

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

MARIA JOSÉ HERKENHOFF CARVALHO

**USO DE COAGULANTES NATURAIS NO PROCESSO DE
OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL**

MARINGÁ

2008

MARIA JOSÉ HERKENHOFF CARVALHO

**USO DE COAGULANTES NATURAIS NO PROCESSO DE
OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Célia Regina Granhen Tavares.

MARINGÁ

2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

C331u Carvalho, Maria José Herkenhoff
 Usos de coagulantes naturais no processo de
 obtenção de água potável / Maria José Herkenhoff
 Carvalho. -- Maringá : [s.n.], 2008.
 154 f. : il. color., figs., tabs.

 Orientador : Prof^a. Dr^a. Célia Regina Granhen
 Tavares.

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
 Urbana, 2008.

 1. Água potável. 2. Quitosana. 3. Sulfato de
 alumínio. 4. Coagulação/Floculação. 5. Lodo. 6.
 Coagulante natural. 7. Tratamento de água. I.
 Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-
 Graduação em Engenharia Urbana. II. Título.

CDD 21.ed. 628.162

MARIA JOSÉ HERKENHOFF CARVALHO


USO DE COAGULANTES NATURAIS NO PROCESSO DE
OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, na área de concentração Infra-estrutura e Sistemas Urbanos, para obtenção do título de Mestre.


APROVADA em 29 de fevereiro de 2008.



Prof.^a. Dr.^a. **Márcia Regina Fagundes
Klen**



Prof. Dr. **Sandro Rogério Lautenschlager**



Prof.^a. Dr.^a. **Célia Regina Granhen Tavares**
(Orientadora)

“...Em relação a todos os atos de iniciativa e criação, existe uma verdade elementar, cuja ignorância mata inúmeros planos e idéias esplêndidas: que no momento em que, definitivamente, nos compromissamos, a Providência Divina também se põe em movimento. Todos os tipos de coisas ocorrem para nos ajudar, que em outras circunstâncias nunca teriam ocorrido. Todo um fluir de acontecimentos surge a nosso favor como resultado de decisão.

Qualquer coisa que você possa fazer ou sonhar, você pode começar. A coragem contém, em si mesma, a força e a magia”

Johann Wolfgang Von Goethe

“Dedico este trabalho a todas as pessoas que, como eu, consideram o conhecimento uma das maiores riquezas do mundo”.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todos os momentos de minha vida, inclusive por esse, que está sendo muito especial.

Ao meu marido, Luciano, por me incentivar sempre e participar de todas as minhas caminhadas.

Aos meus filhos, Luciano Junior, Thais e Isabella, que junto com Luciano, são os maiores presentes que Deus me deu.

Aos meus pais, por me ensinarem os verdadeiros valores da vida, acreditarem sempre no meu potencial e investirem no meu ensino.

Aos meus nove irmãos que me ensinaram a importância e a alegria de compartilhar.

A minha nora Sirlei e ao meu genro Júnior, pelo incentivo durante a realização do trabalho.

À Professora Célia Regina Granhen Tavares, pela sabedoria, instrução e orientação, porto seguro nos momentos de incerteza.

À Leila, pela dedicação, presença constante e fundamental no planejamento e desenvolvimento experimental desse trabalho e, acima de tudo, pela amizade construída durante esse período.

À Milene Bongiovani, Dillaine Hennig e Beatriz Saiury Sakaniva, pela dedicação e apoio durante a realização dos ensaios.

*À Universidade Estadual de Maringá e ao Laboratório de
Gestão Controle e Preservação Ambiental do Departamento
de Engenharia Química da UEM.*

*Aos professores do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá.*

*Aos funcionários do Departamento de Engenharia Civil
Douglas e Juarez, pela disposição e dedicação.*

*À Sanepar, que gentilmente forneceu a água bruta, a ETA
demonstrativa e os materiais filtrantes.*

*Ao Reinaldo Antônio Fernandes, meu gerente na Sanepar,
que me dispensou do trabalho nos horários das aulas.*

*Aos amigos da Sanepar, Arcione Ferrari Constantino, Soraia
Giordani, Paulo Fregadolli e Wagner Schuchardt pela
disponibilidade e colaboração.*

*Ao Fernando e ao Donizete, da oficina mecânica do DEQ-
UEM que fizeram as adaptações do filtro da ETA Piloto.*

*Ao Ubiratan da Prominas Brasil Equipamentos, que
gentilmente nos forneceu a placa de fundo do filtro da ETA.*

*A todos os colegas do mestrado que estiveram presentes
durante a elaboração deste trabalho.*

RESUMO

O sulfato de alumínio é muito utilizado como coagulante no processo de produção de água potável, por apresentar baixo custo e boa eficiência na coagulação das partículas coloidais. Entretanto, este reagente químico não é biodegradável e pode trazer sérios riscos à saúde humana, dependendo da concentração em que estiver presente na água. Muitos países desenvolvidos têm adotado o uso de polímeros naturais, como a quitosana, para o tratamento de água potável, por apresentar vantagens em relação aos coagulantes químicos, principalmente quanto à baixa produção de lodo residual, a biodegradabilidade deste lodo e à sua baixa toxicidade. Nesse trabalho foram realizados ensaios de coagulação/floculação, sedimentação e filtração, objetivando a otimização do processo de produção de água potável, a partir da água superficial do Rio Pirapó, utilizando como coagulantes a quitosana, o sulfato de alumínio e a associação entre esses dois coagulantes. Os ensaios foram realizados em aparelho “jar test”, variando-se o pH do meio e a concentração de coagulante. Foram mantidos constantes os gradientes de mistura rápida e lenta e os tempos de coagulação, floculação e sedimentação, tentando reproduzir as condições da estação de tratamento de água – ETA, da cidade de Maringá. Após a floculação, a água foi transferida para cones Imhoff para sedimentação. Posteriormente esta água foi filtrada. Foram retiradas e analisadas amostras da água bruta e filtrada, em função da remoção de cor, turbidez e compostos com faixa de absorção em UV-254nm, para avaliação da eficiência do processo. O lodo foi analisado quanto à massa e volume produzidos. As condições otimizadas foram reproduzidas em ETA piloto, com as etapas de coagulação/floculação/decantação/filtração. A água produzida atendeu aos parâmetros de potabilidade previstos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. O lodo foi analisado quanto à presença de metais.

Palavras-chave: Água Potável; Quitosana; Sulfato de Alumínio, Coagulação/Floculação, Lodo.

ABSTRACT

The aluminum sulphate is very used as coagulant in the process of drinking waters production, for presenting low cost and good efficiency in the coagulation of colloidal particles. However, this chemical reagent isn't biodegradable and can bring serious risks to the health human, depending on the concentration of sludge in the water. Many developed countries have adopted the natural polymer use, as the chitosan, for the drinking waters treatment, for presenting advantages in relation to the chemical coagulants, mainly on the low production of residual sludge, biodegradability of this sludge and its low toxicity.

In this work coagulation, flocculation, sedimentation and filtration assays had been carried through, objectifying the optimal process conditions drinking waters production, from the superficial water of the River Pirapó, using as coagulants the chitosan, sulphate of aluminum and the use in set of the two coagulants in association. The assays had been carried through in device "to jar-test", varying pH and the concentration of coagulant. The gradients of fast and slow mixture and the coagulation times, flocculation and sedimentation had been kept constant, trying to reproduce the conditions of the station of water treatment plants- WTP, in Maringá city. After the flocculation, the water was transferred to Imhoff cones for sedimentation. Later this water was filtered. They had been samples of the rude and filtered water were removed and analyzed, in function of the removal of color, turbidity and composites with band of absorption in UV-254 nm, for evaluation of the efficiency process. The sludge was analyzed on the produced mass and volume. The optimized conditions were reproduced in WTP pilot, with the stages of coagulation, flocculation, sedimentation and filtration. The water produced worked to the parameters of drinking in accordance to the legislation and Health Agency (Ministério da Saúde - Portaria 518/2004). The sludge was be analyzed on the presence of metals.

Keywords: Drinking waters; chitosan; Aluminum sulphate, Coagulation/Flocculation, Sludge.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS		V
RESUMO		VII
ABSTRACT		VIII
SUMÁRIO		X
LISTA DE FIGURAS		XIII
LISTA DE TABELAS		XVII
LISTA DE ABREVIATURAS		XVIII
<u>1</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>OBJETIVOS</u>	<u>4</u>
2.1	OBJETIVO PRINCIPAL	4
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
<u>3</u>	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	<u>5</u>
3.1	ÁGUA	5
3.1.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA	6
3.1.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ÁGUA	7
3.1.3	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DA ÁGUA	9
3.2	PROCESSO DE COAGULAÇÃO /FLOCULAÇÃO	9
3.2.1	MECANISMOS DE COAGULAÇÃO	12
3.3	COAGULANTES	15
3.3.1	COAGULANTES QUÍMICOS	16
3.3.2	COAGULANTES NATURAIS	23
3.4	SEDIMENTAÇÃO	28
3.5	FILTRAÇÃO	29
3.6	LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	29
3.6.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO LODO DE ETA	30

3.6.2	LODOS PROVENIENTES DA COAGULAÇÃO	30
3.6.3	LODOS PROVENIENTES DE ABRANDAMENTO POR CAL	31
3.7	DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO	32
<u>4</u>	<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	<u>35</u>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA	35
4.1.1	COR APARENTE E VERDADEIRA	36
4.1.2	TURBIDEZ	36
4.1.3	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)	36
4.1.4	COMPOSTOS COM FAIXA DE ABSORÇÃO EM UV-254 NM	36
4.1.5	pH	37
4.1.6	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	37
4.1.7	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO	37
4.1.8	ALCALINIDADE E ACIDEZ VOLÁTIL	37
4.1.9	DUREZA	37
4.1.10	NITROGÊNIO	37
4.1.11	SÓLIDOS	37
4.1.12	FOSFATO	38
4.1.13	COLIFORMES TOTAIS E <i>ESCHERICHIA COLI</i>	38
4.1.14	ANÁLISE DE METAIS	38
4.2	ENSAIOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO/SEDIMENTAÇÃO/ FILTRAÇÃO EM “JAR TEST”	38
4.3	DETERMINAÇÃO DO DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO	41
4.4	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PILOTO	43
<u>5</u>	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	<u>49</u>
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA	50
5.2	DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO	54

5.2.1	QUITOSANA	54
5.2.2	SULFATO DE ALUMÍNIO	62
5.2.3	ASSOCIAÇÃO ENTRE A QUITOSANA E O SULFATO DE ALUMÍNIO	78
5.3	LODO GERADO	91
5.4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA TRATADA	94
5.5	CARACTERIZAÇÃO DO LODO GERADO	100
<u>6</u>	<u>CONCLUSÕES</u>	<u>104</u>
6.1	SUGESTÕES DE CONTINUIDADE DO TRABALHO	105
<u>7</u>	<u>REFERÊNCIAS</u>	<u>106</u>
<u>8</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>113</u>
8.1	ANEXO A: METODOLOGIA DE ENSAIOS	113
8.2	ANEXO B: RESULTADOS DOS ENSAIOS	118

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – POTENCIAL ZETA SEGUNDO JOHNSON E ALEXANDER	14
FIGURA 2 – INTERAÇÃO ENTRE DUAS PARTÍCULAS COLOIDAIIS SEMELHANTES	15
FIGURA 3 - ESPÉCIES DE SULFATO E DE ALUMÍNIO NA SOLUÇÃO ESTOQUE	18
FIGURA 4 - DIAGRAMA DE SOLUBILIDADE DO ALUMÍNIO	19
FIGURA 5 - MOBILIDADE ELETROFORÉTICA E TURBIDEZ RESIDUAL: ÁGUAS COM CAULINITA, ILITA E MONTMORILONITA, FUNÇÃO DO PH APÓS COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO/SEDIMENTAÇÃO -15MG/L SULFATO AL	21
FIGURA 6 - MOBILIDADE ELETROFORÉTICA E TURBIDEZ RESIDUAL: ÁGUAS COM CAULINITA, ILITA E MONTMORILONITA, FUNÇÃO DO PH APÓS COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO/SEDIMENTAÇÃO-100MG/L SULFATO AL	22
FIGURA 7- ESTRUTURA DA QUITOSANA	24
FIGURA 8 – VISTA DO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CIDADE DE MARINGÁ.	35
FIGURA 9 – EQUIPAMENTO “JAR TEST” UTILIZADO NOS ENSAIOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO.	40
FIGURA 10 – CONES IMHOFF.	41
FIGURA 11 – ETA DEMONSTRATIVA.	43
FIGURA 12 – ETA PILOTO.	44
FIGURA 13 – ETA PILOTO. VISTA DO FILTRO E RESERVATÓRIO DE ÁGUA FILTRADA	45
FIGURA 14 – ETA PILOTO EM OPERAÇÃO	45
FIGURA 15 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR	54
FIGURA 16 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ	55
FIGURA 17 –DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COMPOSTOS COM ABSORÇÃO EM UV 254 NM	55

FIGURA 18 –DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA QUANTIDADE DE MASSA DE LODO FORMADA (G/L)	56
FIGURA 19 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR.	57
FIGURA 20 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ.	58
FIGURA 21 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE UV-254 NM.	59
FIGURA 22 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA QUANTIDADE DE MASSA DE LODO FORMADA (G/L)	60
FIGURA 23 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 1%, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR- PAPEL QUALITATIVO	62
FIGURA 24 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 1%, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ – PAPEL QUALITATIVO	62
FIGURA 25 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 1%, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COMPOSTOS COM ABSORÇÃO EM UV-254 NM – PAPEL QUALITATIVO	63
FIGURA 26 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 1%, CONTENDO CURVAS DE MESMA QUANTIDADE DE MASSA DE LODO FORMADA (G/L) –PAPEL QUALITATIVO	63
FIGURA 27– DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10%, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR – PAPEL QUALITATIVO	64
FIGURA 28 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10%, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ PAPEL QUALITATIVO	64
FIGURA 29 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10 %, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE UV-254 NM -PAPEL QUALITATIVO	65
FIGURA 30 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10%, CONTENDO CURVAS DE MESMA QUANTIDADE DE MASSA DE LODO FORMADA (G/L) – PAPEL QUALITATIVO.	65

FIGURA 31- DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10 %, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR - PAPEL QUANTITATIVO	66
FIGURA 32 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10%, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ – PAPEL QUANTITATIVO.	67
FIGURA 33 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10%, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COMPOSTOS COM ABSORÇÃO EM UV-254 NM- PAPEL QUANTITATIVO	67
FIGURA 34 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10%, CONTENDO CURVAS DE MESMA QUANTIDADE DE MASSA DE LODO FORMADA (G/L)-PAPEL QUANTITATIVO	68
FIGURA 35 - DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10 %, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR - PAPEL QUANTITATIVO – HCL E CA(OH)₂	69
FIGURA 36 - DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10 %, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ - PAPEL QUANTITATIVO – HCL E CA(OH)₂	70
FIGURA 37 - DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10 %, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COMPOSTOS COM ABSORÇÃO EM UV-254 NM - PAPEL QUANTITATIVO – HCL E CA(OH)₂	71
FIGURA 38 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO 10%, CONTENDO CURVAS DE MESMA QUANTIDADE DE MASSA DE LODO FORMADA (G/L) - PAPEL QUANTITATIVO	72
FIGURA 39 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR.	73
FIGURA 40 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ.	74
FIGURA 41 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE UV-254 NM.	75
FIGURA 42 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMA QUANTIDADE DE MASSA DE LODO FORMADA (G/L)	76

- FIGURA 43 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE O SULFATO DE ALUMÍNIO E A QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR. 79**
- FIGURA 44 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE O SULFATO DE ALUMÍNIO E A QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ. 80**
- FIGURA 45 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE O SULFATO DE ALUMÍNIO E A QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COMPOSTOS COM ABSORÇÃO EM UV-254 NM. 81**
- FIGURA 46 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE O SULFATO DE ALUMÍNIO E A QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMO VOLUME DE LODO FORMADO (ML/L). 81**
- FIGURA 47 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE O SULFATO DE ALUMÍNIO E A QUITOSANA, CONTENDO CURVAS DE MESMA QUANTIDADE DE LODO FORMADO (G/L). 82**
- FIGURA 48 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DA QUITOSANA COM O SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE COR. 84**
- FIGURA 49 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DA QUITOSANA COM O SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE TURBIDEZ. 85**
- FIGURA 50 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DA QUITOSANA COM O SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMA REMOÇÃO DE UV-254 NM. 86**
- FIGURA 51 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DA QUITOSANA COM O SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMO VOLUME DE LODO FORMADO (ML/L). 87**
- FIGURA 52 – DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DA QUITOSANA COM O SULFATO DE ALUMÍNIO, CONTENDO CURVAS DE MESMA MASSA DE LODO FORMADO (G/L) 88**
- FIGURA 53 – MASSA DE LODO FORMADA NOS PONTOS ÓTIMOS DE ACORDO COM O COAGULANTE UTILIZADO 91**
- FIGURA 54 – VOLUME DE LODO FORMADO NOS PONTOS ÓTIMOS DE ACORDO COM O COAGULANTE UTILIZADO 92**

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COAGULANTES MAIS UTILIZADOS NA OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL	17
TABELA 2 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DO LODO DE SULFATO DE ALUMÍNIO	31
TABELA 3 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DO LODO DE SAIS DE FERRO	31
TABELA 4 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DO LODO DE CAL	32
TABELA 5 – CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS – ÁGUAS COM BAIXA COR E TURBIDEZ	46
TABELA 6 – CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS – ÁGUAS COM ALTA COR E TURBIDEZ	46
TABELA 7 – CARACTERÍSTICAS DOS ENSAIOS E DAS ÁGUAS ANALISADAS	49
TABELA 8 – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA BRUTA	50
TABELA 9 – PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS DA ÁGUA BRUTA	51
TABELA 10 – CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA BRUTA	51
TABELA 11 – VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DA ASSOCIAÇÃO DOS AGENTES COAGULANTES	78
TABELA 12 – VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DOS COAGULANTES QUANDO DA UTILIZAÇÃO EM CONJUNTO DA QUITOSANA COM O SULFATO DE ALUMÍNIO	78
TABELA 13 – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA BRUTA E DA ÁGUA TRATADA	94
TABELA 14 – PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS DA ÁGUA BRUTA E DA ÁGUA TRATADA	95
TABELA 15 – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA BRUTA E DA ÁGUA TRATADA	96
TABELA 16 – PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS DA ÁGUA BRUTA E DA ÁGUA TRATADA	97
TABELA 17 – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA BRUTA E DA ÁGUA TRATADA	98
TABELA 18 – PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS DA ÁGUA BRUTA E DA ÁGUA TRATADA	99
TABELA 19 – CONCENTRAÇÃO DE METAIS PRESENTES NO LODO DA ETA PILOTO	100
TABELA 20 – CONCENTRAÇÃO DE METAIS PRESENTES NO LODO DA ETA PILOTO	101
TABELA 21 – CONCENTRAÇÃO DE METAIS PRESENTES NO LODO DA ETA PILOTO	102

LISTA DE ABREVIATURAS

abs	absorbância
Ag	prata
Al	alumínio
Al₂(SO₄)₃ x n H₂O	sulfato de alumínio
APHA	American Public Health Association
Ba	bário
C	carbono
°C	graus centígrados
Ca	cálcio
CaCO₃	carbonato de cálcio
Ca(OH)₂	hidróxido de cálcio
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
cm	centímetro
Co	cobalto
Cr	cromo
COT	carbono orgânico total
Cu	cobre
CuSO₄	sulfato de cobre
DBO	demanda bioquímica de oxigênio
DQO	demanda química de oxigênio
EDTA	ácido etilenodiamino acético
eq-g.L⁻¹	equivalente grama por litro
ETA	estação de tratamento de água
ETAs	estações de tratamento de água

Fe	ferro
g	grama
G	gradiente de velocidade
GA	grau de acetilação
GD	grau de desacetilação
GF	gradiente de floculação
GML	gradiente de mistura lenta
GMR	gradiente de mistura rápida
h	hora
HCl	ácido clorídrico
H₂O	água
H₂SO₄	ácido sulfúrico
I	iodo
L	litro
m	metro
mg	miligrama
mg.L⁻¹	miligrama por litro
min	minuto
mL	mililitro
mm	milímetro
Mn	manganês
MS	Ministério da Saúde
N	nitrogênio
N	concentração normal ou normalidade
n	número
Na	sódio

NaOH	hidróxido de sódio
Na₂CO₃	carbonato de sódio
Ni	níquel
nm	nanômetro
NMP	número mais provável
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	fósforo
pH	potencial hidrogeniônico
ppm	partes por milhão
Pb	chumbo
Pt	platina
Q	quitosana
[Q]	concentração de quitosana
rpm	rotações por minuto
[S]	concentração de sulfato de alumínio
Sanepar	Companhia de Saneamento do Paraná
SDT	sólidos dissolvidos totais
TF	tempo de floculação
TML	tempo de mistura lenta
TMR	tempo de mistura rápida
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UFC	unidade formadora de colônias
uH	unidade Hanzen (mg Pt-Co.L ⁻¹)
uT	unidade de turbidez
UV-254nm	– absorção em UV no comprimento de onda de 254nm
V	volume

Vs	velocidade de sedimentação
Zn	zinco
µg	micrograma

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial à vida e responsável direta pelo bem-estar da espécie humana, devendo estar disponível em quantidade e qualidade suficientes para a população mundial. Porém, tornou-se, ao longo do tempo, mais escassa e poluída. A sua poluição tem origem na ação antrópica modificadora do ambiente.

Verifica-se que a degradação da natureza de forma indiscriminada, é resultante do controle precário de lançamento de resíduos nos rios. Além disso, a mata ciliar está sendo substituída por plantações agrícolas, visando a ampliação da área de cultivo e conseqüentemente, o lucro. Este procedimento, dentre outros prejuízos ambientais, gera um aumento significativo da turbidez dos cursos d'água. Além de mais turva, a qualidade das águas dos rios torna-se cada vez pior, com variedade de componentes, químicos, físicos e biológicos, dificultando e encarecendo seu tratamento.

Estas substâncias presentes nos corpos d'água imprimem à água superficial suas características físicas, químicas e bacteriológicas que vão definir a qualidade da água natural e o tratamento que deverá ser dispensado para que a mesma se torne potável.

Um dos primeiros passos no processo de tratamento de água do manancial, na entrada de água bruta de uma Estação de Tratamento de Água – ETA é a coagulação química. Dada a importância da coagulação na ETA, tornam-se imprescindíveis estudos mais aprofundados sobre os diversos tipos de coagulantes. Caso esta etapa de coagulação não tenha êxito, todas as demais estarão prejudicadas, a ponto de, em certas situações, obrigar o descarte de toda a água da ETA, por estar fora dos padrões de potabilidade.

O Brasil é considerado um país privilegiado quanto aos recursos hídricos, entretanto, a ausência de uma política de preservação dos mananciais e de abastecimento ao longo dos anos, vem comprometendo a qualidade e a quantidade de água disponível.

Pequenas comunidades, zonas rurais e periferia, muitas vezes não possuem água potável, sendo interessante dispor de técnicas alternativas para tentar solucionar esse problema. Segundo SILVA (2005) as pessoas que habitam esses locais geralmente são abastecidas com água contaminada, contendo germes patogênicos ou dotada de substâncias químicas tóxicas, com teores inadequados para a ingestão humana.

O final da década de 60 e o início da década de 70, caracterizaram-se, no campo de tratamento de água, por grandes avanços tecnológicos. Melhores conhecimentos sobre os

fenômenos de coagulação das águas, sobre a mecânica da mistura e floculação, o maior domínio sobre a decantação, sobre o comportamento dos filtros rápidos, o emprego de reagentes auxiliares e o aperfeiçoamento das técnicas de laboratório, de operação e de controle, permitiram e asseguraram essa grande evolução.

A utilização de coagulantes/floculantes para a remoção de turbidez, cor e matéria orgânica têm obtido sucesso no tratamento de águas superficiais para a produção de água potável. Vários agentes coagulantes químicos são conhecidos e amplamente utilizados em todo o mundo.

O sulfato de alumínio é o coagulante mais usado no tratamento de água potável devido à sua boa eficiência, ser de fácil transporte e manejo, possuir baixo custo e ser produzido em várias regiões brasileiras. Não obstante a isto, ele apresenta algumas desvantagens, e recentemente muita atenção tem sido dada ao seu uso extensivo (HUANG *et al.*, 2000).

Seu efeito como coagulante é fortemente dependente do pH, e no final do tratamento pode ficar presente uma alta concentração de alumínio residual na água, em consequência do pH de floculação usado (KAWAMURA, 1991). Se o mesmo estiver presente na água com uma concentração acima de 0,2 mg/L, pode trazer sérios riscos à saúde humana como distúrbios gastrointestinais, erupções na pele e úlceras (CLAYTON *et al.*, 1989).

McLACHLAN (1995) citado por KIMURA (2001), em seu estudo sobre a doença de Alzheimer, descobriu que a presença de uma grande quantidade de sal de alumínio no organismo humano pode ser determinante para o desenvolvimento desta doença.

Além disso, o alumínio não é biodegradável e por isso pode causar um sério problema à disposição e tratamento do lodo gerado. Por todos esses motivos alguns países como Estados Unidos, Japão e China têm adotado regularmente o uso de polímeros naturais para o tratamento de água potável (KAWAMURA *et al.*, 1993)

Como a quitosana é efetiva na coagulação, nenhuma desvantagem é conhecida sobre a utilização deste polímero natural, podendo substituir de forma promissora os produtos sintéticos (KAWAMURA, 1991, citado por MORAES, 2004).

O biopolímero quitosana, único polieletrólito catiônico natural conhecido, tem sido utilizado como coagulante/floculante em sistemas aquosos, e como polieletrólito auxiliar aos agentes coagulantes convencionais (KLOPOTEK, 1994, citado por MORAES, 2004).

A presença de grupos amino em suas cadeias poliméricas, permite que a quitosana atue como polieletrólito catiônico em $\text{pH} < 6,5$ e apresente uma alta densidade de cargas, que se adsorvem facilmente nas superfícies carregadas negativamente (KIMURA, 2001).

A quitosana, utilizada como polieletrólito auxiliar reduz bastante o consumo dos coagulantes químicos comuns, melhorando as etapas de decantação e filtração, além de reduzir consideravelmente o volume de lodo nos decantadores, em vista dos flocos formados serem mais compactos (SPINELLI, 2001, citado por MORAES, 2004).

Além disso, a quitosana é considerada biodegradável e não tóxica, e sua dose oral letal (LD50) é de $> 16 \text{ g/Kg}$. Recentemente foi constatado que a mesma é também degradada pela microflora e é ricamente distribuída no cólon (TOZAKI *et al.*, 1997). Sendo assim acredita-se que o seu uso no tratamento de água não traria problemas à saúde, e diminuiria os problemas ambientais de lodo gerado por ser biodegradável (SPINELLI, 2001).

Neste sentido, o estudo de condições otimizadas e de avaliação do lodo gerado no processo de produção de água potável, utilizando polímeros naturais como a quitosana, como agente coagulante, ou como auxiliar de coagulação, é um campo bastante promissor que poderá trazer grandes contribuições para as companhias de saneamento, no que diz respeito à minimização da geração de lodo do processo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Este trabalho tem como principal objetivo a otimização dos processos de coagulação, floculação, decantação e filtração, numa Estação de Tratamento de Água Piloto, para a obtenção de água potável, a partir da água superficial do Rio Pirapó, utilizando como coagulante o polímero natural quitosana e a associação da quitosana com o sulfato de alumínio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a eficiência do biopolímero quitosana
- Analisar a eficiência da quitosana como auxiliar de coagulação, juntamente com o sulfato de alumínio.
- Construir diagramas de coagulação, visando obter faixas de remoções eficientes na etapa de coagulação/floculação para a produção de água potável.
- Estudar a etapa de filtração, de forma a obter resultados condizentes com os pré-estabelecidos na legislação vigente.
- Analisar, quantitativamente e qualitativamente, o lodo gerado no processo de tratamento de água com o biopolímero quitosana, com o sulfato de alumínio e com a associação da quitosana com o sulfato de alumínio quanto à presença de metais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA

A água, elemento natural, essencial à vida de todos seres humanos e à manutenção dos ecossistemas, além de possuir valor econômico, estratégico e social é um patrimônio do planeta.

Embora a água cubra 70% da superfície da Terra, a água doce, normalmente utilizada para o abastecimento público, corresponde a menos de 2,6% desse total. Grande parte dessa água doce está concentrada em geleiras. Apenas 0,3% desse total é considerada de fácil acesso ao ser humano, disponível em rios, lagos e atmosfera (AZEVEDO NETTO, 1973). O Brasil é um país privilegiado em relação aos recursos hídricos, possuindo cerca de 8% da água doce disponível no planeta. (CARDOSO, 2007)

A natureza e a composição do solo, sobre o qual ou através do qual a água escoar, determinam as impurezas adicionais que ela apresenta, fato agravado pela expansão demográfica e atividades econômicas na indústria e na agricultura, fazendo com que não se considere segura nenhuma fonte de água superficial, sendo obrigatória uma ou outra forma de tratamento, (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

O crescimento populacional e a industrialização têm intensificado a poluição de mananciais superficiais e subterrâneos, fazendo com que a água se torne cada vez mais escassa. A natureza tem uma grande capacidade de recuperação e os seus recursos são suficientes para proporcionar ao homem uma satisfatória qualidade de vida, entretanto, essa capacidade não é ilimitada, e um recurso natural uma vez degradado, pode demorar séculos para voltar às suas características originais.

A escassez e o comprometimento da qualidade da água são responsáveis por uma série de doenças como o cólera, a dengue, a febre tifóide, a malária, a hepatite infecciosa, disenterias, entre outras. Alguns estudos apontam as doenças veiculadas pela água como responsáveis por 65% das internações pediátricas na rede pública (FALCÃO e OLIVEIRA, 2004).

De acordo com a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (MS), toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade, ou

seja, deve estar em conformidade com os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos.

A água contém vários componentes do próprio ambiente natural ou introduzidos a partir das atividades antrópicas. Para caracterizar uma água diversos parâmetros conhecidos como indicadores de qualidade são levados em consideração, representando suas características físicas, químicas e biológicas (MOTA, 1997).

3.1.1 Características Físicas da Água

As características físicas podem ser determinantes na escolha da tecnologia de tratamento a ser utilizada. Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas naturais são a cor, a turbidez, os teores de sólidos em suas diversas frações, a temperatura, o sabor e o odor.

Cor Aparente e Verdadeira

A cor é, geralmente, devida à matéria orgânica em suspensão coloidal, podendo ser devida à matéria mineral em solução, como um colóide, ou em suspensão (BABBITT, 1973).

Quando a água, além da cor, apresenta uma turbidez adicional, diz-se que a cor é aparente. Removida a turbidez, o residual que se mede é a cor verdadeira, devido às partículas coloidais carregadas negativamente (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

Turbidez

A turbidez refere-se à matéria suspensa presente na água, de qualquer natureza, com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos colóides. É causada principalmente por areia, argila e microrganismos em geral (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Pode ser considerada como o inverso da sua transparência (CARDOSO, 2007).

A turbidez, em si só não traria inconvenientes sanitários, não fosse a natureza química de certos compostos em suspensão que poderão estar presentes, bem como a ocorrência, em muitos casos, de organismos patogênicos associados a esses compostos (VIANNA, 1992).

Sólidos

Os sólidos correspondem a toda matéria que aparece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-fixada, durante determinado tempo.

As atividades agrícolas, em solos com elevado potencial de erosão, aliadas à falta de mata ciliar e de técnicas adequadas de preparo e conservação do solo, constituem-se nas principais causas dos processos erosivos. Como consequência, durante o período chuvoso, grande quantidade de solos é carregada para o leito dos cursos d'água, contribuindo para o aumento da concentração de sólidos. (VANZELA *et al.*, 2005).

Temperatura

A temperatura, que é uma medida da intensidade de calor, é importante uma vez que interfere na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases e pode acentuar a sensação de sabor e odor. Interfere ainda na eficiência da desinfecção e no desempenho das unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

3.1.2 Características Químicas da Água

As características químicas da água são devidas à presença de substâncias dissolvidas e são de grande importância, tendo em vista as consequências sobre o organismo humano.

Segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005) alguns elementos, ou compostos químicos na água bruta podem inviabilizar o uso de algumas tecnologias de tratamento. Pode-se citar como parâmetros químicos de qualidade: pH, alcalinidade e acidez, dureza, formas de nitrogênio e compostos orgânicos.

pH

O pH expressa a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. Valores baixos de pH tendem a ser corrosivos, enquanto valores altos tendem a formar incrustações.

A vida aquática depende do pH, sendo recomendado a faixa de 6,0 a 9,0 (CARDOSO, 2007).

Alcalinidade e Acidez

Alcalinidade da água é a medida da sua capacidade de neutralizar ácidos ou absorver íons hidrogênio sem mudança significativa do pH (MORGADO, 1999), enquanto a acidez é a capacidade da água em neutralizar bases.

A alcalinidade influi na coagulação química quando se utiliza como agente coagulante o sulfato de alumínio, visto que este é doador de prótons em solução. Se a alcalinidade for

baixa, a coagulação pode exigir a adição de alcalinizante para o ajuste do pH, mas se a alcalinidade e o pH forem altos, provavelmente haverá problemas nesse tipo de coagulação (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Em teores elevados, a alcalinidade pode proporcionar sabor desagradável à água.

A acidez está relacionada com o condicionamento final da água em uma estação de tratamento, podendo ser necessário estabilizar o carbonato de cálcio por meio da adição de um alcalinizante, a fim de evitar problemas de corrosão no sistema de abastecimento (RITCHER e AZEVEDO NETTO, 2003).

Dureza

A dureza pode ser considerada como um atributo conferido à água pela presença de sais alcalino-terrosos, como o cálcio e o magnésio (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1987).

É expressa em termos de CaCO_3 e pode ser classificada de duas maneiras: pelos íons metálicos e pelos ânions associados com os íons metálicos (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

Teores elevados de dureza podem causar sabor desagradável e efeito laxativo, além da redução da formação de espumas do sabão e formação de incrustações nas tubulações. (MOTA, 1997).

Cloretos

A presença de cloretos numa concentração mais elevada que a encontrada nas águas naturais de uma região é indicação de poluição. Um excesso de cloretos é usualmente um sinal de perigo. Como os cloretos solúveis não são comumente afetados pelos processos biológicos, são reduzidos em concentrações principalmente por diluição. (BABBITT., 1973)

Formas de Nitrogênio

O nitrogênio pode estar presente na água sob a forma molecular, amônia, nitrito e nitrato. É essencial ao crescimento das algas, mas em excesso pode ocasionar o que se conhece como o fenômeno da eutrofização, com a proliferação excessiva de algas e de vegetação aquática (MOTA, 1997).

O lançamento de esgotos e o uso intenso de fertilizantes na agricultura são os principais responsáveis pela presença de nitrogênio nos corpos d'água.

Compostos Orgânicos

A análise de carbono orgânico total (COT), fornece a composição orgânica global da água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). É um importante parâmetro para a classificação da carga orgânica da água, fornecendo qual a concentração total de carbono contida na amostra.

A análise de compostos com absorção em UV-254 nm identifica os grupos de compostos orgânicos alifáticos, aromáticos, complexos multi-aromáticos e substâncias húmicas conjugadas (MORAES, 2004), mostrando-se como uma alternativa para a representação da matéria orgânica.

Além disso, a absorção em UV-254 nm é utilizada para verificar o potencial de formação de trihalometanos em água (APHA, 1995), que são membros da família dos organohalogenados derivados do metano, em que alguns átomos de hidrogênio são substituídos por cloro, bromo ou iodo (MORAES, 2004).

As substâncias húmicas são originárias da degradação biológica de resíduos animais e vegetais e da atividade sintética de microrganismos (FREDERICO *et al.*, 1999).

3.1.3 Características Biológicas da Água

Entre as impurezas das águas, pode-se incluir os microrganismos como as bactérias, vírus e protozoários, que podem ser patogênicos, e dessa forma, provocar doenças ou epidemias.

Os coliformes totais constituem um grupo de bactérias encontradas na água, solo e fezes, enquanto os coliformes fecais integram um grupo de bactérias originárias do trato intestinal, sendo a *Escherichia coli* uma das principais representantes (MOTA, 1997). Coliformes são considerados como indicadores de poluição fecal recente.

3.2 PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

A água pode conter inúmeras substâncias, elementos químicos e microrganismos considerados como impurezas, que podem prejudicar a saúde humana se não forem reduzidos ou eliminados.

Na água grande parte das partículas coloidais e moléculas das substâncias húmicas possuem cargas elétricas superficiais carregadas negativamente, devido aos seguintes processos, DAVINO (1976), citado por CARDOSO (2007):

- ✓ Defeito na rede de cristais da matéria, pois a maioria das águas naturais superficiais apresenta muitos tipos de argilas, que são basicamente constituídas de silicatos de alumínio. Assim, ocorre a substituição dos átomos de alumínio por silício na rede do cristal, o que gera um excesso de cargas negativas na superfície desses agregados;
- ✓ Ionização da superfície das partículas em suspensão na água, porque a matéria silicosa presente nessa suspensão pode sofrer hidratação para formar grupos silanol que, conseqüentemente também se ionizam, conferindo cargas negativas à matéria suspensa;
- ✓ A matéria orgânica originária das substâncias húmicas em suspensão nas águas superficiais apresenta uma grande variedade de compostos contendo os grupos fenólicos, carboxílicos e aminas, parcialmente ionizados. Isso também confere cargas negativas à matéria em suspensão na água.

Devido à ocorrência destes três fenômenos, os colóides dispersos na água se apresentam com cargas elétricas superficiais negativas, mesmo depois de um balanço com os íons de carga contrária presentes. De maneira geral, todas as partículas dispersas em águas cujo pH se encontra entre 4 e 10 apresentam cargas negativas devido à adsorção seletiva de íons eletronegativos. Como na prática as águas a serem tratadas estão dentro dessa faixa de pH, o processo de coagulação/floculação se desenvolveu baseado nas cargas negativas das impurezas da água (CAMPOS e POVINELLI, 1976).

