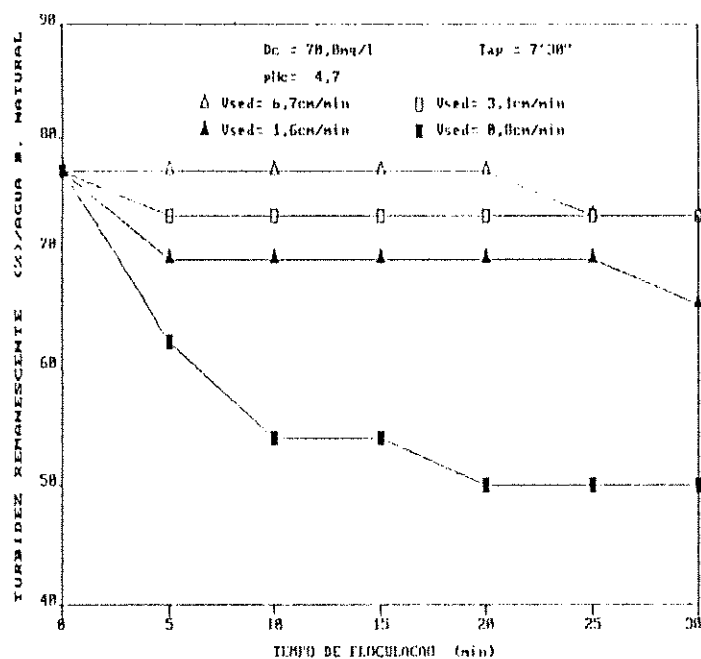


FIGURA D.20.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 4,7$ (Água Oz. 7,5 ml/l).

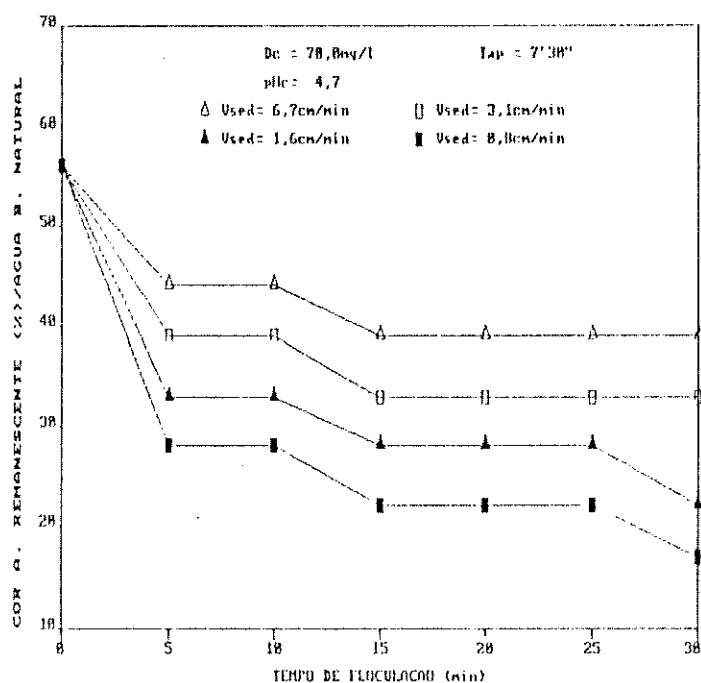


FIGURA D.20.2 - Porcentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 4,7$ (Água Oz. 7,5 ml/l).

"Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação,
para a Água Bruta Pré-Ozonizada 10min"

TABELA D.22 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,44	0	--	22	85	40	44
		5	6,7	17	65	40	44
			3,1	16	62	40	44
			1,6	15	58	35	39
			0,8	15	58	35	39
2	5,40	0	--	22	85	40	44
		10	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	40	44
			1,6	14	54	30	33
			0,8	13	50	25	28
3	5,44	0	--	22	85	40	44
		15	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	40	44
			1,6	14	54	35	39
			0,8	12	46	25	28
4	5,44	0	--	22	85	40	44
		20	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	35	39
			1,6	14	54	30	33
			0,8	12	46	25	28
5	5,46	0	--	22	85	40	44
		25	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	35	39
			1,6	14	54	30	33
			0,8	10	38	20	22
6	5,44	0	--	22	85	40	44
		30	6,7	15	58	35	39
			3,1	14	54	35	39
			1,6	13	50	30	33
			0,8	10	38	20	22

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	80	86
CONDUTIVIDADE (µmhos/m)	386,8	381,8
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	36	36
pH	8,2	8,8
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	24

TABELA D.23 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,70	0	--	23	88	40	44
		5	6,7	18	69	40	44
			3,1	16	62	40	44
			1,6	15	58	35	39
			0,8	13	50	25	28
2	6,77	0	--	23	88	40	44
		10	6,7	17	65	40	44
			3,1	16	62	35	39
			1,6	14	54	30	33
			0,8	12	46	25	28
3	6,82	0	--	23	88	40	44
		15	6,7	17	65	40	44
			3,1	15	58	35	39
			1,6	13	50	30	33
			0,8	10	30	20	22
4	6,79	0	--	23	88	40	44
		20	6,7	17	65	40	44
			3,1	15	58	35	39
			1,6	13	50	30	33
			0,8	10	30	15	17
5	6,80	0	--	23	88	40	44
		25	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	0,5	33	18	11
6	6,79	0	--	23	88	40	44
		30	6,7	16	62	40	44
			3,1	14	54	30	33
			1,6	12	46	25	28
			0,8	8	31	18	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	86
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	386,8	381,8
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	36	36
pH	8,2	8,0
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	24

TABELA D.24 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 35,4 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,10	0	--	26	100	40	44
		5	6,7	19	73	40	44
			3,1	17	65	40	44
			1,6	15	58	35	39
			0,8	10	38	25	28
2	7,10	0	--	26	100	40	44
		10	6,7	19	73	40	44
			3,1	16	62	35	39
			1,6	15	58	30	33
			0,8	10	38	25	28
3	7,12	0	--	26	100	40	44
		15	6,7	18	69	40	44
			3,1	16	62	35	39
			1,6	13	50	30	33
			0,8	9,5	37	15	17
4	7,15	0	--	26	100	40	44
		20	6,7	18	69	40	44
			3,1	17	65	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	8	31	10	11
5	7,12	0	--	26	100	40	44
		25	6,7	17	65	40	44
			3,1	16	62	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	7,5	29	10	11
6	7,13	0	--	26	100	40	44
		30	6,7	17	65	40	44
			3,1	16	62	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	7	27	10	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	86
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	386,8	381,8
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	36	36
pH	8,2	8,4
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	24

TABELA D.25 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,41	0	--	24	92	40	44
		5	6,7	18	69	40	44
			3,1	17	65	40	44
			1,6	16	62	30	33
			0,8	14	54	25	20
2	5,39	0	--	24	92	40	44
		10	6,7	18	69	40	44
			3,1	17	65	40	44
			1,6	16	62	30	33
			0,8	13	50	25	20
3	5,39	0	--	24	92	40	44
		15	6,7	18	69	40	44
			3,1	17	65	40	44
			1,6	16	62	30	33
			0,8	12	46	25	20
4	5,43	0	--	24	92	40	44
		20	6,7	18	69	40	44
			3,1	17	65	40	44
			1,6	16	62	30	33
			0,8	12	46	25	20
5	5,42	0	--	24	92	40	44
		25	6,7	17	65	40	44
			3,1	16	62	40	44
			1,6	14	54	30	33
			0,8	11	42	25	20
6	5,39	0	--	24	92	40	44
		30	6,7	17	65	40	44
			3,1	16	62	40	44
			1,6	14	54	30	33
			0,8	11	42	25	20

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	86
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	306,0	301,0
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	36	36
pH	8,2	8,0
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	24

TABELA D.26 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 60,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,48	0	--	24	92	40	44
		5	6,7	23	88	40	44
			3,1	21	81	35	39
			1,6	13	50	30	33
			0,8	8,3	32	15	17
2	7,47	0	--	24	92	40	44
		10	6,7	23	88	40	44
			3,1	20	77	35	39
			1,6	12	46	30	33
			0,8	8	31	10	11
3	7,48	0	--	24	92	40	44
		15	6,7	23	88	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	12	46	30	33
			0,8	8	31	10	11
4	7,49	0	--	24	92	40	44
		20	6,7	23	88	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	12	46	30	33
			0,8	8	31	10	11
5	7,47	0	--	24	92	40	44
		25	6,7	23	88	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	7	27	10	11
6	7,43	0	--	24	92	40	44
		30	6,7	22	85	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	12	46	25	28
			0,8	6,8	26	10	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	88	86
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	386,0	381,0
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	36	36
pH	8,2	8,0
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	24

TABELA D.27 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 70,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	4,02	0	--	26	100	40	44
		5	6,7	10	69	40	44
			3,1	17	65	40	44
			1,6	16	62	35	39
			0,8	14	54	25	20
2	4,80	0	--	26	100	40	44
		10	6,7	10	69	40	44
			3,1	17	65	40	44
			1,6	15	50	30	33
			0,8	10	30	20	22
3	4,84	0	--	26	100	40	44
		15	6,7	10	69	40	44
			3,1	16	62	35	39
			1,6	14	54	30	33
			0,8	10	30	15	17
4	4,80	0	--	26	100	40	44
		20	6,7	10	69	40	44
			3,1	16	62	35	39
			1,6	13	50	25	20
			0,8	8,5	33	10	11
5	4,85	0	--	26	100	40	44
		25	6,7	10	69	40	44
			3,1	15	50	35	39
			1,6	13	50	25	20
			0,8	8,5	33	10	11
6	4,80	0	--	26	100	40	44
		30	6,7	17	65	40	44
			3,1	15	50	35	39
			1,6	13	50	25	20
			0,8	0	31	10	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	80	86
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	306,0	301,8
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	36	36
pH	8,2	8,0
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	24

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação
e das Velocidades de Sedimentação, para as
Condições Especificadas (Água Pré-ozonizada 10min)"

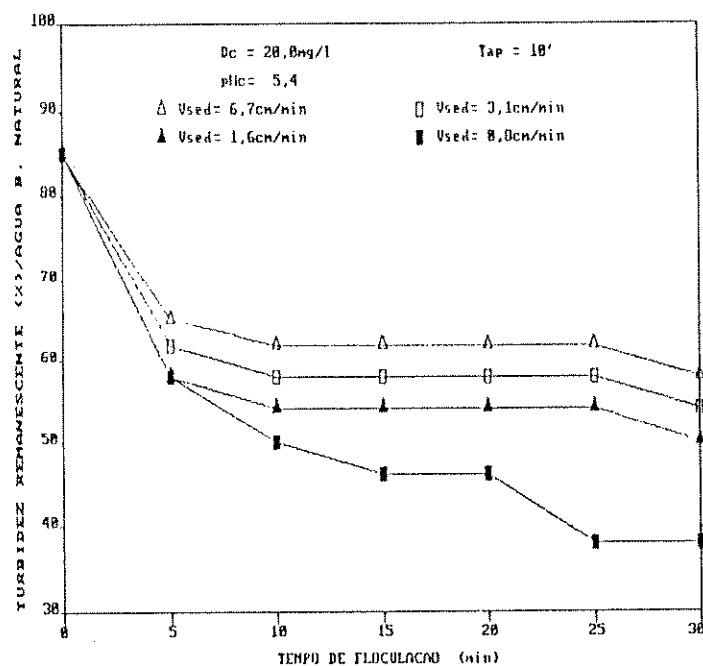


FIGURA D.22.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s , para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. 10min).

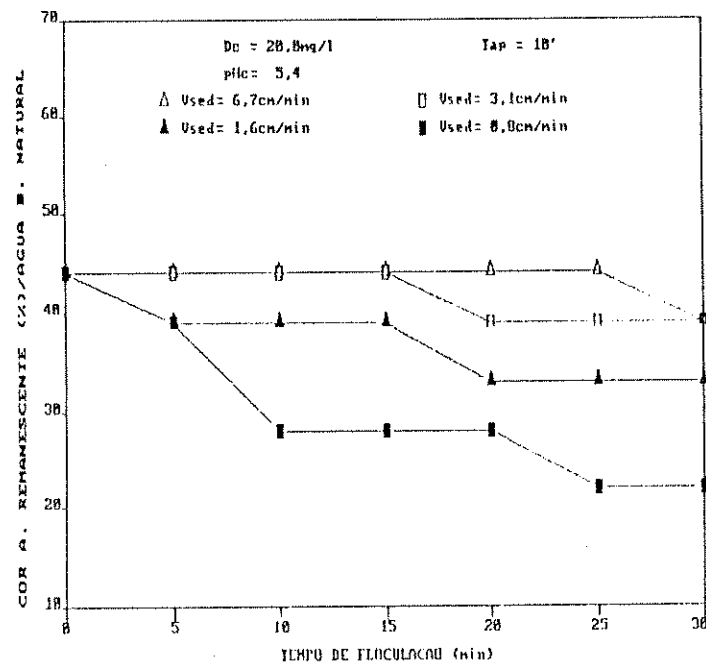


FIGURA D.22.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s , para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$ (Água Oz. 10min).

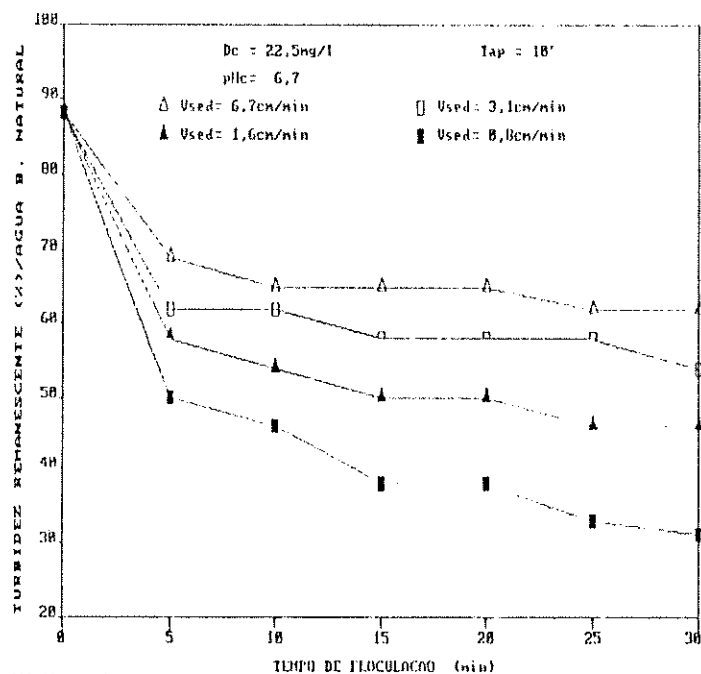


FIGURA D.23.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 6,7$ (Água Oz. 10mln).

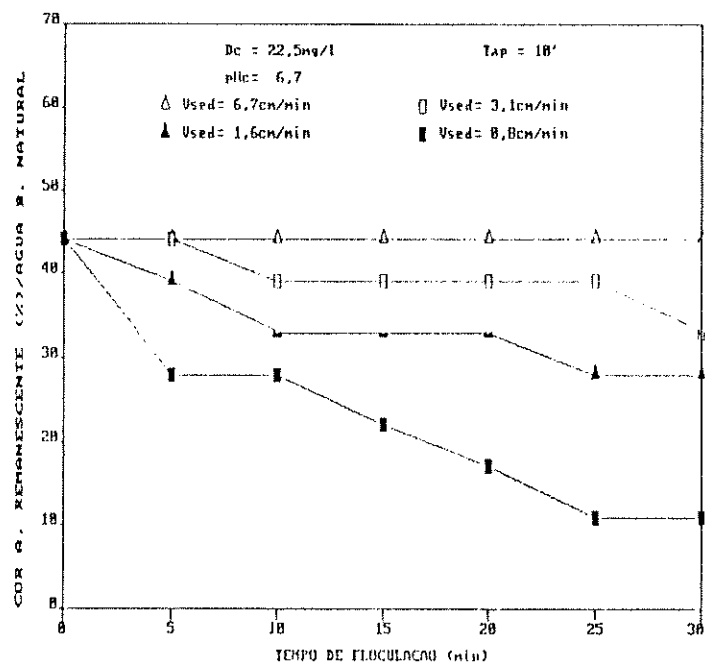


FIGURA D.23.2 - Porcentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 6,7$ (Água Oz. 10mln).

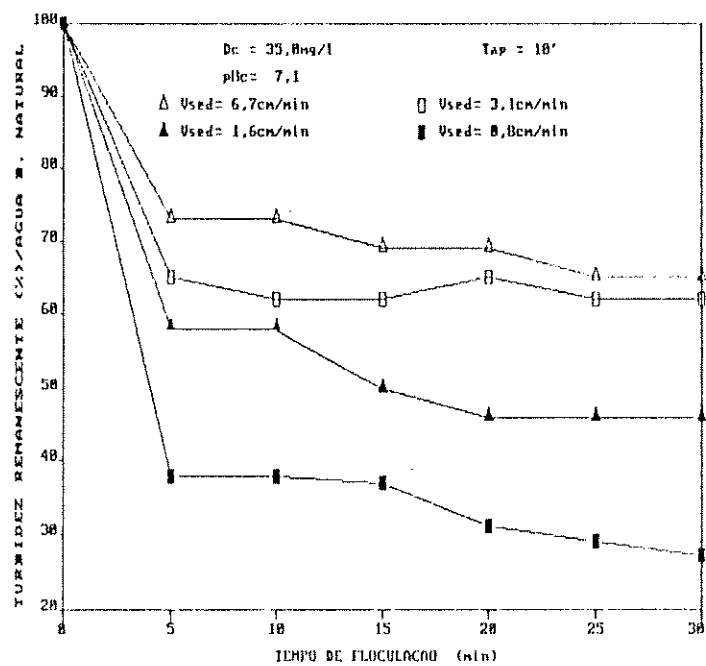


FIGURA D.24.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$ (Água Oz. 10min).

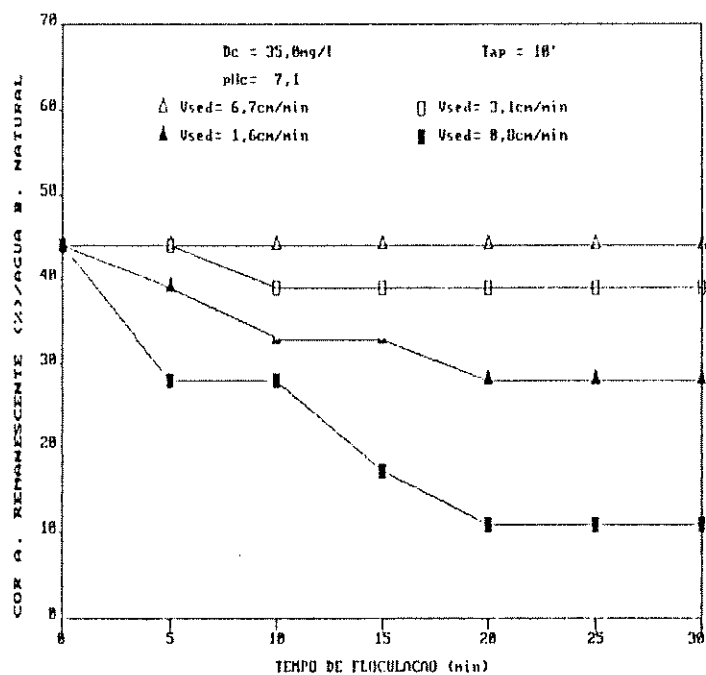


FIGURA D.24.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$ (Água Oz. 10min).

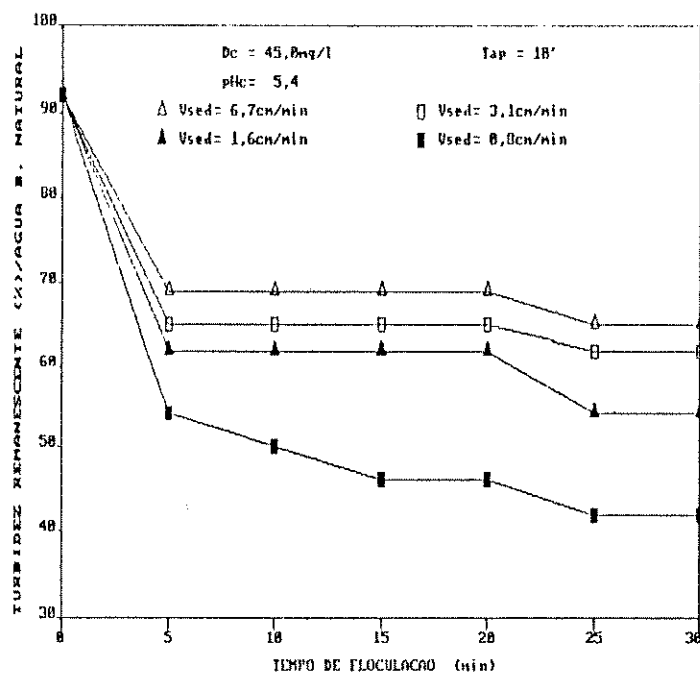


FIGURA D.25.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 45,8 \text{ mg/l}$ e $plc = 5,4$ (Água Oz. 10mln).