As impurezas da água não se aproximam umas das outras caso suas características não sejam alteradas, sendo necessária a adição de substâncias denominadas coagulantes, para que ocorra a remoção desses elementos.

Os termos coagulação e floculação são utilizados, praticamente, como sinônimos, uma vez que ambos significam o processo integral de aglomeração das partículas. Mas, pode-se dizer que a coagulação é o processo por meio do qual o agente coagulante é adicionado à água, reduzindo as forças que tendem a manter separadas as partículas em suspensão, e a floculação é a aglomeração dessas partículas por meio de transporte de fluido, de modo a formar partículas maiores que possam sedimentar (RITCHER e NETTO, 2003).

Especificamente, a coagulação é um processo químico usado para desestabilizar as partículas coloidais. Adiciona-se um agente químico para gerar íons carregados positivamente na água, que contém colóides carregados negativamente. Como resultado, ocorre uma redução na repulsão existente entre as partículas (SILVA, 2005).

Na unidade de mistura rápida ocorrem interações entre o coagulante e a água, formando espécies hidrolisadas, sendo geralmente necessária agitação intensa para que o processo de coagulação seja eficiente (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Na floculação ocorre a agregação das partículas em suspensão. Essa aglomeração se dá em função das forças de Van Der Waals. A formação dos flocos pode ocorrer de maneira espontânea, apenas pelos sucessivos choques entre as várias partículas presentes, desde que o sistema possua energia disponível para tal, decorrente da agitação do sistema. No entanto, uma agitação muito intensa pode fazer com que os flocos formados se desagreguem espontaneamente (PAULA, 2004). Sendo assim, não há necessidade de agitação tão intensa quanto aquela utilizada na mistura rápida.

A coagulação convencional depende das características da água bruta e da quantidade de impureza que ela contém. Esse fato confere à água flocos mais pesados e com maior capacidade de decantação (SILVA, 2005).

Entre as características da água e as condições de operação, que afetam o controle da coagulação, estão a cor, a turbidez, a temperatura, a alcalinidade, o pH e a dureza. Em baixas temperaturas o floco se forma vagorosamente e as partículas finas decantam lentamente. Já em temperaturas moderadas o floco se forma mais rapidamente e de forma mais satisfatória. No entanto, em algumas condições, a quantidade necessária de coagulante pode aumentar com a elevação da temperatura (BABBITT, 1973).

Nas estações de tratamento de água – ETAs, o fenômeno da coagulação/floculação, começa a ocorrer de maneira simultânea na mistura rápida, e se consolida durante a mistura lenta (floculação).

O fenômeno coagulação/floculação, juntamente com a decantação ou sedimentação propicia a clarificação da água, definida como o processo de remoção de cor e turbidez.

Vale ressaltar que, no tratamento de água para qualquer finalidade, a coagulação/floculação e sua conseqüente clarificação constituem etapas fundamentais, pois delas depende a eficiência da filtração (DI BERNARDO, 1993).

Segundo SPINELLI (2001) as etapas de coagulação e floculação constituem a parte mais delicada do tratamento de água para abastecimento, pois qualquer falha nesse setor pode acarretar grandes prejuízos na qualidade e custo do produto distribuído à população.

3.2.1 Mecanismos de Coagulação

O mecanismo de coagulação/floculação das impurezas que estão contidas nas águas brutas depende do tipo de coagulante utilizado, com o objetivo de se obter água tratada para fins domésticos ou industriais (SILVA, 2005).

A coagulação é resultante da ação individual ou combinada, de quatro mecanismos distintos: compressão da camada difusa, adsorção e neutralização, varredura e adsorção e formação de pontes. (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Compressão da Camada Difusa

Um sistema coloidal pode ser desestabilizado pela adição de íons com carga contrária à das partículas coloidais. A desestabilização de um colóide por um eletrólito indiferente, como o cloreto de sódio, ocorre devido às interações eletrostáticas, ou seja, íons de mesma carga são repelidos e íons de carga contrária são atraídos pelos colóides.

Quando se introduzem sais simples em um sistema coloidal ocorre o aumento da densidade de cargas na camada difusa e a diminuição da esfera de influência das partículas, ocasionando o que se chama de coagulação por compressão da camada difusa. O aumento de íons positivos e negativos na água acarreta o acréscimo do número de íons na camada difusa que, para manter-se eletricamente neutra, tem seu volume reduzido, de modo que as forças de Van Der Waals sejam dominantes, eliminando a estabilização eletrostática (DI BERNARDO, 1993).

SPINELLI (2001) afirma que, os principais aspectos relacionados a esse mecanismo de coagulação são: primeiro, a quantidade necessária de eletrólitos para conseguir a coagulação é independente da concentração de colóide na água e, segundo, não é possível causar a reversão de carga dos colóides.

Adsorção e Neutralização de Cargas

A desestabilização de uma dispersão coloidal consiste nas interações entre coagulante-colóide, coagulante-solvente e colóide-solvente.

O mecanismo de adsorção e neutralização das cargas é muito importante quando se aplicam tecnologias de filtração direta, pois não há necessidade de produção de flocos para posterior sedimentação, mas de partículas desestabilizadas que serão retidas no meio granular dos filtros (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Varredura

Dependendo da dosagem de coagulante, do pH da mistura e da concentração de alguns tipos de íons na água, poderá ocorrer a formação de precipitados, que são espécies hidrolisadas com cargas positivas. As partículas coloidais presentes comportam-se como núcleos de condensação (SILVA, 2005).

Este mecanismo é muito usado nas estações de tratamento de água em que se têm floculação e sedimentação antecedendo a filtração (DI BERNARDO e DANTAS, 2005), ou seja, nos casos nos quais o sulfato de alumínio é aplicado.

Adsorção e Formação de Pontes

Este mecanismo envolve o uso de polímeros de grandes cadeias moleculares, os quais servem de ponte entre a superfície à qual estão aderidos e outras partículas (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Para MENDES (1989) o comportamento dos polímeros como coagulantes pode ser explicado baseando-se na sua adsorção à superfície das partículas coloidais, seguida pela redução da carga ou pelo entrelaçamento das partículas na cadeia do polímero.

Segundo SPINELLI (2001) esses polímeros podem ser classificados como:

- ✓ Catiônicos: apresentam sítios ionizáveis positivos. Ex: íon dialil-dimetil amônia.
- ✓ Aniônicos: apresentam sítios ionizáveis negativos. Ex: ácido poliacrílico.
- ✓ Não iônicos: não apresentam sítios ionizáveis. Ex: óxido de polietileno.
- ✓ Anfóliticos: apresentam sítios ionizáveis negativos e positivos. Tomando-se uma superfície plana carregada negativamente, em contato com um líquido que contenha íons positivos e negativos dissolvidos, haverá um acúmulo de cargas positivas, próximo às paredes (camada compacta) e, enquanto se afasta da mesma, o número de íons de cargas opostas tende a se igualar (camada difusa). Dá-se o nome de dupla camada ao sistema de cargas, a superfície do colóide e a camada de sinal contrário (SPINELLI, 2001).

O modelo coloidal para partículas eletronegativas pode ser observado na **Figura 1**.

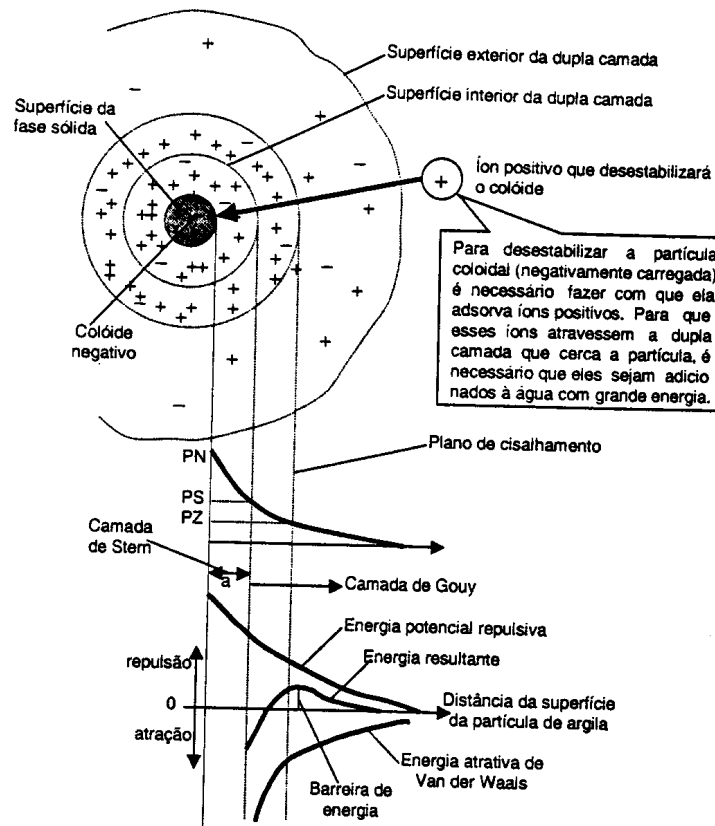


Figura 1 – Potencial Zeta segundo Johnson e Alexander

Fonte: DALSSASSO, 1999, citado por MORAES, 2004

O potencial Zeta é a medida do potencial elétrico entre a superfície externa da camada compacta que se desenvolve ao redor da partícula e do meio líquido em que ela está inserida. A eliminação das cargas eletrostáticas superficiais é verificada pela diminuição do potencial Zeta (SVAROVSKY, 2000).

A Figura 2 mostra a interação entre duas partículas coloidais

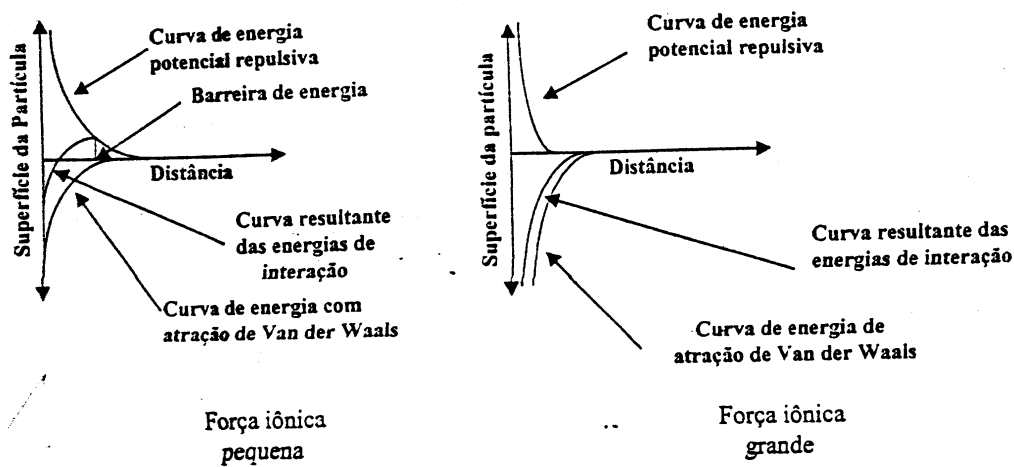


Figura 2 – Interação entre Duas partículas Coloidais Semelhantes

Fonte:– DI BERNARDO,1993, citado por MORAES, 2004

A coagulação ocorre à medida que o potencial Zeta é reduzido. Ele deve diminuir a valores que permitam a posterior aglomeração das partículas, possibilitando a formação de flocos (KIMURA, 2001).

Além do potencial Zeta da água bruta, outras características podem afetar a coagulação, destacando-se a condutividade elétrica, o pH, e a temperatura, entre outros. A influência do pH de coagulação no potencial Zeta foi comprovada por meio de estudos nos quais se tem o potencial Zeta em função da dosagem de sulfato de alumínio, mantendo-se constante, mediante o uso de hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, o pH de coagulação.(DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

3.3 COAGULANTES

A adequada coagulação permite economizar produtos químicos e tempo de agitação para a floculação da água em tratamento (VIANNA, 1992).

Muitos agentes coagulantes são usados nos processos de tratamento de água, como os coagulantes inorgânicos (sais de alumínio e ferro), polímeros orgânicos, sintéticos e naturais.

3.3.1 Coagulantes Químicos

A definição do coagulante freqüentemente pauta-se em fatores de ordem econômica, relacionados a adequabilidade à água bruta, à tecnologia de tratamento, ao custo e à preservação dos tanques e dosadores. Ao longo das últimas décadas diversos sais têm sido utilizados como coagulantes, basicamente sais de ferro e de alumínio, e, mais raramente, os polímeros orgânicos são também empregados como coagulantes primários (DEMPSEY, 1984, citado por MORAES, 2004).

Os sais de alumínio e ferro são os agentes mais utilizados no tratamento de água, por serem de baixo custo e terem capacidade coagulante já comprovada.

O sulfeto ferroso é muito útil para tratar águas com pH elevado, entre 8,5 e 11, o sulfato férrico é conveniente para tratamento de águas altamente coloridas ou ácidas e é efetivo na faixa de pH entre 5,0 a 11,0, enquanto o cloreto férrico produz bons flocos nessa mesma faixa de pH (VIANNA, 1992). Já o aluminato de sódio, considerado um coagulante básico, é usado em casos especiais ou como um aditivo para a coagulação secundária de águas superficiais altamente coloridas.

A coagulação/floculação, quando realizada com sais de alumínio e ferro, resulta em dois fenômenos: o primeiro, que é essencialmente químico, consiste nas reações do coagulante com a água, formando espécies hidrolisadas com carga positiva. Depende da concentração do metal presente, da temperatura, da quantidade de impurezas e do pH final da mistura. O segundo, fundamentalmente físico, consiste no transporte dessas espécies hidrolisadas para que haja contato com as impurezas presentes na água (DI BERNARDO, 1993).

Segundo BORBA (2001) os coagulantes clássicos ou convencionais, tais como sulfato de alumínio, cloreto ferroso e cloreto férrico, devido à grande eletropositividade dos elementos químicos que os compõem, quando são dissolvidos na água, geralmente, formam compostos gelatinosos de cargas positivas.

O mecanismo de formação dos flocos ocorre por meio da neutralização entre a acidez do coagulante e a alcalinidade da água, que por atração eletrostática entre as cargas positivas resultantes da ionização do coagulante e as cargas negativas das partículas, formam os flocos. Esses são maiores, mais pesados, dotados de ligações iônicas, e têm tendência de se precipitarem quando há uma diminuição da velocidade de fluxo da água (BORBA, 2001).

Os coagulantes convencionais só têm eficiência se a água bruta contiver alcalinidade natural ou adicionada, caso contrário não ocorrerá a coagulação/floculação, devido ao excesso de prótons liberado pelo coagulante (BORBA, 2001).

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos diversos compostos poliméricos de ferro e alumínio, constituindo um novo tipo de coagulante amplamente usado nos países do primeiro mundo, conhecidos como polímeros inorgânicos (SILVA, 2005).

Processos convencionais utilizam coagulantes químicos que podem ser classificados como coagulantes ácidos e coagulantes básicos. A Tabela 1 apresenta alguns dos coagulantes mais utilizados no processo de obtenção de água potável.

Tabela 1 – Coagulantes mais utilizados na obtenção de água potável

Fonte: <http://www.kurita.com.br/tecnico/tec2.htm>

Coagulante	Função
Al ₂ (SO ₄) ₃ – Sulfato de Alumínio	Cátions polivalentes (Al ⁺³ , Fe ⁺³ , Fe ⁺² , etc.) neutralizam as cargas elétricas das partículas suspensas e os hidróxidos metálicos (Ex: Al ₂ (OH) ₃), ao adsorverem os particulados, geram uma floculação parcial.
PAC – Policloreto de Alumínio	
FeCl ₃ – Cloreto Férrico	
FeSO ₄ – Sulfato Ferroso	
Ca(OH) ₂ – Hidróxido de Cálcio	Usualmente utilizado como agente controlador do pH. Porém, os íons cálcio atuam também como agentes de neutralização das cargas elétricas superficiais, funcionando como um coagulante inorgânico.
Polímeros Aniônicos e Não-iônicos	Geração de “pontes” entre as partículas já coaguladas e a cadeia do polímero, gerando flocos de maior diâmetro.
Polímeros Catiônicos	Neutralização das cargas elétricas superficiais que envolvem os sólidos suspensos e incremento do tamanho dos flocos formados (via formação de pontes). Usualmente utilizado no tratamento de lamas orgânicas.
Policátions	São polieletrólitos catiônicos de baixo peso molecular, os quais possuem como função principal a neutralização das cargas elétricas superficiais e aumento do tamanho dos flocos. Utilizado em substituição aos floculantes inorgânicos convencionais.

Sulfato de Alumínio

As propriedades do alumínio como clarificador de águas, já eram conhecidas pelos antigos egípcios e gregos. Já as propriedades do ferro só foram descobertas no século XIX. Atualmente, sais de Al^{3+} são os floculantes mais usados, seguidos de sais de Fe^{3+} e Fe^{2+} . Esses sais reagem com a alcalinidade formando hidróxidos que desestabilizam os colóides (PAWLOWSKY, 1981).

O sulfato de alumínio é provavelmente, a substância química mais amplamente utilizada para coagulação dos suprimentos públicos de água, devido à excelente formação do floco, seu baixo custo, e facilidade de transporte e de manuseio. O pH utilizado no processo de coagulação com sulfato de alumínio é de 5,0 a 8,0 (CORBITT, 1998).

O sulfato de alumínio é fornecido em pó ou granulado e apresenta a fórmula química $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14,3 \text{H}_2\text{O}$ ou $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Os principais compostos de sulfato de alumínio da solução estoque em função do pAl_T (igual a $-\text{Log}[\text{Al}_T]$) são mostrados na Figura 3 abaixo:

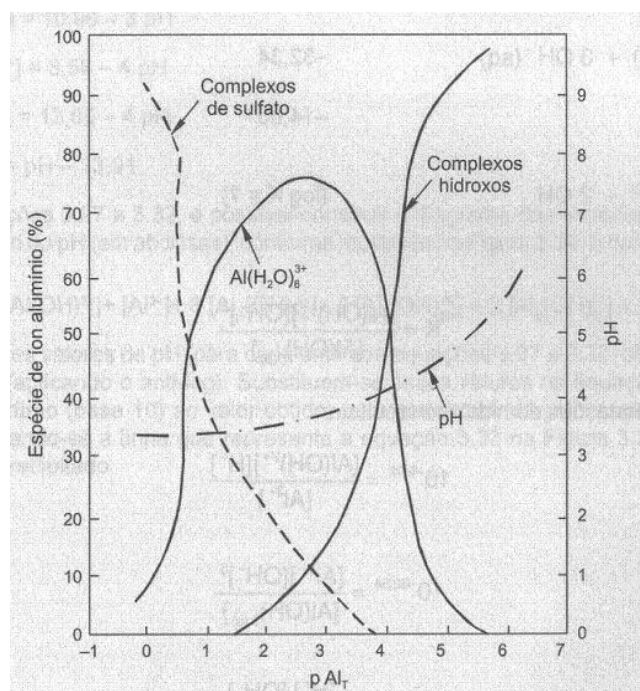


Figura 3 - Espécies de sulfato e de alumínio na solução estoque

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS, 2005

Pode-se observar, pela Figura 3, que em função da concentração da solução do coagulante, o alumínio poderá se encontrar em maior ou menor porcentagem na forma de $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$

ou ainda na forma de hidróxido-complexos e, em algumas situações, poderá influir na eficiência da coagulação, precedendo a floculação, sedimentação ou a filtração (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Seu efeito como coagulante é fortemente dependente do pH, e no final do tratamento pode ficar presente na água uma alta concentração de alumínio residual, em consequência do pH de floculação utilizado (KAWAMURA, 1991).

Quando o alumínio é adicionado na água e hidrolisa, há a formação de um grande número de espécies monoméricas, e possíveis espécies poliméricas. A maior parte desses produtos encontra-se em equilíbrio com o precipitado sólido de hidróxido de alumínio $[Al(OH)_3]$. Estas espécies hidrolisadas podem ainda incluir compostos de alumínio polinucleares. A natureza dos produtos formados é afetada pelo pH de origem da água, alcalinidade, temperatura, outras partículas, matéria orgânica, dosagem de coagulante e pH de coagulação (AMIRTHARAJAH e O'MELIA, 1990).

Utilizando-se o sulfato de alumínio como coagulante, quando se trabalha com água que possua cor alta e turbidez baixa, o pH de coagulação ideal é menor, em torno de 5,0 a 6,0 do que quando se tem uma água com turbidez alta. Nesse caso, o pH de coagulação ideal fica em torno de 7,0 a 8,2. (AMIRTHARAJAH, 1989 citado por CAMPOS *et al.*, 2005).

A Figura 4 apresenta um diagrama de solubilidade do alumínio em função do pH.

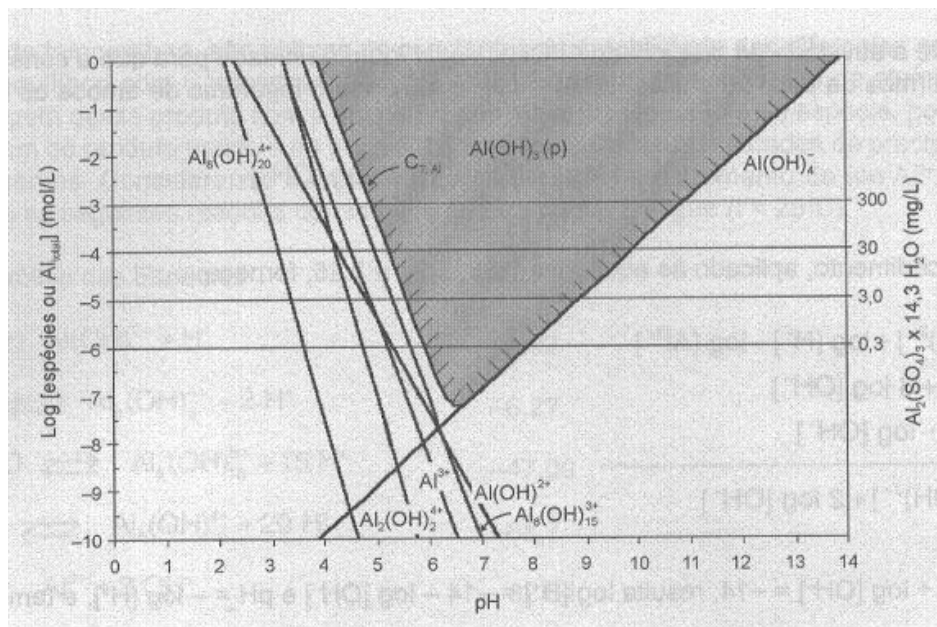


Figura 4 - Diagrama de solubilidade do alumínio

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS, 2005

De acordo FERREIRA FILHO e LAGE FILHO (1996), a eficiência do processo de coagulação está diretamente relacionada com o binômio pH – dosagem de coagulante, sendo que, uma vez adicionada uma quantidade de coagulante necessário para que o sistema coloidal seja desestabilizado, o pH de coagulação deve ser ajustado, seja com base ou ácido.

A concentração de sulfato de alumínio na solução estoque influi nas espécies que irão predominar. Para soluções muito diluídas, nas quais $pAl_T \geq 4$, predominam os hidroxocomplexos de alumínio ($pAl_T = -\log [Al_T]$, sendo Al_T o alumínio total presente); para soluções nas quais $pAl_T \leq 0,5$, as principais espécies solúveis de alumínio são do tipo $AlSO_4^+$; para valores de pAl_T entre 1 e 3, há predominância do alumínio na forma de Al^{3+} ou $Al(H_2O)_6^{3+}$, correspondendo a 10^{-1} e 10^{-3} moles/L, respectivamente.

Se $pAl_T=2,517$, ou seja, $[Al_T] = 10^{-2,517}$ moles/l e, como 1 mol de alumínio é igual a 27 000 mg, aquele valor de pAl_T corresponde a aproximadamente 81,5 mg Al/l. Considerando que em 1 mol de sulfato de alumínio (666 g), há 54 g de alumínio, a dosagem de sulfato de alumínio resulta de 1,005 mg/L ou aproximadamente, 1 mg/L, concentração geralmente adotada para a solução de sulfato de alumínio em laboratório, quando são feitos ensaios em reatores estáticos (DI BERNANRO E DANTAS, 2005).

Nas estações de tratamento de água, a concentração da solução de sulfato de alumínio, obtida a partir do produto granulado, é adotada, geralmente, entre 5 e 20 % (50 a 200 mg/L), enquanto, o sulfato de alumínio comercial em estado líquido, com concentração da ordem de 48-50 %, pode conter ácido sulfúrico adicional, apresentar pH muito baixo e maior quantidade de complexos de sulfato. Do exposto, é de esperar que, em função da concentração da solução do coagulante, o alumínio possa estar em maior ou menor porcentagem na forma de $Al(H_2O)_6^{3+}$, ou ainda na forma de hidroxocomplexos, e influir na eficiência da coagulação. Entretanto, ao estudar dez tipos de águas naturais e sintéticas e variar a concentração da solução entre 0,05 e 10 %, Mendes (1989) não obteve resultados conclusivos sobre a influência da concentração da solução de sulfato de alumínio na eficiência da coagulação, realizada tanto no mecanismo da varredura quanto no de neutralização de cargas.

Nas estações de tratamento de água, a concentração da solução tem sido relacionada ao tamanho dos tanques de preparação (quando é usado o sulfato de alumínio granulado) ou

dos tanques de diluição (quando é usado o sulfato de alumínio líquido) e ao controle da vazão da solução aplicada na água bruta, do que com a eficiência da coagulação.

As Figuras 5 e 6 apresentam diagramas de estudos que, segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005), demonstram que a neutralização de cargas não é o único fenômeno responsável pela eficiência da coagulação com o sulfato de alumínio, para três argilas testadas pelos autores. Isso fica evidente na Figura 5, na qual se observa que os melhores resultados de remoção de turbidez foram obtidos para valores de pH entre 7,5 e 8,5, região em que a mobilidade eletroforética é negativa. Outra importante observação é o fato de terem sido necessários 100mg/L de sulfato de alumínio para que houvesse a reversão de carga na montmorilonita, o que pode ser observado na Figura 6, enquanto 14mg/L foram suficientes para que ocorresse coagulação satisfatória, o que pode ser observado na Figura 5.

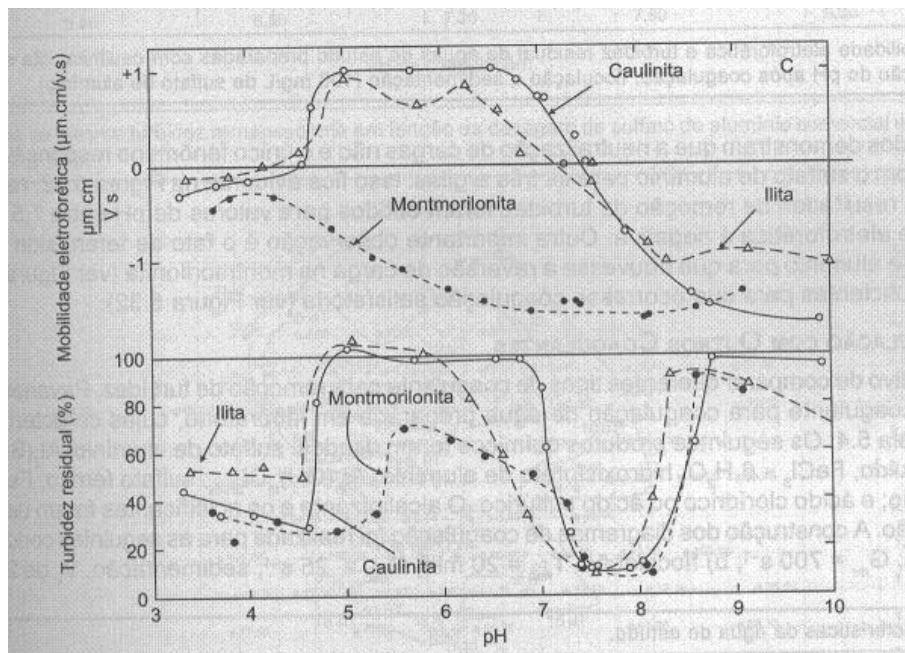


Figura 5 - Mobilidade eletroforética e turbidez residual: águas com caulinita, ilita e montmorilonita, função do pH após coagulação/floculação/sedimentação -15mg/L sulfato Al

Fonte: DI BERNARDO e DANTAS, 2005

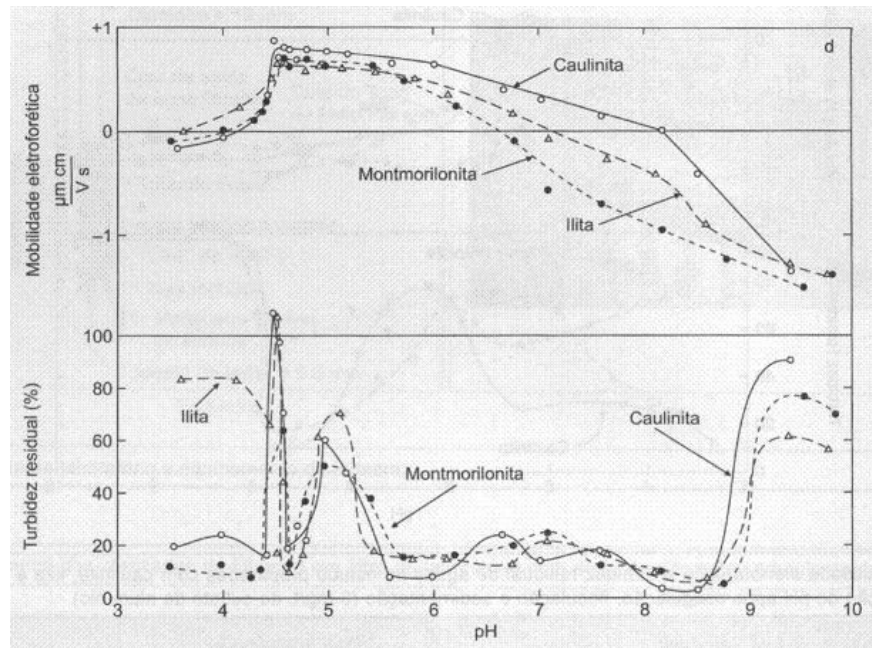


Figura 6 - Mobilidade eletroforética e turbidez residual: águas com caulinita, ilita e montmorilonita, função do pH após coagulação/floculação/sedimentação-100mg/L sulfato Al
Fonte: DI BERNARDO e DANTAS, 2005

A ingestão de sulfato de alumínio pode resultar em úlcera e necrose da mucosa, garganta e esôfago. O efeito sistemático inclui náuseas, vômito, diarreia, dor epigástrica, ânsia, gastroenterite hemorrágica e colapso circulatório. (CLAYTON, 1989).

Suspeita-se ainda da ligação do sulfato de alumínio com o desenvolvimento da doença de Alzheimer. Sabe-se que o alumínio não é o causador principal desta doença, mas que pode acelerar o processo degenerativo (McLACHLAN, 1995). De acordo com SPINELLI (2001) várias observações suportam a idéia de que o alumínio é um possível fator patogênico do desenvolvimento da doença de Alzheimer, pois o metal produz uma progressão clínica nos sinais neurológicos, incluindo déficits na memória e alterações elétricas neuronais.

Segundo GOLDKORN (2005) citado por CARDOSO (2007), algumas pesquisas informam que a quantidade de alumínio encontrada no cérebro de portadores da doença de Alzheimer é assustadoramente alta.

Desta forma, devido às leis cada vez mais rígidas, sais de Al são ambientalmente indesejáveis nos tratamentos de água, pois o lodo produzido pode tornar disponíveis íons solúveis que comprometem a saúde humana.

Além disto, o alumínio não é biodegradável, podendo ocasionar problemas de disposição e tratamento do lodo gerado (MORAES, 2004).

3.3.2 Coagulantes Naturais

O interesse pelo estudo de coagulantes naturais para clarificar água não é uma idéia atual. Em vários países asiáticos, africanos e sul-americanos, inúmeras plantas estão sendo utilizadas como coagulantes/floculantes naturais.

O homem tem buscado na biodiversidade dos recursos naturais um coagulante natural, biodegradável, para a clarificação de água bruta, que apresente baixa toxicidade e seja de uso simples, barato e de fácil obtenção e aplicação (SILVA, 2005).

Os coagulantes de origem orgânica naturais conhecidos universalmente como polieletrólitos, são representados por compostos constituídos de grandes cadeias moleculares, dotados de sítios com cargas positivas ou negativas (BORBA, 2001). Porém, apenas os polieletrólitos catiônicos, ou seja, que apresentam cargas positivas, podem ser utilizados sem a aplicação do coagulante primário (SPINELLI, 2001).

Por outro lado, a presença de um polieletrólito orgânico natural na água, pode aumentar o teor de matéria orgânica e causar o aparecimento de sabores desagradáveis e odores ruins, caso essa matéria orgânica não seja eliminada durante as fases da coagulação/floculação, sedimentação e desinfecção (SILVA, 2005).

Vantagens do Uso dos Biopolímeros em Relação aos Coagulantes Químicos

Os coagulantes/floculantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos coagulantes químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais (MORAES, 2004).

De acordo com McLACHLAN (1995) citado por MORAES (2004), a quitosana é um polímero natural e não tóxico, ou seja, não traz sérios riscos à saúde humana, como o sulfato de alumínio que, conforme alguns resultados clínicos já realizados e relatados anteriormente, demonstra ser um dos agravadores da doença de Alzheimer.

CRUZ *et al.* (2005) afirmam que, o uso de uma matéria prima renovável, tal como os taninos vegetais, apresenta uma menor contribuição de ânions sulfatos ao lodo final, menor geração de massa de lodo, e obtenção de um lodo orgânico com maior facilidade de eliminação.

Como auxiliares de coagulação/floculação, os polímeros apresentam vantagens em uma estação de tratamento (ETA), tais como: melhoria da qualidade da água decantada e filtrada, redução do consumo do coagulante primário, redução dos gastos com produtos químicos, redução no volume do lodo no decantador, aumento da eficiência da desinfecção como consequência da redução da concentração de sólidos suspensos na água filtrada, diminuição da ocorrência da deposição de lodo na rede e nos reservatórios de distribuição (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Busca-se, assim, um coagulante natural que possa ser usado de forma individual ou juntamente com outros sais coagulantes tradicionais, agindo como um auxiliar no tratamento de águas, principalmente nos casos em que as águas apresentam elevada turbidez, para as quais somente o uso de sulfato de alumínio não é indicado.

Dentre os coagulantes naturais, pode-se destacar a quitosana, um polieletrólito natural proveniente da quitina, que possui uma grande cadeia polimérica que pode ser protonada em meio ácido, atuando como polieletrólito na coagulação de matéria coloidal da água.

Quitosana

A quitosana é o derivado mais importante da quitina, sendo obtida por uma reação de hidrólise alcalina, resultando assim num biopolímero constituído predominantemente de β -(1-4)-2-desoxi-glicose, apresentando em sua cadeia aproximadamente 70-90% de grau de desacetilação (FURLAN, 1997, citado por MORAES, 2004). A Figura 7 mostra a estrutura da quitosana.

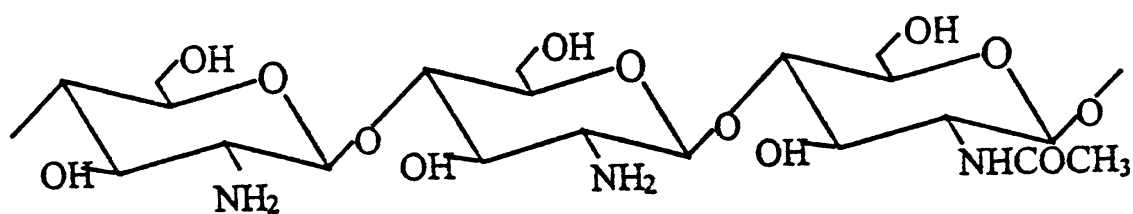


Figura 7- Estrutura da Quitosana

Fonte: MORAES, 2004

A quitosana é um polissacarídeo linear obtido da desacetilação da quitina. As propriedades físico-químicas da quitosana são função do grau médio de acetilação (GA) e da massa molecular média (M). Várias aplicações da quitosana foram propostas na literatura, principalmente no tratamento de águas, produção de cosméticos, drogas e medicamentos,

aditivos alimentícios, membranas semipermeáveis e no desenvolvimento de biomateriais (SANTOS *et al.*, 2003).

A utilização de microrganismos na biodegradação de produtos químicos tóxicos, abriu novo campo de aplicação para a quitina e quitosana na área de purificação e tratamento de água. Esses biopolímeros são usados como matriz para imobilização das cepas de bactérias envolvidas na desintoxicação e biodegradação de vários micropoluentes orgânicos, como por exemplo, os clorofenóis. De acordo com a Agência americana de Proteção Ambiental, a quitosana foi aprovada para ser utilizada seguramente como componente de meio filtrante para a água potável (MORAES, 2004).

Durante o processamento do camarão, na etapa de descasque, são geradas grandes quantidades de resíduo sólido, tendo em vista que cabeça e cascas do animal correspondem a aproximadamente 40% de seu peso total (GILDBERG e STENBERG, 2001). Este resíduo é em geral clandestinamente enterrado ou jogado no mar ou em rios, causando problemas ambientais, principalmente em países grandes produtores de camarão onde não há rigor na fiscalização ambiental. Tendo em vista que tal resíduo é constituído por quitina, proteínas, carbonato de cálcio e pigmentos (ZAKARIA *et al.*, 1998), tem havido grande interesse em seu reaproveitamento, buscando alternativas à sua disposição final, com vistas ao desenvolvimento de produtos de valor agregado.

Muitas são as possíveis aplicações da quitina e da quitosana, devido à sua versatilidade, podendo ser utilizada na indústria farmacêutica como agente cicatrizante, usada no controle de colesterol, como aditivo de medicamentos; também na indústria de alimentos como aditivos alimentares; utilizada na nutrição animal; em embalagem biodegradável para alimentos; etc. (GAMANZAZADE *et al.*, 1997; KUMAR, 2000).

Os fatores que podem afetar a conformação da quitosana são o pH, a força iônica, a concentração do polímero e o seu volume hidrodinâmico. Em altas concentrações as moléculas de quitosana estão bem próximas e os contra-íons não abandonam o domínio molecular. Assim a carga efetiva aumenta, devido à alta repulsão e a estrutura do polímero torna-se mais estendida; em baixas concentrações os contra-íons se difundem para longe do domínio molecular (LONGHINOTTI *et al.*, 1996).

Devido às características de biodegradabilidade, biocompatibilidade e hidrofiliçidade, além do fato de que provém de um recurso natural renovável e abundante, a quitosana tem sido largamente utilizada em estudos com vista ao tratamento de água e de efluentes, sendo

empregada como agente quelante de metais, como coagulante/floculante, como adsorvente de corantes, ânions metálicos e outros (HUANG *et al.*, 2000, citados por MORAES, 2004).

A adição de um polieletrólito de sinal oposto ao da partícula dispersa pode levar à floculação, provocando a neutralização de cargas por causa da adsorção do polímero na superfície da partícula, via ligação eletrostática e, conseqüentemente, neutralização de carga na partícula. Esta neutralização de carga resulta no abaixamento da repulsão levando à floculação da dispersão.

Quando um polímero catiônico é adsorvido na superfície de uma partícula, ele neutraliza as suas cargas positivas e fornece excesso de carga catiônica para compensar por outro sítio de carga negativa da superfície. Desta maneira, a partícula adsorve nos grupos ativos do polímero, formando grupos ativos positivos envolvidos por regiões superficiais de sítios negativos. Este mosaico de áreas de superfície positivas e negativas admite então uma atração eletrostática direta entre as partículas (AKELAH e MOET, 1990).

Quando da utilização da quitosana nas etapas de coagulação/floculação, pode-se considerar que a floculação por polímeros, que leva à desestabilização de suspensões aquosas, é usualmente explicada por dois métodos, a neutralização de cargas do polímero e/ou a ligação polimérica (AKELAH e MOET, 1990).

De acordo com HUANG e CHEN (1996), a neutralização das cargas não é o principal mecanismo que controla a formação dos flocos durante a coagulação com quitosana. A formação de agregados é também causada por ligações entre partículas ou pontes entre elas (“interparticule bridgring”).

A presença de grupos amino nas cadeias poliméricas, permite que a quitosana atue como polieletrólito catiônico em $\text{pH} < 6,5$ e apresente uma alta densidade de cargas, que se adsorvem facilmente nas superfícies carregadas negativamente (KIMURA, 2001). Uma vez que a maioria das impurezas coloidais na água carrega cargas negativas, coagulantes catiônicos são geralmente usados para o tratamento de água e efluentes industriais.

Como a quitosana, em pH apropriado é um poliecátion, seu acoplamento a outras estruturas de carga contrária, pode permitir aplicações no tratamento de água. A quitosana tem um grupo amino em cada unidade de glicose, por essa razão ela tem um alto potencial para coagulação da matéria coloidal. Pode ser utilizada, ainda, para aumentar a ação de coagulantes inorgânicos como sulfato de alumínio, e atuar como polieletrólito auxiliar, resultando no abaixamento da dose de cada composto (SPINELLI, 2001).

De acordo com McLACHLAN (1995) a maior vantagem que a quitosana oferece sobre o sulfato de alumínio, é que a mesma por ser biodegradável, gera um lodo orgânico, fácil de tratar e que pode ser levado a um aterro sanitário comum, melhorando ainda as etapas de decantação, em vista dos flocos formados serem mais compactos.

Várias pesquisas comprovam que a quitosana é efetiva para a produção de água potável. De acordo com PAN *et al.* (1999) a coagulação com o biopolímero quitosana também produz flocos de boa qualidade, isto é, flocos grandes com alta velocidade de sedimentação.

De acordo com MORAES (2004) a utilização da quitosana como agente coagulante/floculante, apresentou excelentes remoções de cor, turbidez, e materiais com absorção em UV 254 nm.

No trabalho realizado por DIVAKARAN e PILLAI (2002) foi verificado que o pH máximo para a floculação com quitosana foi 7,0, pois em pH ácido, os grupos amino estão parcialmente protonados, e assim podem interagir com as partículas coloidais carregadas negativamente. Os autores conseguiram também apreciável redução de turbidez para a faixa de pH entre 5,0 e 7,5; encontrando como concentração ótima de quitosana, requerida para floculação, 0,5mg/L. A re-estabilização da suspensão foi observada para altas faixas de concentração de quitosana.

Por outro lado, FREDERICO *et al.* (1999) afirmam que a faixa de pH que deve ser utilizada para maximizar a remoção de compostos orgânicos totais (COT) é de 5,0 a 6,5.

O trabalho desenvolvido por SPINELLI (2001) com quitosana - no qual foram determinadas a melhor dosagem e o melhor pH de coagulação, com os resultados avaliados em função das remoções de cor e turbidez, e cujos ensaios foram realizados com solução de quitosana/ácido acético, na faixa de concentração de 0,5 a 5,0 mg/L – apresentou as melhores remoções encontradas para a concentração de 1,5 mg/L e pH de 6,35. Resultados estes obtidos após o tempo de decantação de 2 minutos.

No estudo realizado por EIKEBROKK e SALTNES (2001) as frações de remoção de cor e carbono orgânico, na concentração de 4,0mg/L, foram de 70 e 30%, respectivamente. Quando comparou-se os resultados obtidos com a quitosana a aqueles obtidos com coagulantes metálicos, verificou-se uma redução de 50% na formação de lodo e que o problema relativo à presença de metais residuais na água tratada foi resolvido. Ainda, a

disposição final do lodo foi simplificada devido à sua característica de biodegradabilidade. O único problema encontrado foi que o custo da quitosana, que ainda é alto.

Uma das vantagens da quitosana em relação ao sulfato de alumínio é uma menor dose necessária (SPINELLI, 2001). Para alcançar o mesmo nível de remoção de turbidez, a quantidade de quitosana requerida é apenas a metade da quantidade de policloreto de alumínio (PAN *et al.*, 1999).

Em relação à utilização do sulfato de alumínio em conjunto com a quitosana, existem poucas pesquisas em andamento. Mas, de acordo com pesquisas realizadas com outros coagulantes inorgânicos, em conjunto com a quitosana, e da boa eficiência dos dois agentes coagulantes, espera-se bons resultados desta associação.

3.4 SEDIMENTAÇÃO

O processo de sedimentação para a remoção de partículas sólidas em suspensão é um dos mais comuns no tratamento de água. Consiste na utilização de forças gravitacionais para separação de partículas de densidade superior à da água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento. As partículas que não são removidas na sedimentação seja por seu pequeno tamanho, ou por serem de densidade muito próxima à da água, deverão ser removidas na filtração.

Esse é um fenômeno físico no qual as partículas suspensas apresentam movimento descendente em meio líquido, em decorrência da ação da gravidade. Sendo assim, propicia a clarificação da água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Como as partículas coloidais presentes na água apresentam baixa velocidade de sedimentação, a coagulação química é necessária nas estações de tratamento de água, visando à redução da quantidade de material suspenso e dissolvido antes da filtração (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Segundo DI BERNARDO e DANTAS (2005) a velocidade de sedimentação dos flocos vai depender da qualidade da água bruta, das características químicas da coagulação, e dos parâmetros físicos da floculação.

3.5 FILTRAÇÃO

Normalmente, não é possível se obter água totalmente clarificada apenas por meio do uso da coagulação/floculação e decantação, sendo necessário então, o uso da filtração.

Esta consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes na água, que escoam através de um meio granular.

É considerada um processo de separação físico, em que a água atravessa um leito filtrante, em geral areia e carvão, de modo que partículas em suspensão sejam retidas, produzindo uma água mais limpa (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

A filtração numa estação de tratamento de água remove, da água em tratamento, as partículas em suspensão que não foram retidas na decantação. Juntamente com essas partículas, a filtração remove também os microrganismos que a elas estiverem associados (VIANNA, 1992).

Em geral, a filtração é a fase final de remoção das impurezas realizada em uma estação de tratamento de água – ETA, portanto, principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o padrão de potabilidade, conforme a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (SILVA, 2005).

A filtração rápida constitui uma barreira sanitária importante, podendo reter microrganismos patogênicos que resistem a outros processos de tratamento.

Quando se utiliza a operação de filtração com filtro de areia, os resultados demonstram normalmente uma boa remoção de bactérias, na ordem de 90%, alta remoção de cor e turbidez, porém, baixa remoção de odor e sabor.

3.6 LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Nos últimos anos vários trabalhos foram desenvolvidos no sentido da utilização de coagulantes poliméricos alternativos aos coagulantes químicos, para a produção de água potável. Estes trabalhos inicialmente preocuparam-se em substituir ou auxiliar os coagulantes convencionais com o intuito de melhorar a etapa de coagulação/floculação, tanto pela qualidade dos flocos produzidos, quanto pela ausência de metais do lodo gerado.

O Processo utilizado na Coagulação/Floculação irá influenciar diretamente na qualidade do lodo gerado na Estação de Tratamento de Água - ETA, sendo o mesmo constituído de água

e sólidos suspensos originalmente contidos na fonte de água, acrescido de produtos resultantes dos reagentes aplicados à água nos processos de tratamento.

3.6.1 Características gerais do lodo de ETA

Na sua forma mais comum, o lodo das estações de tratamento de água é basicamente o produto da coagulação da água bruta. Assim sendo, tem uma composição aproximada daquela, acrescido dos produtos resultantes do coagulante utilizado, principalmente hidróxidos de alumínio ou de ferro. Outra origem importante de lodo é a precipitação de carbonatos no processo de abrandamento nas estações, para remoção de dureza. Dessa maneira, as características variam com a natureza da água bruta, dos processos unitários e dos produtos químicos aplicados.

De um modo geral, considera-se como lodo de uma ETA o resíduo constituído de água e sólidos suspensos, originalmente contidos na água bruta, acrescidos dos produtos resultantes dos reagentes aplicados à água nos processos de tratamento. As duas fontes mais importantes são os lodos decantados ou flotados e a água de lavagem dos filtros (RICHTER, 2001).

A porcentagem de lodo removida depende de sua origem, se de decantadores ou flotadores, de filtros rápidos ou convencionais, de unidades de filtração direta, e da técnica ou metodologia que é usada para a remoção do lodo. Geralmente encontra-se entre 0,2 a 5% do volume tratado pela estação.

3.6.2 Lodos Provenientes da Coagulação

Na coagulação da água para remoção de cor e turbidez com sais de alumínio e ferro, os flocos resultantes são removidos nas unidades de decantação (ou de flotação) e nos filtros. Dependendo da natureza físico-química da água bruta, da eficiência hidráulica das unidades de processo, e do tipo de coagulante aplicado, entre 60 a 95% do lodo gerado é acumulado nos tanques de decantação (ou de flotação) e o restante nos filtros.

Lodos de Sulfato de Alumínio

O lodo de sulfato de alumínio é um líquido gelatinoso, cuja fração de sólidos é constituída de hidróxido de alumínio, partículas inorgânicas, colóides de cor e outros resíduos orgânicos, inclusive bactérias e outros organismos removidos no processo de coagulação. Existe pouca informação a respeito da quantidade e composição dos sólidos no lodo

provenientes da coagulação. A Tabela 2 resume valores típicos de análise de lodo de sulfato de alumínio.

Tabela 2 Características típicas do lodo de sulfato de alumínio
Fonte: Adaptado de Montgomery (1985), citado por Richter (2001).

Sólidos Totais (%)	Al₂O₃.5H₂O (%)	Compostos Inorgânicos (%)	Matéria Orgânica	pH	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
0,1-4	15-40	35-70	15-25	6-8	30-300	30-5000

Os lodos de sulfato de alumínio sedimentam com relativa facilidade, porém sua baixa compactidade resulta em um grande volume e baixo teor de sólidos. Os lodos resultantes de tratamento de água bruta com alta turbidez são mais fáceis de compactar por sedimentação (adensamento), do que aqueles de águas de baixa turbidez.

Lodos de Coagulantes Férricos

De um modo geral, os lodos provenientes da coagulação com sais de ferro apresentam as características apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 Características típicas do lodo de sais de ferro
Fonte: Richter (2001)

Sólidos Totais (%)	Fe (%)	Compostos voláteis (%)	pH
0,25 – 3,5	4,6 - 20,6	5,1 - 14,1	7,4 - 9,5

Fonte: Richter (2001)

3.6.3 Lodos Provenientes de Abrandamento por Cal

O lodo formado no processo de abrandamento por cal apresenta um conteúdo de sólidos totais que varia de 2 a 25%. É constituído principalmente do carbonato de cálcio precipitado e praticamente isento de matéria orgânica. A Tabela 4 apresenta a sua composição típica.

Tabela 4 Características típicas do lodo de cal

Fonte: Richter (2001)

Sólidos	Ca O₃	Sílica	Carbono	Alumínio	Magnésio
Totais	(%)	SiO₂ (%)	Total	Al₂O₃	MgO(%)
(%)				(%)	
2 - 25	75	6	7	3	2

3.7 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO

Os parâmetros de projeto e de operação das unidades de floculação de estações de tratamento de água (ETAs) preferencialmente devem ser determinados por meio de ensaios em instalação piloto. Contudo, este procedimento é dispendioso e demorado, motivos pelos quais em geral os ensaios de floculação são realizados em reatores estáticos. Entretanto, as unidades de floculação das ETAs são de escoamento contínuo, de modo que podem ocorrer curto-circuitos hidráulicos, o que não acontece nos ensaios em reator estático (DI BERNARDO, 2003).

Como a coagulação é vastamente empregada no tratamento de água, uma ferramenta que seja capaz de predizer qual o pH mais efetivo para que a coagulação ocorra e a dosagem de coagulante necessária, é extremamente útil (KIM *et al.*, 2001). Desta forma, existe uma grande importância na utilização dos ensaios em escala de bancada e em escala piloto, para a determinação da opção tecnológica adequada e otimização de custos de instalação e operação da Estação de Tratamento de Água.

Nas ETAs de ciclo completo, quando uma unidade de tratamento apresenta desempenho insatisfatório, todas as unidades subsequentes são afetadas. Desta forma, problemas de projeto ou de operação da unidade de floculação influem no desempenho dos filtros e dos decantadores da ETA.

Para o projeto e operação das unidades de floculação das ETAs é recomendada a realização de ensaios visando definir o tempo de floculação (TF) e o gradiente de velocidade médio de floculação (GF) para cada tipo de água estudada. Usualmente, estes ensaios são realizados em reatores estáticos.

Ainda, a partir dos digramas de coagulação, é possível planejar, analisar e interpretar resultados obtidos na coagulação em equipamentos de “jar test” e em instalações piloto (CAMPOS *et al.*, 2005).

Inicialmente, deve ser construído o diagrama de coagulação da água a ser estudada, fixando-se os seguintes parâmetros: tempo de mistura rápida (TMR), gradiente de velocidade médio de mistura rápida (GMR), tempo de floculação (TF), gradiente de velocidade médio de floculação (GF) e velocidade de sedimentação (V_s). Os ensaios são realizados variando-se as dosagens do coagulante e do produto químico utilizado para ajuste do pH de coagulação, até que se consiga delimitar regiões de maior eficiência de remoção de turbidez ou cor aparente da água estudada. (DI BERNARDO *et al.*, 1998)

Para a otimização da mistura rápida são fixados TF, GF e V_s , além do pH de coagulação e a dosagem de coagulante, com o qual foi obtida a maior remoção de turbidez ou cor aparente da água de estudo.

Com a dosagem de coagulante e o respectivo pH de coagulação, e os parâmetros otimizados de mistura rápida (TMR e GMR), são realizados os ensaios para otimização da floculação, variando-se os valores de TF e GF. Para cada velocidade de sedimentação estudada são coletadas amostras e feitas as leituras de turbidez e cor aparente remanescente.

Após a realização dos ensaios de otimização dos parâmetros da floculação, define-se TF e GF a serem adotados no projeto. Estudos realizados por MENDES (1989) indicaram que com o aumento do tempo de floculação pode-se sempre obter melhoria na qualidade da água, quando a floculação é realizada com o gradiente de velocidade ótimo associado a cada TF. Contudo, existe um tempo acima do qual a qualidade da água melhora pouco, não sendo vantajosa a escolha de tempo de floculação maior.

Segundo DI BERNARDO (1993), as unidades de floculação hidráulica em chicanas têm comportamento semelhante ao de reatores com escoamento do tipo pistão, de forma que seu desempenho é esperado ser próximo ao de reatores estáticos para um mesmo tempo de floculação, quando são reproduzidas as demais condições do ensaio em reator estático.

Existem autores que se referem à possibilidade de melhoria do desempenho das unidades de floculação quando o gradiente de velocidade decresce do início para o final da unidade. PÁDUA (1994) sugere uma metodologia para que seja determinada a combinação de

gradientes de velocidade a ser adotada em flocladores com escoamento contínuo, a partir de ensaios em reatores estáticos.

DI BERNARDO *et al.*, (1998), ao avaliarem a eficiência da mistura rápida em uma ETA, observaram grande influência do tempo de mistura rápida (TMR) na qualidade da água decantada.

Os ensaios em reator estático possibilitam a determinação dos parâmetros de projeto de unidades de floclação de ETAs e a determinação de combinações de gradiente que visem otimizar o desempenho destas unidades. Contudo, a transposição do tempo otimizado no reator estático não deve ser feita sem que antes seja considerado o comportamento hidrodinâmico da unidade de floclação.

Teoricamente, a cinética dos encontros ortocinéticos em reatores do tipo pistão é semelhante à que ocorre em reatores estáticos. No entanto, existem zonas mortas e escoamento do tipo mistura completa nas unidades de escoamento contínuo das ETAs, de forma que o tempo de ensaio no reator estático em geral é menor que o tempo médio de detenção nos flocladores da ETA, para resultar a mesma eficiência, sendo este em média correspondente a 65 a 70 % daquele (DI BERNARDO *et al.*, 1998).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo apresenta-se a metodologia, os equipamentos e materiais utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

A água bruta utilizada é a mesma captada no Rio Pirapó pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, e foi coletada na adutora de água bruta da Estação de Tratamento de Água da cidade de Maringá – PR.

A Figura 8 apresenta uma vista do Rio Pirapó, no local onde é feita a captação.



Figura 8 – Vista do ponto de captação de água da cidade de Maringá.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA

A água bruta superficial utilizada foi devidamente caracterizada no momento da coleta, e durante a execução dos ensaios, para a determinação dos parâmetros químicos, físicos e bacteriológicos. Foram utilizadas águas com duas características distintas: baixa e alta cor/turbidez, para avaliar a eficiência dos coagulantes a serem testados, em função das características da água superficial.

Os parâmetros analisados para a caracterização da água bruta foram: cor aparente, cor verdadeira, turbidez, carbono orgânico total (COT), compostos com faixa de absorção em UV-254 nm, pH, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio

(DBO), alcalinidade, acidez volátil, dureza, amônia, nitrito, nitrato, sólidos, fosfato, coliformes e *E.coli*, e metais, de acordo com procedimentos descritos a seguir:

4.1.1 Cor Aparente e Verdadeira

A cor foi medida em espectrofotômetro HACH DR 2010, por métodos de comparação visual com padrão de cobalto-platina, segundo procedimento recomendado pelo Standard Methods (APHA, 1995).

A cor aparente foi determinada na amostra sem prévia preparação e a cor verdadeira foi determinada após a filtração da amostra.

4.1.2 Turbidez

A turbidez foi determinada em Turbidímetro portátil HACH – modelo 2100P, segundo procedimento recomendado pelo Standard Methods (APHA, 1995). O resultado da turbidez é expresso em UT (Unidade de turbidez).

4.1.3 Carbono Orgânico Total (COT)

O COT foi determinado segundo a metodologia descrita pelo equipamento Portátil Espectrofotômetro HACH-modelo DR 2010. O aquecimento foi obtido em reator específico (105°C) e a leitura foi realizada no mesmo equipamento utilizado para determinação da cor

4.1.4 Compostos com Faixa de Absorção em UV-254 nm

A concentração de matéria orgânica natural pode ser determinada pela absorbância em UV-254 nm e pelo carbono orgânico total (COT). A absorbância em UV-254 nm é utilizada como uma alternativa para representação da matéria orgânica natural (MON) (ou da potencial formação de trihalometanos) em água (NAJN *et al.*, 1994, citado por MORAES, 2004).

De acordo com Standard Methods (APHA, 1995), a seleção do comprimento de onda no ultravioleta é arbitrária, historicamente utiliza-se 254 nm, mas pode ser escolhido outro comprimento de onda que minimize a interferência de outros compostos. A determinação da absorbância em UV-254 nm foi realizada utilizando-se o espectrofotômetro HACH – modelo DR5000, segundo procedimento recomendado pelo Standard Methods (APHA, 1995).

4.1.5 pH

O pH foi determinado por meio de pHmetro TecnoPON – modelo -210, conforme metodologia descrita no manual do aparelho.

4.1.6 Demanda Química de Oxigênio

A determinação da DQO foi realizada segundo a metodologia (APHA, 1998) de determinação indireta de matéria orgânica, por meio de oxidação por dicromato de potássio, em que foi oxidada apenas matéria orgânica carbonada, deixando de incluir a porção nitrogenada.

4.1.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A determinação da DBO foi realizada seguindo a metodologia descrita pelo Standard Methods (APHA, 1995), conforme Anexo A.

4.1.8 Alcalinidade e Acidez Volátil

A alcalinidade e a acidez volátil foram determinadas pelo método titulométrico descrito por Silva (1977), conforme Anexo A.

4.1.9 Dureza

A dureza total foi medida pelo método titulométrico com EDTA, de acordo com o procedimento descrito no Anexo A.

4.1.10 Nitrogênio

Os nutrientes, nas várias formas de nitrogênio (nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal), foram determinados por meio de KIT-HACH, segundo a metodologia descrita no manual do equipamento Portátil Espectrofotômetro HACH-modelo DR 2010.

4.1.11 Sólidos

Os sólidos dissolvidos totais e os sólidos suspensos totais foram determinados pelo método gravimétrico, de acordo com os procedimentos recomendados no Standard Methods (APHA, 1995).

4.1.12 Fosfato

A determinação de fosfato foi realizada segundo a metodologia descrita pelo equipamento Portátil Espectrofotômetro HACH-modelo DR 2010.

4.1.13 Coliformes Totais e *Escherichia coli*

Esses parâmetros foram quantificados por meio de placas para contagem de coliformes totais e *Escherichia coli*, da 3M Petrifilm, sempre tomando o cuidado de iniciar a análise dos parâmetros bacteriológicos no período máximo de 24 horas, após a coleta da água.

Para as águas tratadas na ETA piloto, além da caracterização da água bruta, foram feitas análises bacteriológicas das águas tratadas. A água superficial foi coletada no período da manhã. Foram retiradas amostras para a caracterização da água bruta e conservadas até o momento das análises em temperatura de até 5°C. A água tratada foi mantida em temperatura de 25° C. O tempo decorrido entre as coletas das amostras e o início do exame bacteriológico não ultrapassou o limite de armazenamento previsto pelo Standard Methods, que é de 24 horas.

4.1.14 Análise de Metais

Foram realizadas análises dos metais Ag, Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb e Zn, em espectrofotômetro de Absorção Atômica Varian, Modelo Spectr AA. 10 plus, conforme metodologia apresentada no Anexo A.

4.2 ENSAIOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO/SEDIMENTAÇÃO/ FILTRAÇÃO EM “JAR TEST”

Nos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação/filtração foram testados como agentes coagulantes o sulfato de alumínio, a quitosana e a associação entre esses dois coagulantes.

Para a utilização da quitosana como polieletrólito auxiliar foram testadas relações entre o sulfato de alumínio e a quitosana, em diferentes concentrações, para determinação da relação mais adequada, em função da qualidade da água final obtida.

As variações aplicadas foram determinadas em função dos resultados obtidos para cada um dos coagulantes isoladamente.

Para águas com cor e turbidez relativamente baixas, as concentrações de quitosana, quando utilizada individualmente, foram de 1,0 a 6,0 mg/L e as de sulfato de alumínio, também

quando testado individualmente, variaram de 10,0 a 60,0 mg/L. Para a associação entre os dois coagulantes, foram utilizadas concentrações de quitosana de 0,0 a 10 mg/L e concentrações de sulfato de alumínio de 35,0 a 10,0 mg/L.

Para águas com cor e turbidez relativamente altas, as concentrações de quitosana, quando utilizada individualmente, foram de 2,0 a 13,0 mg/L e as de sulfato de alumínio, também quando testado individualmente, variaram de 50,0 a 100,0 mg/L. Para a associação entre os dois coagulantes, foram utilizadas concentrações de quitosana de 7,0 a 12 mg/L e concentrações de sulfato de alumínio de 100,0 a 75,0 mg/L.

Para a preparação da solução de sulfato de alumínio - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 1% m/v (10.000mg/L) foi adicionado 2,2 mL de sulfato de alumínio 45 % e completado o volume de 1.000mL com água deionizada. Para a preparação da solução de sulfato de alumínio - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 10% m/v (100.000mg/L), foi adicionado 22,2 mL de sulfato de alumínio 45,9 % e completado o volume de 1.000mL com água deionizada.

Para a preparação de 100mL da solução mãe de quitosana 1% m/v (10.000mg/L) foi preparado 100mL de uma solução ácida 1% v/v, na qual posteriormente foi adicionado um grama de quitosana comercial Polymar, de peso molecular médio, com agitação à 100rpm, durante 60 minutos.

A solução ácida 1% v/v foi preparada com ácido clorídrico e os ensaios em “jar test” foram executados com uma solução de quitosana 0,1% m/v (1.000mg/L), preparada a partir de uma diluição da solução mãe de quitosana 1% m/v (10.000mg/L).

Os parâmetros de gradiente de mistura rápida e de mistura lenta, bem como as taxas de decantação e filtração foram obtidos fazendo-se uma relação com a operação da Estação de Tratamento de Água de Maringá. Os tempos, para os ensaios em “jar test”, foram considerados em torno de 60% dos tempos da ETA Maringá, seguindo a metodologia de DI BERNARDO *et al.*(2003), para parâmetros de projeto de unidades de floculação de estação de tratamento de água a partir de ensaios em equipamentos de “jar test”.

O levantamento dos dados para a construção dos diagramas de coagulação foi obtido por meio de uma série de ensaios realizados em aparelho “jar test” Nova Ética – modelo 218 LDB, de seis provas, com regulador digital de rotação das hastes misturadoras, adição simultânea de reagentes e coletor de amostras (Figura 9).



Figura 9 – Equipamento “jar test” utilizado nos ensaios de coagulação/floculação.

Em cada uma das seis cubas do “jar test”, as quais continham 1000mL de água bruta do manancial superficial Pirapó, foram aplicadas, separadamente, soluções coagulantes de sulfato de alumínio 1% m/v (10.000mg/L) e 10% m/v (100.000mg/l), quitosana 0,1% m/v (1.000mg/L) e a associação entre os dois coagulantes estudados, sulfato de alumínio e Quitosana.

A temperatura da água foi mantida na faixa de $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, em todos os ensaios, uma vez que a temperatura influi significativamente na viscosidade da água.

Foram utilizadas soluções de hidróxido de cálcio- $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 10% e de ácido clorídrico (HCl) 25% e 50%, de forma a permitir a variação do pH de 3,0 a 9,0, quando da utilização dos agentes coagulantes quitosana e do sulfato de alumínio.

Foram mantidos constantes nos ensaios o gradiente de mistura rápida (800s^{-1}), o tempo de coagulação (52 segundos), o gradiente de mistura lenta (12 s^{-1}), o tempo de floculação (26 minutos e 24 segundos) e o tempo de decantação (30 minutos e 21 segundos).

Após a etapa de coagulação/floculação a água foi transferida para os cones Imhoff (Figura 10), aonde permaneceu em repouso durante o tempo de decantação (30 minutos e 21 segundos). Decorrido esse tempo foi realizada a leitura do volume de lodo decantado e, a seguir, foi feita a filtração da água + lodo, em sistema de filtração a vácuo e filtro de papel.

As amostras de água tratada com a quitosana foram filtradas em papel de filtro qualitativo, com diâmetro de 6 mm e porosidade média de 14 a 19 μm . As amostras de água tratada com sulfato de alumínio foram divididas e filtradas com dois tipos de papel de filtro, separadamente. Uma parte da água foi filtrada com o papel qualitativo (porosidade média 14 – 19 μm) e outra parte da água foi filtrada com papel de filtro quantitativo, de

porosidade de 8 μm . Tal procedimento foi adotado em virtude de os flocos formados terem sido muito pequenos. A utilização do papel de filtro quantitativo para essa condição de baixa cor e turbidez está de acordo com a metodologia proposta por DI BERNARDO e DANTAS (2005).



Figura 10 – Cones Imhoff.

Após a etapa de filtração foram retiradas amostras do filtrado, que foram posteriormente analisadas em função da remoção de cor, turbidez e de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm, para a avaliação da eficiência do processo.

O lodo produzido que permaneceu nos papéis de filtro foi seco, em estufa e posteriormente foi pesado para avaliar a massa de lodo formada. Esse lodo foi analisado quanto ao teor de metais.

Com os dados obtidos para os dois agentes coagulantes estudados, os diagramas de coagulação foram construídos.

4.3 DETERMINAÇÃO DO DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO

O diagrama de coagulação foi utilizado como forma de definir regiões otimizadas de remoções de cor, turbidez e compostos com absorção em UV-254nm, em função da variação do pH de coagulação e da dosagem do coagulante utilizado.

Segundo PAVANELLI (2002), o diagrama de coagulação representa uma ferramenta muito útil para definir regiões otimizadas de remoção de cor e turbidez, podendo-se conseguir grande economia no consumo de produtos químicos para o tratamento de água, quando se estudam os intervalos de pH e a dosagem de coagulante.

KIM *et al.* (2001) afirmam que, como a coagulação é muito empregada no tratamento de água, uma ferramenta capaz de prever qual o pH mais efetivo para que a coagulação ocorra e a dosagem de coagulante necessária é extremamente útil.

Di Bernardo e Cezar (2005) afirmam que os diagramas de coagulação, nos quais se têm curvas de mesma turbidez ou cor aparente em função da dosagem de coagulante em ordenados e o pH de coagulação em abcissas, podem constituir-se em ferramentas importantíssimas quando devidamente utilizadas no campo de tratamento de água.

Para determinação do diagrama de coagulação foi necessário plotar os valores de remoção dos parâmetros: cor, turbidez e compostos com faixa de absorção em UV-245 nm, obtidos nos ensaios realizados em “jar test”, variando-se o pH de coagulação e a dosagem do coagulante, em um programa conhecido como 3DField 2.7.0.0 (contornos de superfícies em três dimensões), e assim, obter faixas em que essas porcentagens de remoção são consideráveis, para finalmente escolher os pontos de estudo.

São apresentados apenas os melhores e mais significativos resultados, devido às limitações do programa utilizado (máximo de 50 pontos por gráfico), para a construção dos diagramas.

Os diagramas apresentam o pH de coagulação no eixo das abcissas e a concentração do coagulante no eixo das ordenadas

Não há uma dosagem ótima de coagulante ou de pH ótimo de coagulação, e sim, valores que podem ser utilizados na prática, por serem apropriados.

4.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PILOTO

A Estação de Tratamento Piloto foi construída a partir de uma Estação de Tratamento Demonstrativa (Figura 11), que existia na Companhia de Saneamento do Paraná. Foram feitas adaptações para que se reproduzisse as condições de operação da Estação de Tratamento de Água (ETA), da cidade de Maringá.



Figura 11 – ETA Demonstrativa.

Na câmara de coagulação (mistura rápida) foi instalado um agitador mecânico digital Fisatom, modelo 713D, que passou a operar com o mesmo gradiente de mistura rápida (GRM) da ETA de Maringá, que é de $GMR = 800 \text{ (segundos)}^{-1}$. Na câmara de floculação (mistura lenta) foi instalado um motor que passou a operar com gradiente de mistura lenta $GML = 12 \text{ (segundos)}^{-1}$, reproduzindo as condições da ETA de Maringá.

O decantador foi mantido nas mesmas condições existentes na Estação demonstrativa.

Foi construído um novo filtro, com diâmetro de 20 cm, com camadas filtrantes que reproduziram as mesmas condições de filtração da ETA da cidade de Maringá. Esse filtro possui dupla camada filtrante, sendo a camada superior com altura de 45 cm, em antracito, com diâmetro efetivo de 1mm, e a camada inferior com 25 cm de altura, em areia, com diâmetro efetivo de 0,45 mm. A camada suporte é constituída de uma placa em aço inoxidável, com abertura de 0,2mm. O filtro possui sistema de retrolavagem.

Foi instalado, à montante da ETA Piloto, um tambor, com capacidade de 80 litros, que representou o manancial supridor. A água foi recalçada para a ETA por meio de uma bomba dosadora digital Prominent- Sigma, modelo 53CA. À jusante da estação de tratamento foi instalado um outro tambor, com capacidade de 80 litros, que funcionou como o reservatório de água tratada. Para a aplicação dos coagulantes foram instaladas duas bombas dosadoras, sendo uma Masterflex- Cole- Parmer, modelo 7553-70 e outra digital, Gilson, modelo Miniplus 3, que operavam separadamente, quando da dosagem de um coagulante, ou em conjunto, quando da associação desses coagulantes.

As Figuras 12, 13 e 14 apresentam a Estação de Tratamento de Água Piloto.



Figura 12 – ETA Piloto.



Figura 13 – ETA Piloto. Vista do filtro e reservatório de água filtrada

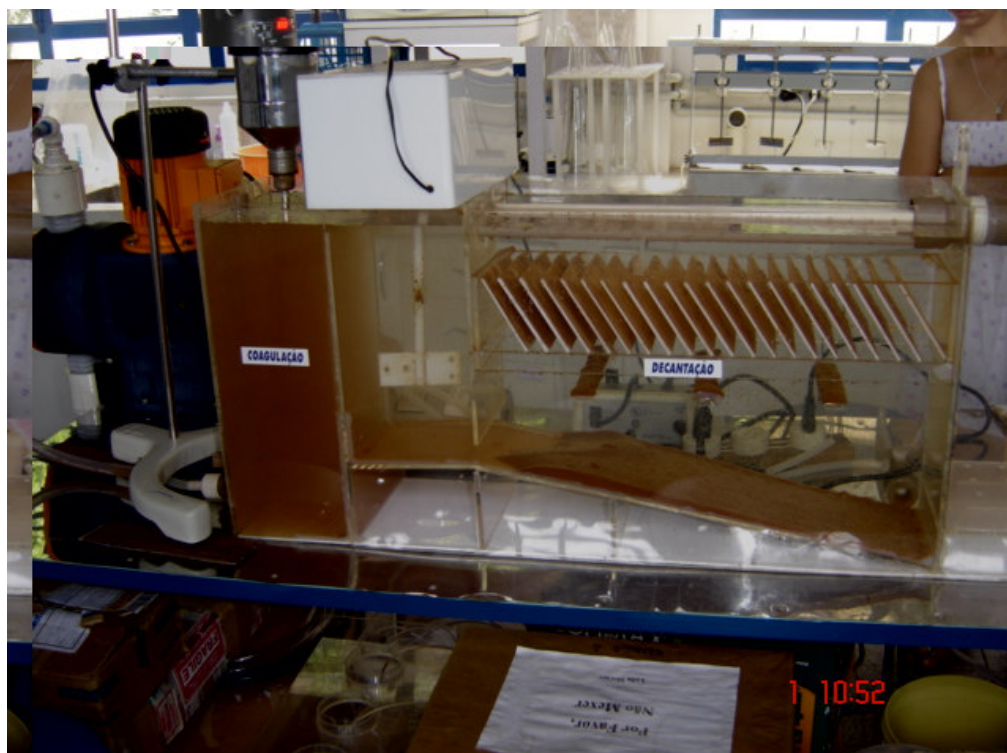


Figura 14 – ETA Piloto em operação

A estação piloto foi operada com vazão de 54 L/h, nas condições ótimas obtidas a partir da construção dos diagramas de coagulação.

As condições de trabalho utilizadas foram: gradiente de mistura rápida (GMR) de 800 (segundos)⁻¹, tempo de mistura rápida (TMR) de 86 segundos, gradiente de mistura lenta (GML) de 12 (segundos)⁻¹, tempo de mistura lenta (TML) de 43 minutos e 44 segundos, tempo de sedimentação (TS) de 50 minutos e 35 segundos.

Nos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação/filtração foram testados como agentes coagulantes a quitosana, o sulfato de alumínio e a associação entre esses dois coagulantes.

Para a operação da ETA Piloto, inicialmente foi feita a calibração da bomba dosadora para a vazão de 54L/h. A seguir foi feita a calibração das bombas dosadoras de coagulante. Foram ajustados os agitadores para os gradientes de mistura rápida e lenta. A partir dos diagramas de coagulação as condições ótimas foram determinadas.

As Tabelas 5 e 6 apresentam, respectivamente, as condições experimentais aplicadas para águas de baixa cor e turbidez e para águas de alta cor e turbidez.

Tabela 5 – Condições experimentais – águas com baixa cor e turbidez

pH	Coagulante aplicado	Vazão do coagulante
5,0	Quitosana Comercial Polymar 0,1% m/v [Q]=5,5 mg/L	0,491 mL/min
7,56	Sulfato de Alumínio 10% m/v [S]= 37 mg/L	0,275 mL/min
7,0	Associação da Quitosana 0,1% m/v com o Sulfato de Alumínio 10% m/v [Q]=8,0 mg/L:[S]=15,0 mg/L	[Q]= 0,72 mL/min e [S]=0,10mL/min

Tabela 6 – Condições experimentais – águas com alta cor e turbidez

pH	Coagulante aplicado	Vazão do coagulante
5,0	Quitosana Comercial Polymar 0,1% m/v [Q]=12,0 mg/L	1,08 mL/min
7,86	Sulfato de Alumínio 10% m/v [S]= 80,0 mg/L	0,55 mL/min
5,0	Associação da Quitosana 0,1% m/v com o Sulfato de Alumínio 10% m/v [Q]=11,0 mg/L:[S]=80,0 mg/L	[Q]= 0,99 mL/min e [S]=0,55 mL/min

A Estação de Tratamento de Água Piloto operou simulando as condições da ETA Maringá. Dessa forma, os parâmetros de gradiente de mistura rápida e de mistura lenta, bem como as taxas de decantação e filtração, foram obtidos fazendo-se uma relação com a operação da Estação de Tratamento de Água de Maringá. Os tempos também foram os mesmos tempos de operação da ETA Maringá.