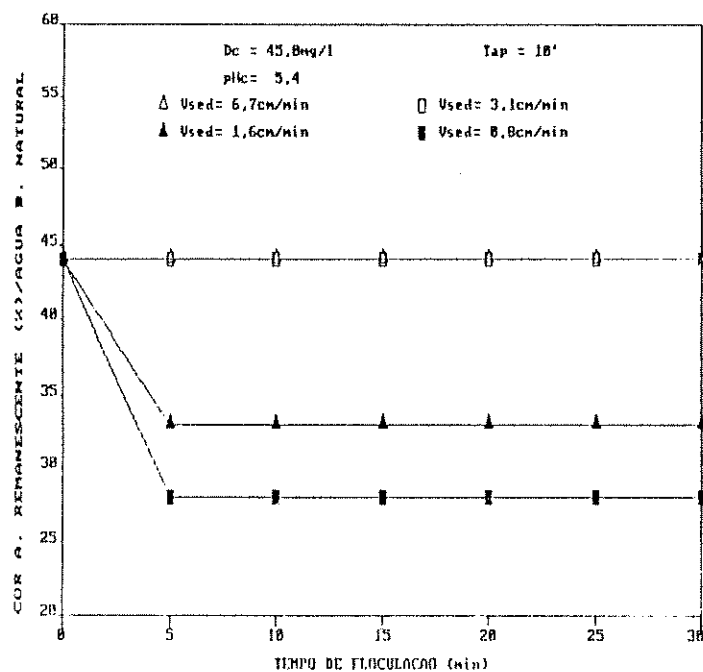


FIGURA D.25.2 - Porcentagem de Cor Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 45,8 \text{ mg/l}$ e $plc = 5,4$ (Água Oz. 10mln).

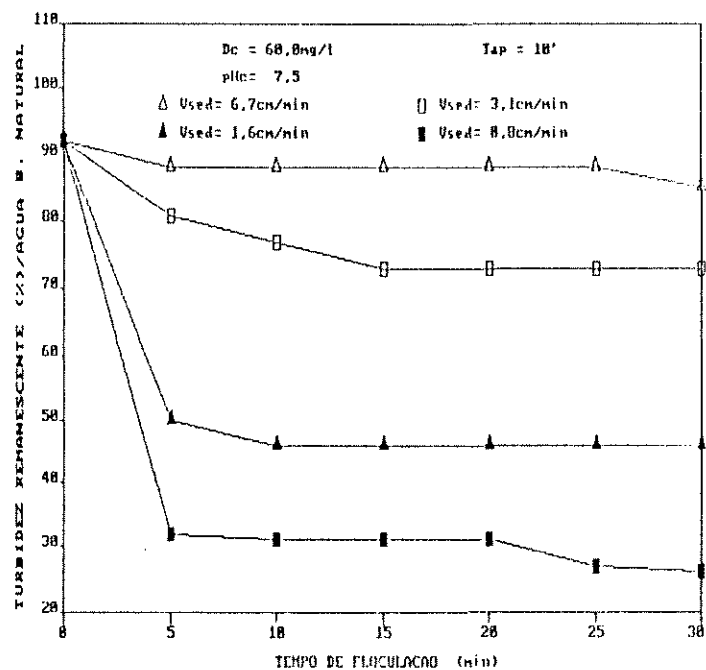


FIGURA D.26.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,5$ (Água Oz. 10min).

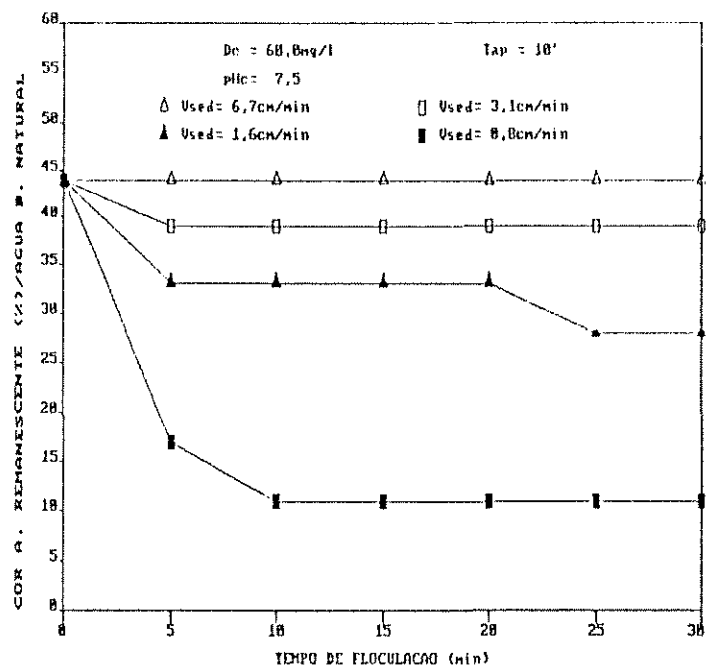


FIGURA D.26.2 - Porcentagem de Cor a. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,5$ (Água Oz. 10min).

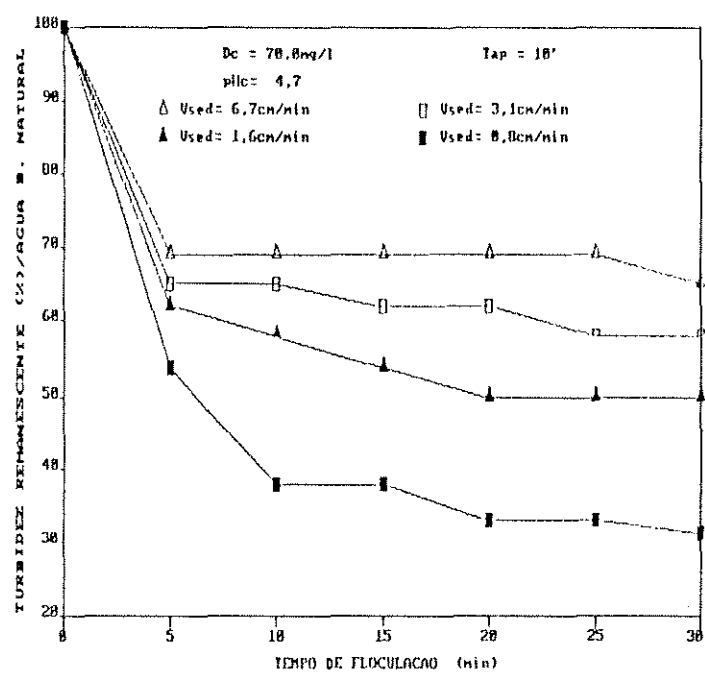


FIGURA D.27.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $plic = 4,7$ (Água Oz. 10mln).

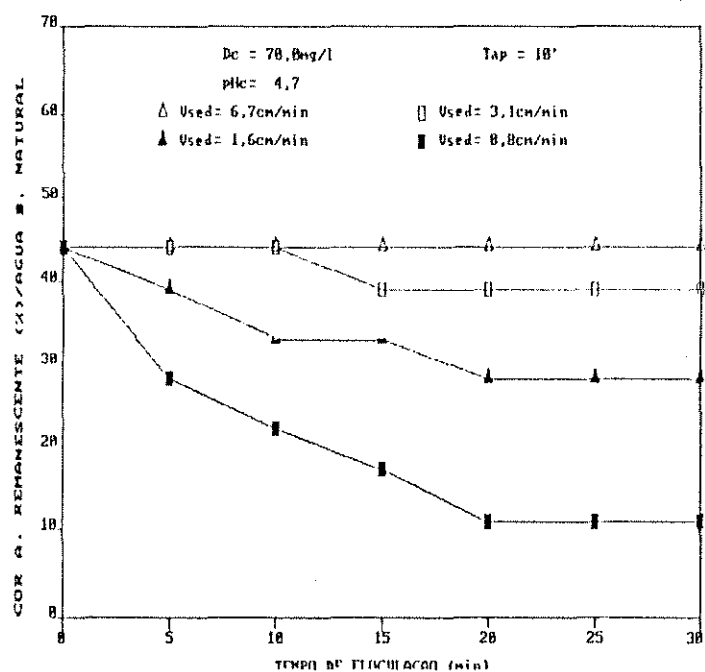


FIGURA D.27.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_a e, para $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $plic = 4,7$ (Água Oz. 10mln).

"Ensaio de Coagulação, Floculação e Sedimentação
para a Água Bruta Pré-Ozonizada 15min"

TABELA D.28 - CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO DE PRÉ OZONIZAÇÃO, E RESULTADOS DE VALORES DE RESÍDUOS DE OZÔNIO NA ÁGUA, PARA TEMPO DE APLICAÇÃO DE 15 MINUTOS.

APARELHO DE OZONIZAÇÃO				
PRESSÃO NA SAÍDA DO CILINDRO DE O ₂ (kg/cm ²)	PORCENTAGEM DE VAZÃO MÁXIMA (%)	PRESSÃO NA CÉLULA DE OZONIZAÇÃO (kg ² /cm ²)	GRÁFICO DE VAZÃO DE GAS OXIGÊNIO (HALLACE E TIERMAN) (m ³ l/h)	VOLÍMETRO (V)
2,0	88	0,7	479,8	230

RESIDUAL DE OZÔNIO NA PRODUÇÃO				
SOLUÇÃO DE IODETO DE POTÁSSIO A 2% (I)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	PRODUÇÃO (g/h)	CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)
2,0	2	51,6	11,015	19,40

RESIDUAL DE OZÔNIO NA COLUMA DE EXCESSO				
VOLUME DE IODETO DE POTÁSSIO NA COLUMA (I)	TEMPO DE APLICAÇÃO (min)	VOLUME GASTO DE TIO-SULFATO (ml)	RESIDUAL DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	DOSAÇÃO DE OZÔNIO APLICADO (mg O ₃ /l)
1,5	15	94,1	2,033	12,27

DETERMINAÇÃO DO RESIDUAL DE OZÔNIO NA ÁGUA								
PONTOS DE COLETA	ABSORVÂNCIA BRANCO		ABSORVÂNCIA AMOSTRA		Δ ABSORVÂNCIA		CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO (mg O ₃ /l)	
	10mm	30mm	10mm	30mm	10mm	30mm	10mm	30mm
* C.1	0,186	0,561	0,153	0,461	0,033	0,100	0,	0,
C.1	0,186	0,561	0,031	0,093	0,155	0,468	0,410	0,413
C.2	0,186	0,561	0,031	0,093	0,155	0,468	0,410	0,413
C.3	0,186	0,561	0,031	0,093	0,155	0,468	0,410	0,413
C.4	0,186	0,561	0,034	0,094	0,152	0,467	0,402	0,412
C.5	0,186	0,561	0,034	0,094	0,152	0,467	0,402	0,398

* COM GLICINA	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OZÔNIO	0,394	0,397
---------------	------------------------------	-------	-------

TABELA D.29 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLUTUAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,26	0	--	16	62	40	44
		5	6,7	16	62	40	44
			3,1	16	62	40	44
			1,6	15	58	38	33
			0,8	13	50	25	28
2	6,20	0	--	16	62	40	44
		10	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	40	44
			1,6	14	54	38	33
			0,8	10	38	20	22
3	6,18	0	--	16	62	40	44
		15	6,7	15	58	40	44
			3,1	14	54	35	39
			1,6	13	50	30	33
			0,8	8,5	33	20	22
4	6,28	0	--	16	62	40	44
		20	6,7	15	58	35	39
			3,1	14	54	35	39
			1,6	11	42	25	28
			0,8	8,3	32	15	17
5	6,23	0	--	16	62	40	44
		25	6,7	15	58	35	39
			3,1	14	54	35	39
			1,6	11	42	25	28
			0,8	8	31	15	17
6	6,20	0	--	16	62	40	44
		30	6,7	15	58	35	39
			3,1	14	54	35	39
			1,6	9	35	28	22
			0,8	7	27	10	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	85	83
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	400,1	402,6
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	3,3	3,3
pH	8,2	7,7
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	15

TABELA D.3B - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	6,71	0	--	16	62	40	44
		5	6,7	16	62	40	44
			3,1	16	62	40	44
			1,6	15	58	35	39
			0,8	14	54	30	33
2	6,70	0	--	16	62	40	44
		10	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	40	44
			1,6	14	54	35	39
			0,8	12	46	25	28
3	6,72	0	--	16	62	40	44
		15	6,7	16	62	40	44
			3,1	15	58	35	39
			1,6	13	50	30	33
			0,8	10	38	25	28
4	6,73	0	--	16	62	40	44
		20	6,7	15	58	40	44
			3,1	14	54	35	39
			1,6	13	50	25	28
			0,8	10	38	20	22
5	6,75	0	--	16	62	40	44
		25	6,7	15	58	35	39
			3,1	14	54	30	33
			1,6	13	50	25	28
			0,8	8,5	33	15	17
6	6,73	0	--	16	62	40	44
		30	6,7	15	58	35	39
			3,1	14	54	30	33
			1,6	12	46	25	28
			0,8	8,5	33	15	17

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	85	83
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	400,1	402,6
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	3,3	3,3
pH	8,2	7,7
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (nt)	26	15

TABELA D.31 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE CUM APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 35,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,11	0	--	19	73	50	56
		5	6,7	19	73	50	56
			3,1	18	69	50	56
			1,6	14	54	35	39
			0,8	10	38	25	28
2	7,14	0	--	19	73	50	56
		10	6,7	19	73	50	56
			3,1	17	65	40	44
			1,6	14	54	35	39
			0,8	9,5	37	20	22
3	7,12	0	--	19	73	50	56
		15	6,7	18	69	50	56
			3,1	15	58	40	44
			1,6	13	50	35	39
			0,8	8	31	15	17
4	7,13	0	--	19	73	50	56
		20	6,7	18	69	50	56
			3,1	17	65	40	44
			1,6	14	54	35	39
			0,8	9,4	36	15	17
5	7,14	0	--	19	73	50	56
		25	6,7	18	69	50	56
			3,1	15	58	40	44
			1,6	14	54	35	39
			0,8	9	35	15	17
6	7,19	0	--	19	73	50	56
		30	6,7	18	69	50	56
			3,1	14	54	40	44
			1,6	13	50	35	39
			0,8	7	27	10	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	85	83
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	408,1	402,6
COR APARENTE (mg/l Pt-Co)	90	35
PUREZA (mg CaCO ₃ /l)	3,3	3,3
pH	8,2	7,7
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	15

TABELA D.32 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	5,30	0	--	23	88	50	56
		5	6,7	21	81	50	56
			3,1	20	77	40	44
			1,6	16	62	30	33
			0,8	11	42	15	17
2	5,29	0	--	23	88	50	56
		10	6,7	21	81	40	44
			3,1	19	73	40	44
			1,6	14	54	25	28
			0,8	11	42	15	17
3	5,32	0	--	23	88	50	56
		15	6,7	21	81	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	14	54	25	28
			0,8	10,5	30	10	11
4	5,31	0	--	23	88	50	56
		20	6,7	21	81	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	14	54	25	28
			0,8	9,9	30	10	11
5	5,31	0	--	23	88	50	56
		25	6,7	21	81	40	44
			3,1	19	73	35	39
			1,6	14	54	25	28
			0,8	10	30	10	11
6	5,31	0	--	23	88	50	56
		30	6,7	20	77	40	44
			3,1	18	69	30	33
			1,6	12	46	20	22
			0,8	8,5	33	10	11

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	85	83
CONDUTIVIDADE (µmhos/m)	480,1	482,6
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	98	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	3,3	3,3
pH	8,2	7,7
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	15

TABELA D.33 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 60,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				(ut)	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	7,53	0	--	24	92	70	78
		5	6,7	24	92	70	78
			3,1	21	81	70	78
			1,6	19	73	68	67
			0,8	11	42	30	33
2	7,53	0	--	24	92	70	78
		10	6,7	24	92	70	78
			3,1	22	85	70	78
			1,6	18	69	60	67
			0,8	11	42	30	33
3	7,51	0	--	24	92	70	78
		15	6,7	24	92	70	78
			3,1	21	81	70	78
			1,6	14	54	50	56
			0,8	10	38	25	28
4	7,49	0	--	24	92	70	78
		20	6,7	23	88	70	78
			3,1	22	85	70	78
			1,6	14	54	50	56
			0,8	10	38	25	28
5	7,51	0	--	24	92	70	78
		25	6,7	23	88	70	78
			3,1	22	85	70	78
			1,6	14	54	35	39
			0,8	10	38	25	28
6	7,49	0	--	24	92	70	78
		30	6,7	23	88	70	78
			3,1	21	81	70	78
			1,6	14	54	35	39
			0,8	9	35	25	28

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	85	83
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	488,1	482,6
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	98	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	3,3	3,3
pH	8,2	7,7
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	15

TABELA D.34 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA PRÉ-OZONIZADA E RESULTADOS DE VALORES DE COR APAR. E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 70,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO.

REATOR	pH DE COAGUL.	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	VELOC. DE SEDIMENT. (cm/min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
				CUt	(%)	mg/l (Pt-Co)	(%)
1	4,74	5	0	19	73	40	44
			6,7	19	73	40	44
			3,1	19	73	40	44
			1,6	17	65	35	39
			0,8	13	50	25	28
2	4,73	10	0	19	73	40	44
			6,7	19	73	40	44
			3,1	18	69	35	39
			1,6	14	54	25	28
			0,8	9,5	37	10	11
3	4,75	15	0	19	73	40	44
			6,7	19	73	40	44
			3,1	18	69	35	39
			1,6	13	50	25	28
			0,8	9,2	35	10	11
4	4,77	20	0	19	73	40	44
			6,7	18	69	40	44
			3,1	16	62	30	33
			1,6	13	50	20	22
			0,8	7,5	29	5	6
5	4,77	25	0	19	73	40	44
			6,7	18	69	40	44
			3,1	15	58	30	33
			1,6	11	42	15	17
			0,8	7	27	5	6
6	4,74	30	0	19	73	40	44
			6,7	18	69	40	44
			3,1	14	54	25	28
			1,6	9,5	37	15	17
			0,8	6,5	25	5	6

DADOS DA ÁGUA BRUTA		
	NATURAL	PRÉ-OZONIZADA
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /l)	85	83
CONDUTIVIDADE (µmhos/cm)	400,1	402,6
COR APARENTE (mg/l (Pt-Co))	90	35
DUREZA (mg CaCO ₃ /l)	3,3	3,3
pH	8,2	7,7
TEMPERATURA (°C)	25	25
TURBIDEZ (ut)	26	15

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação
e das Velocidades de Sedimentação, para as
Condições Especificadas (Água Pré-ozonizada 15min)"

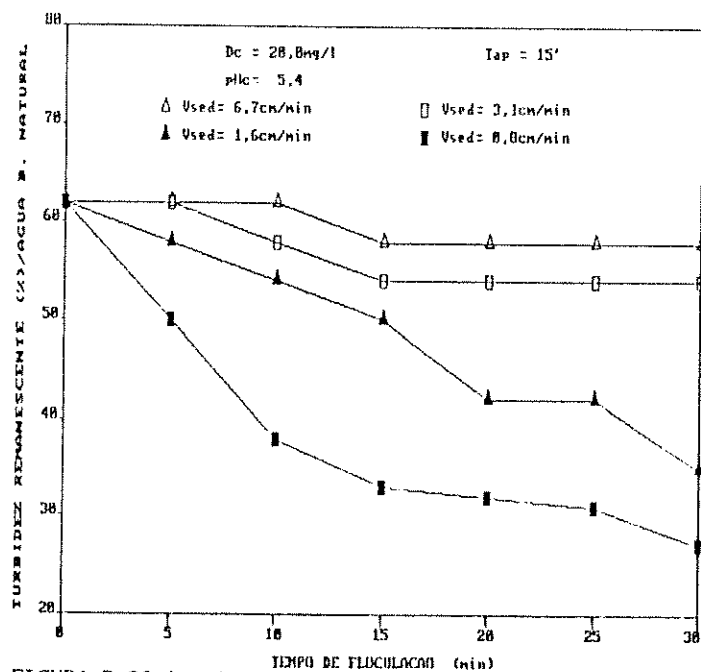


FIGURA D.20.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $plc = 5,4$ (Água Oz. 15min).

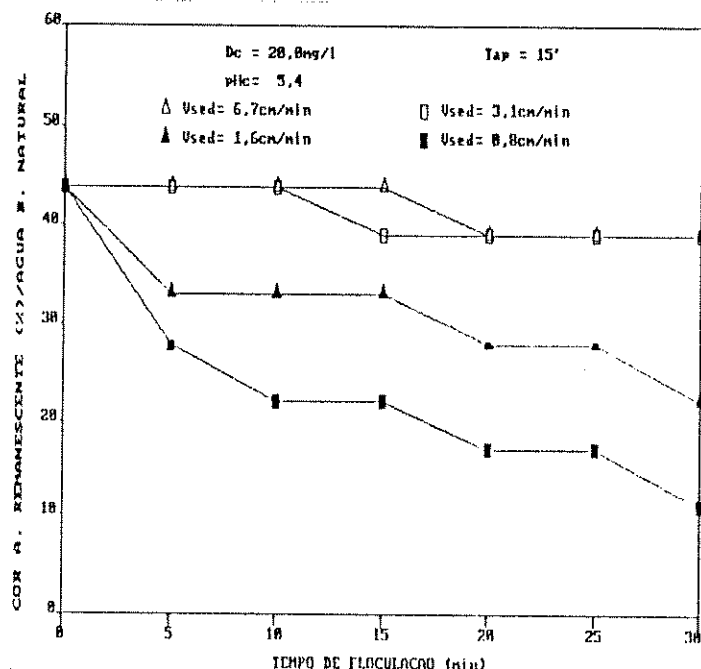


FIGURA D.20.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $plc = 5,4$ (Água Oz. 15min).