O laboratório, no qual foram realizados os ensaios, foi mantido, por meio de aparelho de ar condicionado, em temperatura de 25,0 °C. O galão que continha 80L de água bruta do manancial superficial Pirapó, que funcionou como manancial supridor foi mantido em temperatura ambiente.

Quando da utilização do coagulante sulfato de alumínio não foi necessária a correção do pH. Quando da utilização do coagulante natural quitosana, o pH da água foi corrigido para pH=5,0. Para a associação dos dois coagulantes, em águas com cor e turbidez relativamente baixas, o pH foi corrigido para pH=7,0 e para águas com cor e turbidez relativamente altas, o pH foi corrigido para pH=5,0, com soluções de hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 , 10% e ácido clorídrico (HCl), 25% e 50%.

A água foi recalçada, por meio de bomba dosadora, com vazão de 54L/h, para a estação piloto e o coagulante foi dosado por meio de bomba dosadora no ponto inicial da câmara de mistura rápida. Foram aplicadas, separadamente, para cada água tratada, soluções coagulantes de sulfato de alumínio 10% m/v (100.000mg/L), quitosana 0,1% m/v (1.000mg/L) e a associação entre os dois coagulantes estudados, sulfato de alumínio e Quitosana.

A agitação na mistura rápida ocorreu por meio de agitador mecânico, com hélice centralizada no fundo da câmara de coagulação. A água vertia para a câmara de mistura lenta pela parte superior. A mistura lenta ocorreu por meio de um pequeno agitador. A mistura floculada era encaminhada para o decantador pela parte inferior do floculador. No decantador de placas paralelas, após a decantação, a água decantada era encaminhada, por vertedouro horizontal para o filtro. A água filtrada era encaminhada para um tambor, com capacidade de 80L, que funcionava como o reservatório de água filtrada.

O lodo do fundo do decantador foi recolhido e transferido para os cones imhoff. Após decantado foi filtrado em papel de filtro quantitativo, de porosidade de 8 µm.

O lodo produzido que permaneceu nos papéis de filtro foi seco, em estufa e posteriormente foi pesado para avaliar a massa de lodo formada. Esse lodo foi analisado quanto ao teor de metais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho foram realizados ensaios utilizando como coagulantes a quitosana e o sulfato de alumínio, e também a associação entre os dois coagulantes, para tratamento de águas com cor e turbidez relativamente baixas e relativamente altas.

Os ensaios foram realizados, inicialmente, em aparelhos de “jar test” e com as condições ótimas obtidas, a partir dos diagramas de coagulação, os ensaios foram realizados na Estação de Tratamento de Água Piloto.

Para a realização dos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação/filtração em “jar test”, foram usadas águas coletadas nos dias 27 e 29 de junho, 5 de julho, 1º de outubro e 10 de novembro, de 2007, na chegada de água “in natura” da Estação de Tratamento de Água da cidade de Maringá.

Na ETA Piloto foram utilizadas águas dos dias 10 de novembro de 2007, 8, 9 e 20 de janeiro de 2008, coletadas na chegada de água “in natura” da Estação de Tratamento de Água da cidade de Maringá.

A Tabela 7 relaciona as amostras de água com as suas características de alta ou baixa cor e turbidez e com os coagulantes aplicados nos ensaios.

Tabela 7 – Características dos ensaios e das águas analisadas

Amostras de Água	Coagulante Aplicado	Características
1 (27/06/07)	Quitosana Polymar	cor e turbidez baixas
2 (29/06/07)	Sulfato de Alumínio	cor e turbidez baixas
3 (05/07/05)	Sulfato de Alumínio	cor e turbidez baixas
4 (01/10/07)	Associação Quitosana com Sulfato de Alumínio	cor e turbidez baixas
5 (10/11/07)	Quitosana Polymar, Sulfato de Alumínio, Associação da Quitosana com o Sulfato de Alumínio	cor e turbidez altas
6 (10/11/07*)	Quitosana Polymar, Associação da Quitosana com o Sulfato de Alumínio (ETA Piloto)	cor e turbidez altas
7 (08/01/08)	Quitosana Polymar, Sulfato de Alumínio (ETA Piloto)	cor e turbidez baixas
8 (09/01/08)	Associação Quitosana com Sulfato de Alumínio (ETA Piloto)	cor e turbidez baixas
9 (20/01/08)	Quitosana Polymar, Sulfato de Alumínio, Associação Quitosana com Sulfato de Alumínio (ETA Piloto)	cor e turbidez altas

* Água coletada em horário distinto

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA

As características das águas utilizadas para a construção dos diagramas de coagulação estão apresentadas nas Tabelas 8,9 e 10.

Tabela 8 – Parâmetros físico-químicos da água bruta

Parâmetros Físico-	Portaria 518/2004	Coleta								
		1 27/6/07	2 29/6/07	3 5/07/07	4 1/10/07	5 10/11/07	6 10/11/07*	7 8/01/08	8 9/01/08	9 20/01/08
Cor Real (uH)	-	95	73	78	62	2915	2802	191	150	1055
Cor Aparente (uH)	15	105	75	101	73	3460	3390	228	157	1360
Turbidez (UT)	5	16,2	10,9	15,4	11,0	860	894	40,0	29,3	381
UV-254nm (cm ⁻¹)	-	0,097	0,008	0,091	0,076	2,445	2,520	0,207	0,175	1,205
pH	6,0 a 9, 9,5	7,80	7,71	7,75	7,98	7,77	7,88	7,56	7,49	7,0
DQO (mg O ₂ /L)	-	2,85	1,93	0,90	0,82	73,1	51,3	24,4	21,36	27,3
DBO (mg O ₂ /L)	-	3,84	2,21	0,96	0,50	55,2	48,8	8,63	8,12	-
COT (mg C/L)	-	5,77	3,68	1,38	1,36	-	-	-	-	-
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	-	80,0	80,0	86,0	50,0	65,2	68,9	55,0	55,0	46,0
Acidez Volátil (mg CH ₃ COOH/L)	-	96,0	144,0	60,0	30,0	53,3	61,0	48,0	48,0	30,0
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	500	99,0	91,5	98,0	104,0	98,0	97,5	75,0	62,5	75,0
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	-	7,6	5,2	6,3	18,0	422,7	362,0	23,6	24,4	143,2
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	-	3,6	0,8	0,9	8,0	378,7	307,3	19,6	19,6	126,0
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	-	4,0	4,4	5,4	14,0	44,0	54,7	4,0	4,8	17,2
Sólidos Totais	-	130,0	120,0	128,0	142,0	584,0	480,0	174,0	160,0	334,0
Sólidos Fixos	-	46,0	76,0	76,0	68,0	540,0	430,0	146,0	118,0	226,0
Sólidos Voláteis (mg/L)	-	84,0	44,0	52,0	74,0	44,0	50,0	28,0	42,0	108,0
Sólidos Dissolvidos Totais	1.000	122,4	114,8	121,7	124,0	161,3	118,0	150,4	135,6	190,8
Amônia (mg/L) NH ₃ -N	-	0,15	0,13	0,18	0,05	-	-	0,31	0,031	2,6
Amônia (mg/L)	-	0,19	0,17	0,21	0,06	-	-	0,40	0,39	3,35
Amônia (mg/L)	1,5	0,18	0,17	0,20	0,06	-	-	0,37	0,37	3,16
Nitrito (mg/L)NO ₂ ⁻	-	0,010	0,001	0,008	0,001	Nd	0,002	0,003	0,002	0
Nitrito (mg/L)NO ₂ ⁻	-	0,049	0,004	0,040	0,007	Nd	0,014	0,012	0,009	0
Nitrito (mg/L)NO ₂ ⁻	1	0,032	0,003	0,027	0,004	Nd	0,009	0,008	0,006	0
Nitrato(mg/L) NO ₃ ⁻	-	1,2	1,2	1,1	1,0	4,1	4,6	1,2	1,2	3
Nitrato(mg/L) NO ₃ ⁻	10	5,4	5,2	5,1	4,5	18,1	20,1	5,2	5,0	13,1
Fosfato(mg/L) PO ₄ ⁻³	-	0,11	0,09	0,09	-	-	-	0,21	0,14	
Fosfato (mg/L)	-	0,09	0,07	0,06	-	-	-	0,16	0,11	
Fosfato (mg/L) P	-	0,04	0,03	0,03	-	-	-	0,07	0,05	
Sulfato (mg/L)	250							Nd	Nd	0
Sulfito (m/L)	-							0,023	0,021	0,203
Cloreto (mg/L)	250							5,0	6,0	3,5

* Água coletada em horário distinto

Nd- Não detectado

Tabela 9 – Parâmetros bacteriológicos da água bruta

Parâmetros	Coleta									
	Portaria 518/2004	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		27/6/07	29/6/07	5/07/07	1/10/07	10/11/07	10/11/07*	8/01/08	9/01/08	20/01/08
Bacteriológicos										
Coliformes Totais (UFC ⁽¹⁾)	Ausente	1300	600	5400	510	41700	44350	1352	1532	15018
<i>E. coli</i> (UFC)	Ausente	33	Ausente	Ausente	Ausente	13650	15650	20	100	312

UFC – Unidade formadora de colônias em 100 mL

*Água coletada em horário distinto

Tabela 10 – Concentração de metais na água bruta

Parâmetros	Coleta									
	Portaria 518/2004	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		27/6/07	29/6/07	5/07/07	1/10/07	10/11/07	10/11/07*	8/01/08	9/01/08	20/01/08
Físico-Químicos										
Cromo (mg/L)	0,05	0,017	0,013	0,013	0,010	0,070	0,078	0,107	0,117	0,788
Bário (mg/L)	0,7	0,618	0,230	0,208	0,253	1,335	0,629	Nd	Nd	3,166
Alumínio (mg/L)	0,2	1,432	1,809	1,557	1,129	36,200	43,359	4,355	5,628	12,101
Cálcio (mg/L)	-	13,185	12,280	13,565	12,395	11,470	12,666	13,676	11,842	11,005
Cobalto (mg/L)	-	-	0,008	0,009	0,007	0,061	0,033	0,090	0,100	0,079
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	0,682	0,730	Nd	Nd	Nd
Arsênio (mg/L)	0,01	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Selênio (mg/L)	0,01	Nd	Nd	Nd	Nd	0,653	0,359	0,286	Nd	Nd
Cádmio (mg/L)	0,005	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	15,931
Chumbo (mg/L)	0,01	0,041	0,014	0,013	0,010	0,004	0,016	Nd	Nd	Nd
Cobre (mg/L)	2	0,03	0,022	0,030	0,021	0,144	0,168	0,024	Nd	Nd
Ferro (mg/L)	0,3	2,603	2,101	4,088	1,884	110,612	114,330	Nd	Nd	6,707
Manganês (mg/L)	0,1	0,053	0,028	0,040	0,042	0,658	0,764	Nd	Nd	Nd
Prata (mg/L)	-	0,014	0,006	0,021	0,002	Nd	0,028	0,008	0,029	0,024
Sódio (mg/L)	200	3,357	3,2301	3,527	3,460	2,903	3,259	Nd	Nd	Nd
Zinco (mg/L)	5	0,023	0,024	0,027	0,048	0,142	0,132	0,009	Nd	Nd

* Água coletada em horário distinto

Nd- Não detectado

Observa-se pelos resultados apresentados na Tabela 8 que todos os valores dos parâmetros físico-químicos cor e turbidez das amostras coletadas ficaram fora dos padrões exigidos pela legislação, tornando esta água bruta imprópria para o consumo humano, sendo indispensável então, um tratamento adequado a fim de torná-la potável.

Nas coletas 5, 6 e 9, os valores de turbidez apresentaram-se altos, em decorrência de uma época de chuvas na região de Maringá - PR, fazendo com que a água dos mananciais de superfície se tornassem turvas, devido ao carreamento dos sedimentos das margens.

Valores de turbidez acima de 100 UT para a água potável podem causar um efeito estético desagradável, além de haver a possibilidade de maior dificuldade na desinfecção da mesma, ocasionando o aumento do teor de cloro residual na água (MORAES, 2004).

Altas concentrações de sólidos dissolvidos totais podem ocasionar alteração no sabor da água.

Apenas nas amostras das coletas 5, 6 e 9, os valores de nitrato mostraram-se superiores aos previstos na legislação vigente para água potável, podendo indicar poluição pontual.

Apenas na amostra da coletas 9, os valores de amônia mostraram-se superiores aos previstos na legislação vigente para água potável, podendo indicar poluição recente.

Os valores de pH e dureza total apresentaram-se dentro da faixa permitida pela legislação.

Vários parâmetros de qualidade não apresentam os valores máximos estabelecidos pela legislação vigente, tais como: temperatura, alcalinidade, acidez volátil, fosfato total, COT e UV-254nm. Assim, não há um padrão para que se possa fazer a comparação entre os valores determinados pela Portaria do MS e a água bruta coletada.

Observa-se na Tabela 9 os parâmetros bacteriológicos da água bruta analisados. Para todas as amostras em que estes parâmetros bacteriológicos foram avaliados, percebe-se claramente a presença de coliformes totais acima do padrão recomendado para água potável, assim como a presença de *E. coli* em seis amostras coletadas, sendo necessário o acompanhamento dessas análises durante todo o tratamento de água realizado.

Observa-se, ainda, pelos resultados apresentados na Tabela 10, que as amostras das coletas 5, 6, 7, 8 e 9 apresentaram teor de cromo maior que os valores máximos estabelecidos pela legislação vigente, podendo indicar poluição por alguma fonte industrial.

Os valores de Alumínio encontraram-se acima do permitido pela legislação vigente em todas as amostras analisadas. Os teores de chumbo encontrados nas amostras das coletas 1, 2, 3 e 6,

também estão acima dos valores máximos permitidos pela legislação vigente, podendo indicar que o manancial está sendo poluído por meio de alguma atividade industrial ou de serviços que manipulem este metal.

Observa-se, ainda, pelos resultados apresentados na Tabela 10 que nas amostras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 9, os valores de ferro também encontraram-se fora dos padrões exigidos pela legislação e que os valores de manganês encontraram-se acima do permitido, nas amostras das coletas 5 e 6, reforçando que esta água bruta é imprópria para o consumo humano, sendo indispensável então, um tratamento adequado a fim de torná-la potável.

5.2 DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO

Os resultados apresentados nos diagramas são os decorrentes das etapas de coagulação/floculação/sedimentação/filtração, de acordo com as condições descritas anteriormente.

Os diagramas apresentam o pH de coagulação no eixo das abscissas e a concentração do coagulante no eixo das ordenadas e são utilizados para se predizer qual a melhor região de trabalho, para que se alcance maior eficiência de remoção e ainda maior economia dos reagentes utilizados.

As Figuras de 15 a 52 apresentam os diagramas de coagulação, de acordo com as condições descritas, para os dois coagulantes testados, e para a associação entre a quitosana e o sulfato de alumínio, nas condições de cor e turbidez relativamente baixas e relativamente altas. Nestas Figuras são apresentados apenas os melhores e mais significativos resultados, devido às limitações do programa utilizado (máximo de 50 pontos por gráfico), para a construção dos diagramas, conforme já assinalado anteriormente.

5.2.1 Quitosana

Nas Figuras 15, 16, 17 e 18 estão apresentados os diagramas de coagulação para o coagulante quitosana 1%, amostras filtradas em papel qualitativo de porosidade média de 14 a 19 μm , nas condições de cor e turbidez baixas, em função da eficiência de remoção de cor, de turbidez, de compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa de lodo formada.

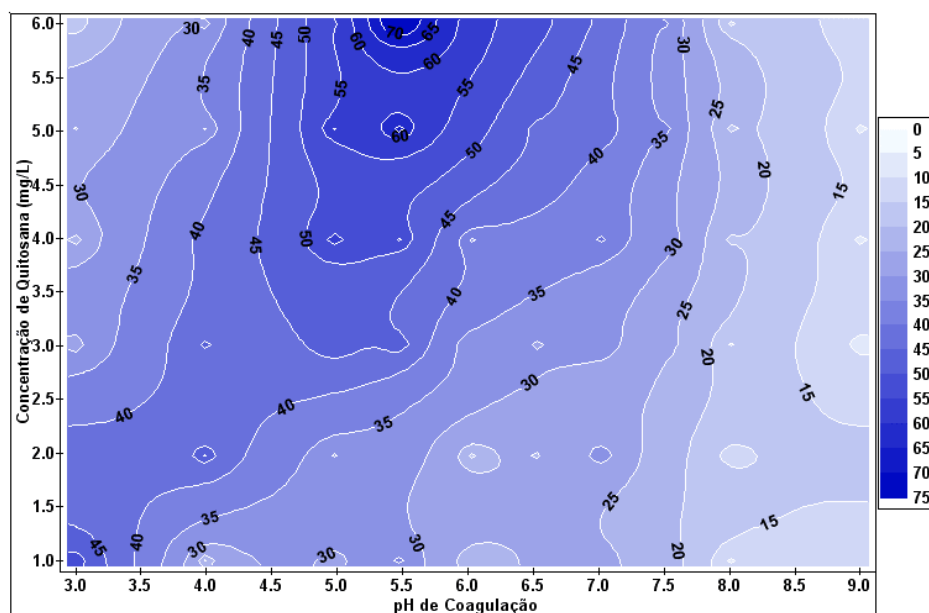


Figura 15 – Diagrama de coagulação da quitosana, contendo curvas de mesma remoção de cor

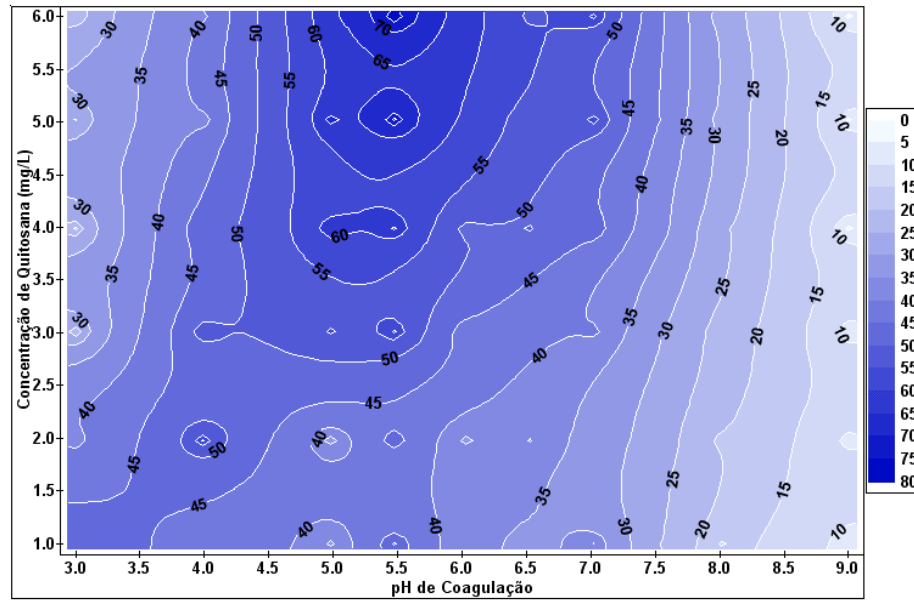


Figura 16 – Diagrama de coagulação da quitosana, contendo curvas de mesma remoção de turbidez

De acordo com as Figuras 15 e 16, observa-se que utilizando o coagulante quitosana, nas condições de cor e turbidez relativamente baixas, as regiões encontradas como as de melhores remoção, para os parâmetros estudados, foram coincidentes. As melhores remoções de cor e turbidez atingiram 70% e ocorreram em pH 5,0 a 5,5 para as concentrações de quitosana entre 5,5 mg/L a 6,0 mg/L

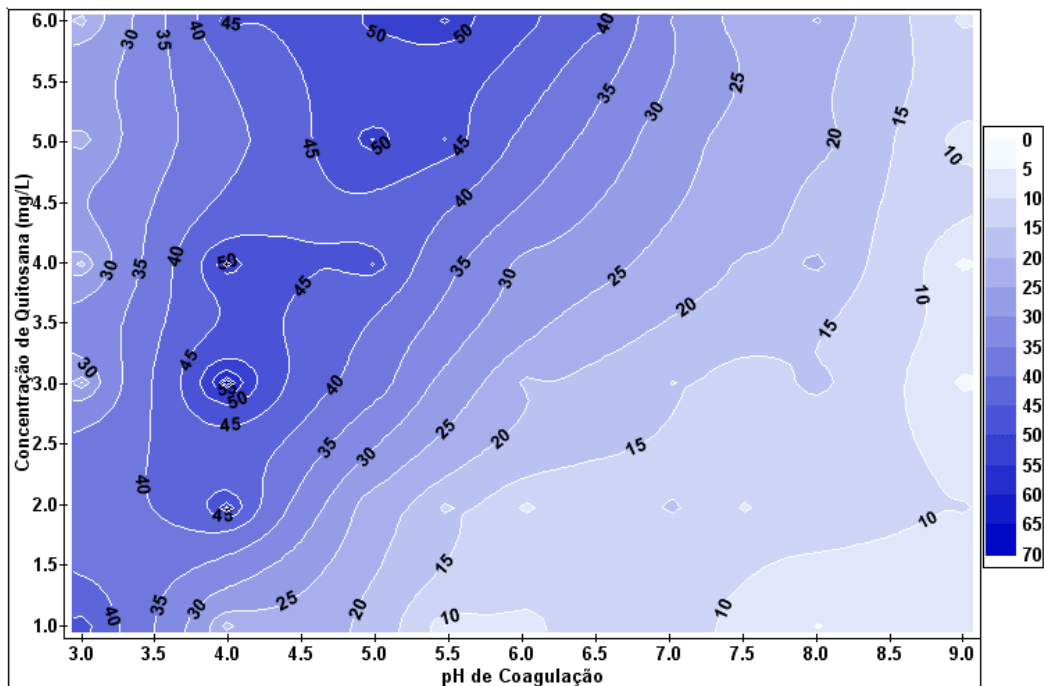


Figura 17 –Diagrama de coagulação da quitosana, contendo curvas de mesma remoção de compostos com absorção em UV 254 nm

Na Figura 17, verifica-se que as melhores remoções de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm, ficaram em torno de 50% e ocorreram para faixas de pH entre 3,5 a 4,0, para concentrações de quitosana entre 2,5 e 4,0 mg/L, e para faixas de pH entre 4,5 e 5,0, nas concentrações de quitosana de 5,0 a 6,0 mg/L.

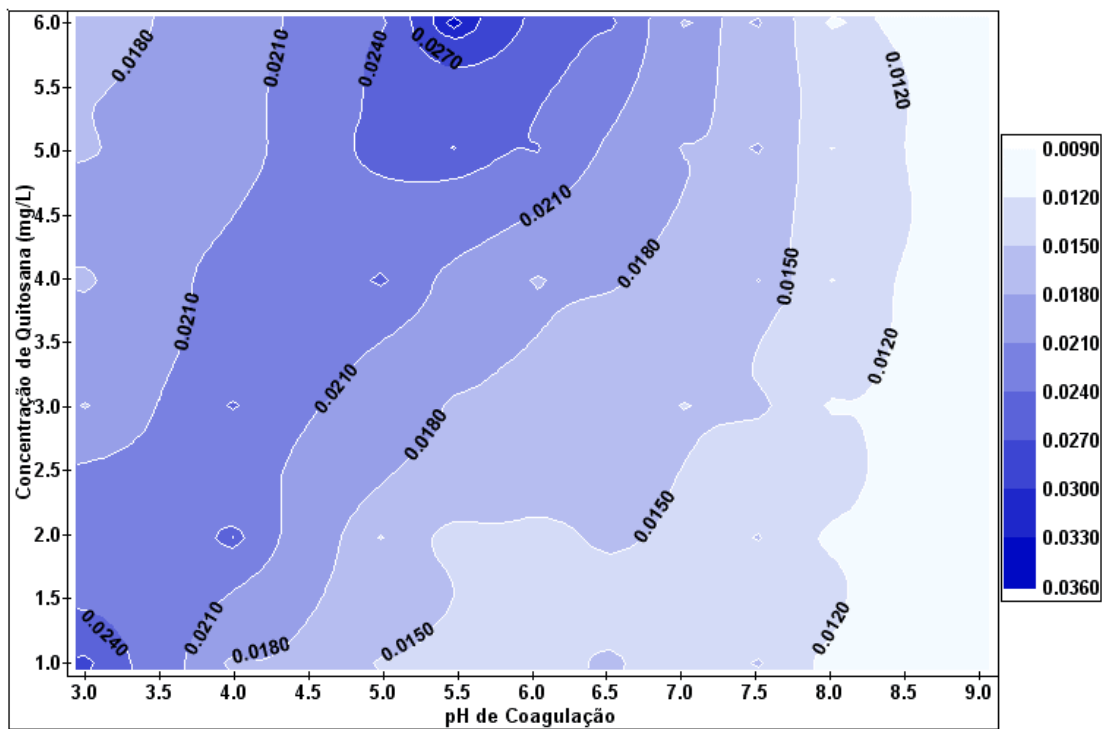


Figura 18 –Diagrama de coagulação da quitosana, contendo curvas de mesma quantidade de massa de lodo formada (g/L)

Na Figura 18, observa-se que a maior massa de lodo formada se deu na mesma faixa de maior remoção de cor, turbidez e compostos com faixa de absorção em UV 254 nm. A maior formação de lodo ocorreu para pH entre 5,0 a 6,0 e concentração de quitosana entre 5,5 a 6,0 mg/L. Os melhores pHs encontrados, entre 5,0 e 5,5, de certa forma já eram esperados, uma vez que a quitosana é um polieletrólito catiônico, e apresenta sua máxima ação em pH ácido, favorecendo a sua atuação como coagulante/floculante.

A condição escolhida para utilização na Estação Piloto foi: pH=5,0 e concentração de quitosana [Q]= 5,5 mg/L.

Acredita-se que o mecanismo de coagulação ocorrido, quando da utilização da quitosana como agente coagulante/floculante seja o de adsorção e formação de pontes, devido às características deste polieletrólito.

De acordo com AKELAH e MOET (1990), citados por SPINELLI, (2001) a adição de um polieletrólito de sinal oposto ao da partícula dispersa, causa a floculação, provocando a neutralização de cargas por causa da adsorção do polímero na superfície da partícula, via ligação eletrostática e, conseqüentemente, neutralização de carga na partícula.

Nas Figuras 19, 20, 21 e 22 estão apresentados os diagramas de coagulação para o coagulante quitosana 1%, amostras filtradas em papel qualitativo de porosidade média de 14 a 19 μm , nas condições de cor e turbidez altas, em função da eficiência de remoção de cor, de turbidez, de compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa de lodo formada.

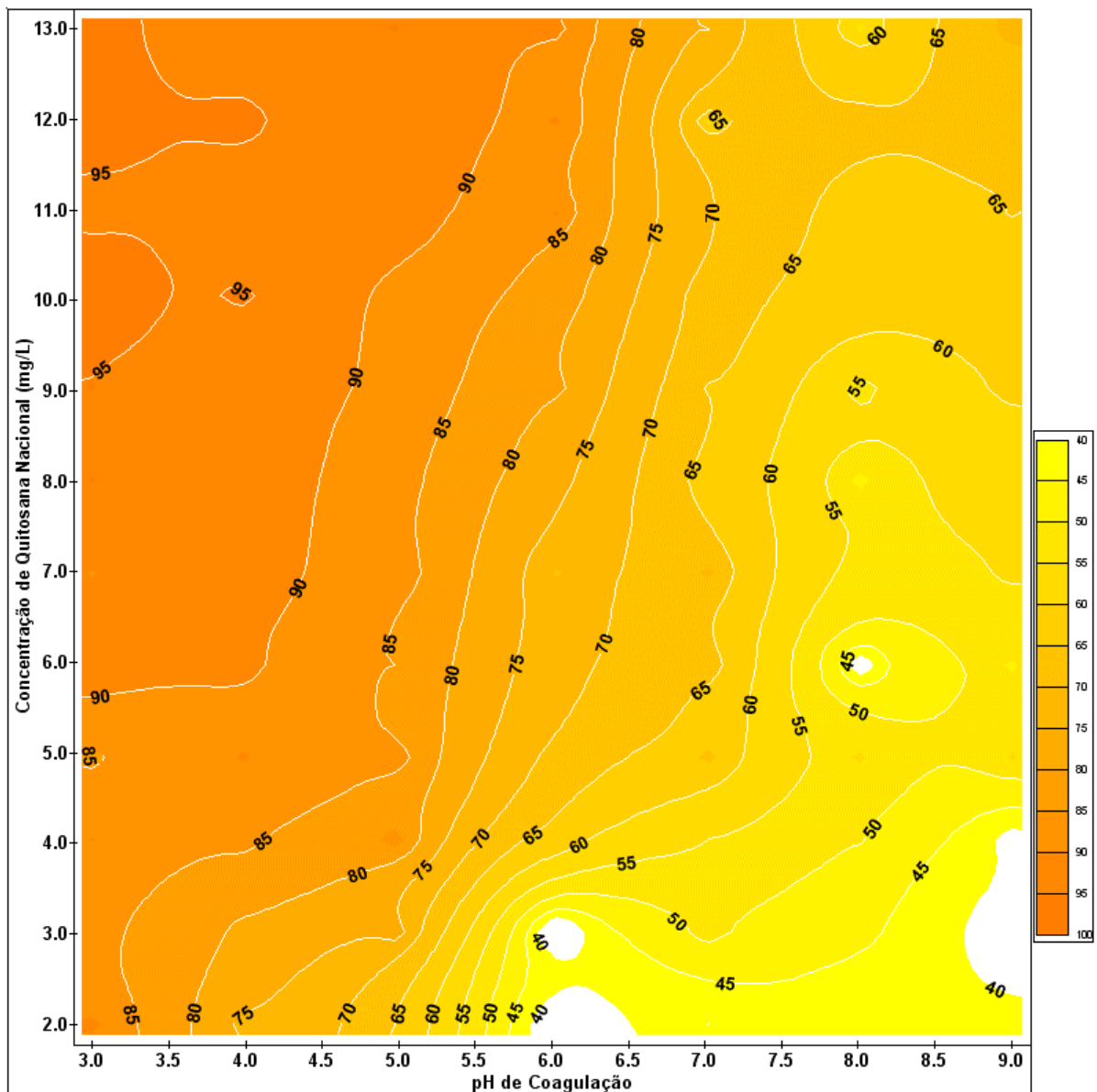


Figura 19 – Diagrama de coagulação da quitosana, contendo curvas de mesma remoção de cor.

Observa-se nas Figuras 19 e 20, que quando se utilizou a quitosana, como coagulante, nas condições de cor e turbidez altas, as regiões encontradas como as de melhores remoções, para cor e turbidez foram coincidentes. Conseguiu-se remoções acima de 90%, que ocorreram em faixa de pH 3,0 a 5,0, para concentrações de quitosana entre 5,5 mg/L e 13,0 mg/L

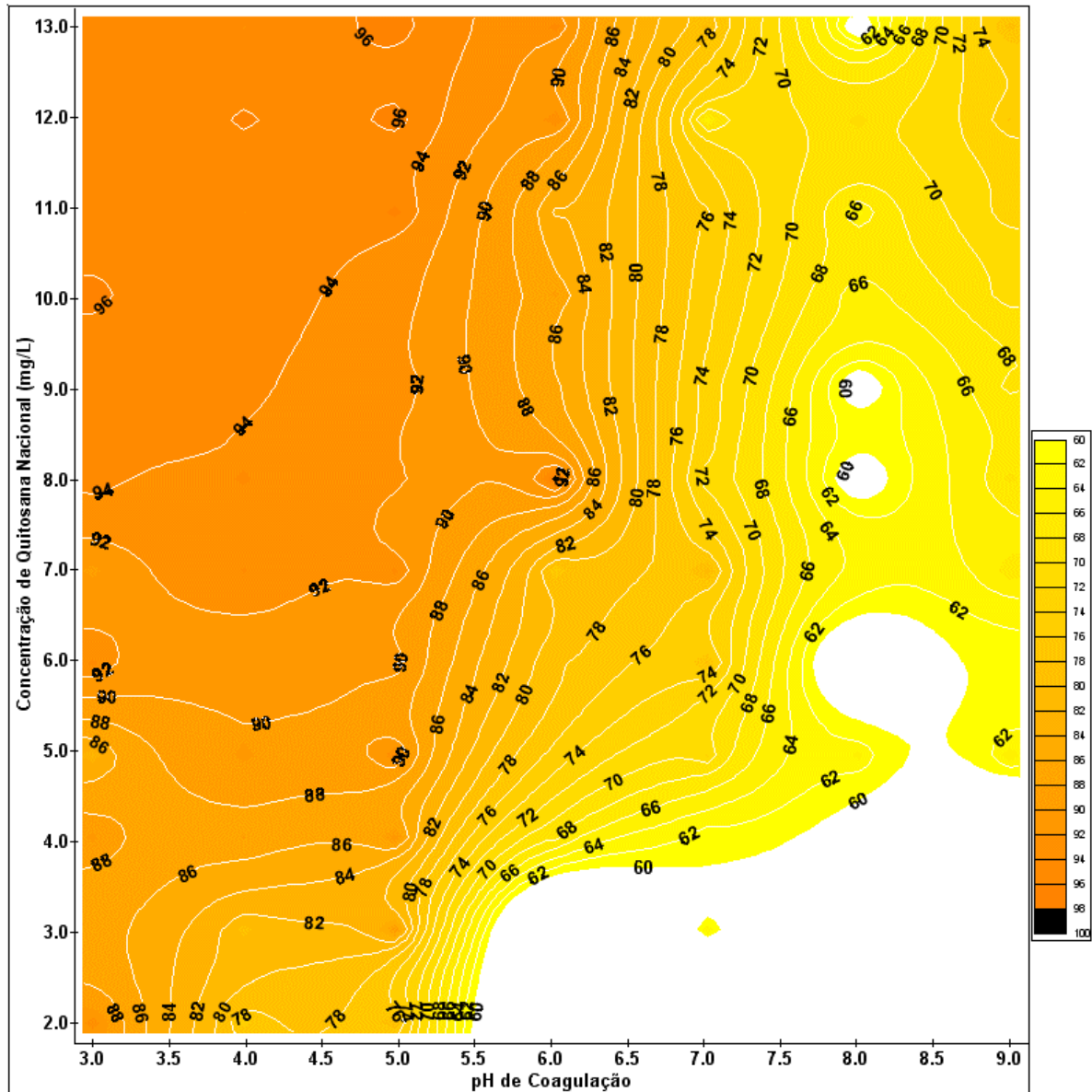


Figura 20 – Diagrama de coagulação da quitosana, contendo curvas de mesma remoção de turbidez.

Verifica-se na Figura 21, que as melhores remoções de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm ficaram acima de 90% e ocorreram para faixas de pH entre 3,0 a 5,0, para concentrações de quitosana entre 6,0 e 13,0 mg/L.

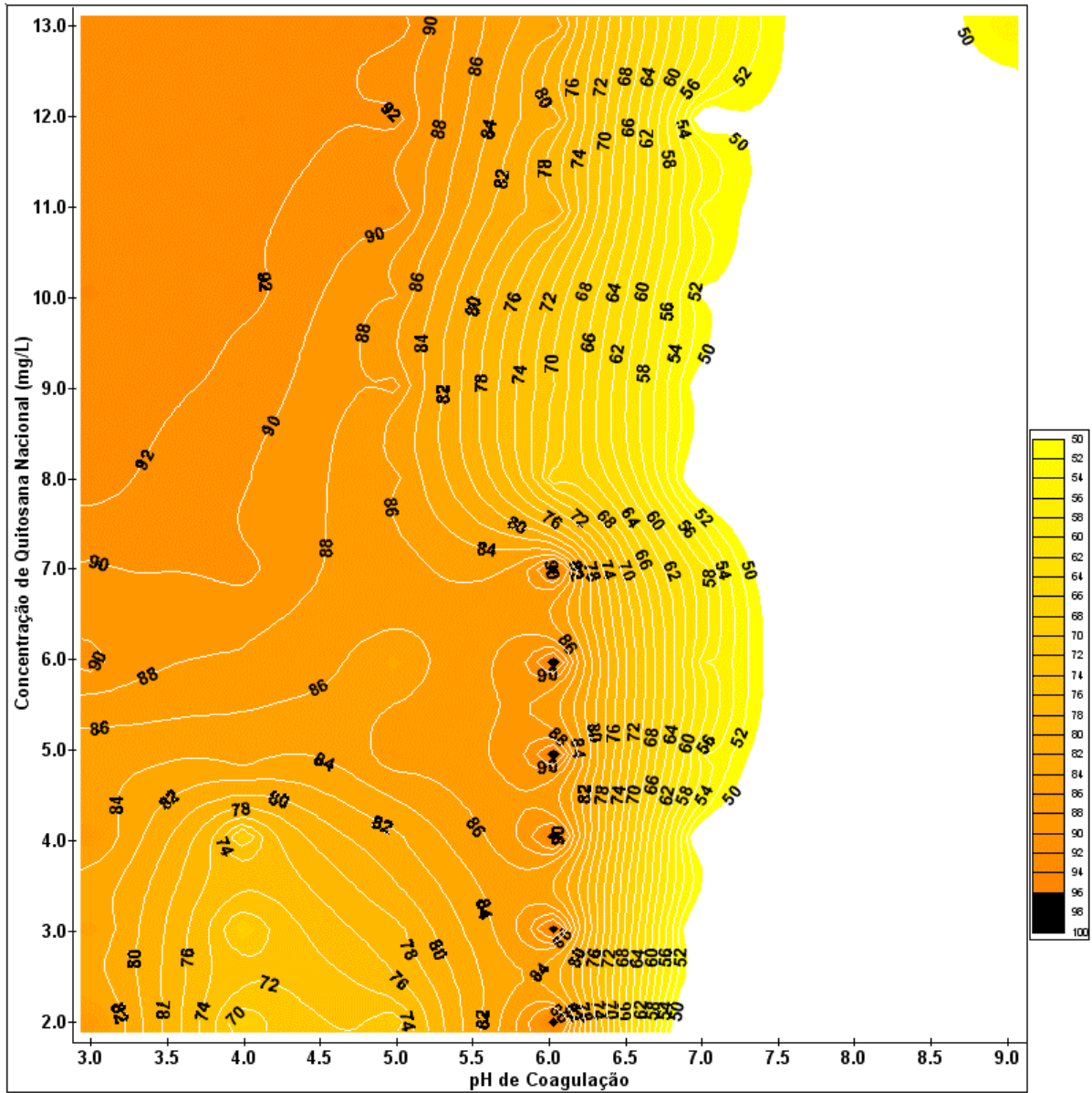


Figura 21 – Diagrama de coagulação da quitosana, contendo curvas de mesma remoção de UV-254 nm.