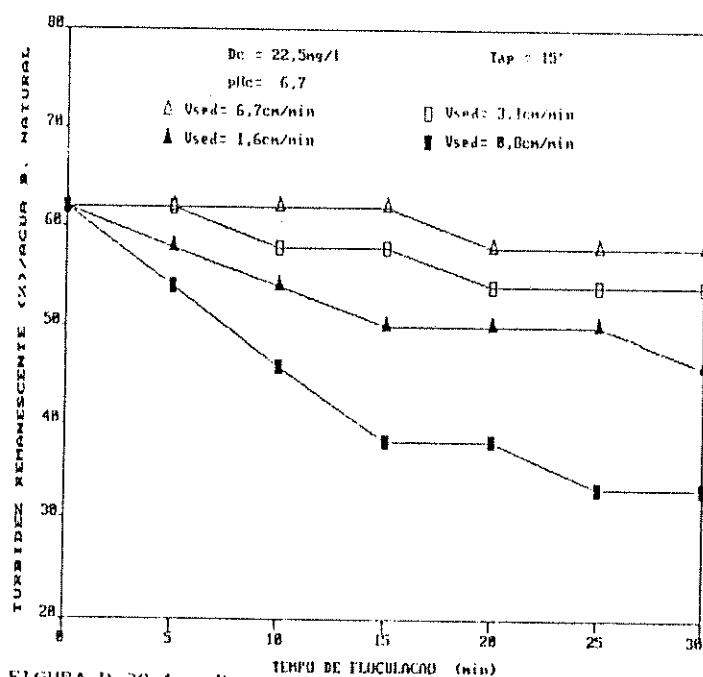


FIGURA D.30.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $plc = 6,7$ (Água Oz. 15min).

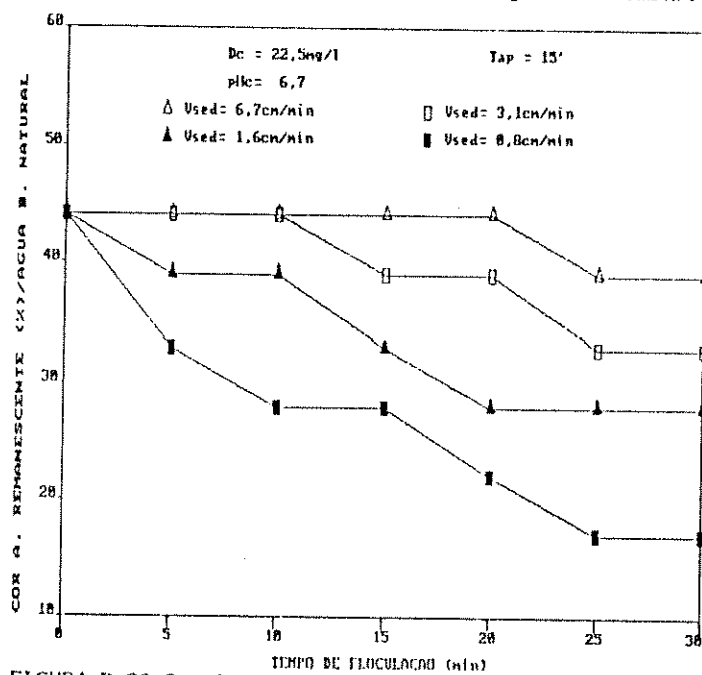


FIGURA D.30.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $plc = 6,7$ (Água Oz. 15min).

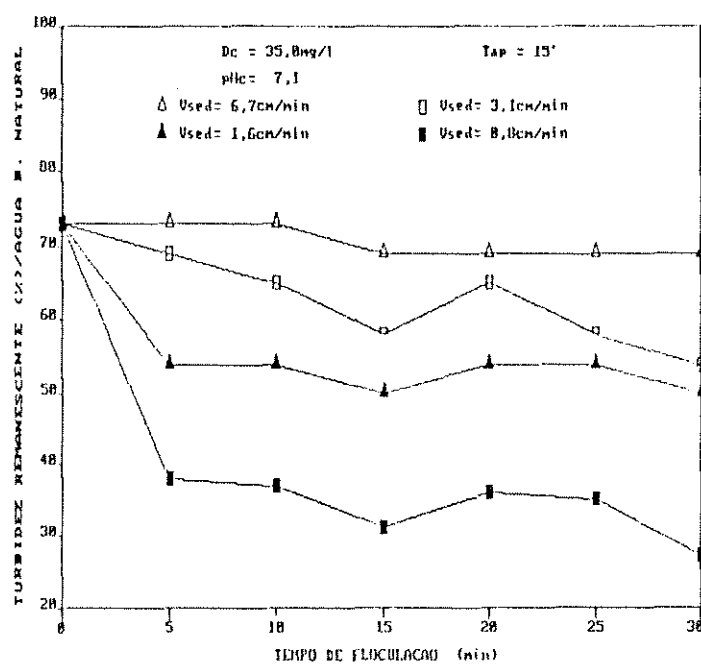


FIGURA D.31.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s , para $D_c = 35,8 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,1$ (Água Oz. 15mln).

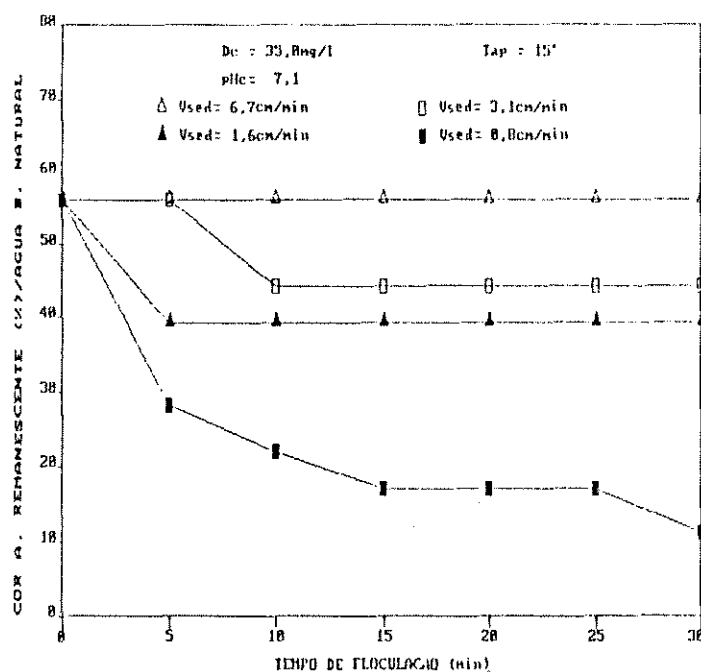


FIGURA D.31.2 - Porcentagem de Cor Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_s , para $D_c = 35,8 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,1$ (Água Oz. 15mln).

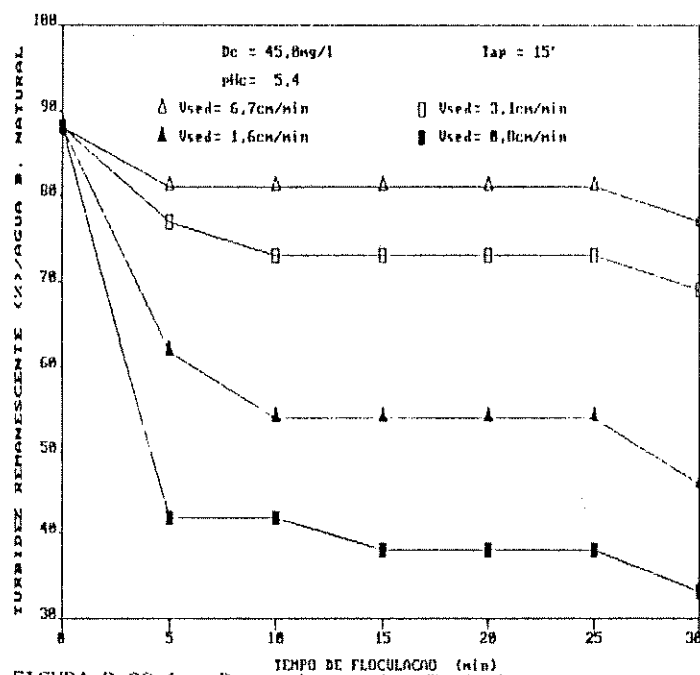


FIGURA D.32.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{ag} , para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$ (Água Oz. 15min).

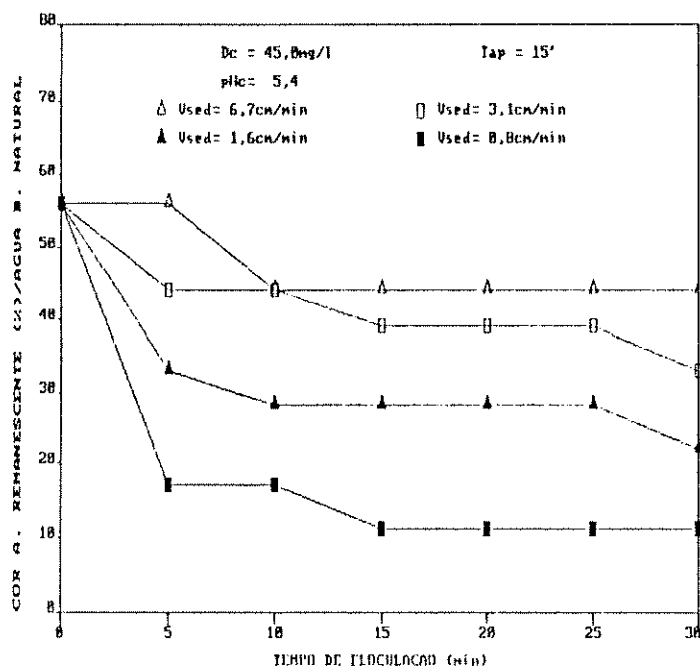


FIGURA D.32.2 - Porcentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{ag} , para $D_c = 45,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$ (Água Oz. 15min).

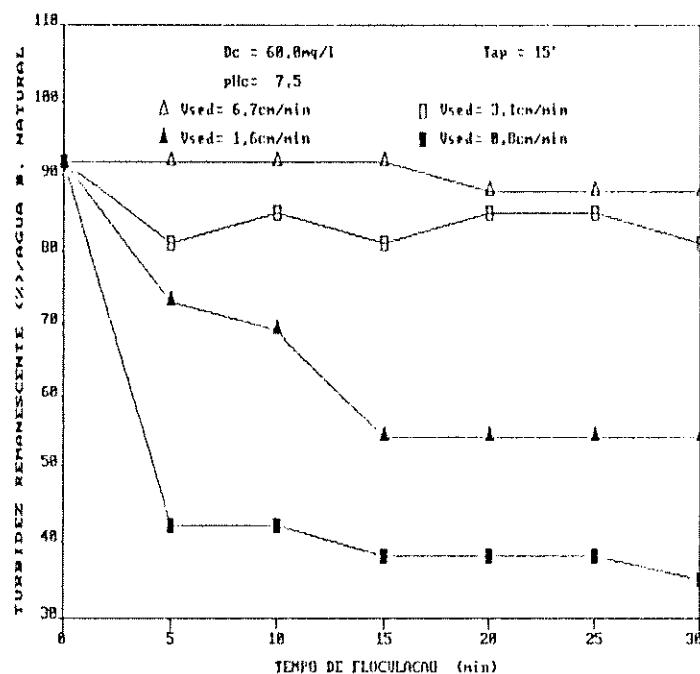


FIGURA D.33.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{se} , para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,5$ (Água Oz. 15min).

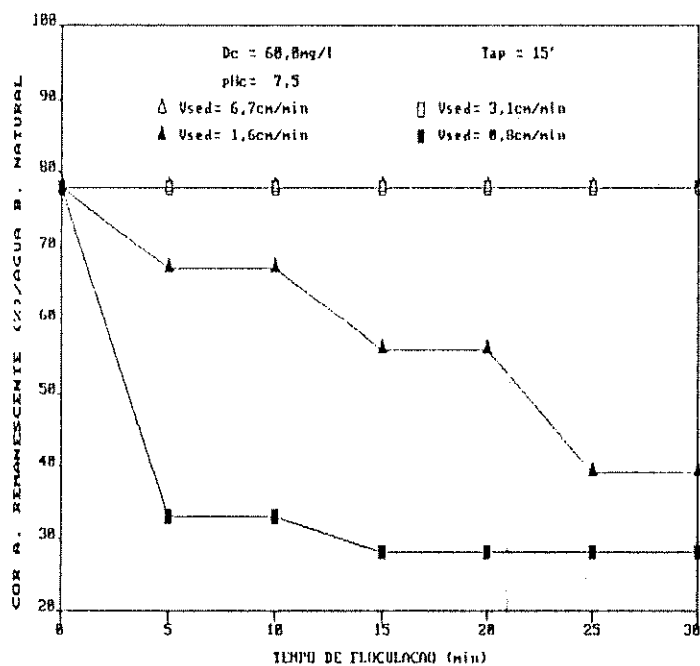


FIGURA D.33.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{se} , para $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,5$ (Água Oz. 15min).

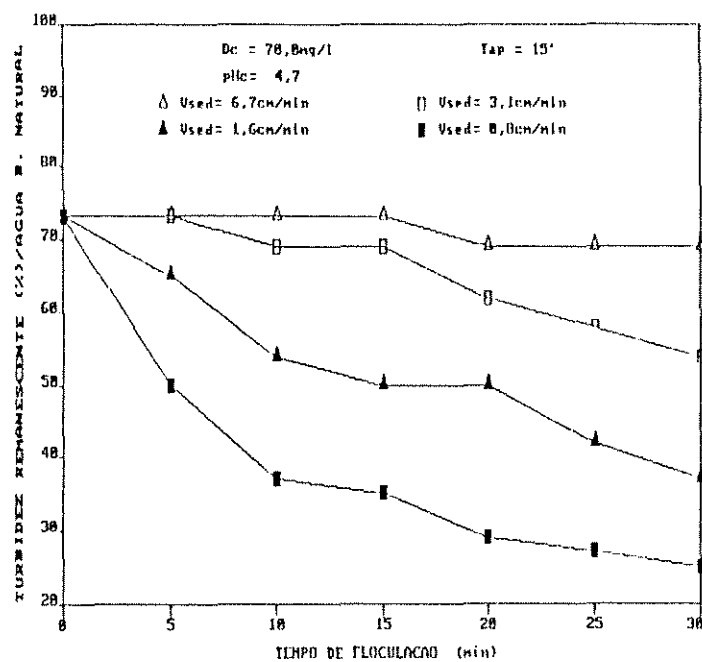


FIGURA D.34.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 4,7$ (Água Oz. 15min).

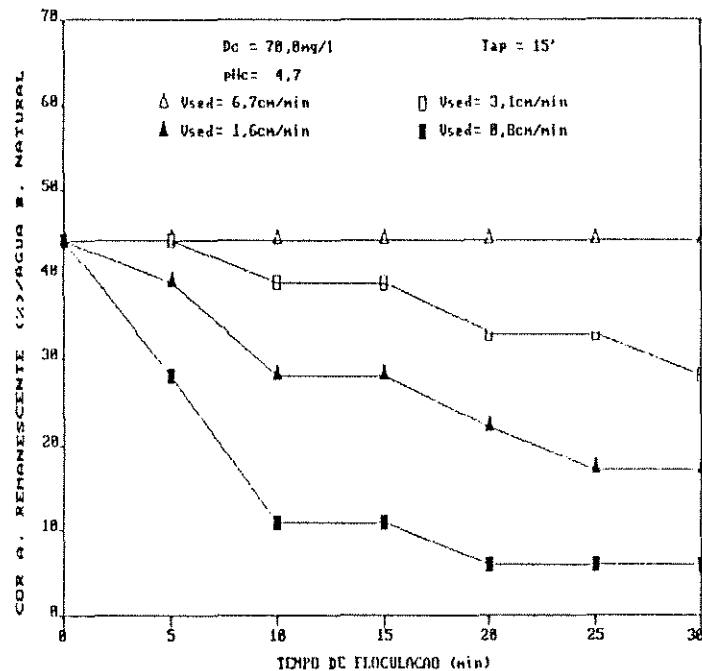


FIGURA D.34.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para diferentes valores de V_{sed} , para $D_0 = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 4,7$ (Água Oz. 15min).

"Determinações da Concentração de Ferro e Manganês,
para as Águas Brutas, Natural e Pré-Ozonizadas"

TABELA D.35 - DETERMINAÇÃO DE FERRO E MANGANÊS, PARA AGUA BRUTA NATURAL E PRÉ-OUZONIZADA,
E AMOSTRAS COLETADAS NOS INSATOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO.

DOSAGEM (mg/l)	pH NAT.	pH OZON.	FERRO		MANGANÊS	
			AGUA B. NATURAL	AGUA B. OZON	AGUA B. NATURAL	AGUA B. OZON
			VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
			AGUA BRUTA		NATURAL	
AGUA B.	8,30		0,05		<0,02	
20,0	5,35		<0,02		<0,02	
22,5	6,74		<0,02		<0,02	
35,0	7,10		<0,02		<0,02	
45,0	5,38		<0,02		<0,02	
60,0	7,51		<0,02		<0,02	
70,0	4,64		<0,02		<0,02	
			TEMPO DE OZONIZAÇÃO - 5'			
AGUA B.	8,30	8,00	0,00	0,10	<0,02	<0,02
20,0		5,31		<0,02		<0,02
22,5		6,74		<0,02		<0,02
35,0		7,10		<0,02		<0,02
45,0		5,40		<0,02		<0,02
60,0		7,49		<0,02		<0,02
70,0		4,80		<0,02		<0,02
			TEMPO DE OZONIZAÇÃO - 7' 30"			
AGUA B.	8,50	8,00	0,10	0,20	<0,02	<0,02
20,0		5,47		0,06		<0,02
22,5		6,96		0,05		<0,02
35,0		7,53		0,04		<0,02
45,0		5,74		0,04		<0,02
60,0		7,02		0,03		<0,02
70,0		4,81		0,04		<0,02

TABELA D.35 - DETERMINAÇÃO DE FERRO E MANGANÊS, PARA ÁGUA BRUTA NATURAL E PRÉ-OZONIZADA,
E AMOSTRAS COLETADAS NOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO. (CONTINUAÇÃO)

DOSAGEM (mg/l)	pH		FERRO		MANGANÊS	
	NAT.	OZON.	ÁGUA B. NATURAL	ÁGUA B. OZON	ÁGUA B. NATURAL	ÁGUA B. OZON
			VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
TEMPO DE OZONIZAÇÃO - 10'						
ÁGUA B.	8,20	8,80	0,05	0,10	<0,02	<0,02
20,0		5,44		<0,02		<0,02
22,5		6,79		<0,02		<0,02
35,0		7,13		<0,02		<0,02
45,0		5,39		<0,02		<0,02
60,0		7,43		<0,02		<0,02
70,0		4,80		<0,02		<0,02
TEMPO DE OZONIZAÇÃO - 15'						
ÁGUA B.	8,20	7,70	0,10	0,10	<0,02	<0,02
20,0		6,20		0,10		0,10
22,5		6,73		0,02		<0,02
35,0		7,19		<0,02		<0,02
45,0		5,31		0,03		0,10
60,0		7,49		<0,02		<0,02
70,0		4,74		0,03		0,10

"Exames Bacteriológicos"

TABELA D.36 - DETERMINAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E FECALIS PARA AS ÁGUAS BRUTAS NATURAIS E PRE-OSONIZADAS.