Na Figura 22, observa-se que a maior massa de lodo formada se deu na mesma faixa de maior remoção de cor, turbidez e compostos com faixa de absorção em UV 254 nm. A maior formação de lodo ocorreu para pH entre 3,0 a 5,0 e concentração de quitosana entre 3,5 a 7,0 mg/L e 9,5 a 13 mg/L.

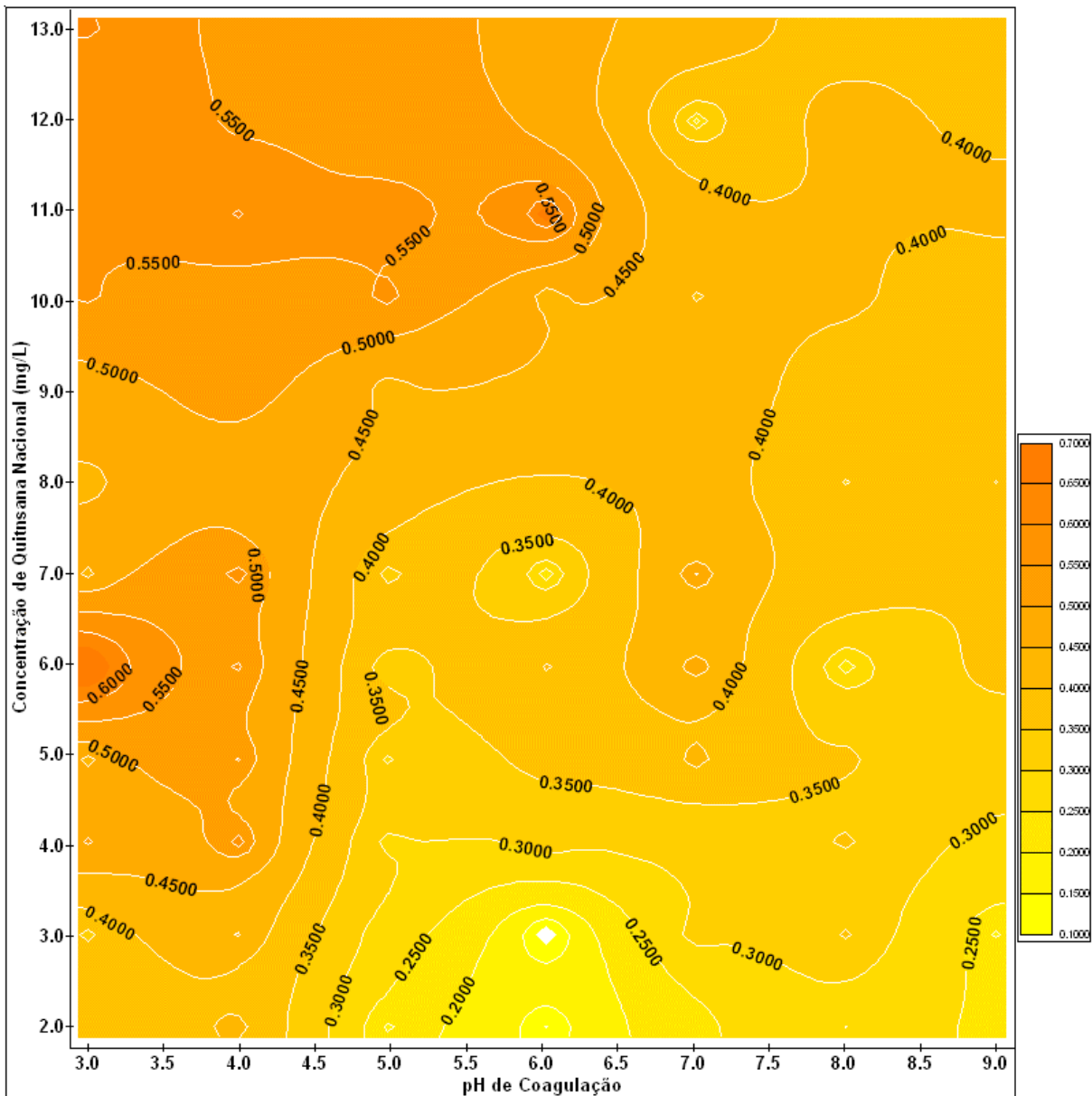


Figura 22 – Diagrama de coagulação da quitosana, contendo curvas de mesma quantidade de massa de lodo formada (g/L)

Acredita-se que o mecanismo de coagulação ocorrido, quando da utilização da quitosana como agente coagulante/floculante seja o de adsorção e formação de pontes, devido às características deste polieletrólito.

A condição escolhida para utilização na Estação Piloto foi: pH=5,0 e concentração de quitosana [Q]= 12,0mg/L.

5.2.2 Sulfato de Alumínio

Nas Figuras 23 a 26 estão apresentados os diagramas de coagulação para o coagulante sulfato de alumínio 1%, amostras filtradas em papel qualitativo de porosidade média de 14 a 19 μm , nas condições de cor e turbidez baixas, em função da eficiência de remoção de cor, turbidez, compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa de lodo formada.

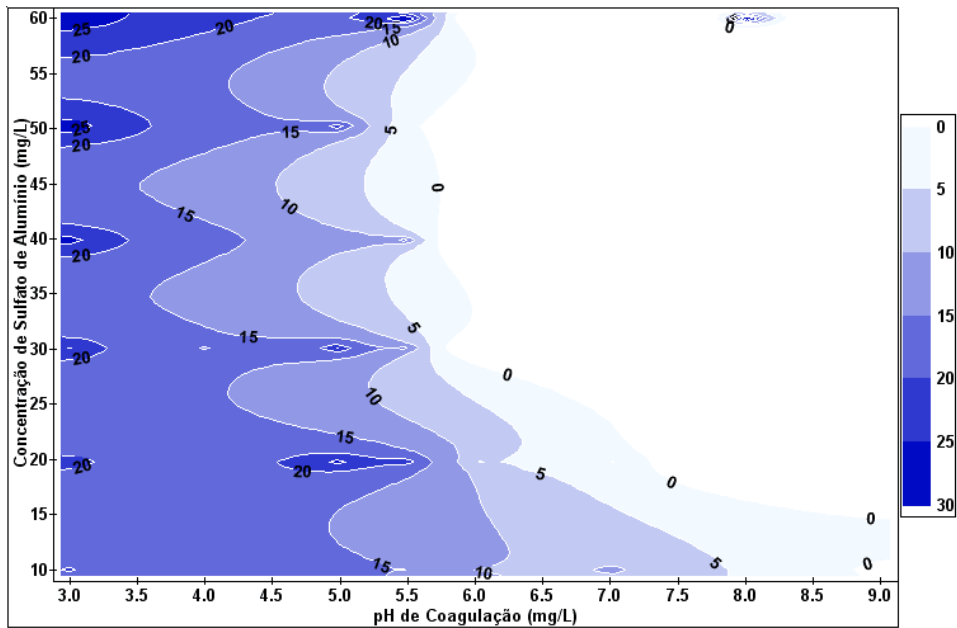


Figura 23 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 1%, contendo curvas de mesma remoção de cor- Papel Qualitativo

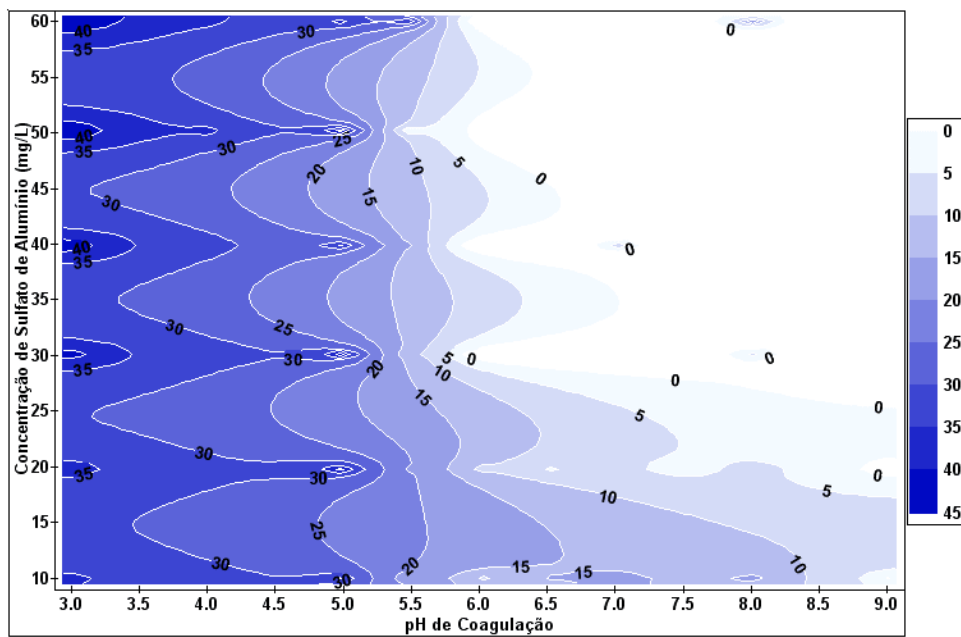


Figura 24 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 1%, contendo curvas de mesma remoção de turbidez – Papel Qualitativo

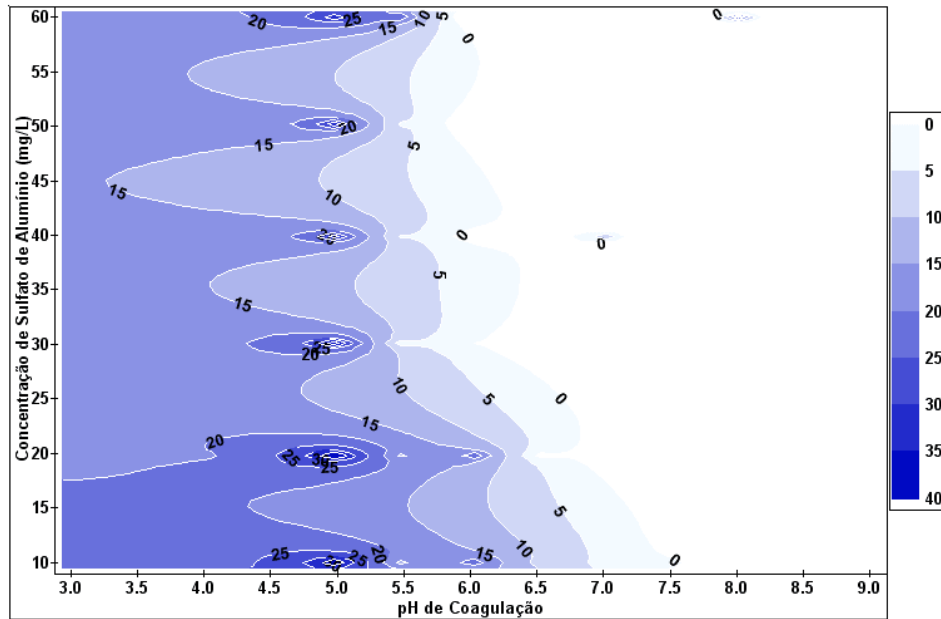


Figura 25 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 1%, contendo curvas de mesma remoção de compostos com absorção em UV-254 nm – Papel Qualitativo

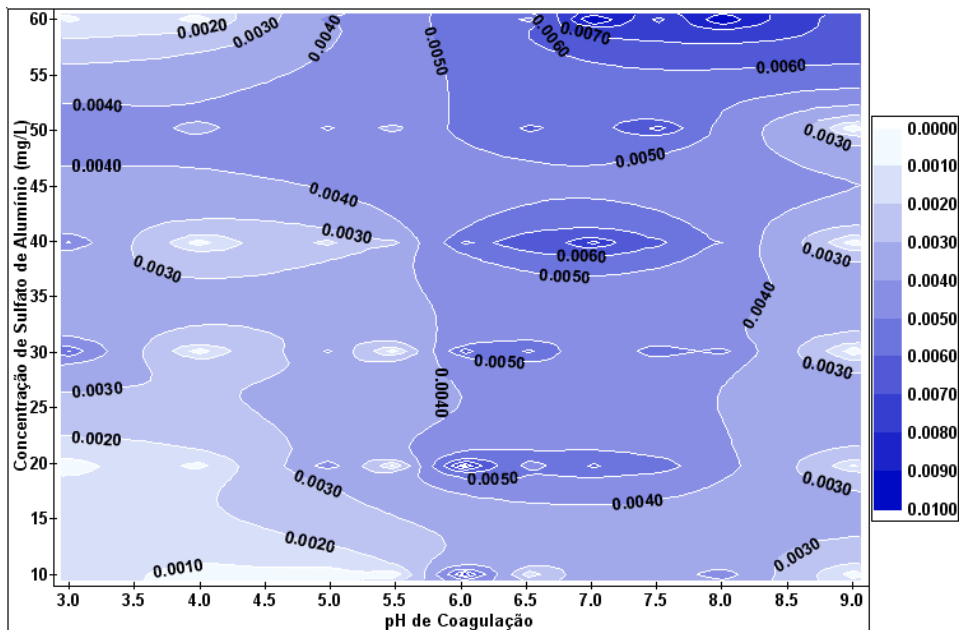


Figura 26 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 1%, contendo curvas de mesma quantidade de massa de lodo formada (g/L) –Papel Qualitativo

Analisando os diagramas de coagulação do Sulfato de Alumínio, Figuras 23 a 26, observa-se que o coagulante, nesses ensaios, teve muito pouca eficiência, piorando em pH mais elevado. Por se tratar de um resultado atípico em relação à utilização do coagulante sulfato de alumínio, foram realizados novamente os ensaios alterando a concentração do sulfato de alumínio para 10 %, cujos resultados encontram-se nas Figuras 27 a 30.

Nas Figuras 27 a 30 estão apresentados os diagramas de coagulação para o coagulante sulfato de alumínio 10%, amostras filtradas em papel qualitativo de porosidade média de 14 a 19 μ m, nas condições de cor e turbidez relativamente baixas, em função da eficiência de remoção de cor, de turbidez, de compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa de lodo formada.

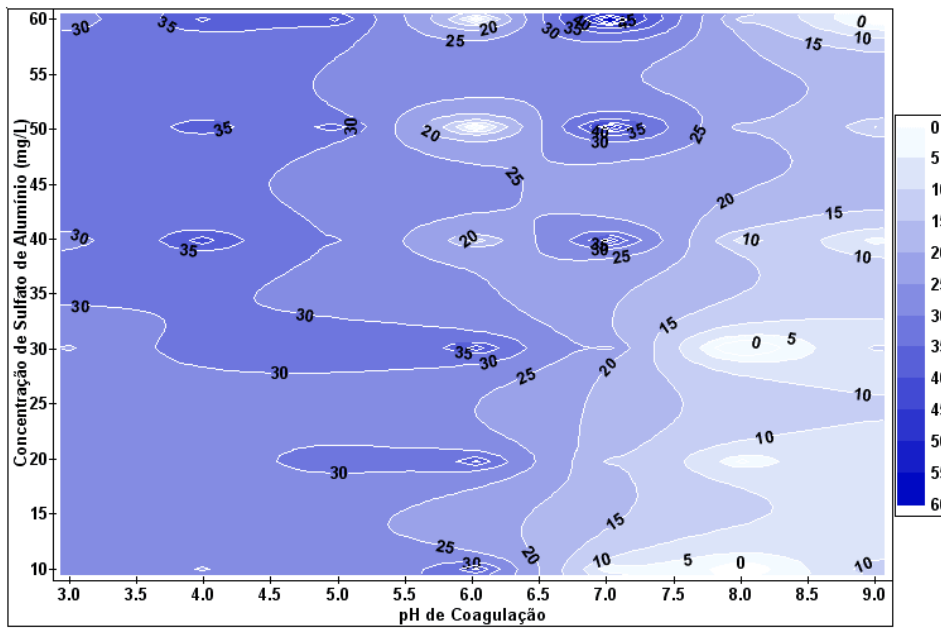


Figura 27– Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 10%, contendo curvas de mesma remoção de cor – papel qualitativo

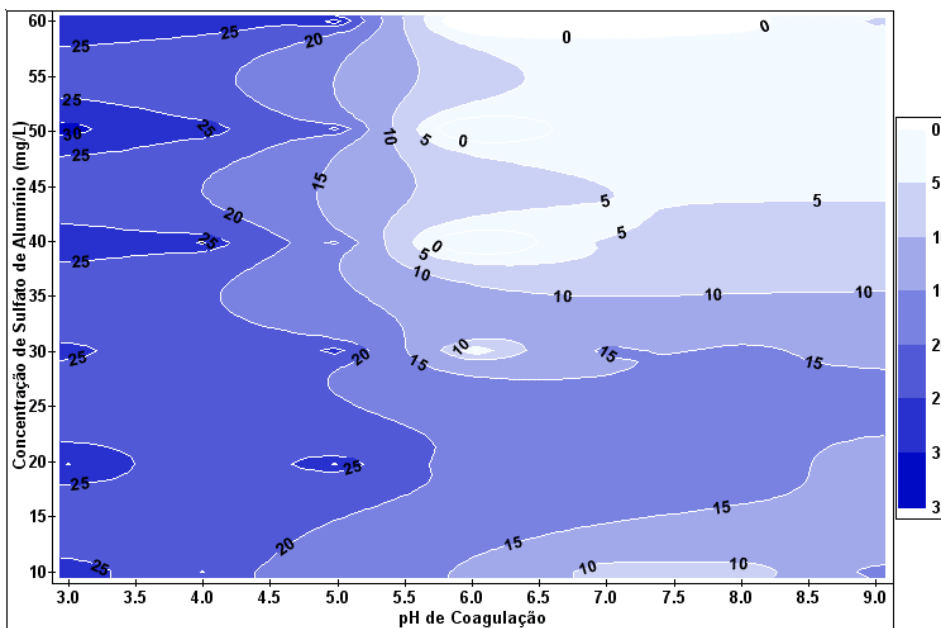


Figura 28 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 10%, contendo curvas de mesma remoção de turbidez papel qualitativo

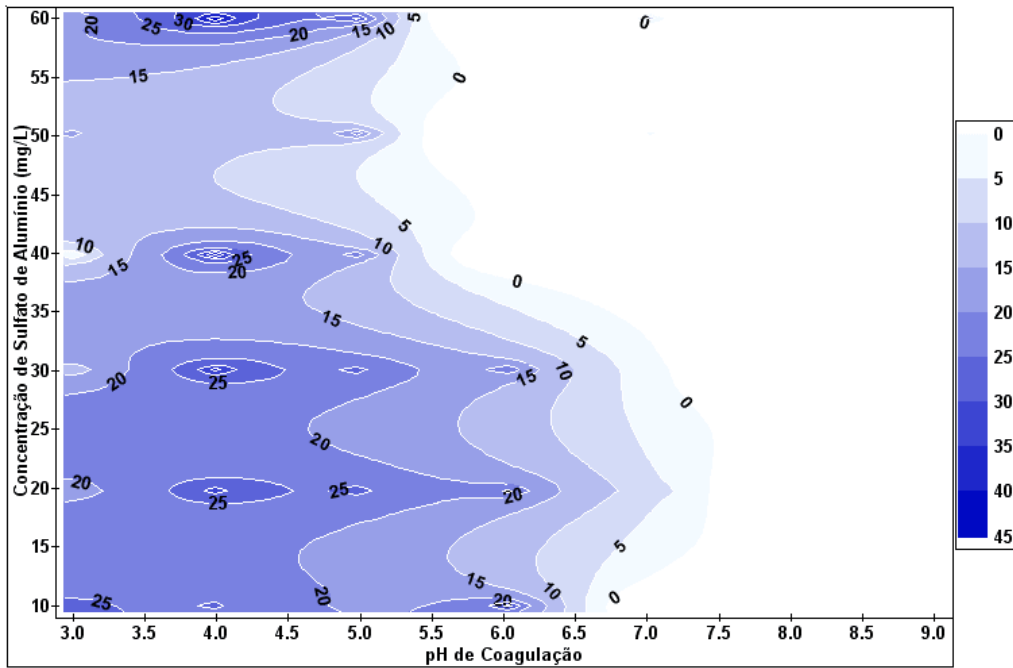


Figura 29 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 10 %, contendo curvas de mesma remoção de UV-254 nm -papel qualitativo

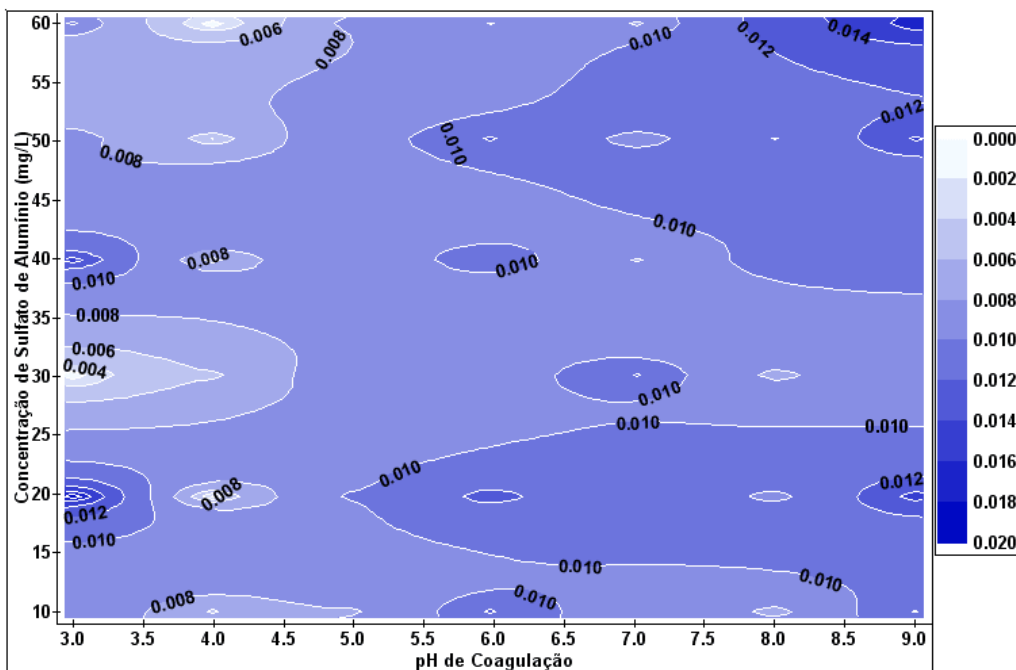


Figura 30 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 10%, contendo curvas de mesma quantidade de massa de lodo formada (g/L) – papel qualitativo.

Analisando os diagramas de coagulação do Sulfato de Alumínio, Figuras 27 a 30, observa-se que a baixa eficiência na remoção dos parâmetros analisados ainda persiste. Por se tratar de

um resultado atípico em relação à utilização do coagulante sulfato de alumínio, foram realizados novamente os ensaios, filtrando-se as amostras em papel quantitativo de porosidade média de 8 μm , para que não ocorresse a ruptura excessiva dos flocos formados pelo sulfato de alumínio, que são pequenos e gelatinosos.

Nas Figuras 31 a 34 estão apresentados os diagramas de coagulação para o coagulante sulfato de alumínio 10%, amostras filtradas em papel quantitativo, porosidade 8 μm , nas condições de cor e turbidez relativamente baixas, em função da eficiência de remoção de cor, de turbidez, de compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa de lodo formada.

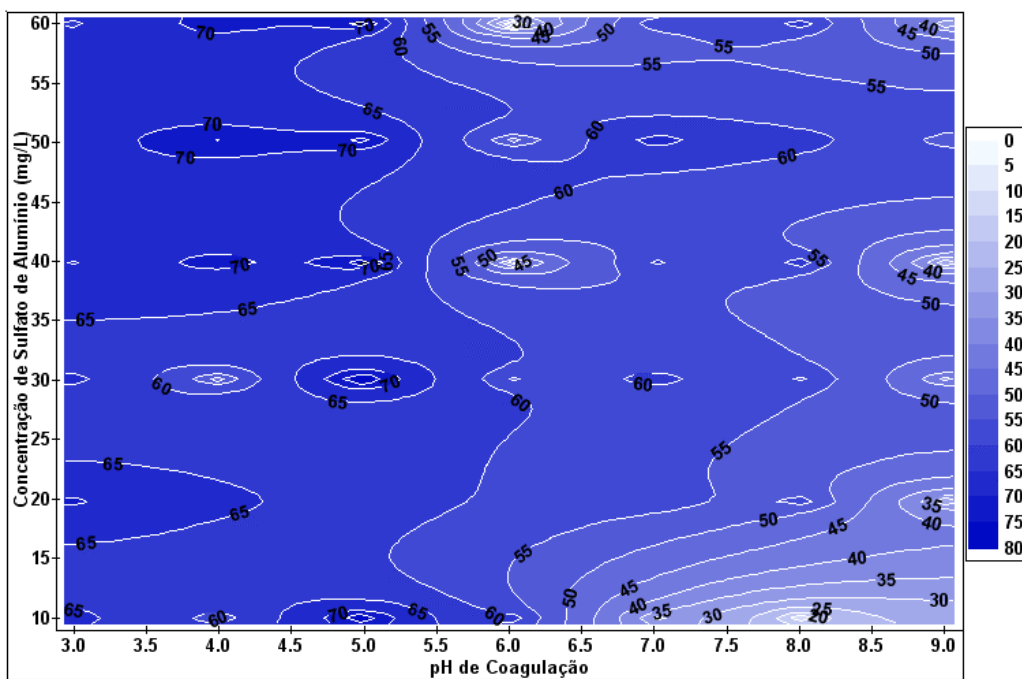


Figura 31- Diagramas de Coagulação do sulfato de alumínio 10 %, contendo curvas de mesma remoção de cor - Papel Quantitativo

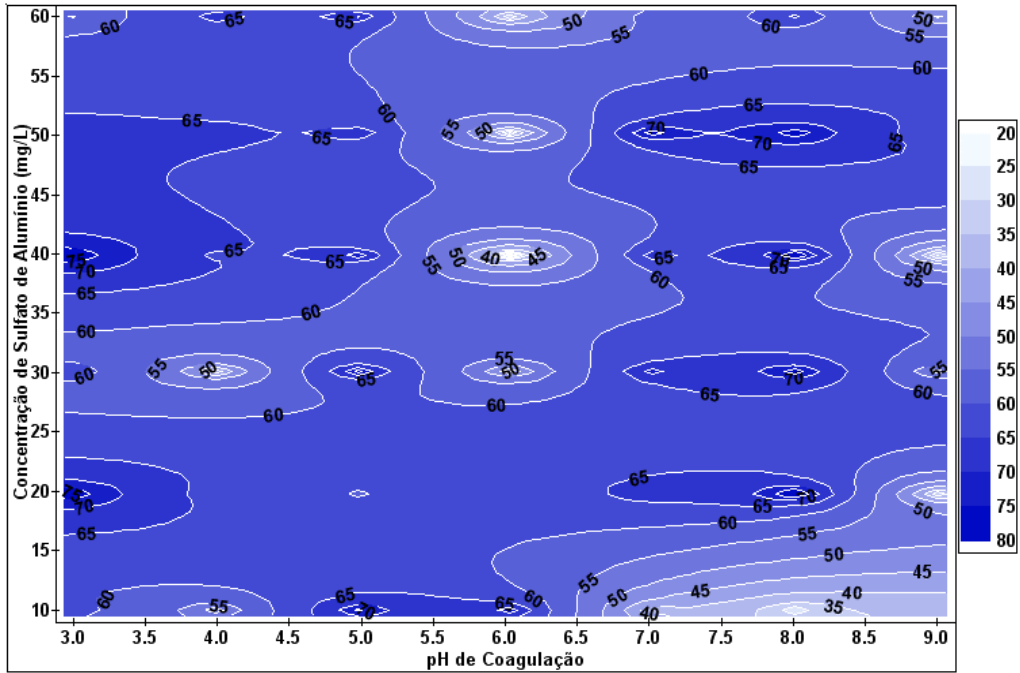


Figura 32 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 10%, contendo curvas de mesma remoção de turbidez – Papel Quantitativo.

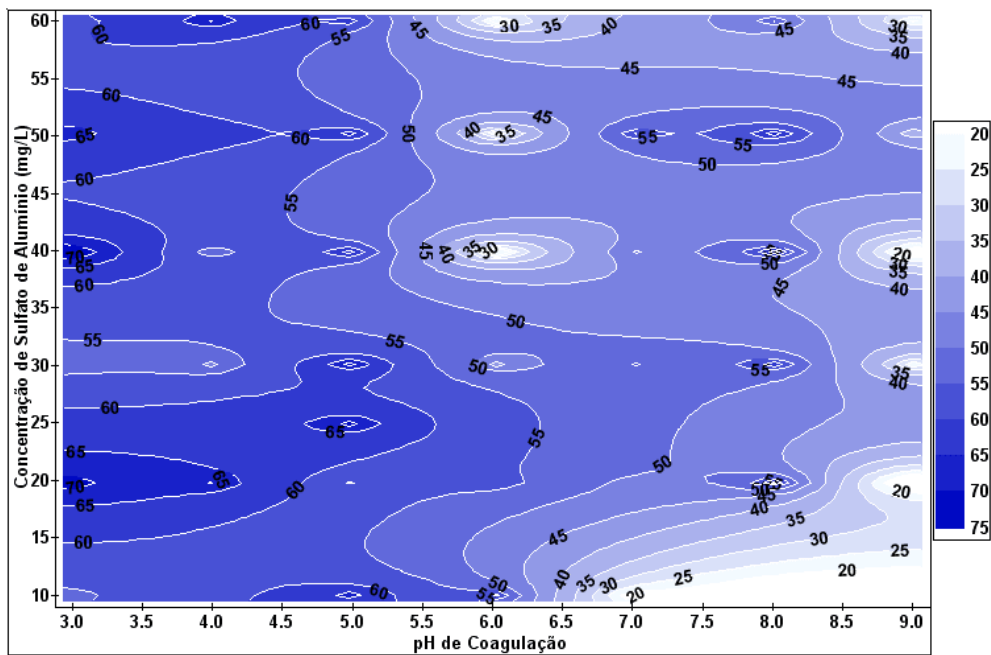


Figura 33 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 10%, contendo curvas de mesma remoção de compostos com absorção em UV-254 nm-Papel Quantitativo

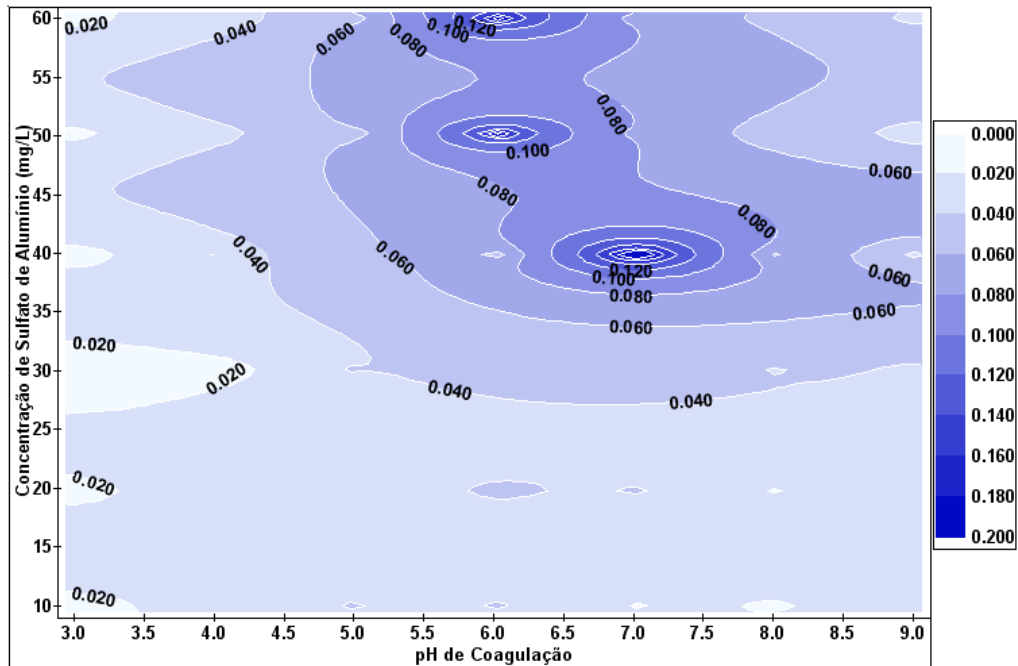


Figura 34 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio 10%, contendo curvas de mesma quantidade de massa de lodo formada (g/L)-Papel Quantitativo

Acredita-se que as baixas eficiências em pH alcalino foram devidas ao excesso de íons sódio no meio, em função da correção do pH ter sido realizada com hidróxido de sódio. Pois, de acordo com DI BERNARDO *et al* (2003), o excesso de íons sódio no meio, prejudica a coagulação com o coagulante químico, sulfato de alumínio.

Em função destes resultados, novos ensaios foram realizados utilizando, como alcalinizante, o hidróxido de cálcio, para verificar a influência do alcalinizante no meio.

Nas Figuras 35 a 38 estão apresentados os diagramas de coagulação para o coagulante sulfato de alumínio 10%, amostras filtradas em papel quantitativo, porosidade 8 μm , nas condições de cor e turbidez relativamente baixas, em função da eficiência de remoção de cor, de turbidez, de compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa de lodo formada. Observa-se que as regiões encontradas como as de melhores remoção, para os parâmetros estudados, foram coincidentes.

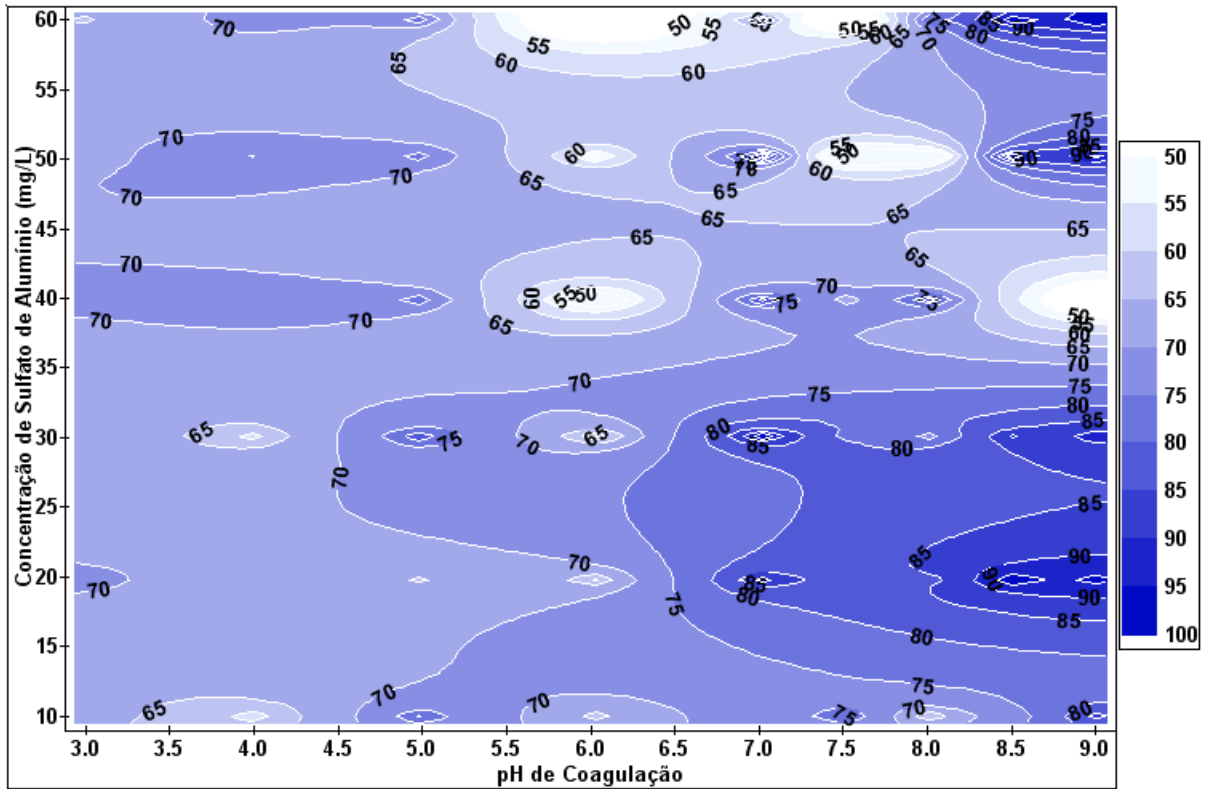


Figura 35 - Diagramas de Coagulação do Sulfato de Alumínio 10 %, Contendo Curvas de Mesma Remoção de Cor - Papel Quantitativo – HCl e Ca(OH)₂

Foram obtidas remoções de cor de 80% a 90% que ocorreram em pH entre 7,0 e 9,0 para as concentrações do coagulante entre 15,0 e 30,0 mg/L e de 45 a 50mg/L.

Remoções de turbidez da ordem de 80% a 85% foram obtidas em pH entre 7,0 e 9,0 para as concentrações do coagulante entre 15,0 e 35,0 mg/L e de 45 a 50mg/L e acima de 55 mg/L.

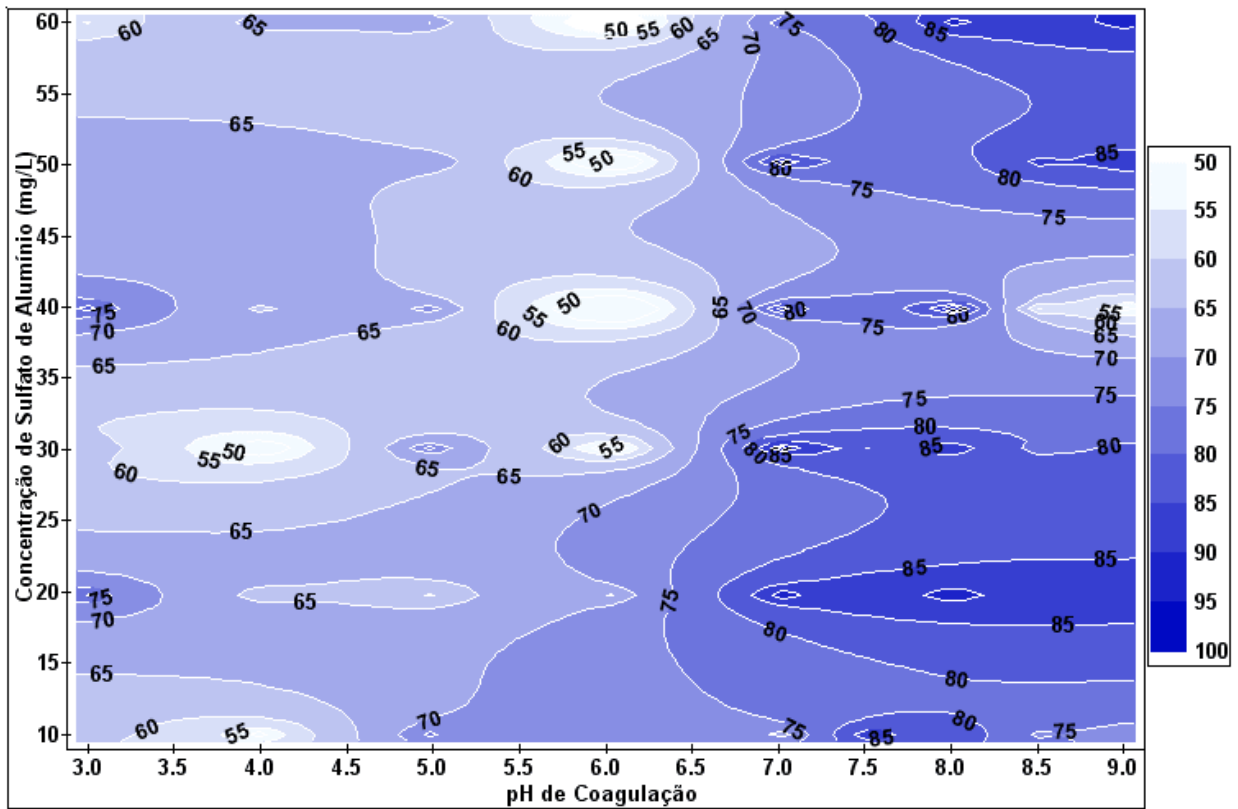


Figura 36 - Diagramas de Coagulação do Sulfato de Alumínio 10 %, Contendo Curvas de Mesma Remoção de Turbidez - Papel Quantitativo – HCl e Ca(OH)₂

Foram alcançadas remoções de materiais com absorção em UV-254 nm da ordem de 70%, nas faixas de pH de 3,0 a 5,0 para concentrações de coagulantes de 20 a 60 mg/L, e faixas de remoção de 65%, para faixas de pH entre 6,0 e 9,0 e concentrações de coagulante de 15,0 a 35,0 mg/L.

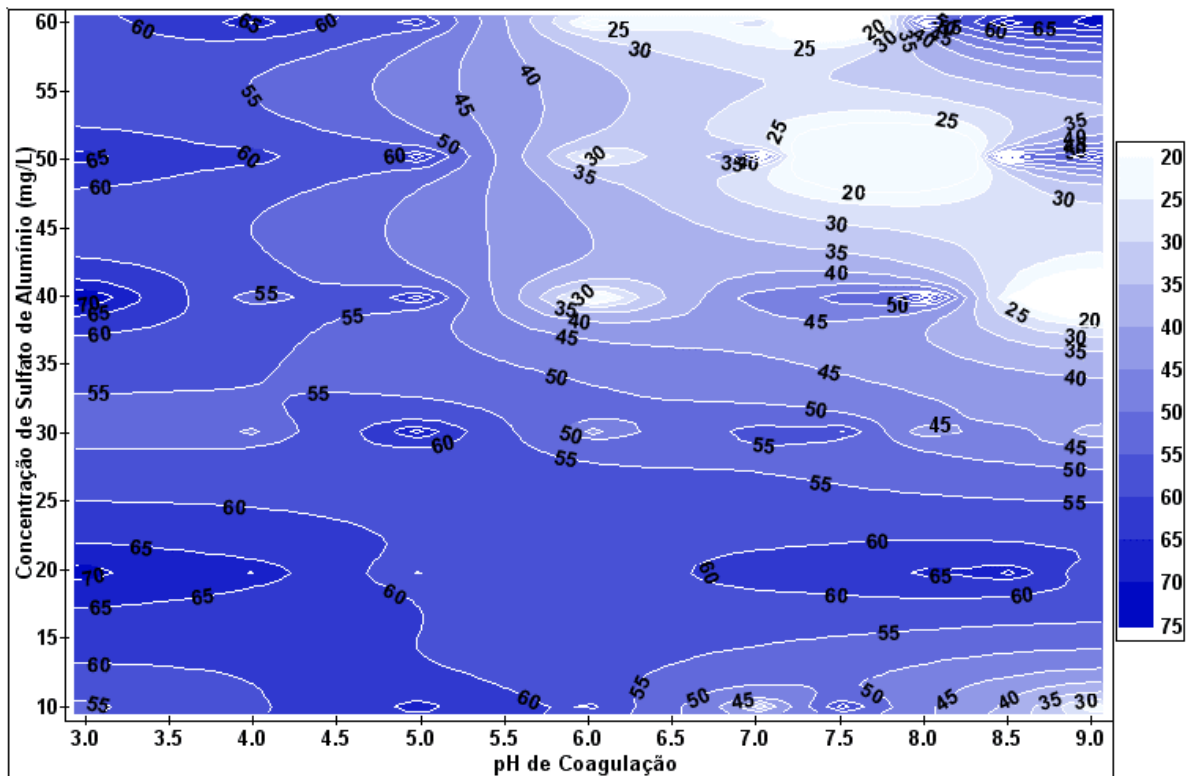


Figura 37 - Diagramas de Coagulação do Sulfato de Alumínio 10 %, Contendo Curvas de Mesma Remoção de Compostos com Absorção em UV-254 nm - Papel Quantitativo – HCl e Ca(OH)₂

Estes resultados confirmaram a influência do tipo de alcalinizante utilizado no Processo de Coagulação/ Floculação.

Na Figura 38 observa-se que a massa de lodo formada foi maior em pH entre 5,0 e 6,0, para concentrações do coagulante entre 45,0 a 60,0 mg/L.

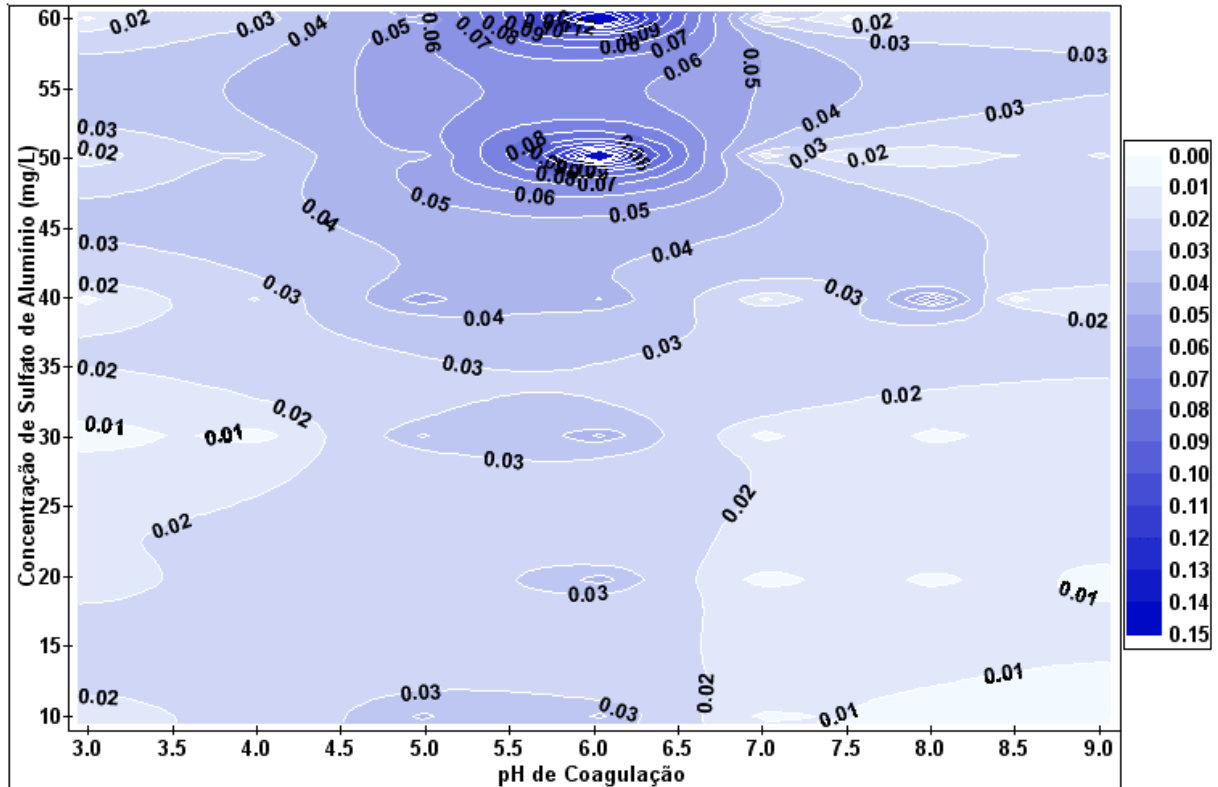


Figura 38 – Diagrama de Coagulação do Sulfato de Alumínio 10%, Contendo Curvas de Mesma Quantidade de Massa de Lodo Formada (g/L) - Papel Quantitativo

Quando da utilização do sulfato de alumínio como coagulante para água de cor e turbidez relativamente baixas, a melhor região encontrada foi em pH de 6,0 a 9,0 e concentração acima de 15,0mg/L, representada pela região mais escura nos diagramas de coagulação, considerando a remoção de cor, turbidez e materiais com absorção em UV-254nm.

De acordo com AMIRTAHARAJAH e MILLS (1982), a faixa de pH compreendida entre 6 e 8 e concentração de sulfato de alumínio superior a 10mg/L é caracterizada pela coagulação pelo mecanismo de varredura.

A condição escolhida para utilização na Estação Piloto foi: concentração do sulfato de alumínio [S]=37mg/L e pH=7,56, que era o pH da água bruta.

Nas Figuras 39 a 42 estão apresentados os diagramas de coagulação para o coagulante sulfato de alumínio 10%, amostras filtradas em papel quantitativo porosidade 8 μm , nas condições de cor e turbidez altas, em função da eficiência de remoção de cor, de turbidez, de compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa de lodo formada. Observa-se que as regiões encontradas como as de melhores remoção, para os parâmetros estudados, foram coincidentes.

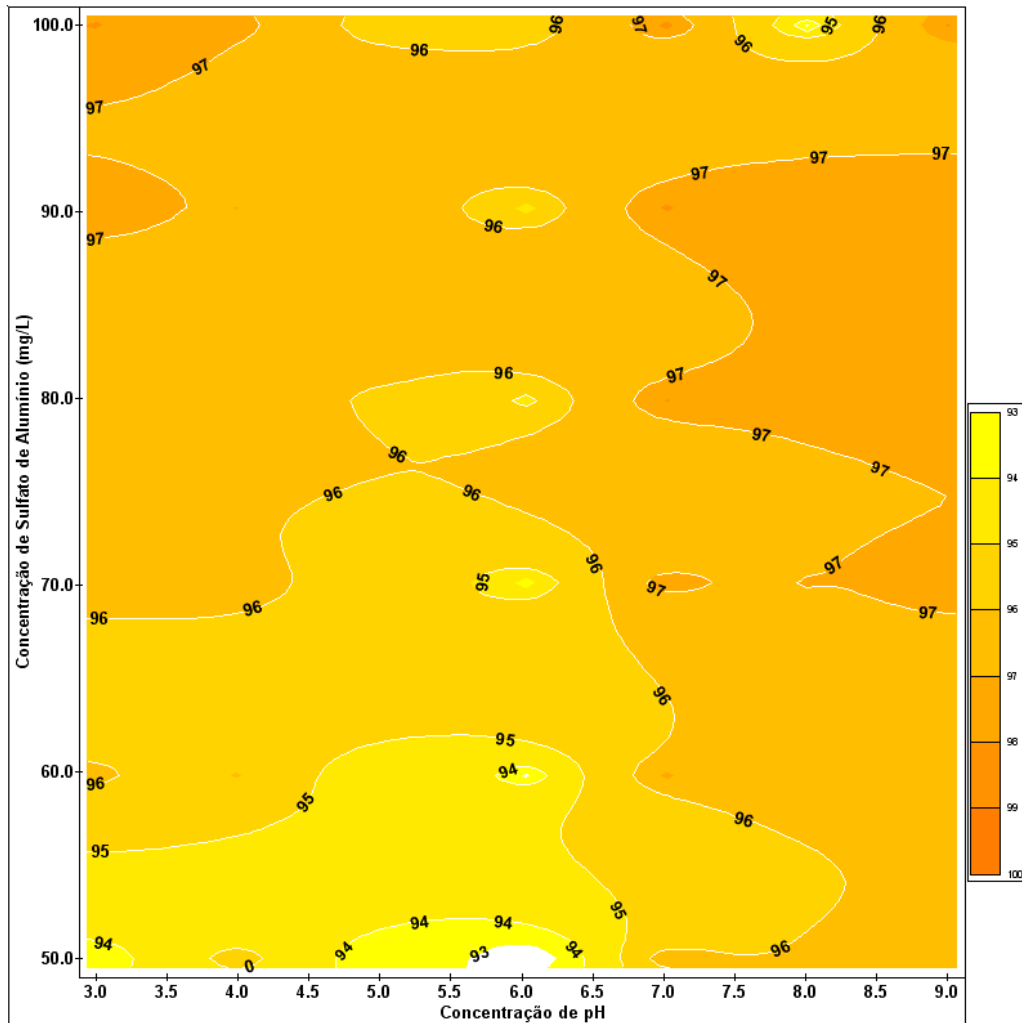


Figura 39 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio, contendo curvas de mesma remoção de cor.

As melhores remoções de cor, da ordem de 97%, ocorreram em pH entre 7,0 e 9,0 para concentrações do coagulante acima de 60 e 90,0 mg/L e em pH de 3,0 a 4,0 para concentrações do coagulante entre 90,0 e 100mg/L. Pelo diagrama de coagulação pode-se observar que as remoções de cor foram acima de 93%, em todos os ensaios realizados para concentração do coagulante de 50,0 a 100,0 mg/L.

As melhores remoções de turbidez, da ordem de 97,5%, ocorreram em pH entre 7,0 e 9,0 para concentrações do coagulante entre 50,0 e 90,0 mg/L e em pH de 3,0 a 4,5, para concentrações do coagulante de 90,0 a 100mg/L. Pelo diagrama de coagulação pode-se observar que as remoções de turbidez ficaram acima de 94,5% em todos os ensaios realizados para concentração do coagulante de 50,0 a 100,0 mg/L.

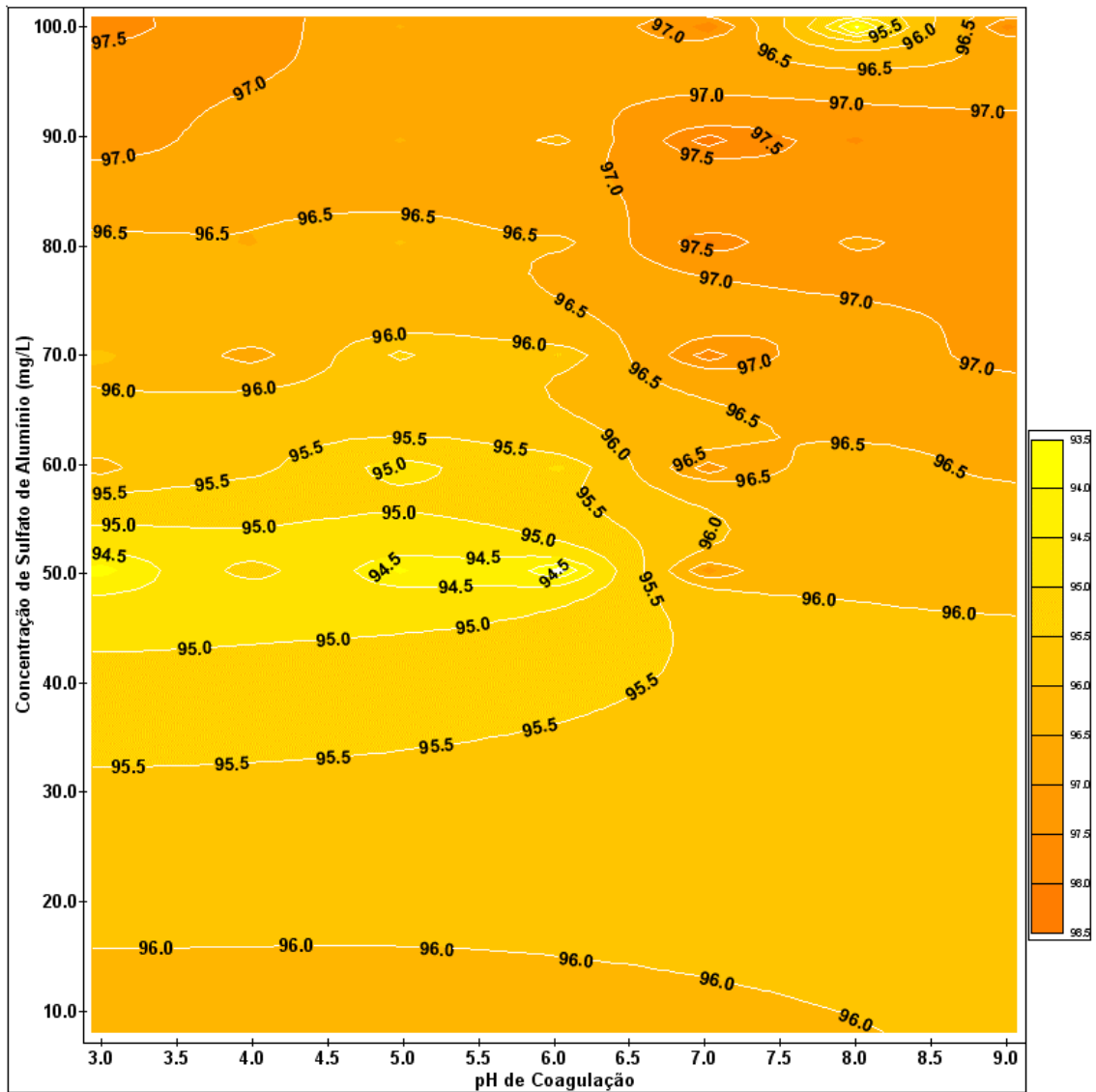


Figura 40 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio, contendo curvas de mesma remoção de turbidez.

As melhores remoções de materiais com absorção em UV-254 nm superiores a 94%, ocorreram nas faixas de pH de 8,0 a 9,0 para concentrações de coagulantes de 70 a 80 mg/L. Pelo diagrama de coagulação pode-se observar que as remoções de materiais com absorção em UV-254 nm, ficaram acima de 90%, em todos os ensaios realizados, para concentração do coagulante de 65,0 a 95,0 mg/L.

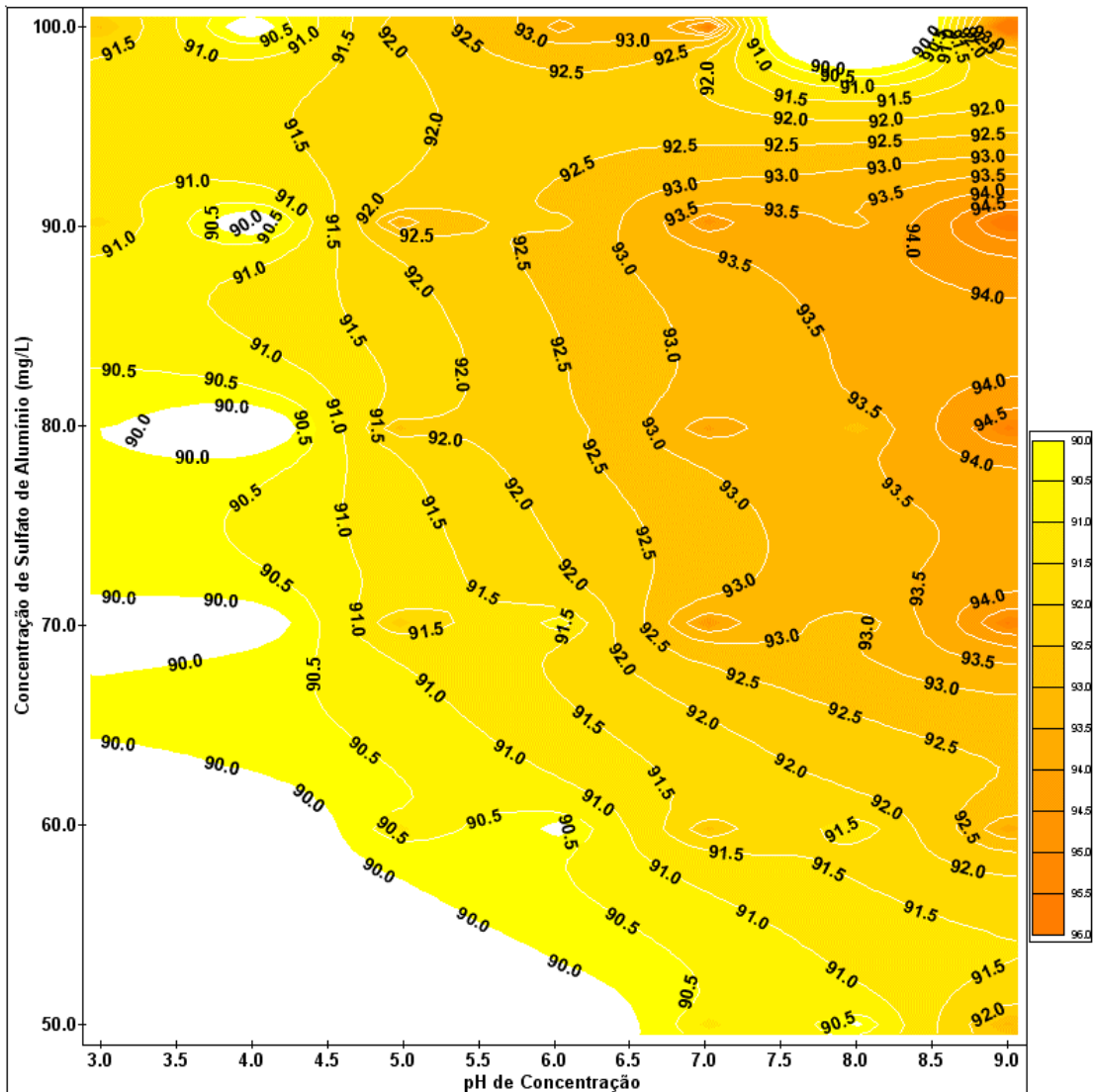


Figura 41 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio, contendo curvas de mesma remoção de UV-254 nm.

As maiores quantidades de massa de lodo coincidiram com as melhores remoções dos parâmetros analisados.

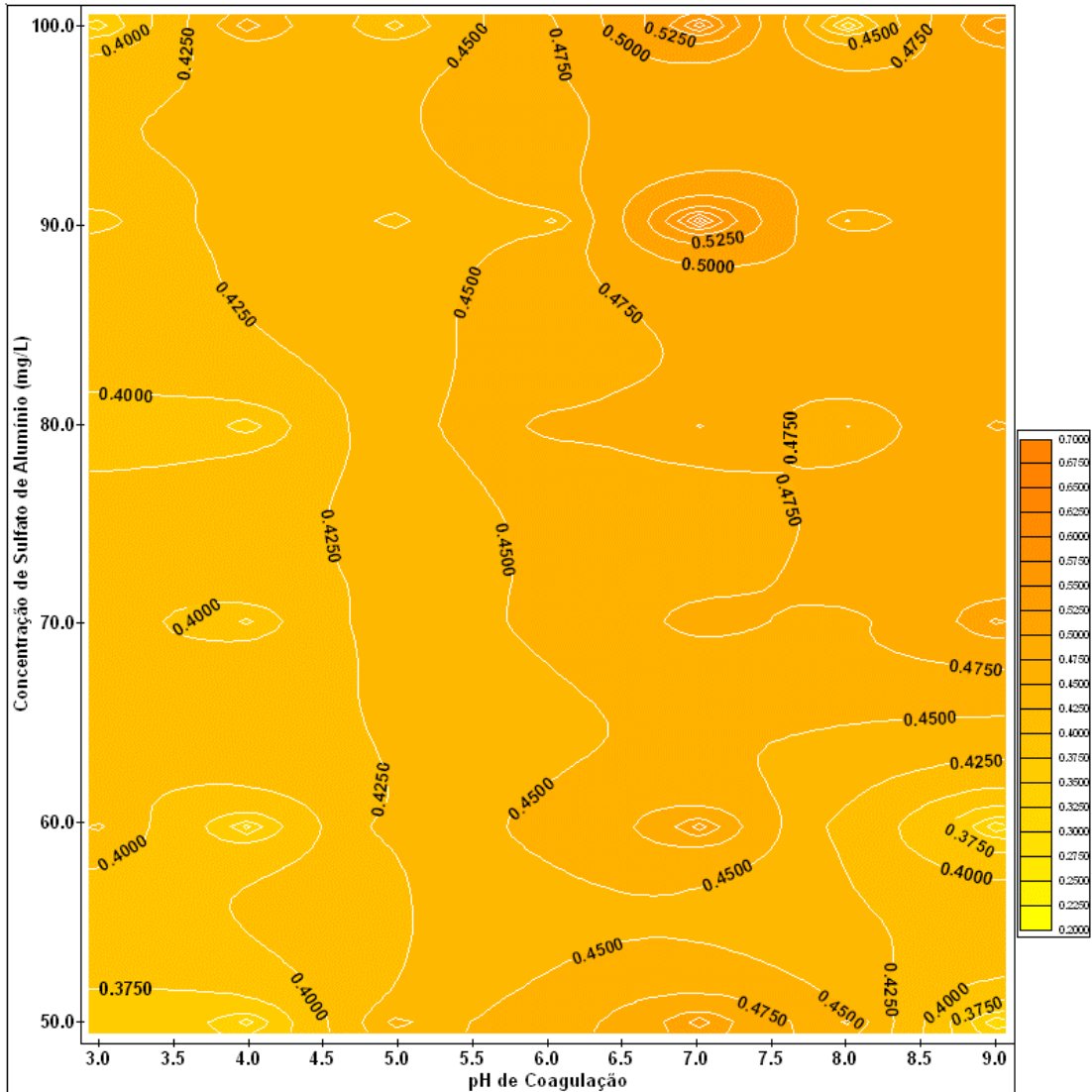


Figura 42 – Diagrama de coagulação do sulfato de alumínio, contendo curvas de mesma quantidade de massa de lodo formada (g/L)

Quando da utilização do sulfato de alumínio como coagulante, para água de cor e turbidez altas, a melhor região encontrada foi em pH de 7,0 e concentração acima de 50,0mg/L, representada pela região mais escura nos diagramas de coagulação, considerando a remoção de cor, turbidez e materiais com absorção em UV-254nm.

A condição escolhida para utilização na Estação Piloto foi concentração de sulfato de alumínio [S]=80mg/L e pH da água bruta, sem correção, pH=7,86.

De acordo com HALL e PACKHAM (1965), citados por PÁDUA (1994), a faixa ótima de remoção de substâncias húmicas e COT, quando da utilização do sulfato de alumínio, esta entre 5,0 a 6,5.

De uma forma geral, o mecanismo de adsorção e neutralização de cargas ocorre nas seguintes condições: concentrações de sulfato de alumínio de aproximadamente 0 a 30 mg/L e pH entre 4,5 e 5,5', enquanto que o mecanismo de varredura ocorre em concentrações do coagulante acima de 10mg/L e em uma faixa de pH entre 6 e 8 (CAMPOS *et al.*, 2005; AMIRTHARAJAH, 1989).

As melhores remoções na região de varredura, de acordo com a literatura, são devidas às características dos flocos formados. Nessa região, os flocos são maiores e possuem maiores velocidades de sedimentação, sendo mais facilmente decantados, proporcionando, no geral, melhores remoções dos parâmetros analisados (PEREIRA *et al.*, 2005).

A concentração do sulfato de alumínio requerido nestes ensaios também se encontrou dentro dos valores mais comumente aplicados em ensaios para a produção de água potável.

Geralmente um aumento da turbidez exige uma maior concentração de coagulante. Nestes ensaios, a concentração de sulfato de alumínio requerida foi aproximadamente a mesma utilizada pela Companhia de Saneamento do Paraná, para águas com características semelhantes.

Os melhores pHs encontrados já eram esperados, porque o sulfato de alumínio tem a sua máxima eficiência para faixas de pH entre 5,5 e 8,0 (CORBITT, 1998). Ainda, de acordo com a literatura, o sulfato de alumínio tem o seu diagrama de coagulação dividido em duas regiões distintas, a primeira na qual a coagulação ocorre pelo mecanismo de adsorção-neutralização, que ocorre em um pH mais baixo, e outra na qual a coagulação ocorre pelo mecanismo de varredura, em um pH mais elevado (DI BERNARDO *et al.*, 2002).

5.2.3 Associação entre a Quitosana e o Sulfato de Alumínio

As concentrações utilizadas, na associação do coagulante natural, quitosana, com o coagulante químico, sulfato de alumínio foram determinadas para cada tipo de água a ser tratada, em função dos ensaios anteriores, e as variações aplicadas, estão apresentadas nas Tabelas 11 e 12.

Nos diagramas de coagulação da associação entre a quitosana e o sulfato de alumínio, estão apresentados, no eixo das ordenadas, os pontos correspondentes às concentrações de [Quitosana]:[Sulfato de Alumínio]. Esta forma de apresentação foi utilizada em função de não ser possível a inclusão de proporção nos eixos dos diagramas.

Tabela 11 – Variações das concentrações da associação dos agentes coagulantes

Ponto no Diagrama de Coagulação	Quitosana (mg/L)	$Al_2(SO_4)_3$ (mg/L)
Águas com baixa cor e turbidez		
1,0	0,0	35,0
2,0	2,0	30,0
3,0	4,0	25,0
4,0	6,0	20,0
5,0	8,0	15,0
6,0	10,0	10,0

Tabela 12 – Variações das concentrações dos coagulantes quando da utilização em conjunto da quitosana com o sulfato de alumínio

Ponto no Diagrama de Coagulação	[Quitosana] (mg/L)	$[Al_2(SO_4)_3]$ (mg/L)
Águas com alta cor e turbidez		
1,0	7,0	100,0
2,0	8,0	95,0
3,0	9,0	90,0
4,0	10,0	85,0
5,0	11,0	80,0
6,0	12,0	75,0

Nas Figuras 43 a 47 estão apresentados os diagramas de coagulação para a associação entre os coagulantes quitosana e sulfato de alumínio, amostras filtradas em papel quantitativo porosidade 8 μm , nas condições de cor e turbidez baixas, em função da eficiência de remoção de cor, de turbidez, de compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa e do volume de lodo formados. Observa-se que as regiões encontradas como as de melhores remoção, para os parâmetros estudados, foram coincidentes.

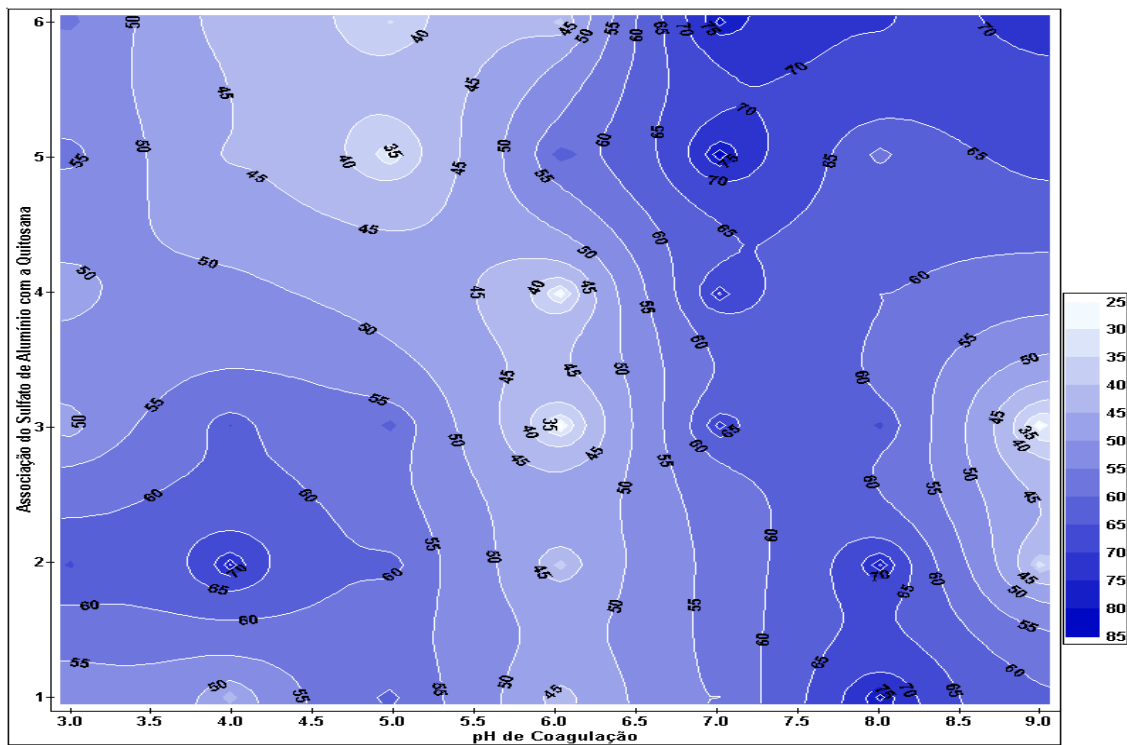


Figura 43 – Diagrama de coagulação da associação entre o sulfato de alumínio e a quitosana, contendo curvas de mesma remoção de cor.

As melhores remoções de cor, superiores a 80%, ocorreram em pH entre 3,5 a 4,5 para concentrações da associação dos coagulantes $[Q]= 2,0\text{mg/L}$ e $[S]=30\text{mg/L}$, para pH entre 7,5 e 8,5, para as mesmas concentrações da associação dos coagulantes, e para pH entre 6,5 a 7,5 e concentrações da associação dos coagulantes $[Q]= 8,0\text{mg/L}$ e $[S]=15\text{mg/L}$.

As melhores remoções de turbidez, superiores a 95%, ocorreram em pH entre 4,0 a 5,0 para concentrações dos coagulantes [Q]= 2,0mg/L e [S]=30mg/L, para pH entre 7,5 e 8,5 para as mesmas concentrações dos coagulantes e para pH entre 6,5 a 7,5 e concentrações dos coagulantes [Q]= 8,0mg/L e [S]=15mg/L .

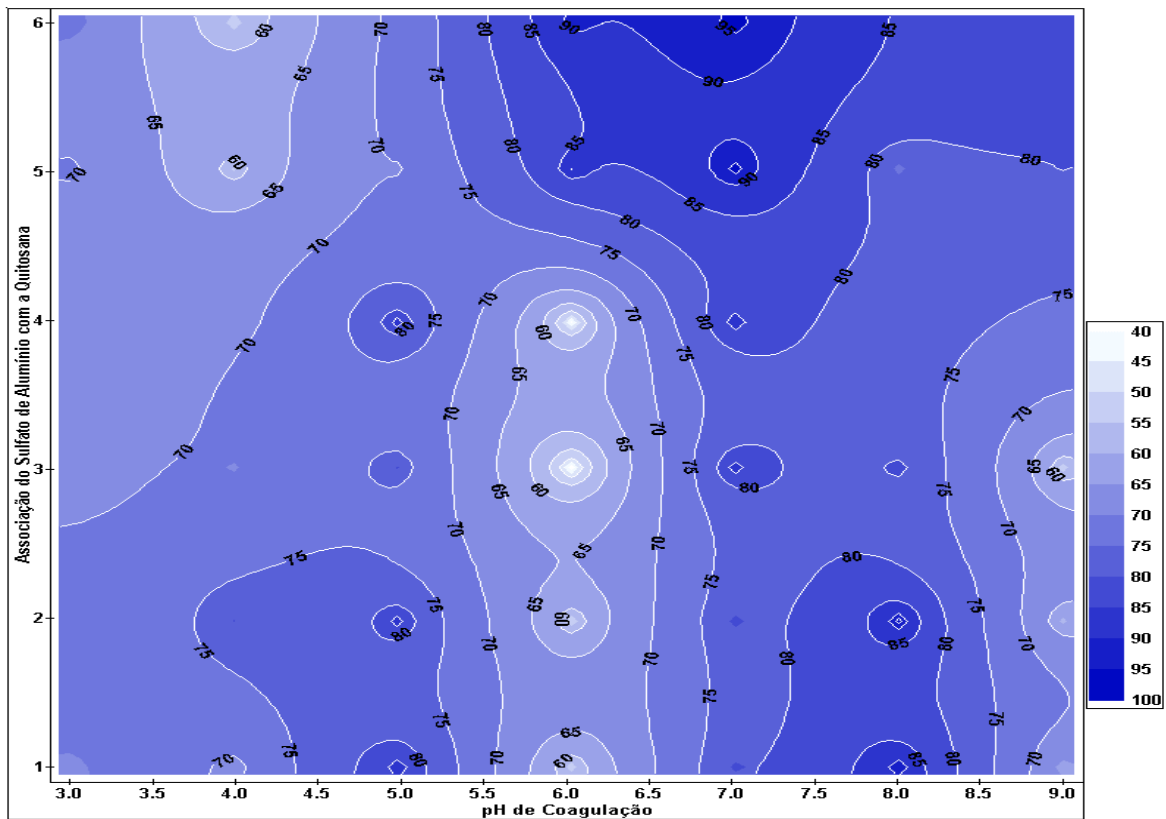


Figura 44 – Diagrama de coagulação da associação entre o sulfato de alumínio e a quitosana, contendo curvas de mesma remoção de turbidez.