AGUAS BRUTAS	N. M. P. / 100 ml		REDUÇÃO (%)	
	C. I.	C. F.	C. I.	C. F.
TEMPO DE OZONIZAÇÃO - 5 "				
NATURAL	8000	80	96,25	95
OZONIZADA	300	40		
TEMPO DE OZONIZAÇÃO - 7 " 30 "				
NATURAL	13000	<2	98,23	XXX
OZONIZADA	230	<2		
TEMPO DE OZONIZAÇÃO - 10 "				
NATURAL	13000	<2	99,82	XXX
OZONIZADA	23	<2		
TEMPO DE OZONIZAÇÃO - 15 "				
NATURAL	23000	2	99,90	XXX
OZONIZADA	4	<2		

APÊNDICE E

"Tabelas de Valores Remanescentes de Turbidez e
Cor Aparente, em Função do Tempo de
Floculação e da Velocidade de
Sedimentação, para os Ensaios do Apêndice D"

"Valores Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades
de Sedimentação, para $D_c = 20\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ "

TABELA E.01 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 6,7 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 01	-	0	23	88	80	34
		5	21	81	60	52
		10	19	72	60	67
		15	19	73	60	67
		20	19	73	56	56
		25	17	65	50	56
		30	17	65	50	56
D. 08	5	0	18	69	40	44
		5	18	69	40	44
		10	18	69	40	44
		15	17	65	40	44
		20	16	62	40	44
		25	16	62	40	44
		30	16	62	40	44
D. 15	7,5	0	20	77	40	44
		5	19	73	35	39
		10	19	73	35	39
		15	19	73	35	39
		20	18	69	35	39
		25	18	69	35	39
		30	18	69	35	39
D. 22	10	0	22	85	40	44
		5	17	65	40	44
		10	16	62	40	44
		15	16	62	40	44
		20	16	62	40	44
		25	16	62	40	44
		30	15	58	35	39
D. 29	15	0	16	62	40	44
		5	16	62	40	44
		10	16	62	40	44
		15	15	58	40	44
		20	15	58	35	39
		25	15	58	35	39
		30	15	58	35	39

TABELA E.02 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 3,1 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 01	-	0	23	88	80	89
		5	18	69	60	67
		10	17	65	60	67
		15	15	58	40	44
		20	14	54	30	37
		25	13	50	30	33
		30	12	46	20	33
D. 08	5	0	18	69	40	44
		5	17	65	40	44
		10	16	62	35	39
		15	15	58	35	39
		20	15	50	35	39
		25	15	50	30	33
		30	15	50	30	33
D. 15	7,5	0	20	77	40	44
		5	19	73	35	39
		10	18	69	35	39
		15	18	69	35	39
		20	17	65	35	39
		25	18	69	35	39
		30	17	65	35	39
D. 22	10	0	22	85	40	44
		5	16	62	40	44
		10	15	58	40	44
		15	15	58	40	44
		20	15	58	35	39
		25	15	58	35	39
		30	14	54	35	39
D. 29	15	0	16	62	40	44
		5	16	62	40	44
		10	15	58	40	44
		15	14	54	35	39
		20	14	54	35	39
		25	14	54	35	39
		30	14	54	35	39

TABELA E.03 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR AFARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 1,6 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR AFARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 01	-	0	23	88	80	89
		5	15	58	40	44
		10	11	42	35	39
		15	8	31	25	28
		20	8	31	25	28
		25	5	19	15	17
		30	5	19	15	17
D. 08	5	0	18	69	40	44
		5	16	62	30	33
		10	15	58	30	33
		15	14	54	30	33
		20	14	54	30	33
		25	13	50	25	28
		30	13	50	25	28
D. 15	7,5	0	20	77	40	44
		5	18	69	35	39
		10	17	65	30	33
		15	17	65	30	33
		20	16	62	25	28
		25	14	54	20	22
		30	14	54	20	22
D. 22	10	0	22	85	40	44
		5	15	58	35	39
		10	14	54	30	33
		15	14	54	35	39
		20	14	54	30	33
		25	14	54	30	33
		30	13	50	30	33
D. 29	15	0	16	62	40	44
		5	15	58	30	33
		10	14	54	30	33
		15	13	50	30	33
		20	11	42	25	28
		25	11	42	25	28
		30	9	35	20	22

TABELA E.04 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 20,8 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 0,8 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 01	-	0	23	68	80	49
		5	11	42	20	33
		10	7	27	20	22
		15	5,5	21	10	11
		20	5,4	21	10	11
		25	4	15	5	6
		30	3,8	15	5	7
D. 08	5	0	18	63	40	44
		5	14	54	30	33
		10	13	50	25	28
		15	11	42	25	28
		20	11	42	25	28
		25	10	38	20	22
		30	10	38	20	22
D. 15	7,5	0	20	77	40	44
		5	17	65	35	33
		10	16	62	30	33
		15	16	62	30	33
		20	14	54	25	28
		25	13	50	15	17
		30	13	50	15	17
D. 22	10	0	22	85	40	44
		5	15	58	35	33
		10	13	50	25	28
		15	12	46	25	28
		20	12	46	25	28
		25	10	38	20	22
		30	10	38	20	22
D. 29	15	0	16	62	40	44
		5	12	50	25	28
		10	10	38	20	22
		15	8,5	33	20	22
		20	8,3	32	15	17
		25	8	31	15	17
		30	7	27	10	11

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação e
das Velocidades de Sedimentação, para as Condições
Especificadas, para $D_c = 20\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ "

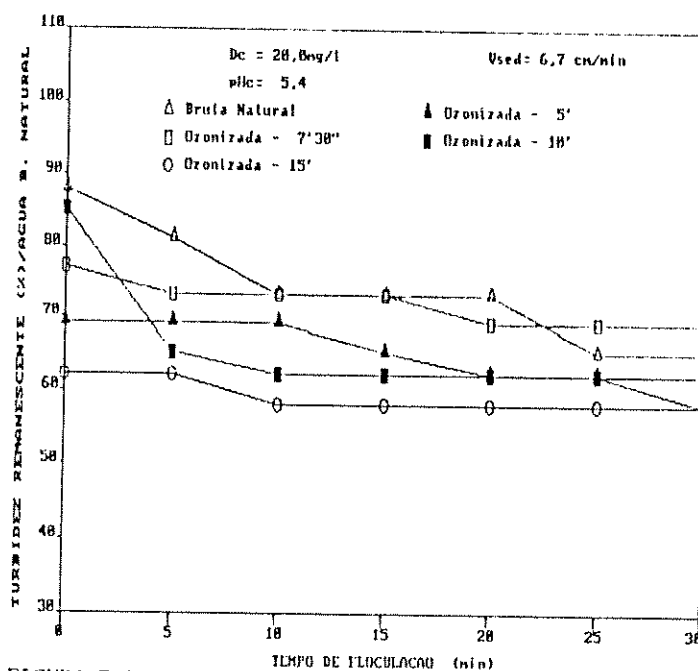


FIGURA E.1.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$.

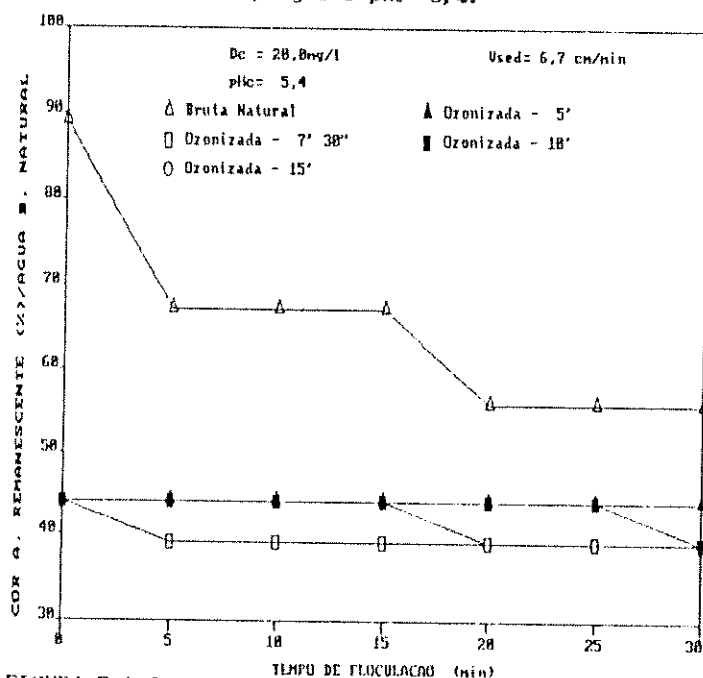


FIGURA E.1.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$.

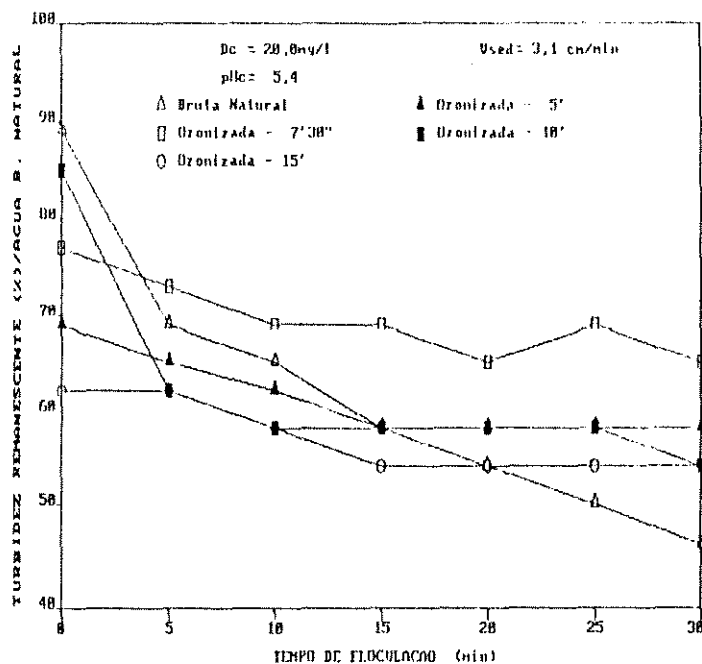


FIGURA E.2.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{se} = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$.

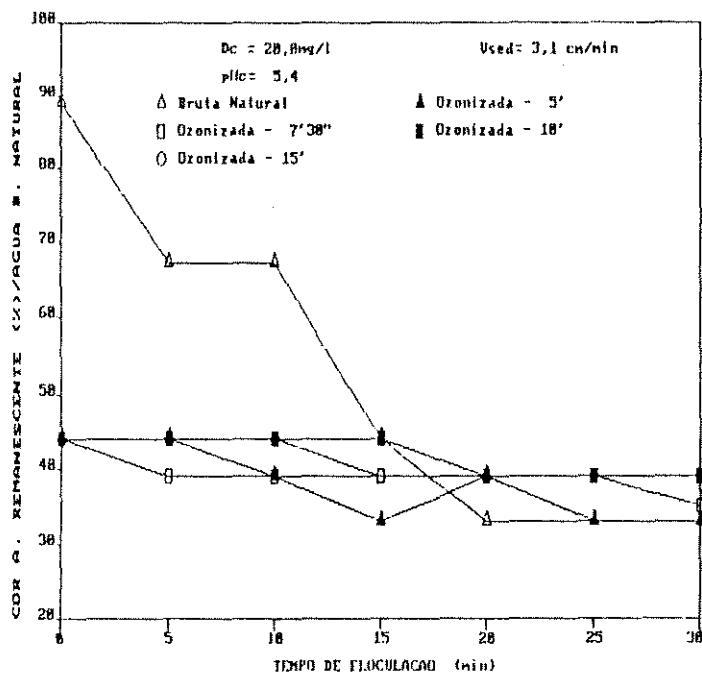


FIGURA E.2.2 - Porcentagem de Cor Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{se} = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$.

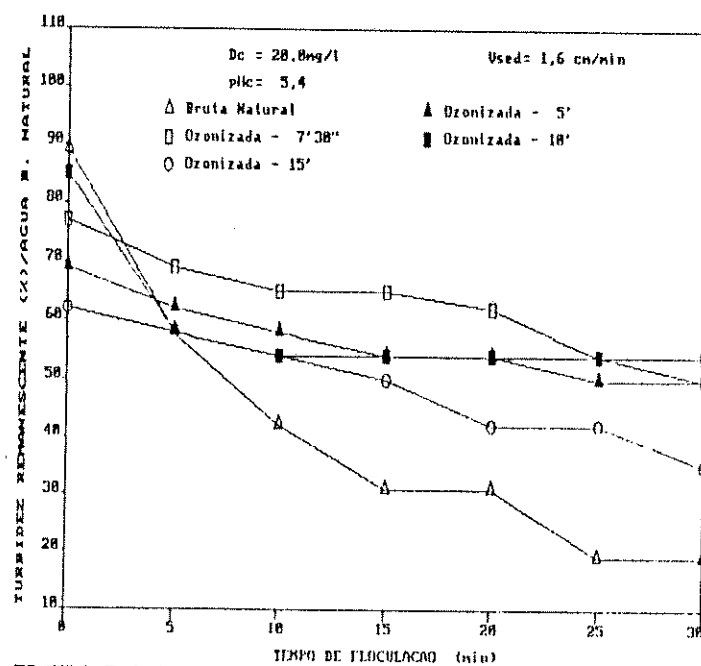


FIGURA E.3.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_0 = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$.

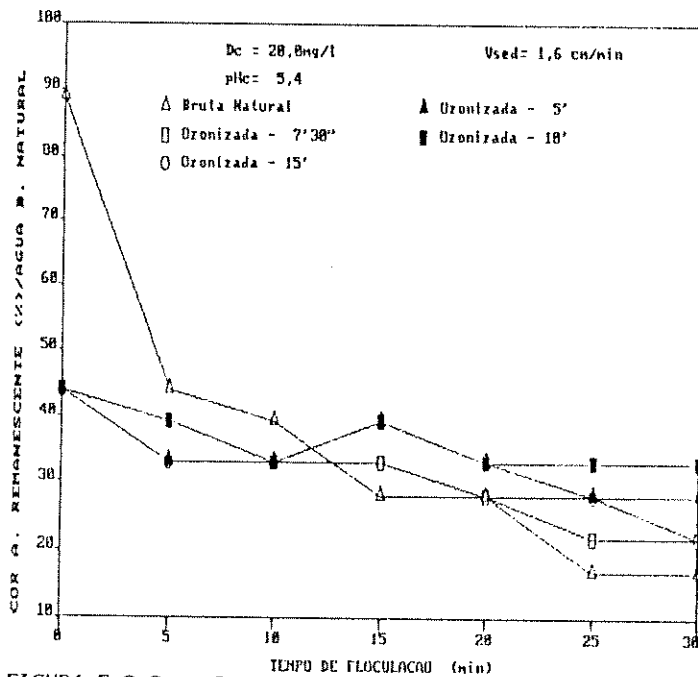


FIGURA E.3.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_0 = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$.

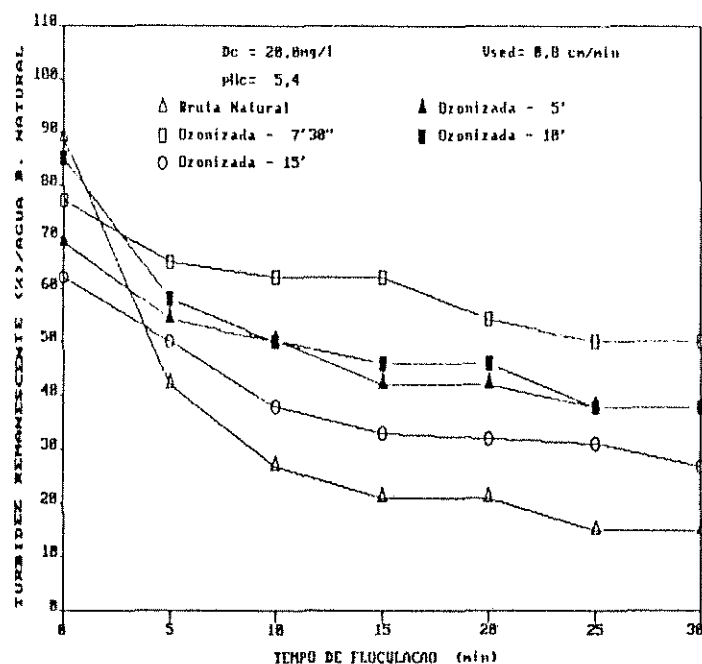


FIGURA E.4.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Flocculação, para $V_{ag} = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $plic = 5,4$.

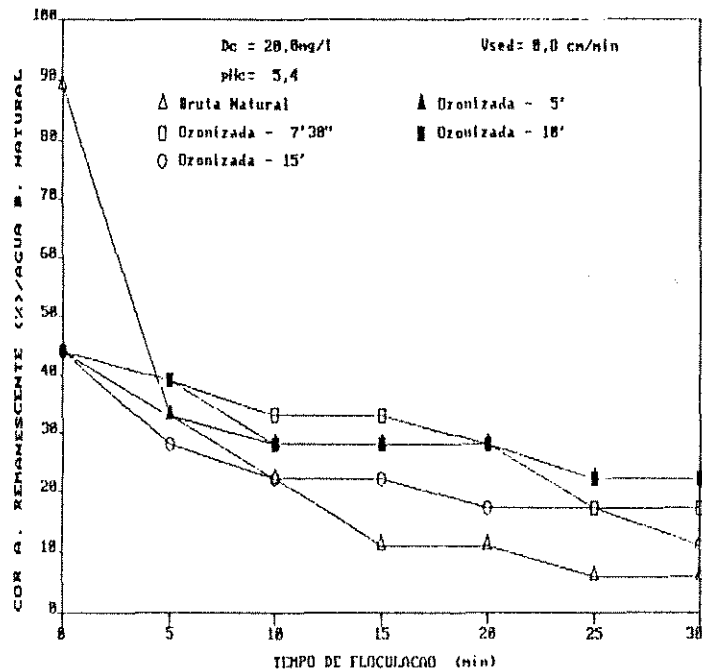


FIGURA E.4.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Flocculação, para $V_{ag} = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 20,0 \text{ mg/l}$ e $plic = 5,4$.

"Valores Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades
de Sedimentação, para $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ "

TABELA E.05 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 6,7 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 02	-	0	21	81	90	100
		5	20	77	70	73
		10	19	73	70	70
		15	19	73	60	67
		20	19	73	60	67
		25	19	73	50	56
		30	18	69	50	56
D. 09	5	0	17	65	40	44
		5	15	58	35	39
		10	15	58	35	39
		15	15	58	35	39
		20	15	58	35	39
		25	15	58	35	39
		30	15	50	35	39
D. 16	7,5	0	21	81	50	56
		5	20	77	50	56
		10	19	73	50	56
		15	19	73	50	56
		20	19	73	50	56
		25	19	73	50	56
		30	19	73	50	56
D. 23	10	0	23	88	40	44
		5	18	69	40	44
		10	17	65	40	44
		15	17	65	40	44
		20	17	65	40	44
		25	16	62	40	44
		30	16	62	40	44
D. 30	15	0	16	62	40	44
		5	16	62	40	44
		10	16	62	40	44
		15	16	62	40	44
		20	15	58	40	44
		25	15	58	35	39
		30	15	58	35	39

TABELA E.06 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 3,1 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 02	-	0	21	81	90	100
		5	18	69	60	67
		10	18	69	60	67
		15	18	69	50	56
		20	17	65	50	56
		25	17	65	50	56
		30	16	62	50	56
D. 09	5	0	17	65	40	44
		5	14	54	30	33
		10	14	54	30	33
		15	13	50	25	28
		20	13	50	25	28
		25	13	50	25	28
		30	13	50	25	28
D. 16	7,5	0	21	81	50	56
		5	18	69	40	44
		10	18	69	40	44
		15	17	65	40	44
		20	17	65	35	39
		25	18	69	35	39
		30	18	69	35	39
D. 23	10	0	23	88	40	44
		5	16	62	40	44
		10	16	62	35	39
		15	15	58	35	39
		20	15	58	35	39
		25	15	58	35	39
		30	14	54	30	33
D. 30	15	0	16	62	40	44
		5	16	62	40	44
		10	15	58	40	44
		15	15	58	35	39
		20	14	54	35	39
		25	14	54	30	33
		30	14	54	30	33

TABELA E.07 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 1,6 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 02	-	0	21	81	50	100
		5	14	54	50	56
		10	13	50	50	56
		15	13	50	50	56
		20	12	46	40	44
		25	12	46	40	44
		30	12	46	40	44
D. 09	5	0	17	65	40	44
		5	12	46	25	28
		10	12	46	25	28
		15	10	38	20	22
		20	10	38	20	22
		25	10	38	20	22
		30	10	38	20	22
D. 16	7,5	0	21	81	50	56
		5	15	58	25	28
		10	14	54	25	28
		15	15	58	35	39
		20	13	50	25	28
		25	12	46	25	28
		30	12	46	25	28
D. 23	10	0	23	88	40	44
		5	15	58	35	39
		10	14	54	30	33
		15	13	50	30	33
		20	13	50	30	33
		25	12	46	25	28
		30	12	46	25	28
D. 30	15	0	16	62	40	44
		5	15	58	35	39
		10	14	54	35	39
		15	13	50	30	33
		20	13	50	25	28
		25	13	50	25	28
		30	12	46	25	28

TABELA E.08 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 22,5 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 0,8 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uB)	(%)
D. 02	-	0	21	81	90	100
		5	11	42	30	33
		10	8,5	33	25	28
		15	7,5	29	25	28
		20	7	27	20	22
		25	6,5	25	20	22
		30	6,5	25	20	22
D. 09	5	0	17	65	40	44
		5	11	42	20	22
		10	8,8	34	15	17
		15	8	31	10	11
		20	6,5	25	10	11
		25	6,5	25	10	11
		30	5,2	20	10	11
D. 16	7,5	0	21	81	50	56
		5	13	50	20	22
		10	10	38	20	22
		15	13	50	25	28
		20	10	38	20	22
		25	10	38	20	22
		30	9,4	36	20	22
D. 23	10	0	23	88	40	44
		5	13	50	25	28
		10	12	46	25	28
		15	10	38	20	22
		20	10	38	15	17
		25	8,5	33	10	11
		30	8	31	10	11
D. 30	15	0	16	62	40	44
		5	14	54	20	22
		10	12	46	25	28
		15	10	38	25	28
		20	10	38	20	22
		25	8,5	33	15	17
		30	8,5	33	15	17

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação e
das Velocidades de Sedimentação, para as Condições
Especificadas, para $D_c = 22,5\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$ "

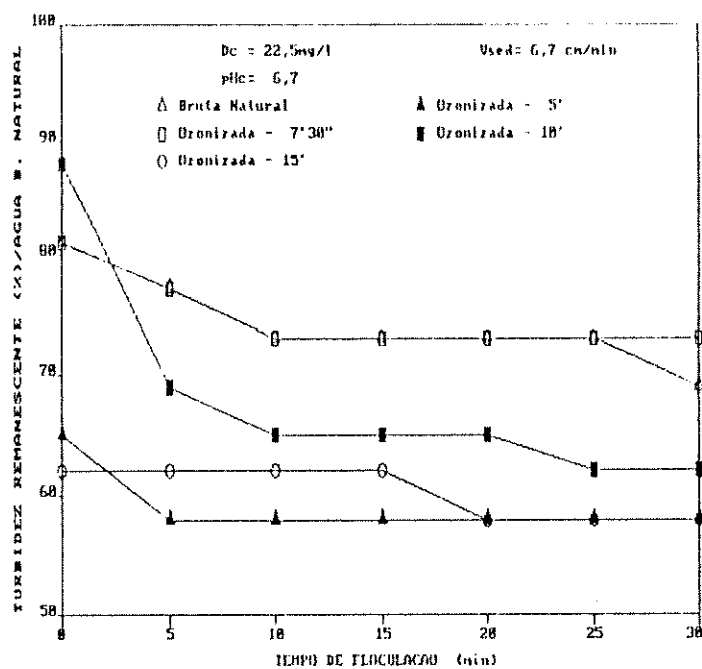


FIGURA E.5.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{\text{sed}} = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 6,7$.