Na Figura 45, observa-se que, as melhores remoções de compostos com absorção em UV 254, superiores a 55%, ocorreram em pH entre 7,0 e 8,5, para concentrações da associação dos coagulantes [Q]= 8,0mg/L e [S]=15mg/L .

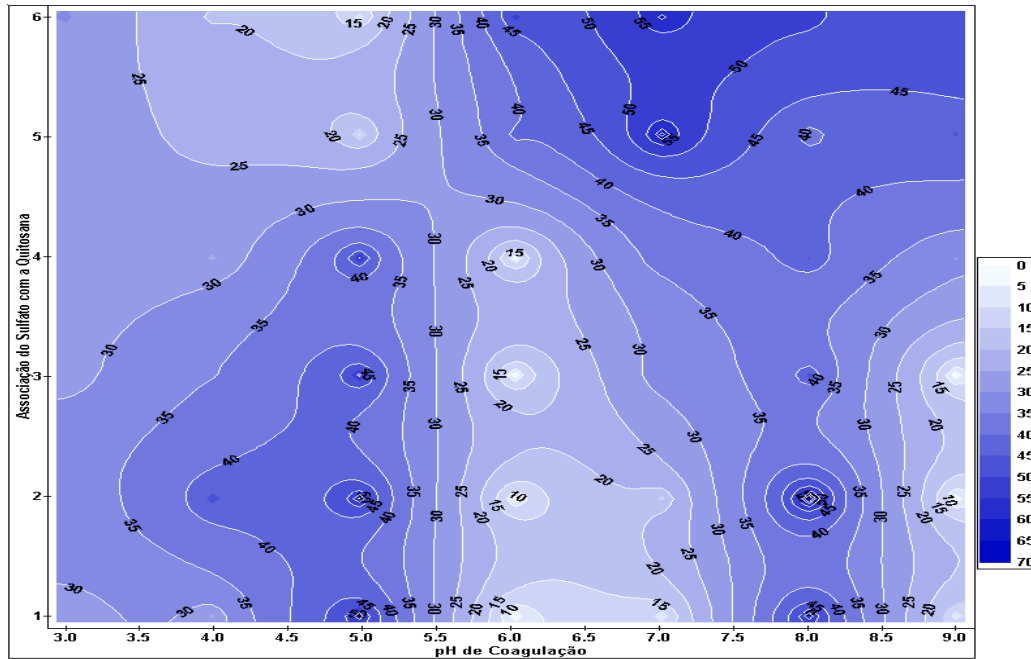


Figura 45 – Diagrama de coagulação da associação entre o sulfato de alumínio e a quitosana, contendo curvas de mesma remoção de compostos com absorção em UV-254 nm.

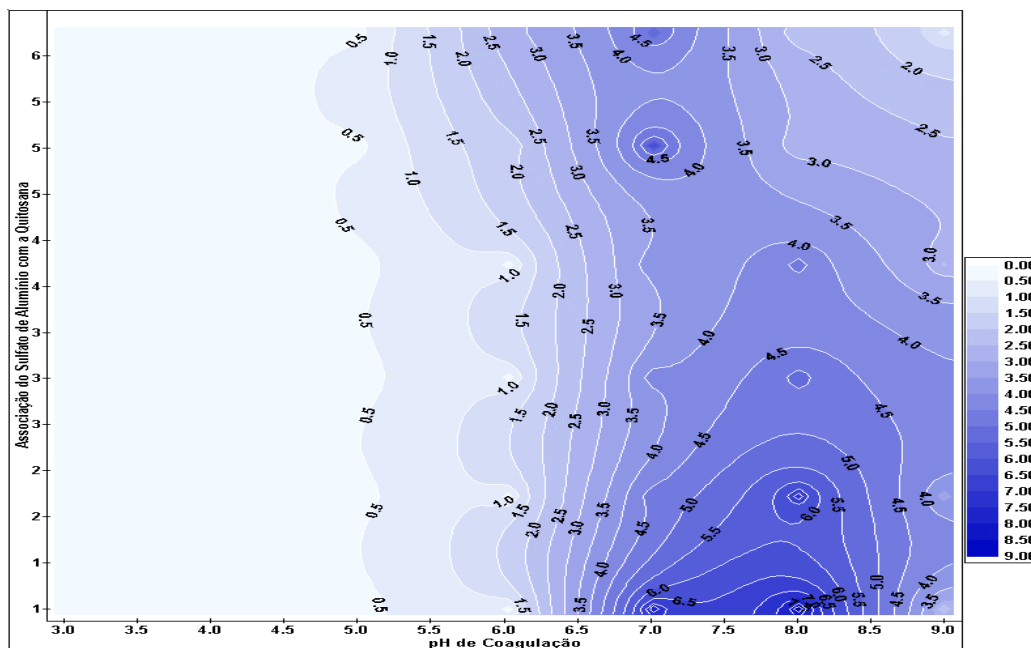


Figura 46 – Diagrama de coagulação da associação entre o sulfato de alumínio e a quitosana, contendo curvas de mesmo volume de lodo formado (mL/L).

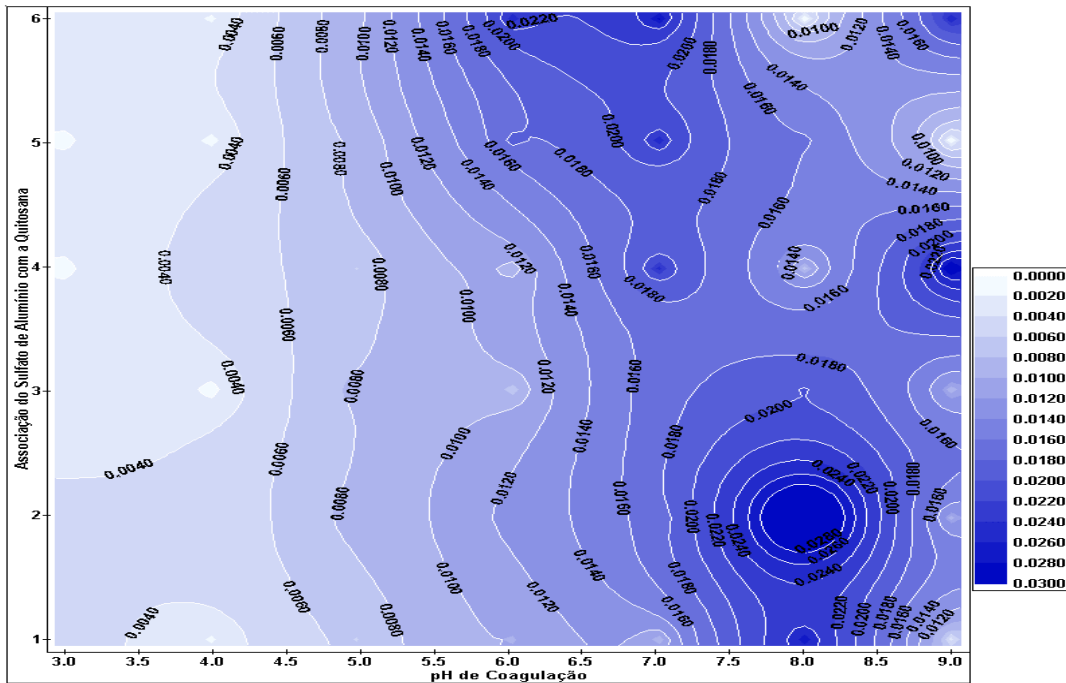


Figura 47 – Diagrama de coagulação da associação entre o sulfato de alumínio e a quitosana, contendo curvas de mesma quantidade de lodo formado (g/L).

Observa-se nas figuras 46 e 47, que as maiores massas e volumes de lodo formados, ocorreram nas áreas de maior eficiência de remoção de cor, turbidez e compostos com absorção em UV-254 nm.

Os melhores resultados encontrados quando do tratamento de águas de cor e turbidez relativamente baixas, para a associação da quitosana com o sulfato de alumínio ocorreram em $\text{pH}=7,0$ e concentrações dos coagulantes $[\text{Q}]=8,0\text{mg/L}$ e $[\text{S}]=15\text{mg/L}$, com remoção de cor, turbidez e de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm, da ordem de 95%, 85% e 55%, respectivamente.

Os melhores resultados com o coagulante quitosana, para tratamento de águas com baixa cor e turbidez, foram: remoção de 70% para cor e turbidez e de 50% para materiais com faixa de absorção em UV-254 nm, em pH variando de 5,5 a 6,0 e concentração do coagulante variando de 5,0 a 6,0 mg/L.

Com o coagulante sulfato de alumínio, os melhores resultados obtidos foram de remoção de cor e turbidez superiores a 80% e de 70% para materiais com faixa de absorção em UV-254 nm.

Pode-se observar, pelos resultados, que, para as condições estudadas, a associação do coagulante natural quitosana com o sulfato de alumínio influenciou positivamente as remoções de cor e turbidez e negativamente para a remoção de materiais com faixa de absorção em UV-254 nm.

A condição escolhida para utilização na Estação Piloto foi aquela do ponto 5 do diagrama de coagulação, pH=5,0 e concentrações coagulantes [Q]= 8,0mg/L e [S]=15mg/L.

Nas Figuras 48 a 52 estão apresentados os diagramas de coagulação para a associação entre os coagulantes quitosana e sulfato de alumínio, amostras filtradas em papel quantitativo porosidade 8 μm , nas condições de cor e turbidez altas, em função da eficiência de remoção de cor, de turbidez, de compostos com faixa de absorção em UV-254nm e da massa e do volume de lodo formados. Observa-se que as regiões encontradas como as de melhores remoções, para os parâmetros estudados, foram coincidentes.

Nos diagramas de coagulação da associação entre a quitosana e o sulfato de alumínio, estão apresentados, no eixo das ordenadas, os pontos correspondentes às concentrações de [Quitosana]:[Sulfato de Alumínio]. Esta forma de apresentação, conforme citado anteriormente, foi utilizada em função de não ser possível a inclusão de proporção nos eixos dos diagramas.

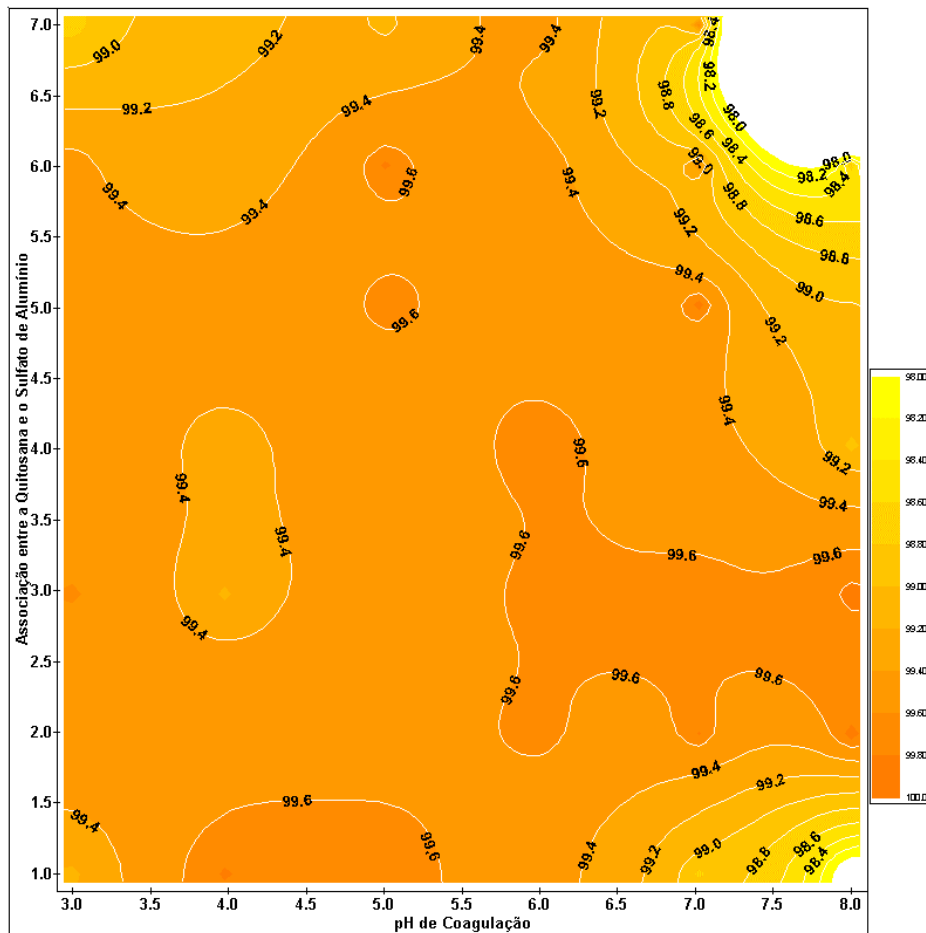


Figura 48 – Diagrama de coagulação da associação da quitosana com o sulfato de alumínio, contendo curvas de mesma remoção de cor.

As melhores remoções de cor, superiores a 99,6 %, ocorreram nas faixas de pH entre 3,0 e 8,0. Em todas as condições a remoção foi superior a 98%.

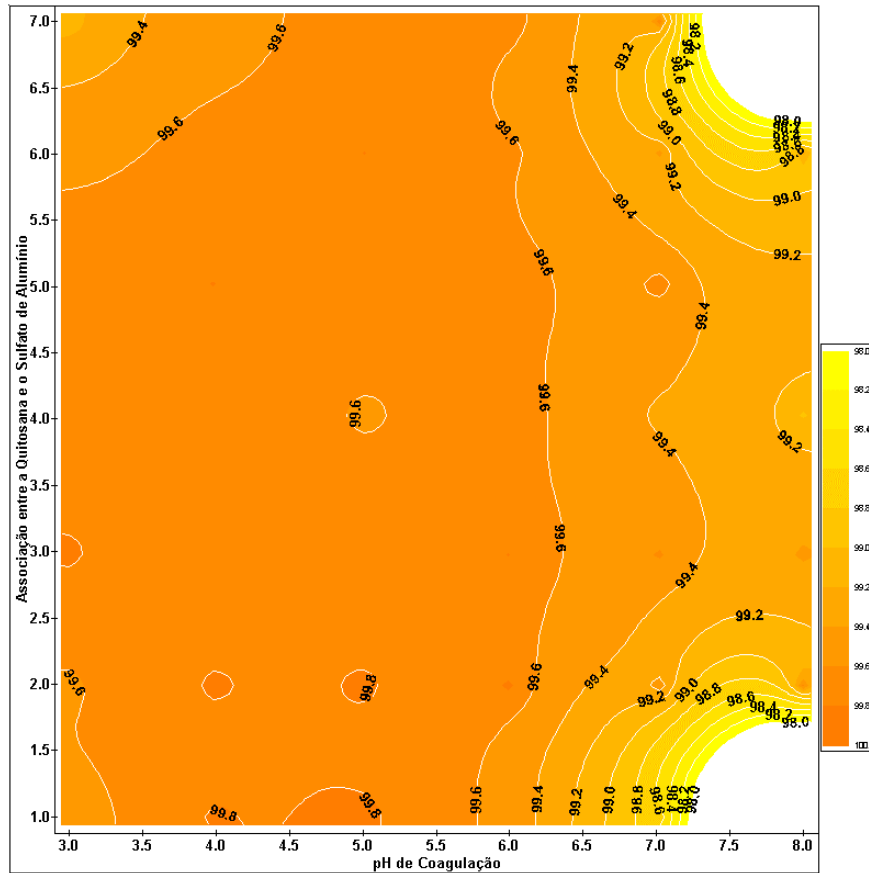


Figura 49 – Diagrama de coagulação da associação da quitosana com o sulfato de alumínio, contendo curvas de mesma remoção de turbidez.

As melhores remoções de turbidez, superiores a 99,6%, ocorreram em pH entre 3,0 e 7,0. Nessa faixa de pH a remoção dos parâmetros estudados, para todas as concentrações, foi superior a 98%.

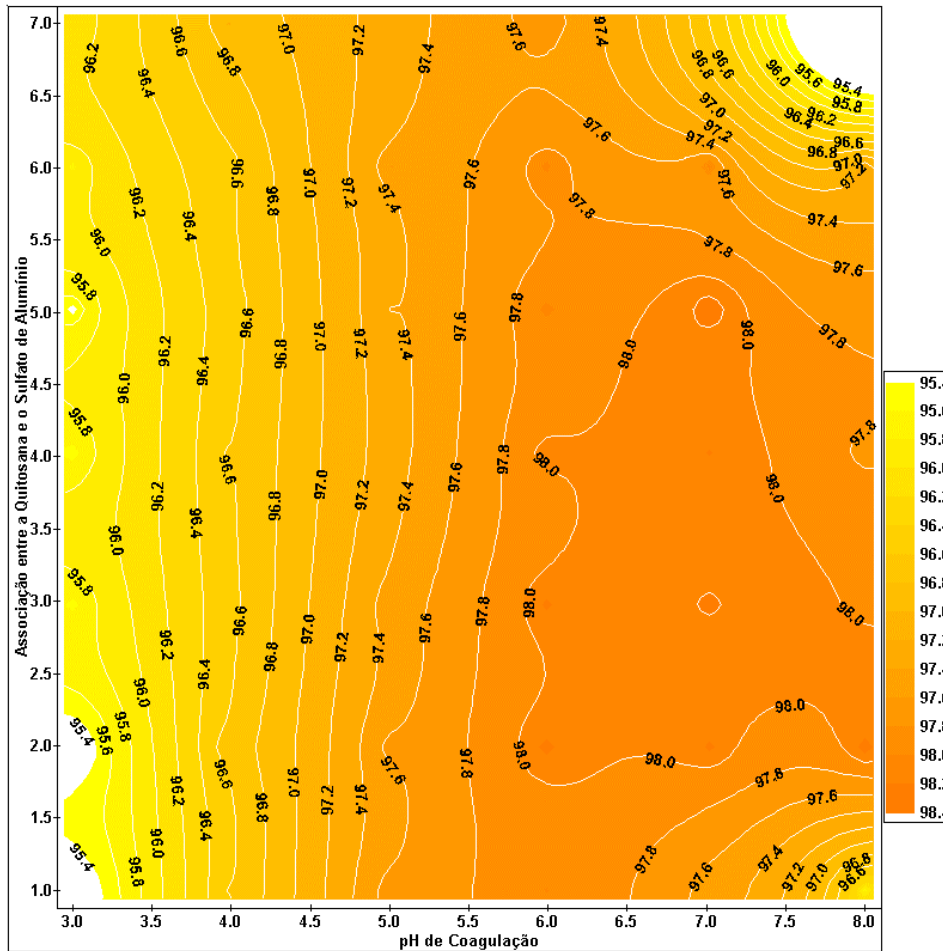


Figura 50 – Diagrama de coagulação da associação da quitosana com o sulfato de alumínio, contendo curvas de mesma remoção de UV-254 nm.

As melhores remoções de compostos com absorção em UV 254, superiores a 98%, ocorreram em pH entre 6,0 e 8,0, para todas as concentrações dos coagulantes ensaiadas. Nessa faixa de pH a remoção dos parâmetros estudados ficou acima de 95%, em todas as condições testadas.

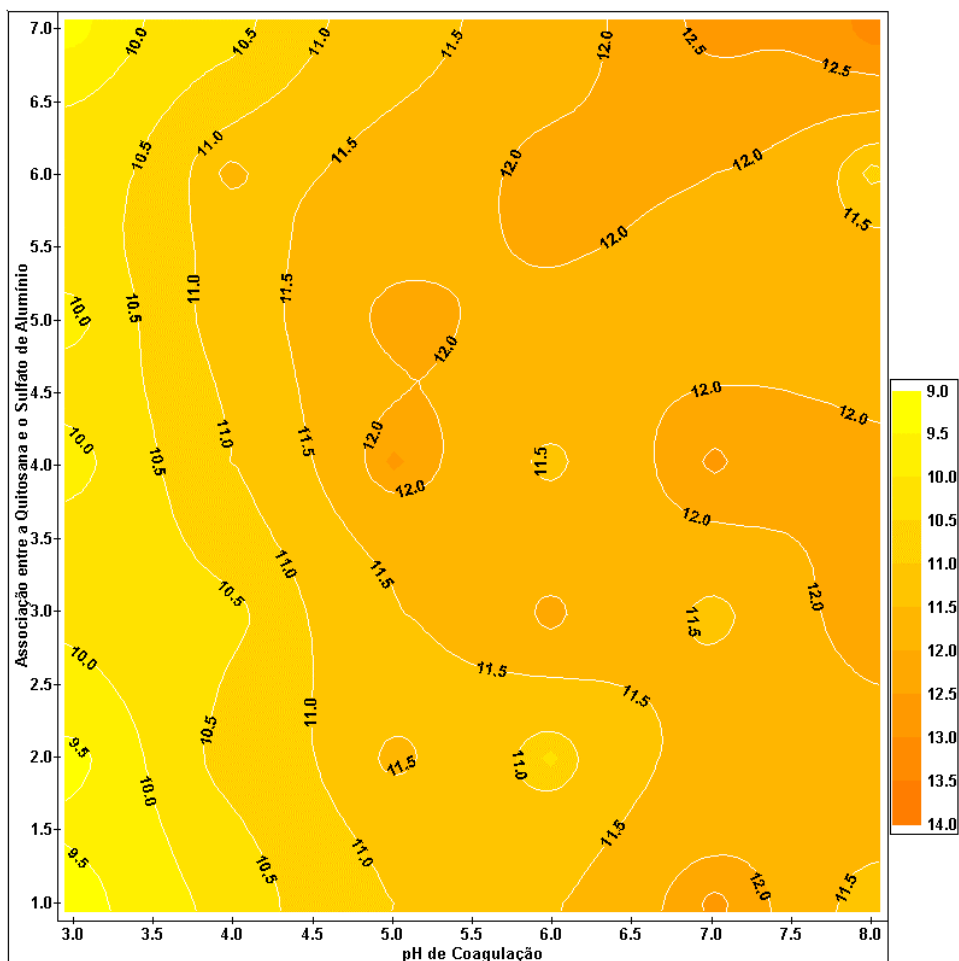


Figura 51 – Diagrama de coagulação da associação da quitosana com o sulfato de alumínio, contendo curvas de mesmo volume de lodo formado (mL/L).

Observa-se na Figura 51 que os volumes de lodo formados foram semelhantes em todo o diagrama de coagulação, nas condições testadas.

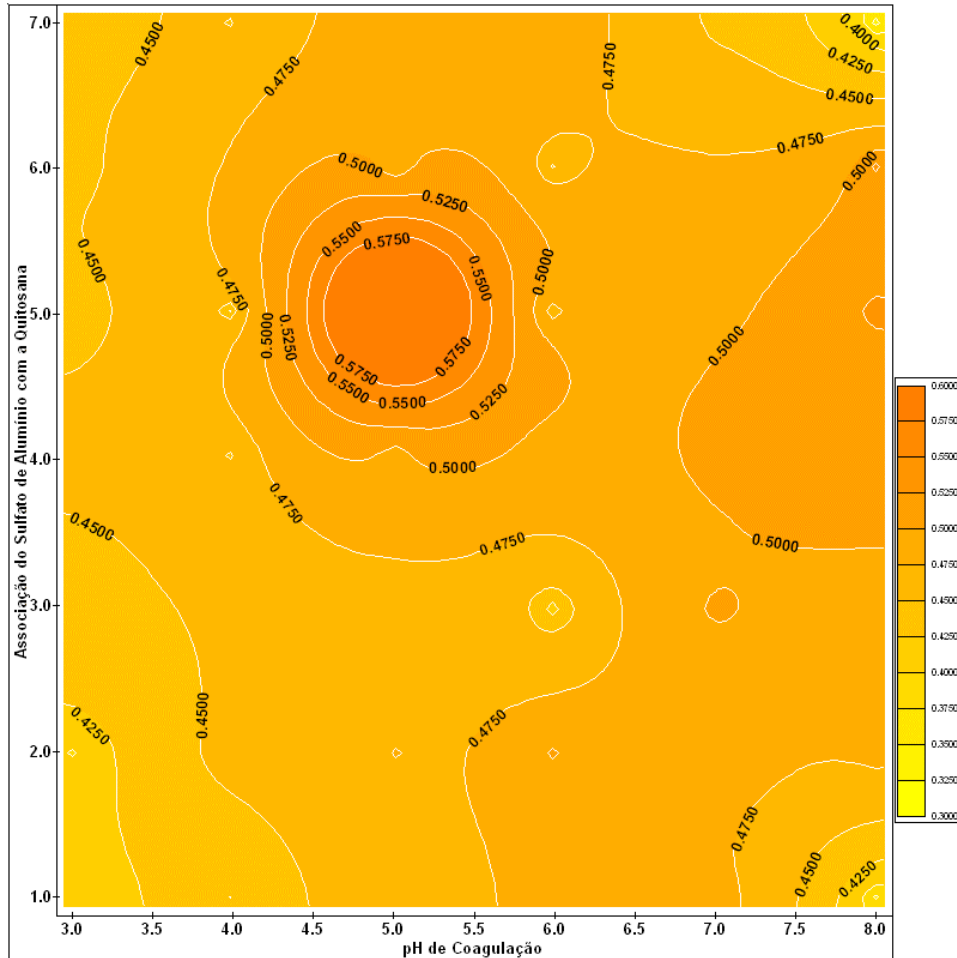


Figura 52 – Diagrama de coagulação da associação da quitosana com o sulfato de alumínio, contendo curvas de mesma massa de lodo formado (g/L)

Observa-se na Figuras 52 que as massas de lodo formadas foram semelhantes em todo o diagrama de coagulação, nas condições testadas.

A condição escolhida para utilização na Estação Piloto foi aquela do ponto 5 do diagrama de coagulação, pH=5,0 e concentrações coagulantes [Q]= 11,0mg/L e [S]=80mg/L.

Nessa pesquisa, os resultados encontrados quando do tratamento de águas de cor e turbidez relativamente altas, para a associação da quitosana com o sulfato de alumínio foram muito bons em todos os pHs e concentrações ensaiados.

Os melhores resultados com o coagulante quitosana, para tratamento de águas com alta cor e turbidez, foram remoção de 90% para cor, turbidez e para materiais com faixa de absorção em UV-254 nm, em pH variando de 3,0 a 5,0 e concentração do coagulante variando de 7,0 a 13,0 mg/L.

Com o coagulante sulfato de alumínio, os melhores resultados obtidos foram: remoção de cor de 97%, de turbidez de 97,5% e para materiais com faixa de absorção em UV-254 nm de 94%.

Pode-se observar, pelos resultados, para as condições estudadas, que a associação do coagulante natural quitosana com o sulfato de alumínio influenciou positivamente na remoção de todos os parâmetros estudados.

A quitosana apresentou excelentes resultados no processo de obtenção de água potável; o único inconveniente é o custo, que ainda é um pouco maior. Porém, uma das vantagens da quitosana em relação ao sulfato de alumínio é uma menor dose necessária para alcançar os mesmos níveis de remoção de parâmetros físico-químicos para obtenção de água potável.

Segundo SPINELLI (2001), nos ensaios em “jar test” realizados em seu trabalho, tanto a quitosana como o sulfato de alumínio foram eficientes, porém, a dose de quitosana aplicada foi 7,5 vezes menor que a de sulfato de alumínio e, nos ensaios para a água do rio, através do processo de decantação, ambos os coagulantes também foram eficientes e novamente, a dosagem ótima de quitosana foi 9,3 vezes menor que a de sulfato de alumínio.

No trabalho de MORAES, (2004) os resultados encontrados em função da remoção de cor, turbidez e compostos que absorvem em UV-254 nm, para água com baixa cor e turbidez, foram da ordem de 97%, 100% e 95%, para uma concentração de quitosana, [Q]=3,75mg/L e pH=5,5.

Pesquisas realizadas por EIKEBROKK, (1999) demonstraram que remoções de cor, da ordem de 80% e 70% foram conseguidas utilizando a quitosana como coagulante, na concentração de 7,5 mg/L e 5,0 mg/L, respectivamente.

HUANG *et al*, (2000), estudaram a preparação de soluções coagulantes de quitosana com ácido acético (HAc) e ácido clorídrico (HCl). Com solução de quitosana/HAc em uma concentração de 5,0 mg/L, conseguiram remoção de turbidez em torno de 99%, remoção esta semelhante à encontrada no presente trabalho. Para a solução de quitosana/HCl, na mesma concentração, os autores conseguiram remoção de turbidez de 98,5%.

Nesse trabalho encontrou-se para águas com baixa cor e turbidez, as melhores remoções para concentração de quitosana, [Q]=5,5 mg/L, enquanto que para mesmas águas analisadas a concentração de sulfato de alumínio foi de [S]=37mg/L. Para águas com alta cor e turbidez, as melhores remoções ocorreram para concentração de quitosana, [Q]=12,0 mg/L, enquanto que

para as mesmas águas analisadas a concentração de sulfato de alumínio foi de $[S]=80\text{mg/L}$. Portanto, nesse estudo, para tratamento de águas com alta e baixa cor e turbidez, a concentração de quitosana necessária foi de aproximadamente 6,7 vezes menor que a de sulfato de alumínio.

Utilizou-se, nos ensaios, a Quitosana Comercial Polymar, produzida no Brasil. O preço do quilograma da quitosana, cotado no varejo, comparado com o do sulfato de alumínio é 28 vezes maior. Considerando que a quitosana, no Brasil, ainda não é produzida em grande escala, sua utilização para obtenção de água potável geraria maior demanda e conseqüente aumento de produção, o que provavelmente ocasionaria redução de preço.

Outro fator grande importância é que a quitosana, por ser um biopolímero, possibilita a disposição do lodo gerado no processo de tratamento da água, em aterro sanitário comum, enquanto que o lodo gerado pelo sulfato de alumínio, requer tratamento antes da disposição em aterro sanitário, o que também importa em custo adicional.

5.3 LODO GERADO

Nas Figuras 53 e 54 pode-se observar a massa e o volume de lodo formados, nos pontos ótimos, de acordo com o coagulante utilizado.

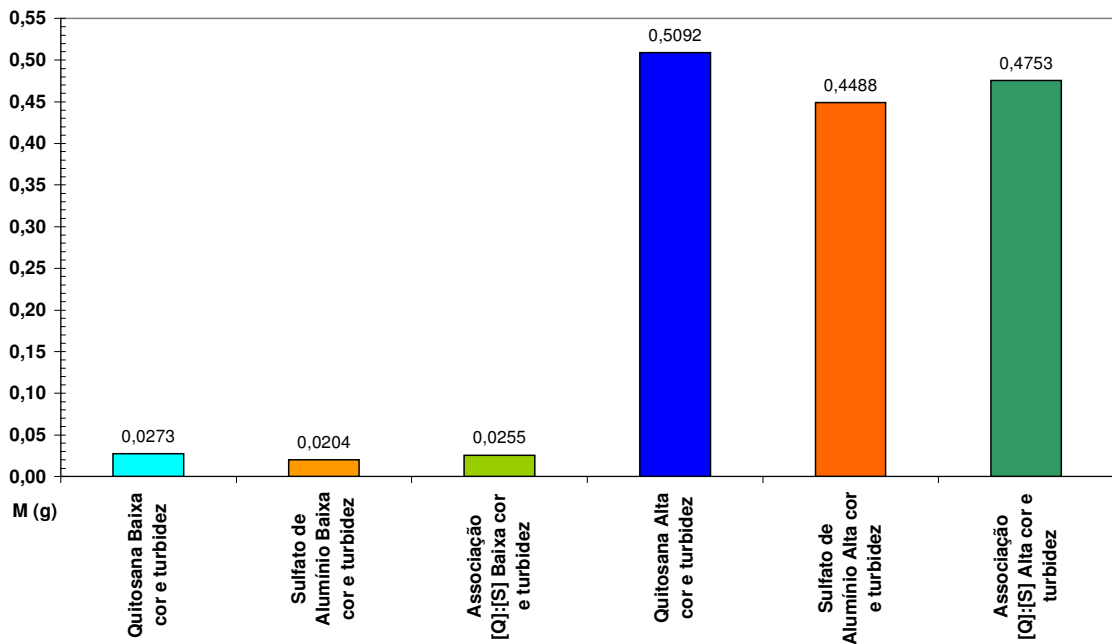


Figura 53 – Massa de lodo formada nos pontos ótimos de acordo com o coagulante utilizado

Na Figura 53 pode-se observar que, houve pequena variação na massa de lodo gerado pelo tratamento de água, independente do tipo de coagulante utilizado, tanto para águas com baixa cor e turbidez, quanto para águas com alta cor e turbidez. Verifica-se que o lodo gerado pelo tratamento da água com quitosana apresentou massa um pouco maior em relação ao lodo gerado pelo tratamento de água com sulfato de alumínio ou pela associação dos dois coagulantes.

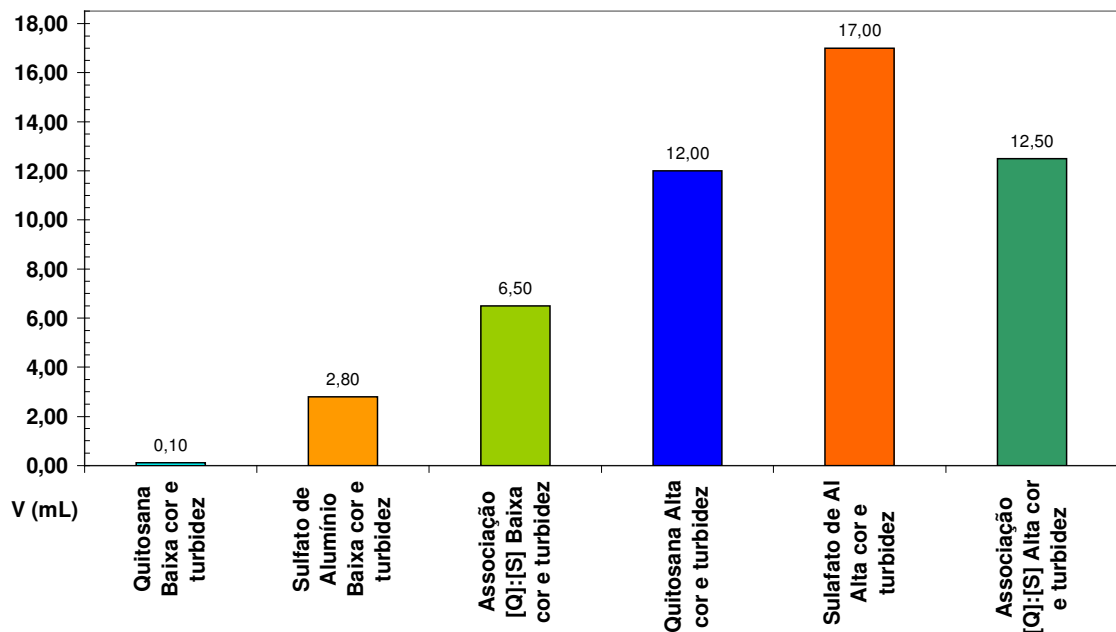


Figura 54 – Volume de lodo formado nos pontos ótimos de acordo com o coagulante utilizado

Na Figura 54 observa-se que, para águas com baixa cor e turbidez, nos melhores pontos testados, o volume de lodo gerado no tratamento de água com a quitosana foi 28 vezes menor que o gerado em água tratada com sulfato de alumínio. Para águas com alta cor e turbidez, nos pontos ótimos, o volume de lodo gerado no tratamento de água com quitosana foi aproximadamente 40% menor que o gerado no tratamento de água com sulfato de alumínio. Na associação dos dois coagulantes, para águas com baixa cor e turbidez, nos pontos ótimos ensaiados, o volume de lodo foi mais de duas vezes maior que o gerado no tratamento de água com sulfato de alumínio, e para águas com alta cor e turbidez, o volume foi, aproximadamente, 40% menor que o gerado no tratamento de água com sulfato de alumínio.

A quitosana reduz consideravelmente o volume de lodo nos decantadores, em vista dos flocos serem mais compactos (SPINELLI, 2001).

A quitosana pode ser utilizada como agente coagulante/floculante em tratamento de águas com boa eficiência, formando menos lodo que o tratamento com sulfato de alumínio. Ainda possui a vantagem de formar um lodo biodegradável, não tóxico e que pode ser disposto em aterro sanitário comum (KAWAMURA, 1991).

A maior vantagem que a quitosana oferece sobre o sulfato de alumínio é que a mesma por ser biodegradável gerará um lodo orgânico, fácil de tratar e que pode ser levado a um aterro sanitário comum (SPINELLI, 2001)

Vale destacar que a introdução do coagulante natural melhora a qualidade e reduz a quantidade do lodo gerado, parâmetro importante a ser considerado na eficiência do processo de produção de água potável. Neste trabalho foi verificado o volume e a massa de lodo gerado, em todas as condições ensaiadas.

5.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA TRATADA

As Tabelas 13, e 14 apresentam as características da água bruta do dia 10/11/2007, bem como as características da mesma água tratada na ETA Piloto, utilizando quitosana e sua associação com sulfato de alumínio.