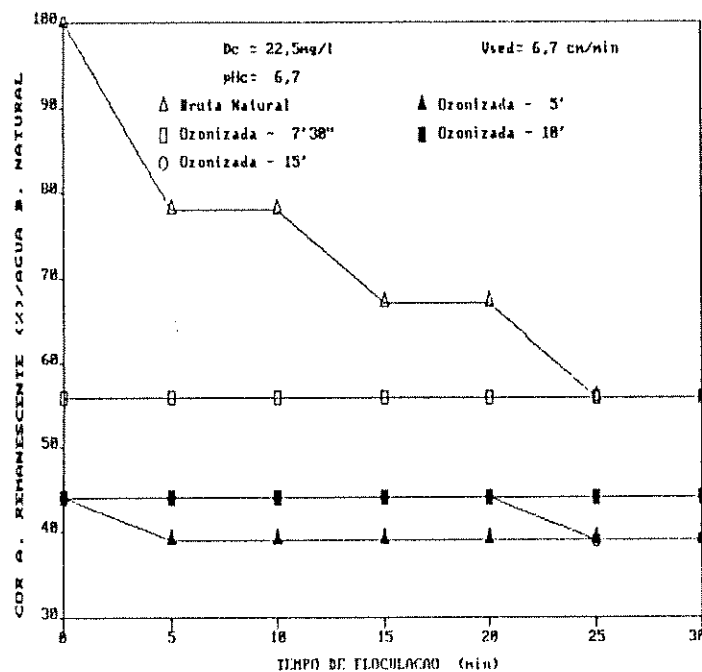


FIGURA E.5.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{\text{sed}} = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 6,7$.

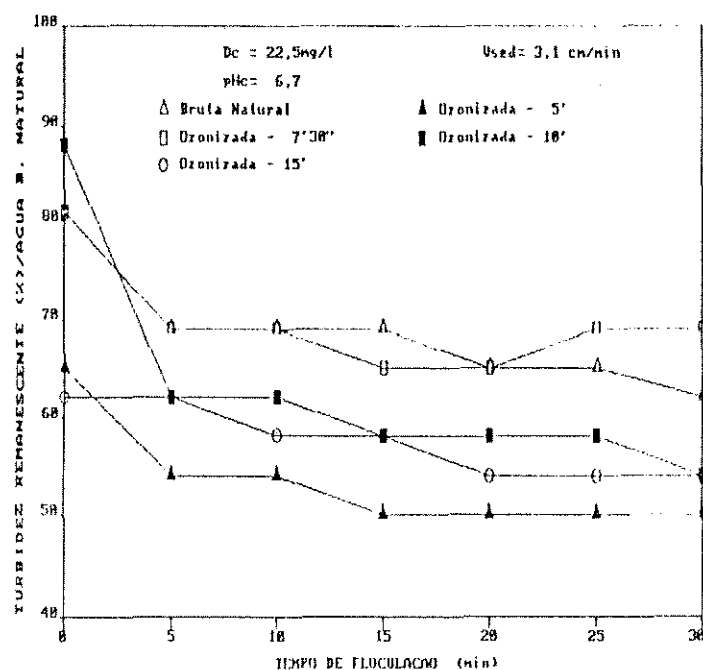


FIGURA E. 6.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_c = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$.

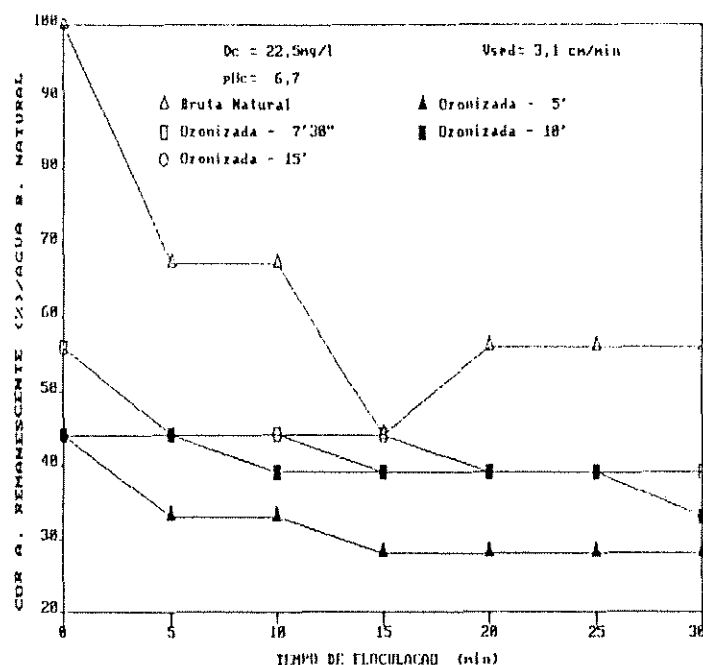


FIGURA E. 6.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_c = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $\text{pH}_c = 6,7$.

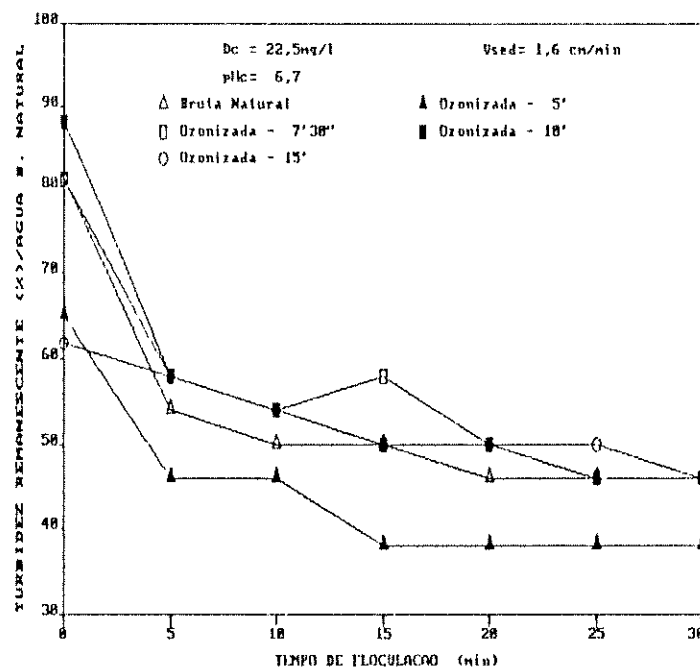


FIGURA E.7.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 6,7$.

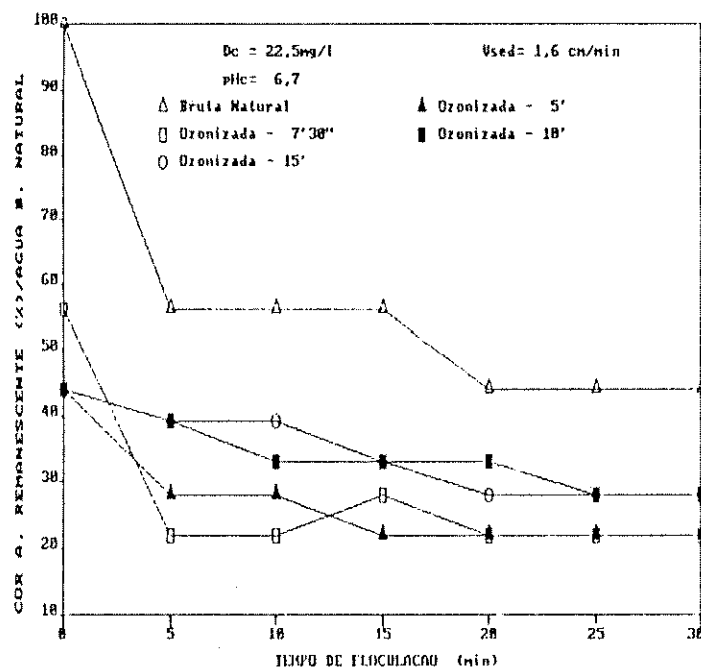


FIGURA E.7.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 6,7$.

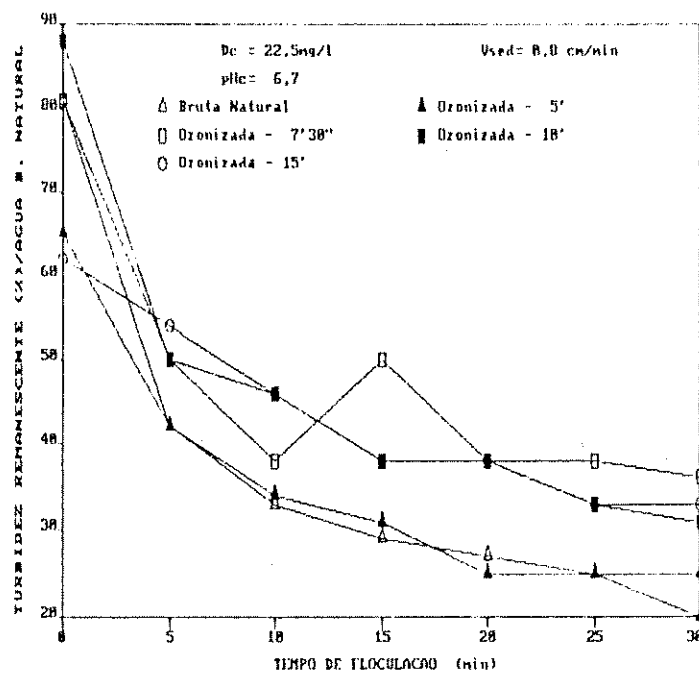


FIGURA E.8.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_a = 0,0 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $plic = 6,7$.

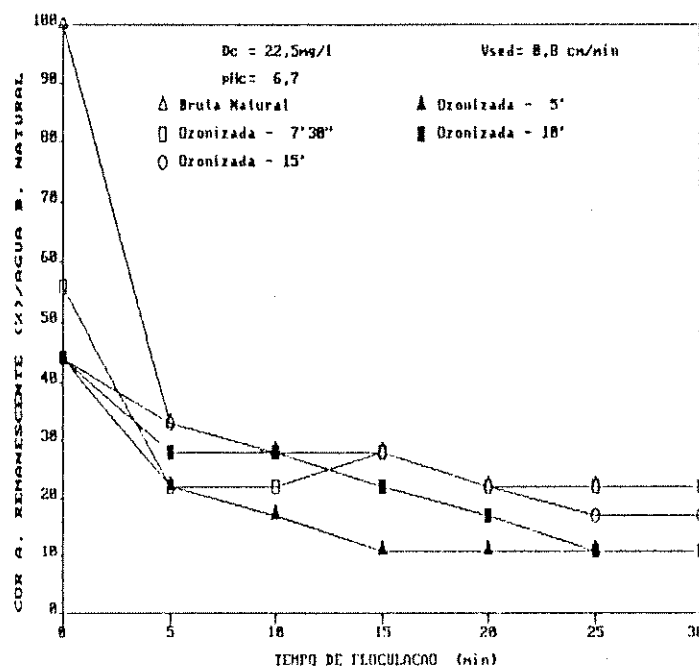


FIGURA E.8.2 - Porcentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_a = 0,0 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 22,5 \text{ mg/l}$ e $plic = 6,7$.

"Valores Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades
de Sedimentação, para $D_c = 35\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ "

TABELA E-89 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 35,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 6,7 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 03	-	0	24	72	90	100
		5	20	77	90	100
		10	20	77	90	100
		15	20	77	90	100
		20	20	77	90	100
		25	19	73	90	100
		30	19	73	60	89
D. 10	5	0	18	69	40	44
		5	15	58	40	44
		10	15	58	40	44
		15	15	58	40	44
		20	15	58	40	44
		25	14	54	40	44
		30	14	54	40	44
D. 17	7,5	0	23	88	40	44
		5	20	77	40	44
		10	20	77	35	39
		15	20	77	35	39
		20	20	77	35	39
		25	20	77	35	39
		30	20	77	35	39
D. 24	10	0	26	100	40	44
		5	19	73	40	44
		10	19	73	40	44
		15	18	69	40	44
		20	18	69	40	44
		25	17	65	40	44
		30	17	65	40	44
D. 31	15	0	19	73	50	56
		5	19	73	50	56
		10	19	73	50	56
		15	18	69	50	56
		20	18	69	50	56
		25	18	69	50	56
		30	18	69	50	56

TABELA E.10 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE TUR. APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 35,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 3,1 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		TUR. APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(ut)	(%)
D. 03	-	0	24	72	90	100
		5	19	73	70	79
		10	19	73	70	78
		15	18	69	70	78
		20	18	69	70	78
		25	18	69	70	78
		30	18	69	70	78
D. 10	5	0	18	63	40	44
		5	14	54	35	39
		10	14	54	35	39
		15	13	50	35	39
		20	13	50	35	39
		25	13	50	35	39
		30	13	50	35	39
D. 17	7,5	0	23	88	40	44
		5	19	73	35	39
		10	19	73	35	39
		15	18	69	25	28
		20	19	73	25	28
		25	19	73	25	28
		30	17	65	25	28
D. 24	10	0	26	100	40	44
		5	17	65	40	44
		10	16	62	35	39
		15	16	62	35	39
		20	17	65	35	39
		25	16	62	35	39
		30	16	62	35	39
D. 31	15	0	19	73	50	56
		5	18	63	50	56
		10	17	65	40	44
		15	15	58	40	44
		20	17	65	40	44
		25	15	58	40	44
		30	14	54	40	44

TABELA E.11 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 35,8 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 1,6 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 03	-	0	24	92	90	100
		5	15	58	60	67
		10	15	58	60	67
		15	15	58	60	67
		20	14	54	60	67
		25	14	54	50	56
		30	13	50	50	56
D. 10	5	0	18	69	40	44
		5	13	50	30	33
		10	12	46	30	33
		15	11	42	25	28
		20	11	42	25	28
		25	11	42	25	28
		30	11	42	25	28
D. 17	7,5	0	23	88	40	44
		5	15	58	25	28
		10	14	54	25	28
		15	14	54	20	22
		20	16	62	20	22
		25	15	58	20	22
		30	14	54	20	22
D. 24	10	0	26	100	40	44
		5	15	58	35	39
		10	15	58	30	33
		15	13	50	30	33
		20	12	46	25	28
		25	12	46	25	28
		30	12	46	25	28
D. 31	15	0	19	73	50	56
		5	14	54	35	39
		10	14	54	35	39
		15	13	50	35	39
		20	14	54	35	39
		25	14	54	35	39
		30	13	50	35	39

TABELA E.12 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 35,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 0,8 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 03	-	0	24	92	90	100
		5	12	46	40	44
		10	11	42	40	44
		15	11	42	40	44
		20	11	42	35	39
		25	10	38	30	33
		30	10	38	30	33
D. 10	5	0	18	69	40	44
		5	10	38	20	22
		10	8,5	33	20	22
		15	8	31	15	17
		20	8	31	10	11
		25	7,5	29	10	11
		30	7,5	29	10	11
D. 17	7,5	0	23	88	40	44
		5	13	50	15	17
		10	10	38	15	17
		15	9,5	37	15	17
		20	11	42	15	17
		25	11	42	15	17
		30	11	42	15	17
D. 24	10	0	26	100	40	44
		5	10	38	25	28
		10	10	38	25	28
		15	9,5	37	15	17
		20	8	31	10	11
		25	7,5	29	10	11
		30	7	27	10	11
D. 31	15	0	13	73	50	56
		5	10	38	25	28
		10	9,5	37	20	22
		15	8	31	15	17
		20	9,4	36	15	17
		25	9	35	15	17
		30	7	27	10	11

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação e
das Velocidades de Sedimentação, para as Condições
Especificadas, para $D_c = 35\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,1$ "

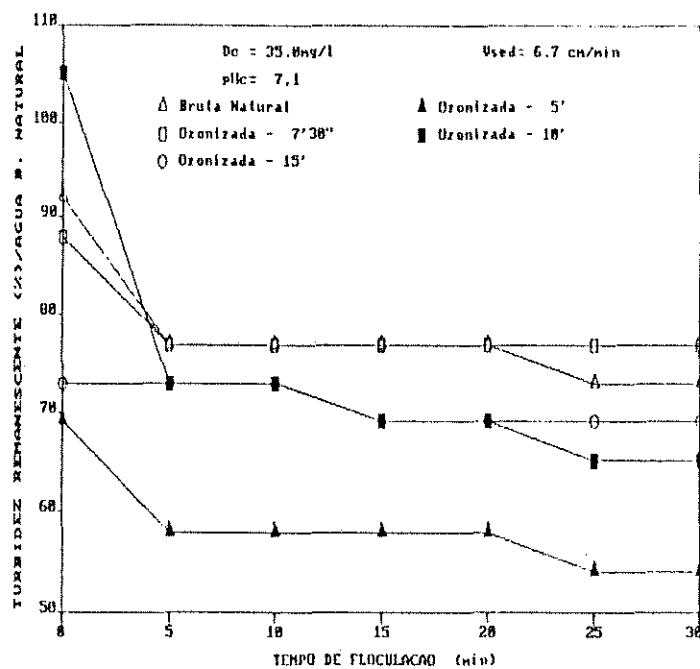


FIGURA E.9.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_0 = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,1$.

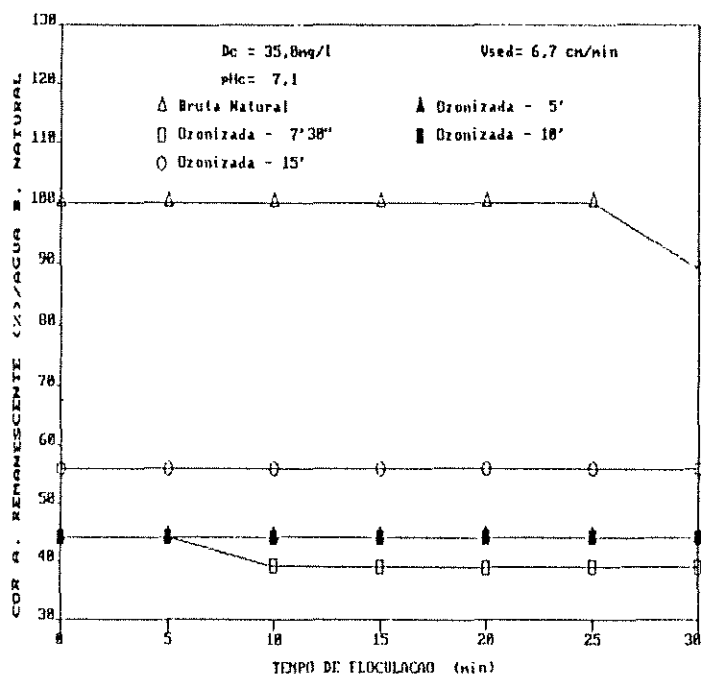


FIGURA E.9.2 - Porcentagem de Cor Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_0 = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,1$.

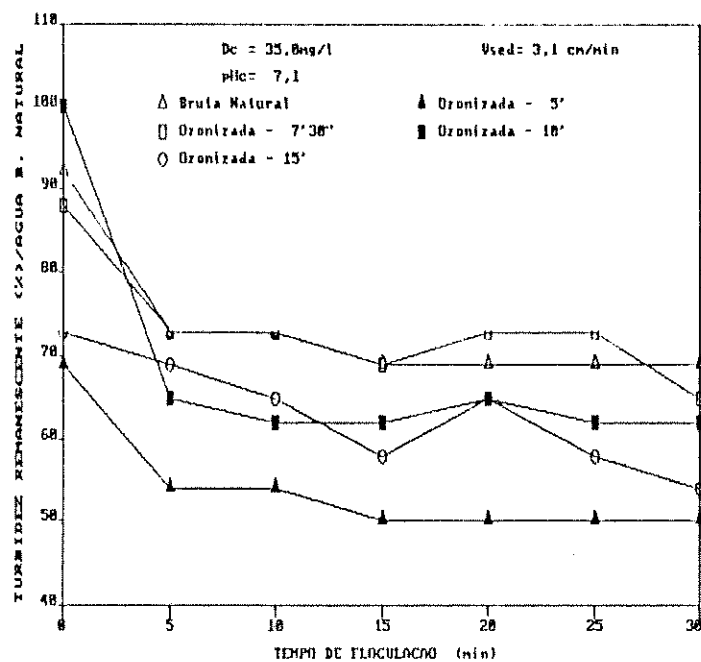


FIGURA E.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{se} = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$.

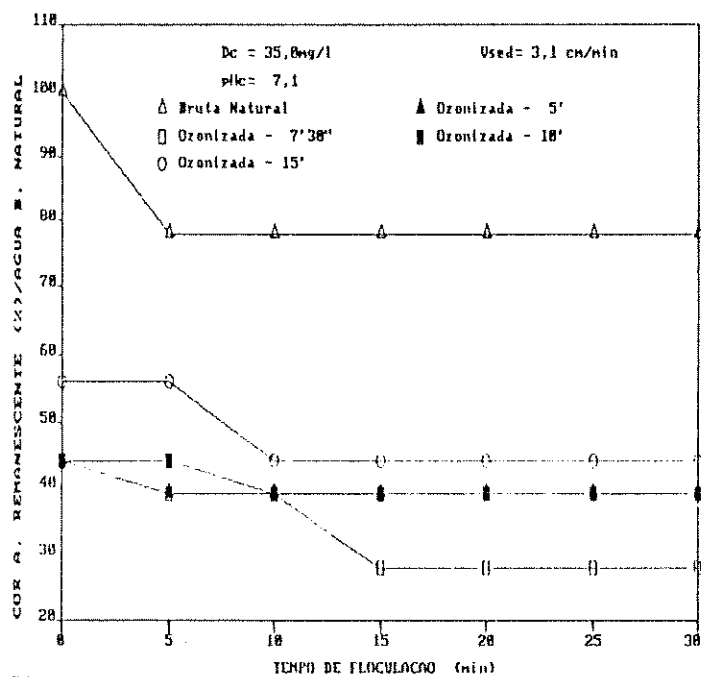


FIGURA E.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{se} = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$.

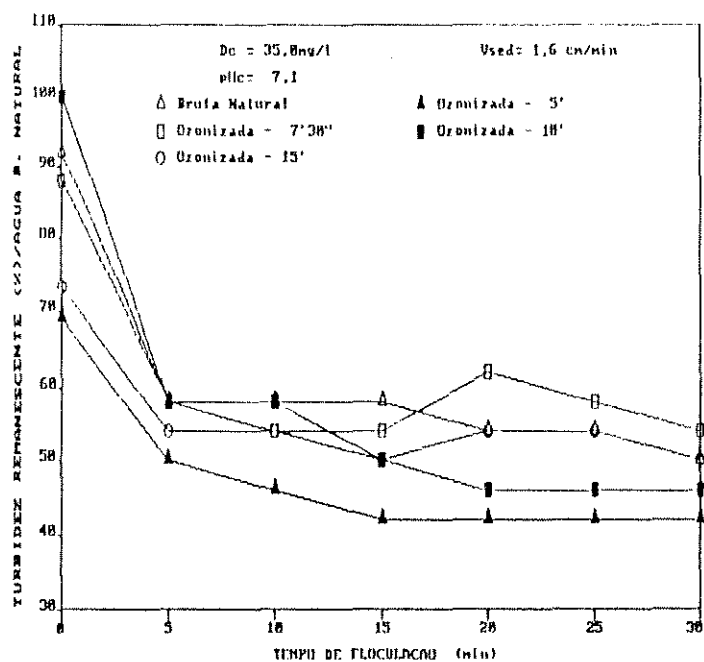


FIGURA E.11.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$.

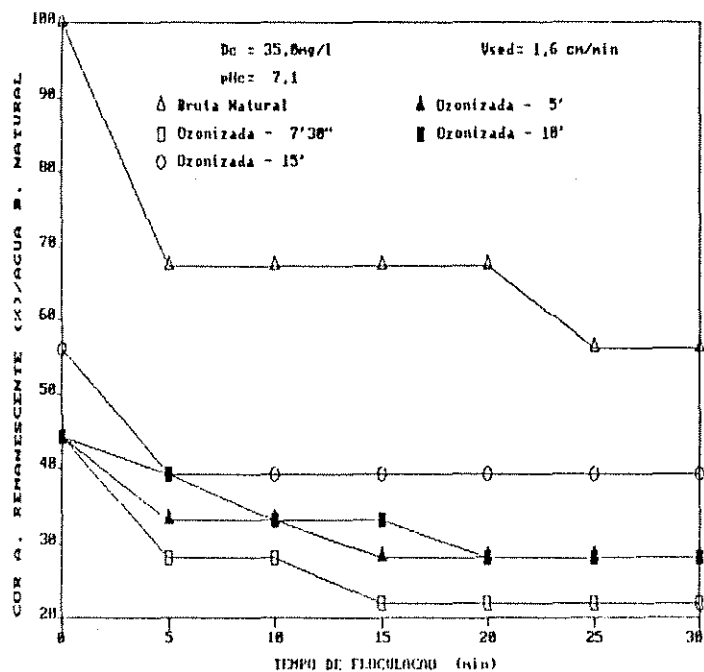


FIGURA E.11.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,1$.

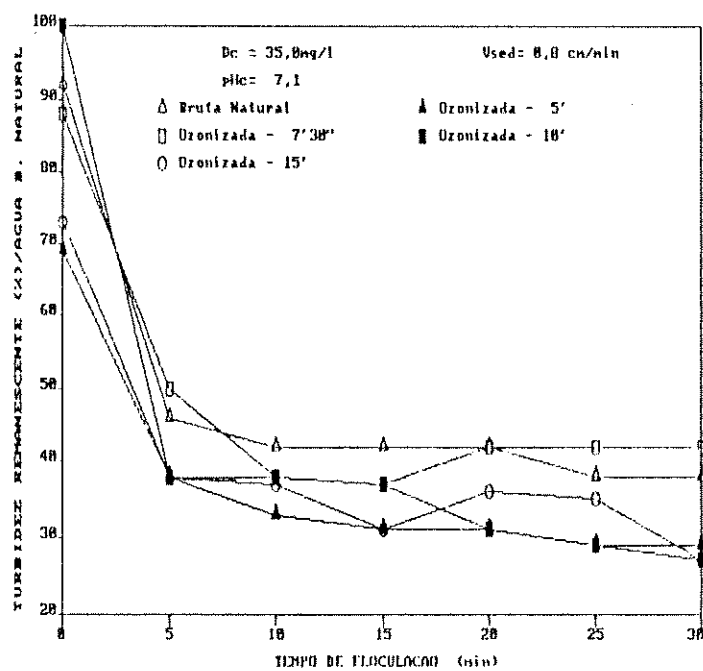


FIGURA E.12.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_a = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $plc = 7,1$.

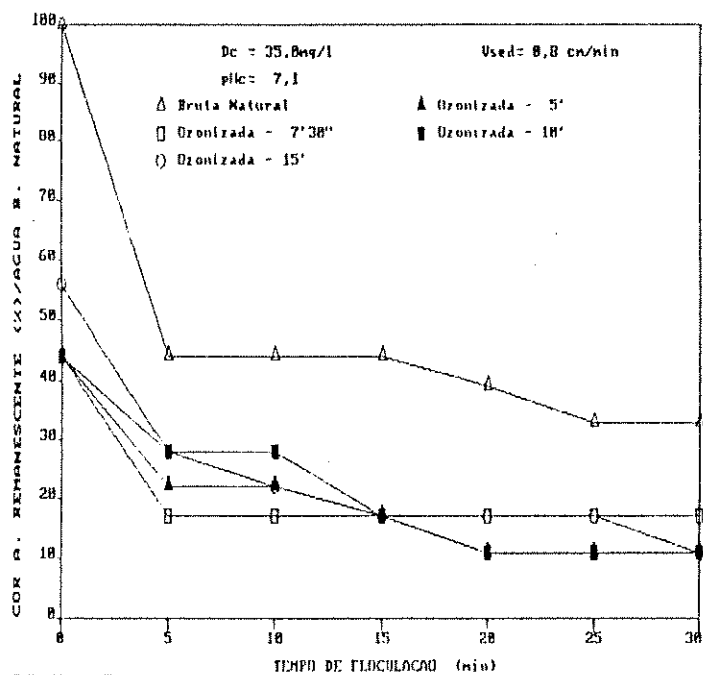


FIGURA E.12.2 - Porcentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_a = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 35,0 \text{ mg/l}$ e $plc = 7,1$.

"Valores Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades
de Sedimentação, para $D_c = 45\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ "

TABELA E.13 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 6,7 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			CUU	(%)	CUU	(%)
D. 04	-	0	23	88	50	100
		5	21	81	50	100
		10	21	81	50	100
		15	21	81	50	100
		20	21	81	50	100
		25	20	77	40	100
		30	20	77	40	100
		30	20	77	40	100
D. 11	5	0	21	81	50	56
		5	21	81	50	56
		10	21	81	50	56
		15	20	77	50	56
		20	20	77	50	56
		25	20	77	50	56
		30	20	77	50	56
		30	20	77	50	56
D. 18	7,5	0	21	81	50	56
		5	20	77	50	56
		10	20	77	40	44
		15	20	77	40	44
		20	20	77	40	44
		25	20	77	35	39
		30	17	73	35	39
		30	17	73	35	39
D. 25	10	0	24	92	40	44
		5	18	69	40	44
		10	18	69	40	44
		15	18	69	40	44
		20	18	69	40	44
		25	17	65	40	44
		30	17	65	40	44
		30	17	65	40	44
D. 32	15	0	23	88	50	56
		5	21	81	50	56
		10	21	81	40	44
		15	21	81	40	44
		20	21	81	40	44
		25	21	81	40	44
		30	20	77	40	44
		30	20	77	40	44

TABELA E.14 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 3,1 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(u.t.)	(%)	(u.t.)	(%)
D. 04	-	0	23	83	40	100
		5	20	77	38	89
		10	20	77	38	89
		15	19	73	38	89
		20	19	73	38	89
		25	19	73	38	89
		30	18	69	38	89
		35	18	69	38	89
D. 11	5	0	21	81	50	56
		5	20	77	40	44
		10	20	77	40	44
		15	18	69	40	44
		20	18	69	40	44
		25	17	73	40	44
		30	13	67	40	44
		35	13	67	40	44
D. 18	7,5	0	21	81	50	56
		5	19	73	35	40
		10	19	73	35	40
		15	19	73	35	40
		20	19	73	35	40
		25	19	73	35	40
		30	19	73	38	44
		35	19	73	38	44
D. 25	10	0	24	82	40	44
		5	18	69	40	44
		10	17	65	40	44
		15	17	65	40	44
		20	17	65	40	44
		25	16	62	40	44
		30	16	62	40	44
		35	16	62	40	44
D. 32	15	0	23	88	50	56
		5	20	77	40	44
		10	19	73	40	44
		15	19	73	35	39
		20	19	73	35	39
		25	19	73	35	39
		30	18	69	38	44
		35	18	69	38	44

TABELA E.15 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA URBIA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 1,6 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 04	-	0	23	88	20	100
		5	16	62	40	44
		10	16	62	35	39
		15	16	62	35	39
		20	16	62	35	39
		25	15	58	35	39
		30	15	58	35	39
D. 11	5	0	21	81	50	56
		5	18	69	35	39
		10	18	69	35	39
		15	17	65	35	39
		20	16	62	35	39
		25	18	69	35	39
		30	18	69	35	39
D. 18	7,5	0	21	81	50	56
		5	19	73	30	33
		10	18	69	30	33
		15	18	69	30	33
		20	18	69	30	33
		25	18	69	20	22
		30	18	69	20	22
D. 25	10	0	24	92	40	44
		5	16	62	30	33
		10	16	62	30	33
		15	16	62	30	33
		20	16	62	30	33
		25	14	54	30	33
		30	14	54	30	33
D. 32	15	0	23	88	50	56
		5	16	62	30	33
		10	14	54	25	28
		15	14	54	25	28
		20	14	54	25	28
		25	14	54	25	28
		30	12	46	20	22

TABELA E.16 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE TURBIDIDADE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 45,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 0,8 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLUTUAÇÃO (min)	TURBID. Z REMANESCENTE		TURB. APARENTE REMANESCENTE	
			CUU	(%)	CUU	(%)
D. 04	-	0	23	88	90	100
		5	15	58	35	39
		10	11	42	30	33
		15	11	42	30	33
		20	11	42	30	33
		25	11	42	30	33
		30	11	42	30	33
D. 11	5	0	21	81	50	56
		5	14	54	30	33
		10	13	50	30	33
		15	13	50	30	33
		20	13	50	30	33
		25	13	50	30	33
		30	13	50	30	33
D. 18	7,5	0	21	81	50	56
		5	16	62	20	22
		10	14	54	20	22
		15	14	54	20	22
		20	14	54	20	22
		25	14	54	15	17
		30	14	54	15	17
D. 25	10	0	24	92	40	44
		5	14	54	25	28
		10	13	50	25	28
		15	12	46	25	28
		20	12	46	25	28
		25	11	42	25	28
		30	11	42	25	28
D. 32	15	0	23	88	50	56
		5	11	42	15	17
		10	11	42	15	17
		15	10,5	38	10	11
		20	9,9	38	10	11
		25	10	38	10	11
		30	8,5	33	10	11

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação e
das Velocidades de Sedimentação, para as Condições
Especificadas, para $D_c = 45\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 5,4$ "

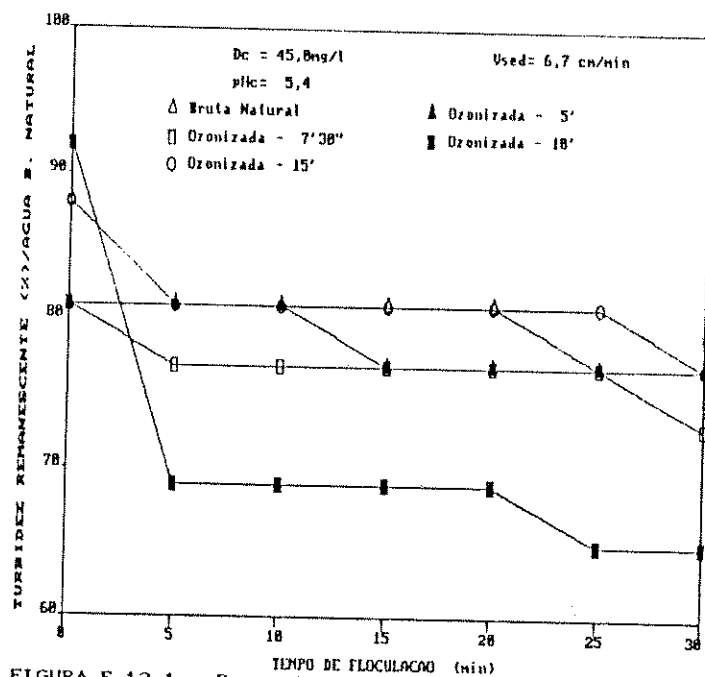


FIGURA E.13.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,8 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$.

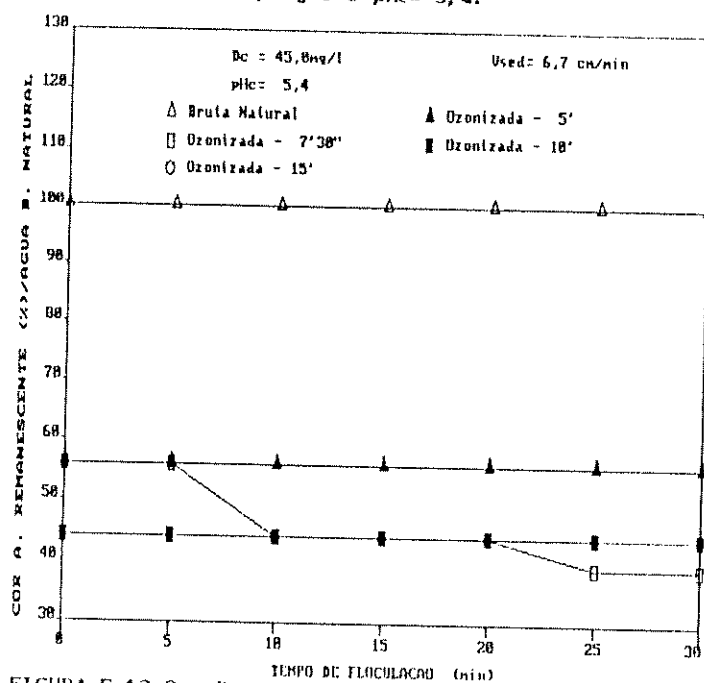


FIGURA E.13.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 45,8 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 5,4$.

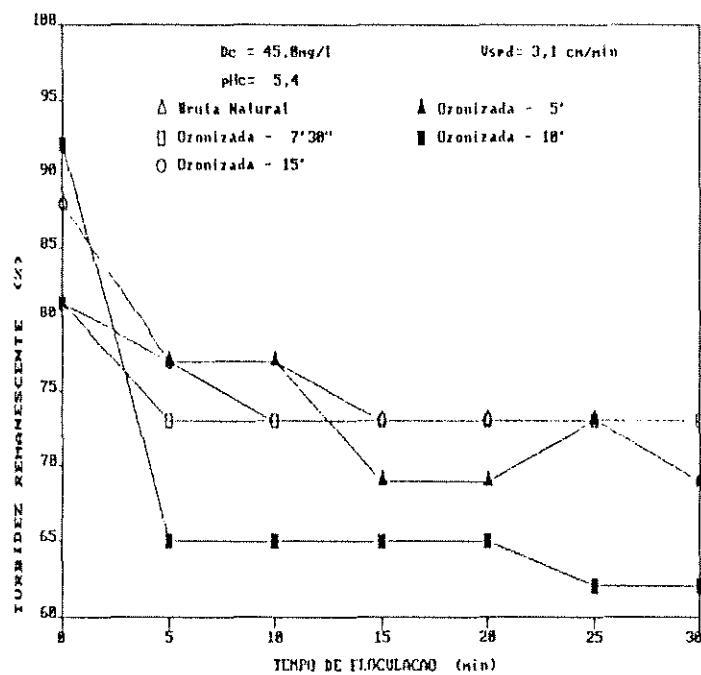


FIGURA E.14.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{\text{sed}} = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_o = 45,8 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$.

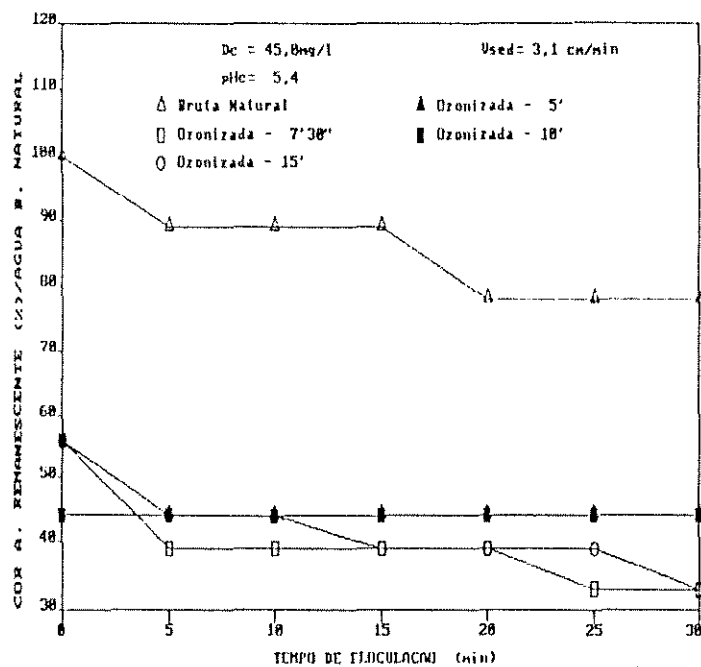


FIGURA E.14.2 - Porcentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{\text{sed}} = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_o = 45,8 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$.

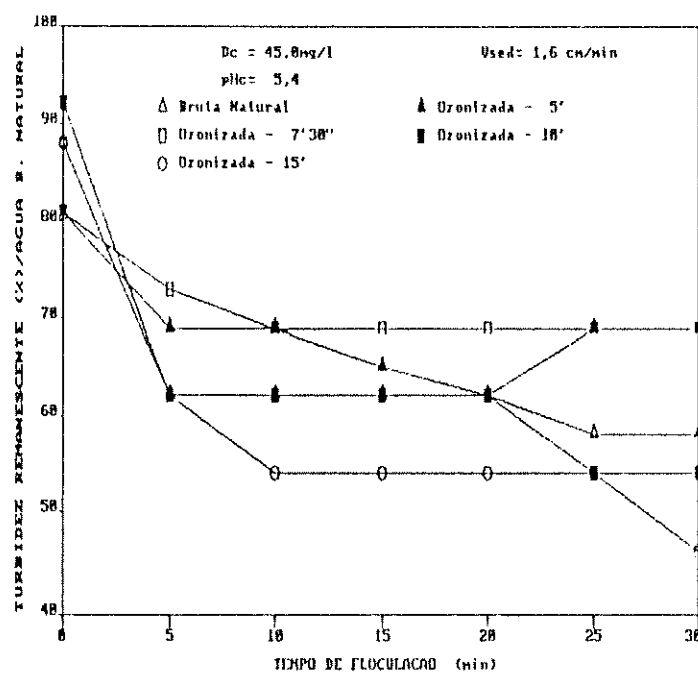


FIGURA E.15.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{\text{sed}} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_0 = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$.

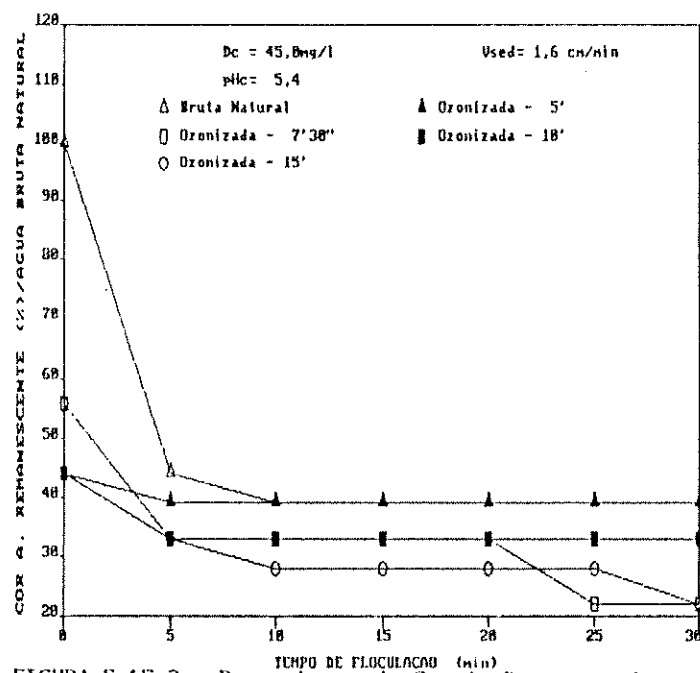


FIGURA E.15.2 - Porcentagem de Cor Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{\text{sed}} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_0 = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$.

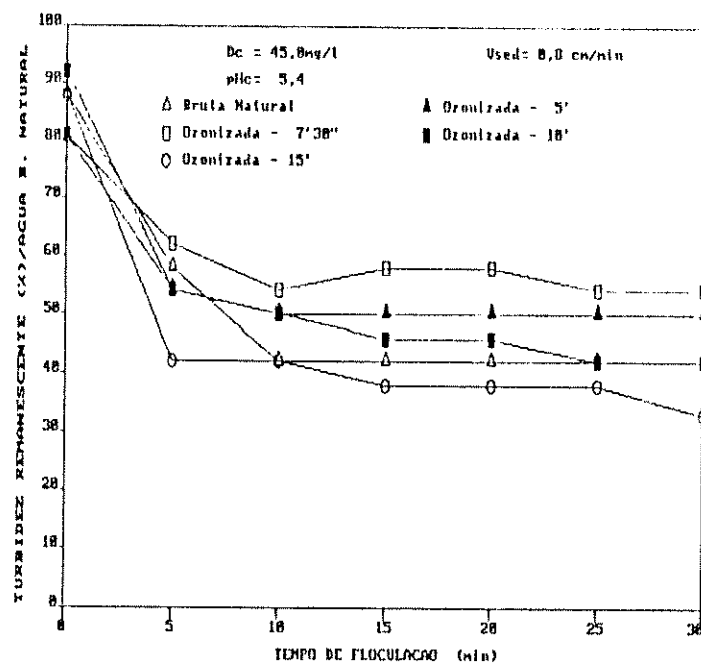


FIGURA E.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{se} = 0,0 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_o = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$.

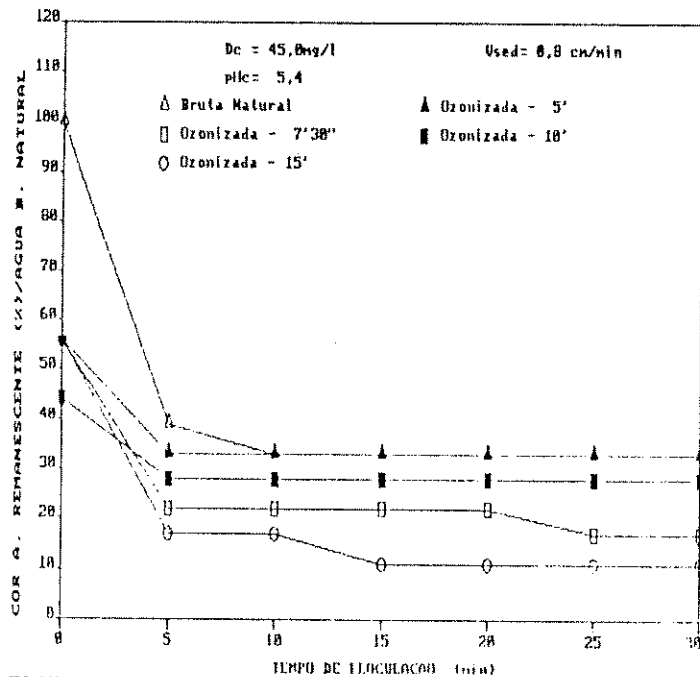


FIGURA E.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{se} = 0,0 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_o = 45,0 \text{ mg/l}$ e $\text{pH} = 5,4$.

"Valores Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades
de Sedimentação, para $D_c = 60\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ "

TABELA E.17 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 60,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 6,7 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(ut)	(%)
D. 05	-	0	24	92	70	100
		5	20	77	90	100
		10	20	77	90	100
		15	19	73	80	89
		20	19	73	80	89
		25	19	73	80	89
		30	18	69	80	89
D. 12	5	0	18	69	40	44
		5	15	58	40	44
		10	15	58	40	44
		15	14	54	40	44
		20	14	54	40	44
		25	14	54	40	44
		30	14	54	40	44
D. 19	7,5	0	24	92	50	56
		5	21	81	50	56
		10	21	81	50	56
		15	21	81	50	56
		20	21	81	50	56
		25	21	81	50	56
		30	21	81	50	56
D. 26	10	0	24	92	40	44
		5	23	88	40	44
		10	23	88	40	44
		15	23	88	40	44
		20	23	88	40	44
		25	23	88	40	44
		30	22	85	40	44
D. 33	15	0	24	92	70	78
		5	24	92	70	78
		10	24	92	70	78
		15	24	92	70	78
		20	23	88	70	78
		25	23	88	70	78
		30	23	88	70	78

TABELA E.18 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 60,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 3,1 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 05	-	0	24	92	90	100
		5	17	65	70	78
		10	17	65	70	78
		15	16	62	70	78
		20	16	62	70	78
		25	16	62	70	78
		30	15	58	60	67
		0	18	69	40	44
D. 12	5	5	14	54	40	44
		10	14	54	35	39
		15	13	50	30	33
		20	13	50	30	33
		25	12	46	30	33
		30	12	46	30	33
		0	24	92	50	56
		5	21	81	50	56
D. 19	7,5	10	21	81	50	56
		15	21	81	50	56
		20	20	77	50	56
		25	20	77	50	56
		30	20	77	50	56
		0	24	92	40	44
		5	21	81	35	39
		10	20	77	35	39
D. 26	10	15	19	73	35	39
		20	19	73	35	39
		25	19	73	35	39
		30	19	73	35	39
		0	24	92	70	78
		5	21	81	70	78
		10	22	85	70	78
		15	21	81	70	78
D. 33	15	20	22	85	70	78
		25	22	85	70	78
		30	21	81	70	78

TABELA E.19 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 60,8 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 1,6 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(ut)	(%)
D. 05	-	0	24	92	70	100
		5	11	42	40	44
		10	11	42	40	44
		15	11	42	40	44
		20	10	38	35	37
		25	10	38	30	32
		30	10	38	30	33
D. 12	5	0	18	69	40	44
		5	10	38	25	28
		10	10	38	20	22
		15	10	38	20	21
		20	10	38	20	21
		25	10	38	20	22
		30	10	38	20	22
D. 19	7,5	0	24	92	50	56
		5	20	77	35	39
		10	20	77	35	39
		15	20	77	35	39
		20	18	69	35	39
		25	17	65	35	39
		30	17	65	35	39
D. 26	10	0	24	92	40	44
		5	13	50	30	33
		10	12	46	30	33
		15	12	46	30	33
		20	12	46	30	33
		25	12	46	25	28
		30	12	46	25	28
D. 33	15	0	24	92	70	78
		5	19	73	60	67
		10	18	69	60	67
		15	14	54	50	56
		20	14	54	50	56
		25	14	54	35	39
		30	14	54	35	39

TABELA E.28 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 60,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 0,8 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 05	-	0	24	92	30	100
		5	5,5	21	20	22
		10	5,3	20	20	22
		15	5,3	20	20	22
		20	4	15	15	17
		25	4	15	15	17
		30	3,8	15	15	17
		35	3,8	15	15	17
D. 12	5	0	18	69	40	44
		5	5,5	21	10	11
		10	5	19	5	6
		15	5	19	5	6
		20	5	19	5	6
		25	5	19	5	6
		30	5	19	5	6
		35	5	19	5	6
D. 19	7,5	0	24	92	50	50
		5	16	62	25	25
		10	16	62	25	25
		15	16	62	25	25
		20	15	58	25	25
		25	15	58	25	25
		30	15	58	25	25
		35	15	58	25	25
D. 26	10	0	24	92	40	44
		5	8,3	32	15	17
		10	8	31	10	11
		15	8	31	10	11
		20	8	31	10	11
		25	7	27	10	11
		30	6,3	26	10	11
		35	6,3	26	10	11
D. 33	15	0	24	92	30	33
		5	11	42	30	33
		10	11	42	30	33
		15	10	38	25	28
		20	10	38	25	28
		25	10	38	25	28
		30	9	35	25	28
		35	9	35	25	28

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Floculação e
das Velocidades de Sedimentação, para as Condições
Especificadas, para $D_c = 60\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 7,5$ "

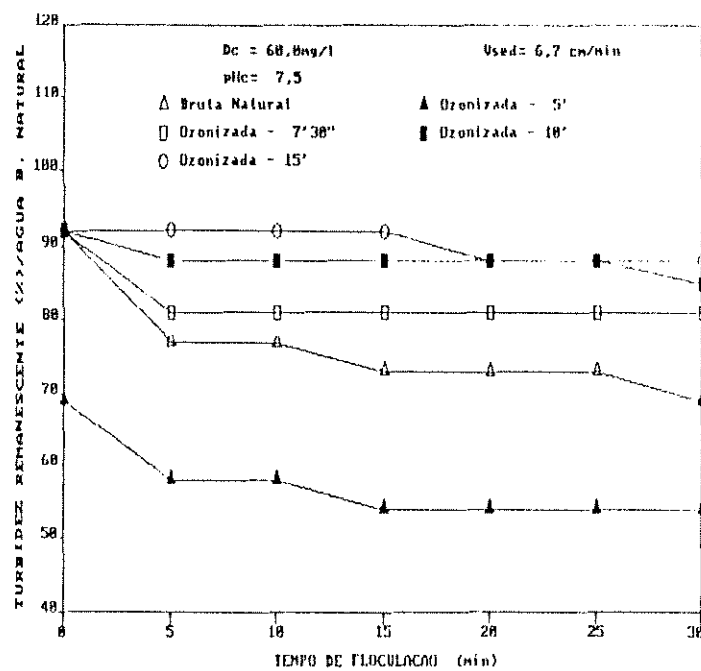


FIGURA E.17.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sd} = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,5$.

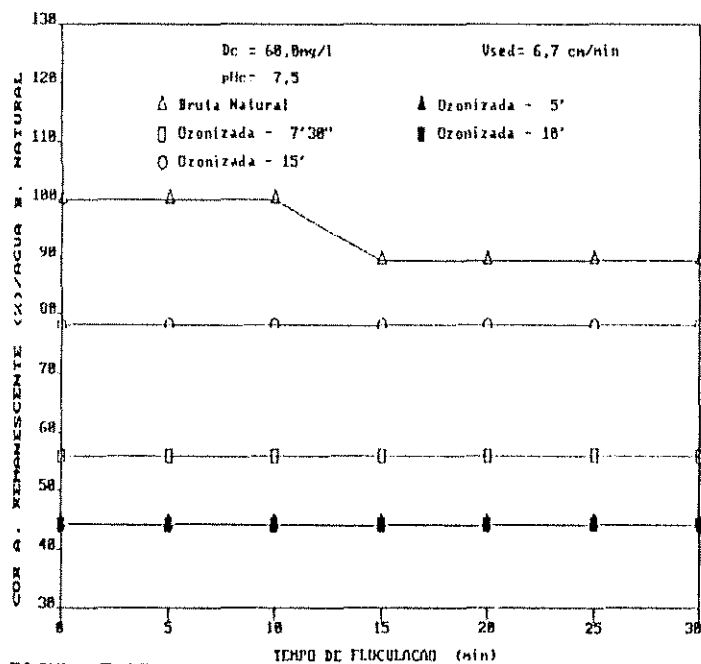


FIGURA E.17.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sd} = 6,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,5$.

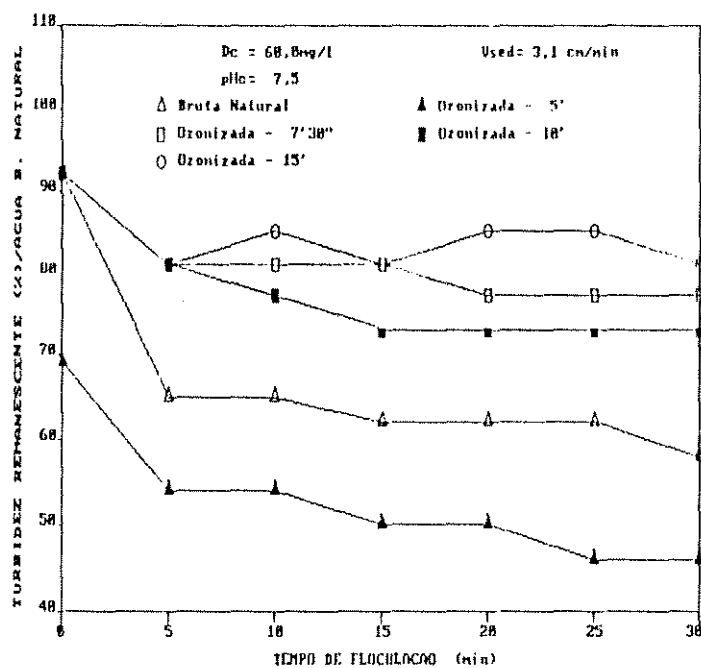


FIGURA E.10.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_u = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,5$.

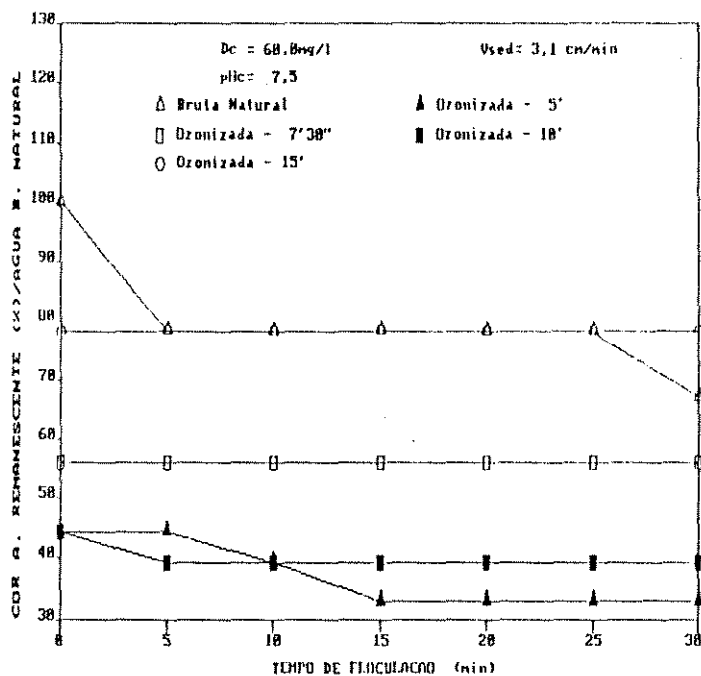


FIGURA E.10.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_u = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 7,5$.

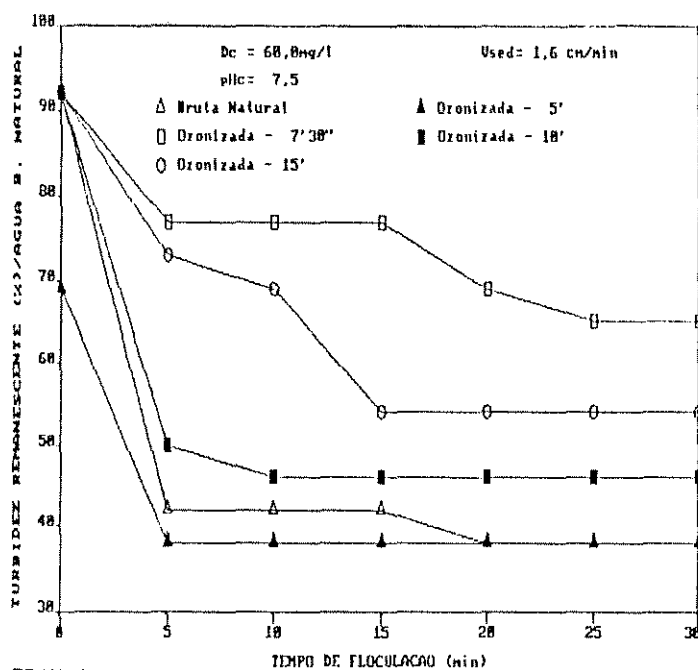


FIGURA E.19.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,8 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,5$.

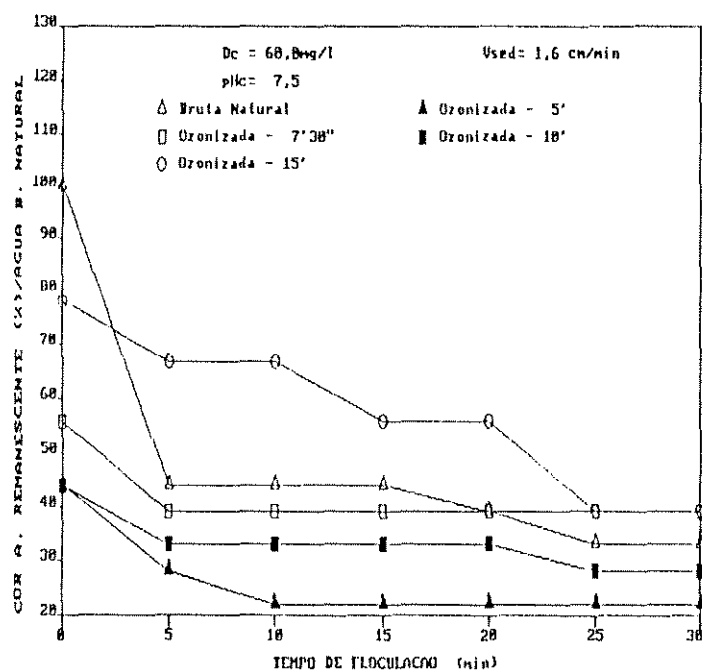


FIGURA E.19.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,8 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,5$.

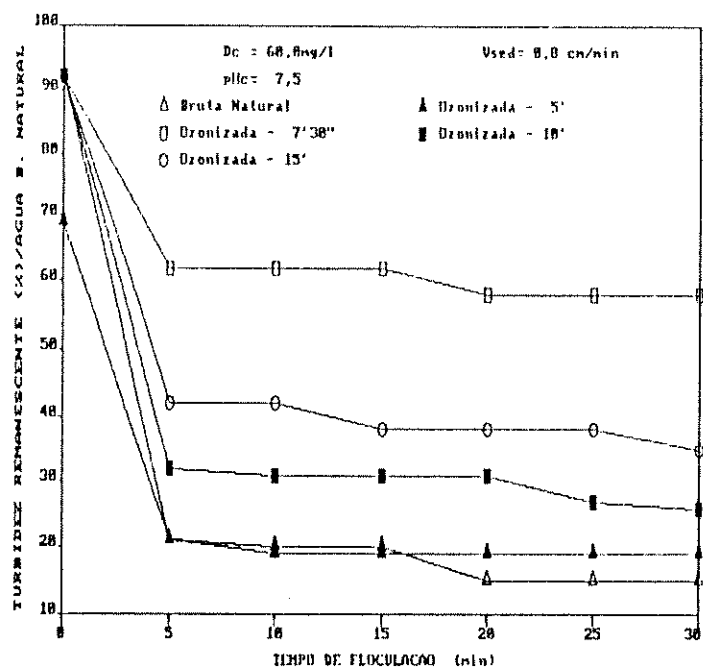


FIGURA E.20.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,5$.

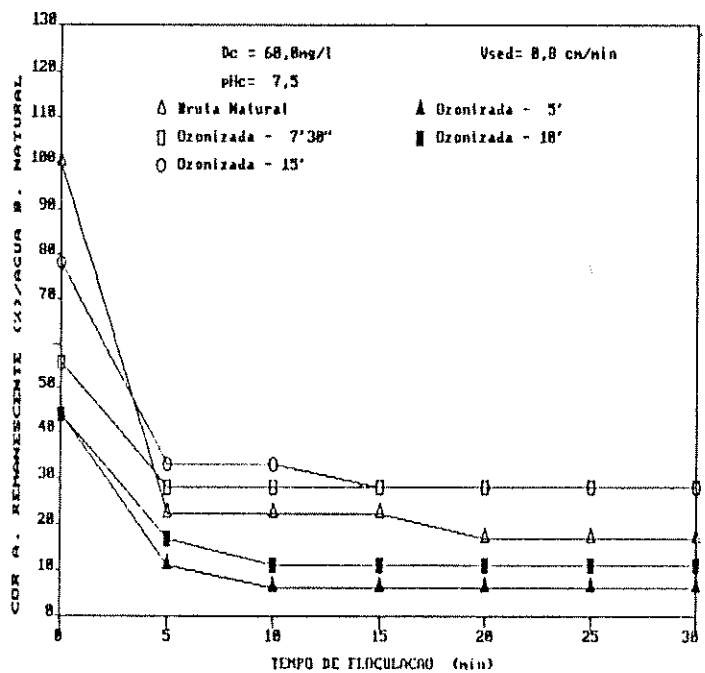


FIGURA E.20.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 60,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 7,5$.

"Valores Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em Função do Tempo de Floculação, e das Velocidades
de Sedimentação, para $D_c = 70\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ "

TABELA E.21 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 78,4 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 6,7 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(u.t.)	(%)	(u.t.)	(%)
D. 06	-	0	21	81	70	78
		5	17	65	50	56
		10	15	58	50	56
		15	15	58	50	56
		20	15	58	40	44
		25	14	54	40	44
		30	14	54	40	44
D. 13	5	0	22	85	50	56
		5	17	65	50	56
		10	17	65	50	56
		15	17	65	50	56
		20	17	65	50	56
		25	17	65	50	56
		30	17	65	50	56
D. 20	7,5	0	20	77	50	56
		5	20	77	40	44
		10	20	77	40	44
		15	20	77	35	39
		20	20	77	35	39
		25	19	73	35	39
		30	13	73	35	39
D. 27	10	0	26	100	40	44
		5	18	69	40	44
		10	12	69	40	44
		15	10	69	40	44
		20	12	69	40	44
		25	12	69	40	44
		30	17	65	40	44
D. 34	15	0	19	73	40	44
		5	19	73	40	44
		10	19	73	40	44
		15	19	73	40	44
		20	12	69	40	44
		25	12	69	40	44
		30	12	69	40	44

TABELA E.22 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COTR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 70,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 3,1 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COTR APARENTE REMANESCENTE	
			(u/l)	(%)	(u/l)	(%)
D. 06	-	0	21	81	70	70
		5	14	54	35	39
		10	12	46	35	39
		15	11	42	35	39
		20	8,5	33	30	33
		25	8,5	33	25	28
		30	8,5	33	25	28
D. 13	5	0	22	85	50	56
		5	17	65	40	44
		10	16	62	40	44
		15	16	62	40	44
		20	16	62	40	44
		25	16	62	40	44
		30	15	58	40	44
D. 20	7,5	0	20	77	50	56
		5	19	73	35	39
		10	19	73	35	39
		15	19	73	30	33
		20	19	73	30	33
		25	19	73	30	33
		30	19	73	30	33
D. 27	10	0	26	100	40	44
		5	17	65	40	44
		10	17	65	40	44
		15	16	62	35	39
		20	16	62	35	39
		25	15	58	35	39
		30	15	58	35	39
D. 34	15	0	19	73	40	44
		5	19	73	40	44
		10	18	69	35	39
		15	18	69	35	39
		20	16	62	30	33
		25	15	58	30	33
		30	14	54	25	28

TABELA E.23 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE COR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 70,0 mg/l DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 1,6 cm/min.

TABELA	TEMPO DE DE OZON. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		COR APARENTE REMANESCENTE	
			(ut)	(%)	(uH)	(%)
D. 06	-	0	21	81	20	78
		5	17	66	25	20
		10	8,5	33	20	22
		15	5,3	20	15	17
		20	4	15	10	11
		25	4	15	10	11
		30	2	8	5	6
D. 13	5	0	22	85	50	56
		5	16	62	40	44
		10	11	54	25	29
		15	14	54	35	29
		20	14	54	35	39
		25	14	54	30	33
		30	14	54	30	33
D. 20	7,5	0	20	77	50	56
		5	18	69	30	22
		10	18	69	30	23
		15	18	69	25	26
		20	18	69	25	28
		25	18	69	25	28
		30	17	65	20	22
D. 27	10	0	26	100	40	44
		5	16	62	35	39
		10	15	58	30	33
		15	14	54	30	33
		20	13	50	25	28
		25	13	50	25	28
		30	13	50	25	28
D. 34	15	0	19	73	40	44
		5	17	65	35	39
		10	14	54	25	28
		15	13	50	25	28
		20	13	50	20	22
		25	11	42	15	17
		30	9,5	37	15	17

TABELA E.24 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NATURAL E RESULTADOS DE VALORES DE TUR APARENTE E TURBIDEZ REMANESCENTES, PARA APLICAÇÃO DE 70,0 MG/L DE SULFATO DE ALUMÍNIO E VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DE 0,8 CM/MIN.

TABELA	TEMPO DE DE (20H. (min)	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ REMANESCENTE		TUR APARENTE REMANESCENTE	
			(uH)	(%)	(uH)	(%)
D. 06	-	0	21	81	70	70
		5	9	35	25	28
		10	6	23	15	17
		15	4,5	17	10	11
		20	3,5	13	5	6
		25	3,5	13	5	6
		30	2	8	5	6
D. 13	5	0	22	85	50	56
		5	14	54	30	33
		10	11	42	20	22
		15	11	42	20	22
		20	10	38	20	22
		25	10	38	15	17
		30	10	38	15	17
D. 20	7,5	0	20	77	50	50
		5	16	62	25	28
		10	14	54	25	28
		15	14	54	20	22
		20	13	50	20	22
		25	13	50	20	22
		30	13	50	15	17
D. 27	10	0	26	100	40	44
		5	14	54	25	28
		10	10	38	20	22
		15	10	38	15	17
		20	8,5	33	10	11
		25	8,5	33	10	11
		30	8	31	10	11
D. 34	15	0	19	72	40	44
		5	13	50	25	28
		10	9,5	37	10	11
		15	9,2	35	10	11
		20	7,5	29	5	6
		25	7	27	5	6
		30	6,5	25	5	6

"Curvas dos Remanescentes de Turbidez e Cor Aparente,
em porcentagem, em Função do Tempo de Flocculação e
das Velocidades de Sedimentação, para as Condições
Especificadas, para $D_c = 70\text{mg/l}$ e $\text{pH}_c = 4,7$ "

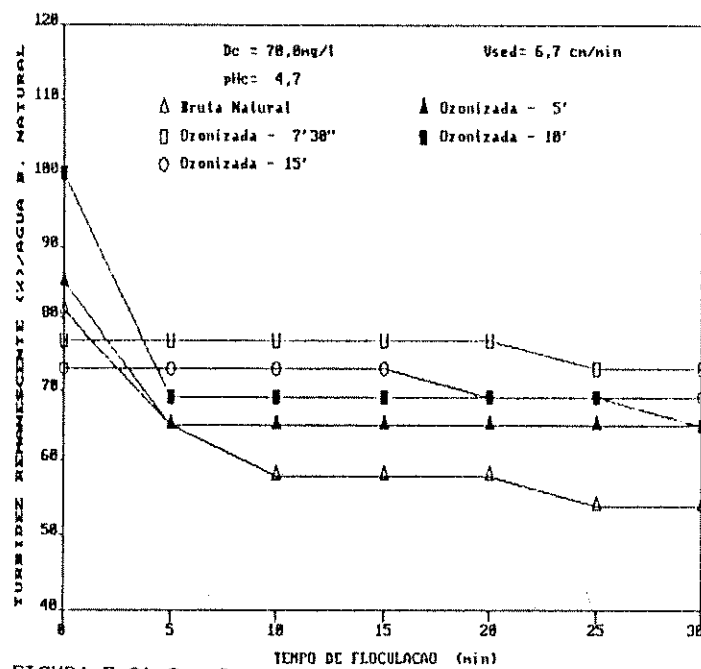


FIGURA E.21.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 4,7$.

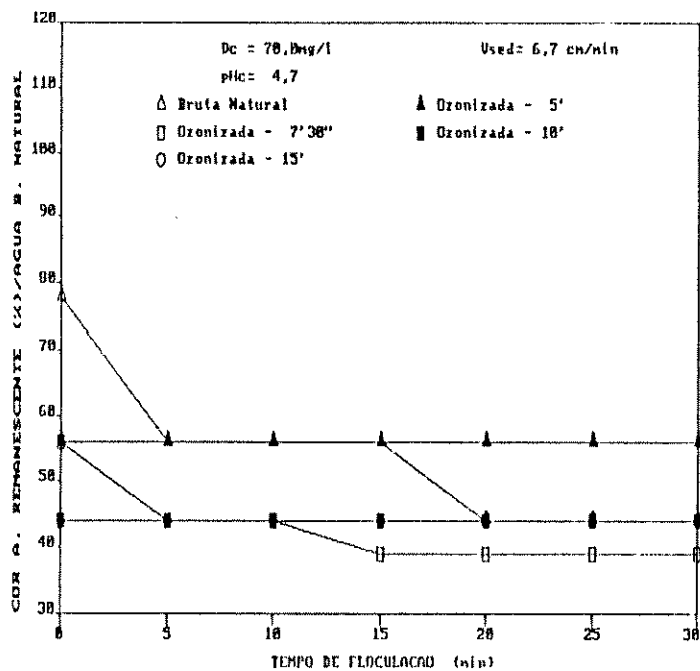


FIGURA E.21.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,7 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 4,7$.

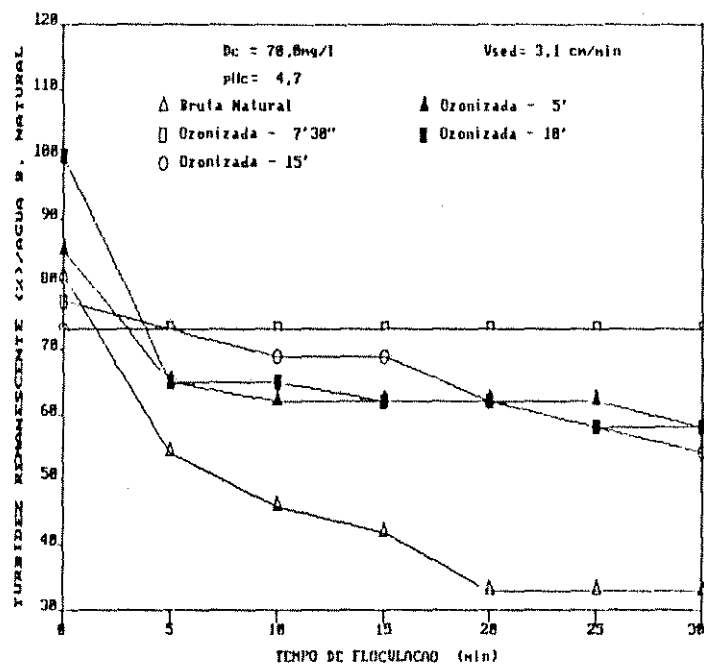


FIGURA E.22.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{se} = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 4,7$.

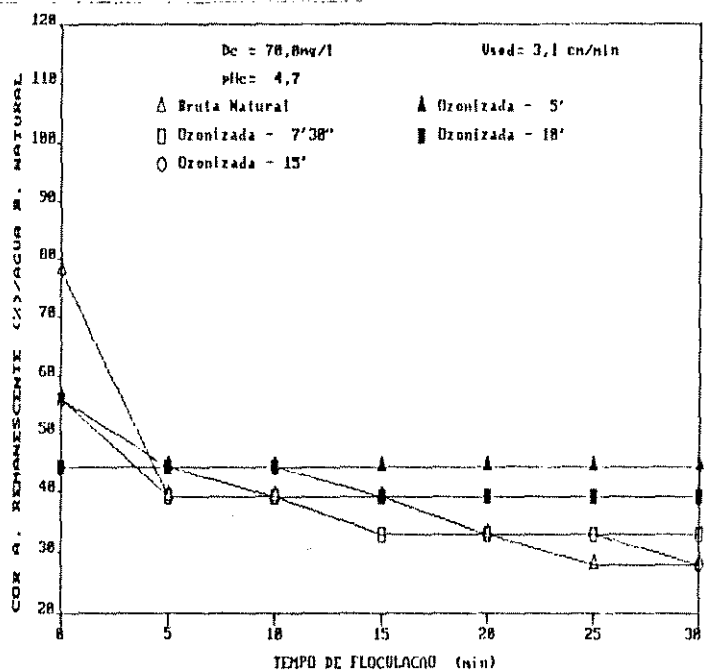


FIGURA E.22.2 - Porcentagem de Cor Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{se} = 3,1 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 4,7$.

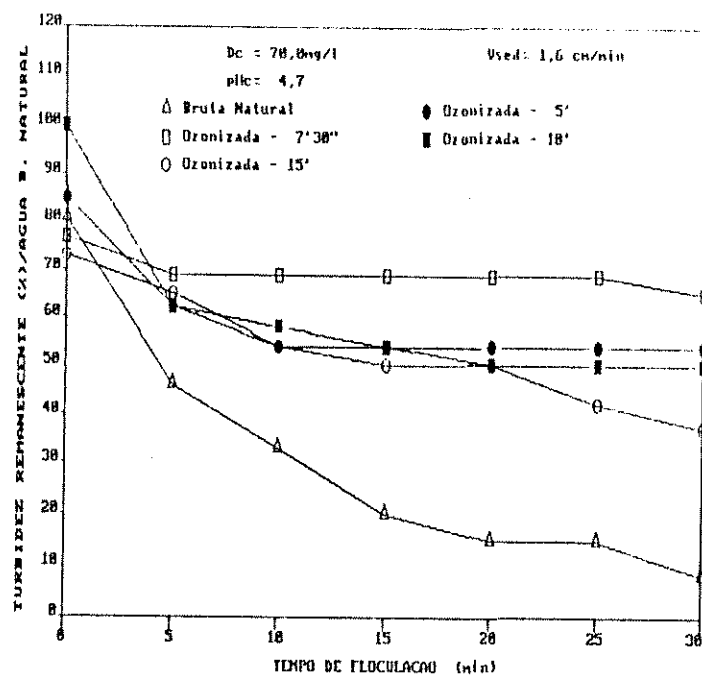


FIGURA E.23.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_o = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 4,7$.

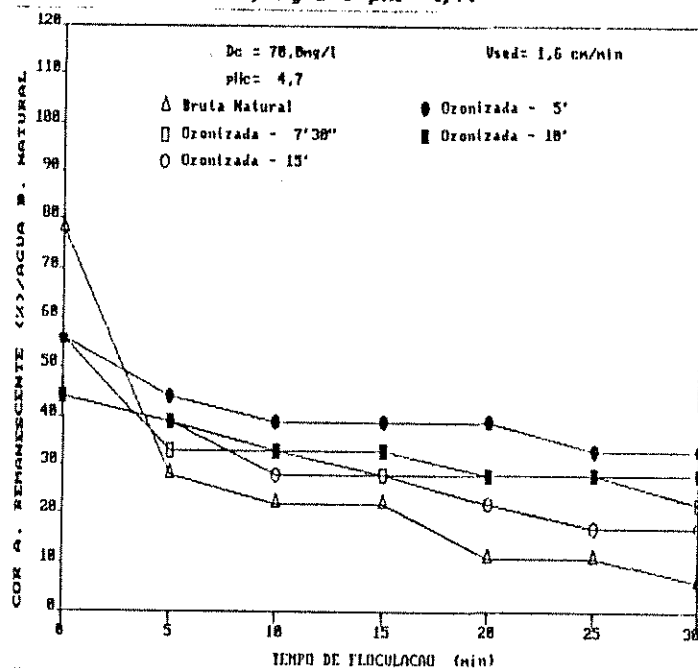


FIGURA E.23.2 - Porcentagem de Cor A Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_{sed} = 1,6 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_o = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH = 4,7$.

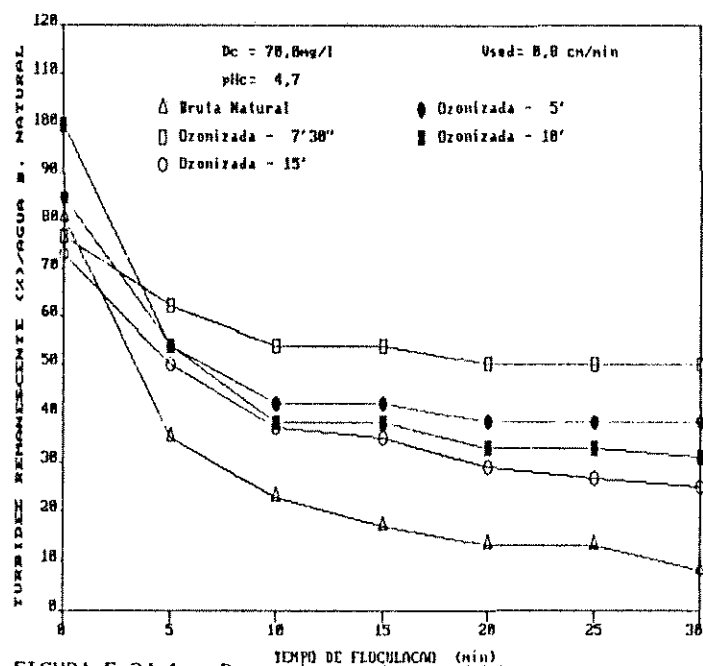


FIGURA E.24.1 - Porcentagem de Turbidez Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 4,7$.

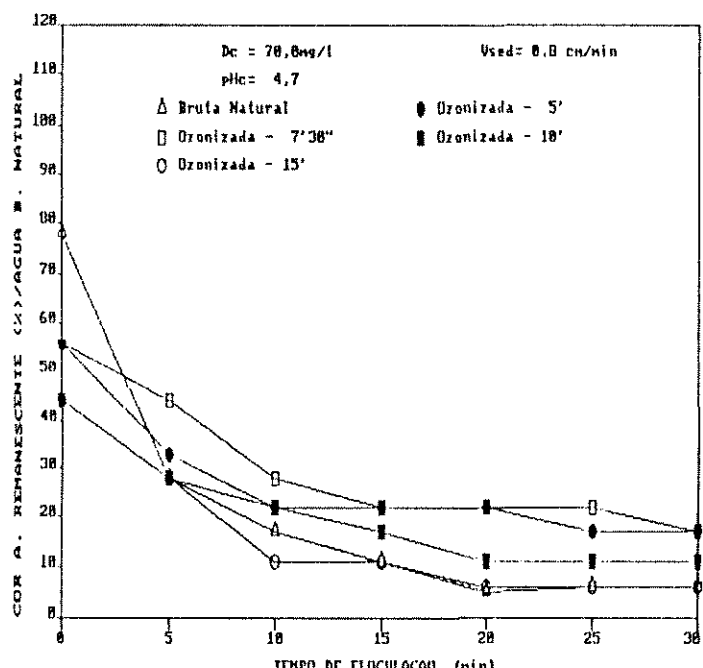


FIGURA E.24.2 - Porcentagem de Cor A. Remanescente em Função do Tempo de Floculação, para $V_s = 0,8 \text{ cm/min}$ e par de valores $D_c = 70,0 \text{ mg/l}$ e $pH_c = 4,7$.