Tabela 13 – Parâmetros físico-químicos da água bruta e da água tratada

Parâmetros	Amostra			
	Portaria 518/2004	Água Bruta 10/11/07*	Tratada [Q] 10/11/07*	Tratada[Q]:[S] 10/11/07*
Cor Real (uH)	-	2802	0	0
Cor Aparente (uH)	15	3390	0	0
Turbidez (UT)	5	894	1,0	0,78
UV-254nm (cm ⁻¹)	-	2,520	0,020	0,016
pH	6,0 a 9,5	7,88	5,34	5,47
DQO (mg O ₂ /L)	-	51,3	8,32	10,0
DBO (mg O ₂ /L)	-	48,8	-	-
COT (mg C/L)	-	-	-	-
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	-	68,9	55,0	60,0
Acidez Volátil (mg CH ₃ COOH/L)	-	61,0	90,0	135,0
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	500	97,5	75,0	62,5
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	-	362,0	4,4	5,2
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	-	307,3	1,2	4,4
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	-	54,7	3,2	0,8
Sólidos Totais (mg/L)	-	480,0	200,0	294,0
Sólidos Fixos (mg/L)	-	430,0	160,0	214,0
Sólidos Voláteis (mg/L)	-	50,0	40,0	80,0
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	1.000	118,0	195,6	288,8
Amônia (mg/L) NH ₃ -N	-	-	0,09	0,13
Amônia (mg/L) NH ₄ ⁺	-	-	0,12	0,16
Amônia (mg/L) NH ₃	1,5	-	0,11	0,15
Nitrito (mg/L) NO ₂ ⁻ -N	-	0,002	0,004	0,006
Nitrito (mg/L) NaNO ₂	-	0,014	0,018	0,023
Nitrito (mg/L) NO ₂ ⁻	1	0,009	0,012	0,015
Nitrato (mg/L) NO ₃ -N	-	4,6	0,7	0,8
Nitrato (mg/L) NO ₃ ⁻	10	20,1	3,2	3,7
Fosfato (mg/L) PO ₄ ⁻³	-	-	0,01	0,01
Fosfato (mg/L) P ₂ O ₅	-	-	0,01	0,01
Fosfato (mg/L) P	-	-	0	0
Sulfato (mg/L)	250	-	18,5	55,0
Sulfito (mg/L)	-	-	0,001	0,002
Cloreto (mg/L)	250	-	4,5	14,5

* Água coletada em horário distinto.

Tabela 14 – Parâmetros bacteriológicos da água bruta e da água tratada

Parâmetros Bacteriológicos	Amostra			
	Portaria 518/2004	10/11/07*	1	2
		10/11/07*	10/11/07*	10/11/07*
		Água Bruta	[Q]	[Q]:[S]
Coliformes Totais (UFC ⁽¹⁾)	Ausente	44350	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (UFC)	Ausente	15650	Ausente	Ausente

(1) UFC – Unidade formadora de colônias em 100 mL

* Água coletada em horário distinto.

Na tabela 13 observa-se que as águas de alta cor e turbidez, do dia 10/11/2007, tratadas na estação piloto atingiram ao padrão de potabilidade, da Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde, com exceção do pH, que ficou ligeiramente abaixo. A correção do pH, em águas tratadas, é tarefa corriqueira em estações de tratamento de água. Na ETA de Maringá o alcalinizante utilizado é o Hidróxido de Cálcio - Ca(OH)_2 .

Para águas tratadas na ETA piloto, com quitosana e com a associação de quitosana e sulfato de alumínio, os percentuais de remoção de cor atingiram 100%. As remoções de turbidez e compostos com faixa de absorção em UV-254 nm foram superiores 99%. Todos os outros parâmetros físico-químicos analisados atenderam aos padrões de potabilidade.

Embora o resultado tenha sido excelente tanto para a água tratada com quitosana quanto para a água tratada com a associação da quitosana com o sulfato de alumínio, observa-se que as remoções foram ligeiramente maiores nas águas tratadas com o coagulante natural.

Na Tabela 14, observa-se que as águas tratadas na ETA piloto também atenderam aos padrões de potabilidade, da Portaria Nº 518/2004, do Ministério da Saúde, quanto aos parâmetros bacteriológicos.

As Tabelas 15 e 16 apresentam as características da água bruta dos dias 08 e 09/01/08, bem como as características das mesmas águas tratadas na ETA Piloto, utilizando quitosana, sulfato de alumínio e a associação entre esses dois coagulantes.

Tabela 15 – Parâmetros físico-químicos da água bruta e da água tratada

Parâmetros	Amostra						
	Portaria 518/2004	Água Bruta 08/01/08	Água Bruta 09/01/08	[Q] 08/01/08	[S] 08/01/08	[S] 8/01/08	[Q]:[S] 9/01/08
Cor Real (uH)	-	191	150	3	1,0	2,0	0
Cor Aparente (uH)	15	228	157	4	3,0	4,0	0
Turbidez (UT)	5	40,0	29,3	0,86	0,46	0,43	0,64
UV-254nm (cm ⁻¹)	-	0,207	0,175	0	Nd	Nd	0,024
pH	6,0 a 9,5	7,56	7,49	4,76	5,17	4,80	6,15
DQO (mg O ₂ /L)	-	24,4	21,36	12,4	2,9	12,7	16,0
DBO (mg O ₂ /L)	-	8,63	8,12	-	-	-	-
COT (mg C/L)	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	-	55,0	55,0	40,0	35,0	45,0	25,0
Acidez Volátil (mg CH ₂ COOH/L)	-	48,0	48,0	66,0	48,0	60,0	60,0
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	500	75,0	62,5	87,5	62,5	67,5	57,5
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	-	23,6	24,4	1,2	1,6	1,2	3,2
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	-	19,6	19,6	0,8	0,8	0,4	1,2
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	-	4,0	4,8	0,4	0,8	0,8	2,0
Sólidos Totais (mg/L)	-	174,0	160,0	220,0	192,0	162,0	186,0
Sólidos Fixos (mg/L)	-	146,0	118,0	68,0	154,0	132,0	74,0
Sólidos Voláteis (mg/L)	-	28,0	42,0	152,0	38,0	30,0	112,0
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	1.000	150,4	135,6	218,8	190,4	160,8	182,8
Amônia (mg/L) NH ₃ -N	-	0,31	0,031	0,11	0,07	0,10	0,08
Amônia (mg/L) NH ₄ ⁺	-	0,40	0,39	0,14	0,09	0,12	0,10
Amônia (mg/L) NH ₃	1,5	0,37	0,37	0,13	0,09	0,12	0,09
Nitrito (mg/L)NO ₂ ⁻ -N	-	0,003	0,002	0,005	0,004	0,004	0,004
Nitrito (mg/L)NaNO ₂	-	0,012	0,009	0,022	0,020	0,021	0,017
Nitrito (mg/L)NO ₂ ⁻	1	0,008	0,006	0,015	0,013	0,013	0,012
Nitrato(mg/L) NO ₃ -N	-	1,2	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9
Nitrato(mg/L) NO ₃ ⁻	10	5,2	5,0	3,6	3,8	4,1	3,9
Fosfato(mg/L) PO ₄ ⁻³	-	0,21	0,14	0,18	0,19	0,27	0,12
Fosfato (mg/L) P ₂ O ₅	-	0,16	0,11	0,14	0,14	0,21	0,07
Fosfato (mg/L) P	-	0,07	0,05	0,06	0,06	0,09	0,03
Sulfato (mg/L)	250	Nd	Nd	12,5	45,5	50,0	Nd
Sulfito (m/L)	-	0,023	0,021	0,002	Nd	0,001	0,001
Cloreto (mg/L)	250	5,0	6,0	4,7	4,50	2,50	14,5

Nd- Não detectado

Tabela 16 – Parâmetros bacteriológicos da água bruta e da água tratada

Parâmetros Bacteriológicos	Portaria 518/2004	8/01/08	09/01/08	08/01/08	08/01/08	08/01/08	09/01/08
		Água Bruta	Água Bruta	[Q]	[S]	[S]	[Q]:[S]
Coliformes Totais (UFC ⁽¹⁾)	Ausente	1352	1532	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (UFC)	Ausente	20	100	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

(1) UFC – Unidade formadora de colônias em 100 mL

* Água coletada em horário distinto.

Na tabela 15 observa-se que as águas de baixa cor e turbidez, dos dias 08 e 09/01/08, tratadas na estação piloto, atingiram ao padrão de potabilidade, da Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde, com exceção do pH, que ficou ligeiramente abaixo, nas águas tratadas com quitosana e com sulfato de alumínio. A correção do pH, em águas tratadas, é habitual em estações de tratamento de água. Na ETA de Maringá o alcalinizante utilizado é o $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Para águas tratadas na ETA piloto, com quitosana, os percentuais de remoção de cor foram superiores a 98%. As remoções de turbidez e as de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm foram de 97% e 100%, respectivamente. Todos os outros parâmetros físico-químicos analisados atenderam aos padrões de potabilidade.

Para águas tratadas na ETA piloto, com sulfato de alumínio, os percentuais de remoção de cor e turbidez foram superiores a 98%. Não foram detectados compostos com faixa de absorção em UV-254 nm. Todos os outros parâmetros físico-químicos analisados atenderam aos padrões de potabilidade.

Para águas tratadas na ETA piloto, com associação da quitosana e sulfato de alumínio, os percentuais de remoção de cor atingiram 100%. As remoções de turbidez e de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm foram superiores a 97% e 86%, respectivamente. Todos os outros parâmetros físico-químicos analisados atenderam aos padrões de potabilidade.

Na Tabela 16, observa-se que as águas tratadas na ETA piloto também atenderam aos padrões de potabilidade, da Portaria Nº 518/2004, do Ministério da Saúde, quanto aos parâmetros bacteriológicos.

As Tabelas 17 e 18 apresentam as características da água bruta dos dias 20/01/2008, bem como as características das mesmas águas tratadas na ETA Piloto, utilizando quitosana, sulfato de alumínio e a associação entre esses dois coagulantes.

Tabela 17 – Parâmetros físico-químicos da água bruta e da água tratada

Parâmetros Físico-Químicos	Amostra				
	Portaria 518/2004	Água Bruta 20/01/08	[Q] 20/01/08	[S] 20/01/08	[Q]:[S] 20/01/08
	Cor Real (uH)	-	1055	3	1
Cor Aparente (uH)	15	1360	5	8	3
Turbidez (UT)	5	381	0,52	0,54	0,53
UV-254nm (cm ⁻¹)	-	1,205	0,035	0,046	0,031
pH	6,0 a 9,5	7,0	6,44	6,38	5,87
DQO (mg O ₂ /L)	-	27,3	5,2	6,0	5,5
DBO (mg O ₂ /L)	-	-	-	-	-
COT (mg C/L)	-	-	-	-	-
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	-	46,0	120,0	200,0	95,0
Acidez Volátil (mg CH ₃ COOH/L)	-	30,0	90,0	120,0	150,0
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	500	75,0	13,0	80,0	86,2
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	-	143,2	3,2	2,0	3,6
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	-	126,0	2,0	0,0	0
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	-	17,2	1,2	2,0	3,6
Sólidos Totais (mg/L)	-	334,0	240,0	136,0	238,0
Sólidos Fixos (mg/L)	-	226,0	130,0	124,0	150,0
Sólidos Voláteis (mg/L)	-	108,0	110,0	12,0	88,0
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	1.000	190,8	236,8	134,0	234,4
Amônia (mg/L) NH ₃ -N	-	2,6	0,10	0,07	0,11
Amônia (mg/L) NH ₄ ⁺	-	3,35	0,13	0,09	0,14
Amônia (mg/L) NH ₃	1,5	3,16	0,12	0,08	0,13
Nitrito (mg/L)NO ₂ -N	-	0	0,004	0,005	0,005
Nitrito (mg/L)NaNO ₂	-	0	0,021	0,022	0,023
Nitrito (mg/L)NO ₂ ⁻	1	0	0,014	0,015	0,015
Nitrato(mg/L) NO ₃ -N	-	3	1,0	0,5	1,3
Nitrato(mg/L) NO ₃ ⁻	10	13,1	4,5	2,3	5,6
Fosfato(mg/L) PO ₄ ⁻³	-	0,27	0,10	0,14	0,10
Fosfato (mg/L) P ₂ O ₅	-	0,20	0,08	0,10	0,07
Fosfato (mg/L) P	-	0,09	0,03	0,05	0,03
Sulfato (mg/L)	250	0	9,0	53,0	51,0
Sulfito (m/L)	-	0,203	Nd	0,001	0,002
Cloreto (mg/L)	250	3,5	40,49	5,0	80,97

Nd- Não detectado

Tabela 18 – Parâmetros bacteriológicos da água bruta e da água tratada

Parâmetros	Amostras				
	Portaria	20/01/08	20/01/08	20/01/08	20/01/08
Bacteriológicos	518/2004	Água Bruta	[Q]	[S]	[Q]:[S]
Coliformes Totais (UFC ⁽¹⁾)	Ausente	15018	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (UFC)	Ausente	312	Ausente	Ausente	Ausente

(1) UFC – Unidade formadora de colônias em 100 mL

Na tabela 17 observa-se que as águas de alta cor e turbidez, do dia 20/01/08, tratadas na estação piloto, atingiram ao padrão de potabilidade, da Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde, com exceção do pH, que ficou ligeiramente abaixo, nas águas tratadas com associação de quitosana e sulfato de alumínio. A correção do pH, em águas tratadas, é freqüente em estações de tratamento de água. Na ETA de Maringá o alcalinizante utilizado é o Ca(OH)_2 .

Observa-se que o parâmetro físico-químico Cloreto apresentou concentração maior na água tratada do que na água bruta. Esse fato ocorreu porque a correção do pH da água bruta foi feita com HCl, que provavelmente deixou algum resíduo na água tratada. Esse parâmetro também encontra-se dentro do padrão de potabilidade da Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde, bem abaixo da concentração máxima permitida.

Para águas tratadas na ETA piloto, com quitosana, os percentuais de remoção de cor e turbidez foram superiores a 99%. As remoções de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm foram superiores a 97%. Todos os outros parâmetros físico-químicos analisados atenderam aos padrões de potabilidade.

Para águas tratadas na ETA piloto, com sulfato de alumínio, os percentuais de remoção de cor e turbidez foram superiores a 99%. As remoções de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm foram superiores a 96%. Todos os outros parâmetros físico-químicos analisados atenderam aos padrões de potabilidade.

Para águas tratadas na ETA piloto, com associação da quitosana com o sulfato de alumínio os percentuais de remoção de cor e turbidez foram superiores a 99%. As remoções de compostos com faixa de absorção em UV-254 nm foram superiores a 97%. Todos os outros parâmetros físico-químicos analisados atenderam aos padrões de potabilidade.

Na Tabela 18, observa-se que as águas tratadas na ETA piloto também atenderam aos padrões de potabilidade, da Portaria Nº 518/2004, do Ministério da Saúde, quanto aos parâmetros bacteriológicos.

5.5 CARACTERIZAÇÃO DO LODO GERADO

As Tabelas 19, 20 e 21 apresentam as concentrações de metais presentes no lodo gerado na ETA Piloto de acordo com o coagulante utilizado para o tratamento da água.

Tabela 19 – Concentração de metais presentes no lodo da ETA piloto

Parâmetros	Amostra	
	[Q]	[Q]:[S]
	10/11/07*	10/11/2007*
Bário (mg/L)	0,063	0,133
Alumínio (mg/L)	94,395	100,048
Arsênio (mg/L)	0,058	0,075
Zinco (mg/L)	0,248	0,212
Selênio (mg/L)	0,018	0,040
Ferro (mg/L)	144,14	97,92
Manganês (mg/L)	0,059	0,489
Cobre (mg/L)	0,147	0,145
Chumbo (mg/L)	0,006	0,007
Cádmio (mg/L)	Nd	Nd
Sódio (mg/L)	Nd	Nd
Prata (mg/L)	0,0052	0,004
Cromo (mg/L)	0,038	0,004
Cálcio (mg/L)	0,690	0,484
Cobalto (mg/L)	0,037	0,033
Níquel (mg/L)	0,034	0,033

Nd -Não detectado

Na Tabela 19 observa-se que, para a água do dia 10/11/2007, com alta cor e turbidez, a concentração do alumínio foi maior no lodo gerado pelo tratamento com associação de quitosana e sulfato de alumínio e que a concentração de ferro foi maior no lodo gerado pelo tratamento com quitosana. Pode-se observar que a concentração de manganês foi muito maior no lodo gerado pelo tratamento com associação de quitosana e sulfato de alumínio

A Tabela 20 apresenta as concentrações de metais presentes no lodo gerado na ETA Piloto de acordo com o coagulante utilizado para o tratamento da água.

Tabela 20 – Concentração de metais presentes no lodo da ETA piloto

Parâmetros	Amostra		
	[Q]	[S]	[Q]:[S]
Físico-Químicos			
Bário (mg/L)	08/01/08 0,0204	08/01/08 0,0008	09/01/08 0,030
Alumínio (mg/L)	4,590	82,395	25,42
Arsênio (mg/L)	0,006	0,058	0,016
Zinco (mg/L)	0,008	0,085	0,028
Selênio (mg/L)	0,008	0,028	0,015
Ferro (mg/L)	18,60	127,529	14,70
Manganês (mg/L)	0,007	0,405	0,086
Cobre (mg/L)	0,012	0,088	0,018
Chumbo (mg/L)	0,139	0,013	0,002
Cádmio (mg/L)	Nd	Nd	0,00001
Sódio (mg/L)	Nd	0,015	Nd
Prata (mg/L)	0,0007	0,003	0,031
Cromo (mg/L)	0,004	0,028	0,0007
Cálcio (mg/L)	0,121	0,230	0,160
Cobalto (mg/L)	0,004	0,019	0,002
Níquel (mg/L)	0,001	0,014	0,002

Nd -Não detectado

Na Tabela 20 observa-se que, para as águas dos dias 08 e 09/01/2008, com baixa cor e turbidez, as concentrações de metais no lodo gerado pelo tratamento com quitosana foram muito inferiores que as presentes no gerado pelo tratamento com sulfato de alumínio. O lodo gerado pelo tratamento realizado com a associação da quitosana com sulfato de alumínio também apresentou concentração de metais inferiores ao gerado pelo tratamento com o sulfato de alumínio.

A Tabela 21 apresenta as concentrações de metais presentes no lodo gerado na ETA Piloto de acordo com o coagulante utilizado para o tratamento da água.

Tabela 21 – Concentração de metais presentes no lodo da ETA piloto

Parâmetros	Amostra		
	[Q]	[S]	[Q]:[S]
Físico-Químicos			
Bário (mg/L)	20/01/08 0,088	20/01/08 0,280	20/01/08 0,100
Alumínio (mg/L)	53,227	206,56	57,43
Arsênio (mg/L)	2,72	0,123	0,057
Zinco (mg/L)	0,083	0,268	0,105
Selênio (mg/L)	Nd	Nd	Nd
Ferro (mg/L)	66,160	245,798	109,870
Manganês (mg/L)	0,380	1,322	0,597
Cobre (mg/L)	0,066	0,311	0,104
Chumbo (mg/L)	0,001	0,018	0,002
Cádmio (mg/L)	0,0002	Nd	Nd
Sódio (mg/L)	0,002	0,200	0,122
Prata (mg/L)	0,003	0,005	0,001
Cromo (mg/L)	0,017	0,070	0,024
Cálcio (mg/L)	0,339	0,863	0,242
Cobalto (mg/L)	0,019	0,069	0,002
Níquel (mg/L)	0,012	0,069	0,020

Nd -Não detectado

Na Tabela 21 verifica-se que, para a água do dia 20/01/2008, com alta cor e turbidez, as concentrações de metais apresentaram valores bem inferiores no lodo gerado pelo tratamento com quitosana que no gerado pelo tratamento com sulfato de alumínio.

Nesta água, o lodo gerado pelo tratamento realizado pela associação de quitosana e sulfato de alumínio também apresentou concentração de metais inferiores que no gerado pelo tratamento com o sulfato de alumínio.

Pelos dados obtidos nos ensaios pode-se concluir que, nas águas analisadas, o lodo gerado pelo tratamento de água utilizando-se a quitosana e também a associação da quitosana com o

sulfato de alumínio apresenta uma concentração de metais inferior ao lodo gerado pelo tratamento com sulfato de alumínio.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho pôde-se verificar que a construção de diagramas de coagulação, segundo a metodologia proposta por MENDES (1989), constitui-se em ferramenta de grande utilidade para o projeto e operação de sistemas de tratamento de água, evidenciando as faixas ótimas de dosagens de coagulante e pH de coagulação, que podem ser empregadas de forma a minimizar os custos de operação e maximizar a eficiência do tratamento.

A Quitosana apresentou-se eficiente na redução dos parâmetros de qualidade físico-químicos analisados após o processo de coagulação/floculação/decantação/filtração, atuando como um bom coagulante, proporcionando, em Estação de Tratamento de Água Piloto, para águas de baixa cor e turbidez, remoções superiores a 98% e 97%, e de 100% para cor, turbidez e compostos com faixa de absorção em UV-254 nm, respectivamente.

A associação da quitosana com o sulfato de alumínio também se apresentou eficiente na redução dos parâmetros de qualidade físico-químicos analisados após o processo de coagulação/floculação/decantação/filtração, proporcionando, em Estação de Tratamento de Água Piloto, para águas de baixa cor e turbidez, remoções de cor da ordem 100%. As remoções de turbidez e compostos com faixa de absorção em UV-254 nm foram de 97% e 86%, respectivamente.

A Quitosana apresentou-se eficiente na redução dos parâmetros de qualidade físico-químicos analisados após o processo de coagulação/floculação/decantação/filtração, atuando como um bom coagulante, proporcionando, em Estação de Tratamento de Água Piloto, para águas de alta cor e turbidez, remoções que atingiram 100% para cor, e superiores a 99% para turbidez e para compostos com faixa de absorção em UV-254 nm.

A associação da quitosana com o sulfato de alumínio também se apresentou eficiente na redução dos parâmetros de qualidade físico-químicos analisados após o processo de coagulação/floculação/decantação/filtração, proporcionando, em Estação de Tratamento de Água Piloto, para águas de alta cor e turbidez, remoções de cor da ordem de 100% e superiores a 99% para turbidez e compostos com faixa de absorção em UV-254 nm.

As águas tratadas com quitosana e com a associação da quitosana com o sulfato de alumínio, para baixa e alta cor e turbidez, atenderam ao padrão de potabilidade quanto aos parâmetros físico-químicos e biológicos da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Nas águas tratadas foi observada a ausência de coliformes totais e de *Escherichia coli*,

O volume do lodo gerado pelo tratamento com quitosana, tanto para águas com baixa cor e turbidez, como para águas com alta cor e turbidez foi inferior ao gerado pelo tratamento com o sulfato de alumínio.

A concentração de metais presente no lodo gerado pelo tratamento de água com quitosana também foi muito inferior à presente em lodos de águas tratadas com sulfato de alumínio.

Outro fator grande importância é que a quitosana, por ser um biopolímero, possibilita a disposição do lodo gerado em aterro sanitário comum.

Nesse trabalho encontrou-se para águas com baixa cor e turbidez, as melhores remoções para concentração de quitosana, $[Q]=5,5$ mg/L, enquanto que para mesmas águas analisadas a concentração de sulfato de alumínio foi de $[S]=37$ mg/L. Para águas com alta cor e turbidez, as melhores remoções ocorreram para concentração de quitosana, $[Q]=12,0$ mg/L, enquanto que para as mesmas águas analisadas a concentração de sulfato de alumínio foi de $[S]=80$ mg/L. Portanto, nesse estudo, para tratamento de águas com alta e baixa cor e turbidez, a concentração de quitosana necessária é de aproximadamente 6,7 vezes menor que a de sulfato de alumínio.

Os resultados da qualidade da água obtida, empregando como coagulante a quitosana garantem , do ponto de vista técnico, a utilização desse processo, como uma alternativa aos processos convencionais de obtenção de água potável.

6.1 SUGESTÕES DE CONTINUIDADE DO TRABALHO

Como continuidade do trabalho, pode-se explorar a combinação de diferentes coagulantes químicos com a quitosana, visando determinar condições ótimas de associação da quitosana com outros coagulantes para obter água potável.

Recomenda-se a avaliação da biodegradabilidade do lodo gerado no processo de tratamento de água utilizando o biopolímero quitosana.

Sugere-se, ainda, a classificação do lodo gerado pelo tratamento de água com quitosana, de acordo com a NBR 10.004/2004 - “Resíduos sólidos - classificação”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

7 REFERÊNCIAS

- AKELAH, A.; MOET, E.A. *Functionalized polymers and their application*. 1 ed. New York: Chapman and Hall, 1990.
- AMIRTHARAJAH, A. **The mechanisms of coagulation**. In: Seminário Nacional sobre Coagulação e Filtração Direta, São Carlos. Anais, 1989.
- AMIRTHARAJAH, A., MILLS, K. M. **Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation**. Journal AWWA, v. 74, n. 4, 210-216, 1982.
- AMIRTHARAJAH, A., O'MÉLIA, C. R.. **Coagulation processes: destabilization, mixing and flocculation**. Water quality and treatment, 1 ed.. Toronto. Ed. McGraw- Hill, 220p. Canadá, 1990.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination for water and wastewater*. 19th ed., Washington, D.C. ,1995
- AZEVEDO NETTO, J. M. *et al.* **Planejamento de sistemas de abastecimento de águas**. Curitiba:UFPR, 1973.
- AZEVEDO NETTO, J.M. *et al.* **Técnicas de abastecimento de água**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1979.
- AZEVEDO NETTO, J.M. *et al.* **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**. 3. ed. v. 1. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987.
- AZEVEDO NETTO, J.M.; RICHTER, C.A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**.. 2. ed. São Paulo: CETESB,1998.
- BABBITT, H. E. *Abastecimento de água*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1973.
- BLACK, A. P.; CHRISTMAN, R. F., **Characteristics of colored surface waters**. JAWWA, 55, 6, 753-770, 1963.
- BLACK, A. P.; WILLEMS, D. G., **Eletrophoretic studies of coagulation for removal of organic color**. JAWWA, 53, 5, 589-604, 1961.
- BESSA, M. **Avaliação da qualidade da água consumida no Parque Fluminense - enfoque para metais – Fe, Mg, Zn, Cl, Ni e Al - Duque de Caxias**. Tese de Mestrado - Fiocruz, Rio de Janeiro – 1997.
- BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da moringa oleifera lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa. 2001.
- CAMPOS, J. R., POVINELLI, J. “Coagulação e Flocculação”. In: NETTO *et al.*, **Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água**. 2^a ed., v. 2., cap. 19, São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. 1976

- CAMPOS, J. R.; REALI, M. A. ,DANIEL, L. A. **Conceitos gerais sobre técnicas de tratamento de águas de abastecimento, esgotos sanitários e desinfecção**. São Carlos: USP, 1999.
- CAMPOS, S. X., DI BERNARDO, L., VIEIRA, E. M., 2005, **Influência das características das substâncias húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 10, 3, 194-199, 2005.
- CARDOSO, K. C. **Estudo do processo de coagulação-floculação por meio da *moringa oleifera* LAM para obtenção de água potável**, Dissertação de Mestrado. Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, 2007.
- CLAYTON, B. E. **Report of the lowermoor incident advisory group**. Journal Ind. Méd., v. 40, n3, pp. 301-304.
- CORBITT, R. A. **Standard handbook of environmental engineering**. 2 ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1998.
- CRUZ, J. G. H. et al. **Aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no tratamento por coagulação/floculação e adsorção/coagulação/floculação do efluente de uma lavanderia industrial**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.
- DA SILVA, F. J. A.; DE SOUZA, L. M. M.; MAGALHÃES, S. N. **Uso potencial de biopolímeros de origem vegetal na descolorização de efluente têxtil indigo**”. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, SC, 2003.
- DAVINO, F. **Tecnologia de Tratamento de Água – Água na Indústria**. Rio de Janeiro: Almeida Neves., 1976
- DENNET, K. E. *et al.* Coagulation: its effect on organic mater. JAWWA, 129-142, 1996.
- DI BERNARDO, L. **Comparação entre a filtração realizada em filtro de papel e em instalação piloto de filtração direta ascendente**. Revista DAE, 45, 142, 298-301, 1985.
- DI BERNARDO, L.; MENDES, C. G. N. **Coagulação e filtração direta**. Revista DAE, 6, 145, 202-208, 1986.
- DI BERNARDO, L.; GUIMARÃES, A. F.; MENDES, C. G. N. **Coagulação-floculação de água com turbidez ou cor elevada**. Revista DAE, 47, 150, 227-239, 1987.
- DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. v. 1. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1993.
- DI BERNARDO, L.; PÁDUA, V. L.; LIBÂNIO, M.. **Optimización de gradientes de velocidad em la floculación**. Seminário sobre Optimización de Plantas de Potabilización. In XXVI Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental. Lima, Peru, 1998.
- DI BERNARDO, L., MOREIRA, A. M. R., PÁDUA, V. L. **Metodologia para a realização de ensaios de floculação em reatores estáticos**. In XXVI Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental. Lima, Peru, 1998.

DI BERNARDO, L.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Coagulação, floculação e flotação para remoção de algas.** In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Seguro, 2000.

DI BERNARDO, L.; PÁDUA, V. L.; DI BERNARDO A. S. **Desenvolvimento de instalações de laboratório para determinação da dosagem de coagulante na filtração direta.** In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Seguro, 2000.

DI BERNARDO, L., CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de águas e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Carlos: RiMa, 2002.

DI BERNARDO, L.; *et al.* **Parâmetros de projeto de unidades de floculação de estações de tratamento de água a partir de ensaios em equipamentos de jarsteste.** In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, SC, 2003.

DI BERNARDO, L. *et al.* **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta.** São Carlos: RiMa. 2003.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **métodos e técnicas de tratamento de água.** 2ª ed. v. 1. São Carlos: RiMa. 2005.

DIVAKARAN, R.; PILLAI, V. N. S. **Flocculation of river silt using chitosan.** *Water Research*, 36, 9, 2414-2418, 2002.

EDWARDS, G. A., AMIRTHARAJAH, A. **Removing color caused by humic acids.** *JAWWA*, 50-57, 1985.

EIKEBROKK, B., SALTNES, T. **Removal of natural organic (NOM) using different coagulants and lightweight expanded clay aggregate filters.** *Wat. Sci and Tec.: Wat. Supply*, 1, 2, 131-140, 2001.

FALCÃO, R. B. M., OLIVEIRA, A. P., S. **Projeto água subterrânea no nordeste do Brasil,** 2004. Disponível em <<http://proasne.net/desenvolvimentosustentavel3.htm>> Acesso em 13 de julho de 2007.

FELIX, E. G. *et al.* **Adsorção de corantes reativos pela floculação da quitosana.** In: Encontro Brasileiro sobre Adsorção, Florianópolis, 2000.

FERREIRA FILHO, S. S., LAGE FILHO, F. A.. **Comportamento químico do alumínio e do ferro em meio aquoso e implicações no tratamento de água.** – *Revista Sanare* 6, 50-58, 1996.

FIEKJA, M. *et al.* **Effect of aluminium hydroxide administration on normal** - American Water Works Association. Varsóvia, Polônia, 1996.

FREDERICO, E. A. *et al.* **Remoção de compostos orgânicos naturais no processo convencional de tratamento de água: influência do pH e da dosagem de coagulante no processo.** In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, pp. 1059-1068. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

GAMAZAZADE, A. I.; NASIBOV, S. M.; ROGOZHIN, S. V. **Study of lipoprotein sorption by some sulfoderivatives of chitosan.** Carbohydrate Polymers, 34, 381-384, 1997.

GASSEN, H. G. et al. 1990, **Modern Methods in Protein and Nucleic Acid Analysis**, Biological Chemistry Hoppe-Seyler, (Set), pp. 757-769.1990.

GILDBERG, A.; STENBERG, E. **A new process for advanced utilization of shrimp waste.** Process Biochemistry, 36, 809-812, 2001.

GUIBAL, E. *et al.* **Study of molybdate ion sorption on chitosan gel beads by different spectrometric analyses.** International Journal of Biological Macromolecules, 24, 49-59, 1999.

GUIBAL, E.; MILOT, C.; ROUSSY, J. **Influence of hydrolysis mechanisms on molybdate sorption isotherms using chitosan.** Separation Science and Technology, 35, 7, 1021-1038, 2000.

GUIBAL, E.; MILOT, C.; TOBIN, M. J. **Metal-anion sorption by chitosan beads: equilibrium and kinetic studies.** Industrial and Engineering Chemistry Research., 37, 1454-1563, 1998.

GUIBAL, E. *et al.* **Uranium and vanadium sorption by chitosan and derivatives.** Water Science and Technology, 30, 9, 183-190, 1994.

GUIBAL, E. *et al.* **Competitive sorption of platinum and palladium on chitosan derivatives.** International Journal of Biological Macromolecules, 28, 401-408, 2001.

GUILHERME, C. M. **Comportamento do decanto-floculador de manta de lodo e decantador de alta taxa no tratamento de água de abastecimento utilizando sulfato de alumínio e diferentes polieletrólitos.** Dissertação de Mestrado, UNESP/FEIS, 2001.

HUANG, C.; CHEN, Y. **Coagulation of colloidal particles in water by chitosan.** J. Chem. Tech. Biotech., 66, 227-232, 1996.

HUANG, C.; CHEN, S.; PAN, J. R., 2000, **Optimal condition for modification of chitosan: a biopolymer for coagulation of colloidal particles.** Water Research, 34, 3, 1057-1062, 2000..

KAWAMURA, S. **Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment.** JAWWA, 79, 6, 88-91, Japão, 1991.

KAWAMURA, Y., MITSUHASHI, M., TANIBE, H., **Adsorção of metal ions on polyaminated highly porous chitosan chelating resin.** Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 32, n.2, pp. 386-391, Japão, 1993.

KIM, S. H., MOON, B. H., LEE, H. I. **Effects of pH and dosage on pollutant removal and floc structure during coagulation.** Microchemical Journal, v. 68, pp. 197-203, 2001.

KIMURA, I. Y. **Remoção de corantes reativos contendo grupos vinilsulfona e triazina por adsorção e coagulação/floculação com quitosana.** Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

KLOPOTEK, A. D.; WLAASIUKY, D.; KLOPOTEK, B. B., 1994, **Compounds based on chitosan as coagulants and flocculants**. In: Proc. International Conference on Chitin and Chitosan, Gydnia, Polônia, 1994.

KUMAR, M. N. V. R. **A review of chitin and chitosan applications**. Reactive and Functional Polymers, 46, 1-27, 2000.

LONGHINOTTI, E. Adsorção dos corantes azul de metileno, alaranjado G, alaranjado IV e alaranjado xilenol pelo biopolímero quitina. Dissertação de mestrado. Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina –UFSC, Florianópolis, SC, 1996.

MARINRLLI, P. S. **Aplicação de amidos catiônicos de milho como auxiliares de floculação no tratamento de água**. Dissertação de Mestrado. Área Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

MATHUR, N. K.; NARANG, K.C. **Chitin and chitosan, versatile polysaccharides from marine animals**. J. Chem. Educ., 67, 11, 938, 1990.

MATSUMOTO, T., *et al.* **Estudo dos mecanismos de coagulação no módulo floco decantador e manta de lodo**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

McLACHLAN, C. R. D., **Aluminium and the risk for Alzheimer Disease**. Environ., V.6, 233–275, 1995.

MEDRI, W.; Da Costa, R. H. R. **Modelo probabilístico de amostragem para controle da qualidade bacteriológica da água em redes de distribuição**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, 3 e 4, 100-107, 2001.

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

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS), Portaria nº 518 de 25 de março de 2004.

MORAES, L. C. K. **Estudo da coagulação-ultrafiltração com o biopolímero quitosana para a produção de água potável**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá. 2004.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 1 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 1997.

OLIVEIRA, W. E. *et al.* **Técnica de abastecimento e tratamento de Água**. 2 ed., v. 1 e 2. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. 1976.

O'MELIA, C. R.. **Coagulation in wastewater treatment**. In: The Scientific Basis of Coagulation. The Netherlands: Sijthoff and Noordoff. 1978.

PÁDUA, V. L. **Metodologia para determinação dos gradientes de velocidade médios em unidades de floculação de mistura completa com câmaras em série e escoamento contínuo a partir de ensaios em reatores estáticos**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 1994.

PAN *et al* **Evaluation of modified chitosan for coagulation of colloidal particles.** *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 147, 359-364, 1999.

PARSEKIAN, M. P. S. **Análise e proposta de gerenciamento de estações de tratamento de águas de abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo**, Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 1998.

PAULA, S. L. **Clarificação do extrato aquoso de *stevia rebaudiana* (Bert.) bertonii, utilizando polímeros naturais**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá. 2004.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com turbidez elevada e cor verdadeira baixa.** In: VI Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, pp. 1-9, Vitória, Espírito Santo. 2002.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.2001.

PAWLOWSKY, U. **Tratamentos biológicos de águas residuárias.** 1 ed. São Paulo: Secretaria de estado do interior. 192 p, 1981

PEREIRA, D. S. C. A. *et al.* **Influência do mecanismo de coagulação na remoção de *Cryptosporidium* spp. em águas de abastecimento.** In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005..

PORTO, R. M. **Hidráulica básica.** 3 ed. São Carlos,:EESC-USP, 2004.

RITCHER, C. A., AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água – tecnologia atualizada**, São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1991.

SANEPAR – COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ- **Coagulação, floculação e decantação.** Programa de Educação e Qualificação- Qualidade da água-excelência humana, apostilas 3 e 4 , Curitiba, PR. 2005

SANTOS, J. E. *et al.* **Caracterização de quitosanas comerciais de diferentes origens.** *Revista Polímeros:ciência e tecnologia*, vol 3, n 4, São Carlos, SP. 2003.

SCHMUHL, R.; KRIEG, M. H.; KEIZER, K., 2001, **Adsorption of Cu (II) and Cr (VI) ions by chitosan: kinetics and equilibrium studies.** *Water SA*, 27, 1-7, 2001.

SILVA, C. A. **Estudos aplicados ao uso da *moringa oleifera* como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, Minas Gerais. 2005.

SILVA, M. O. S. A. **Análises físico-químicas para controle das estações de tratamento de esgotos.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, 1977.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto.** Dissertação de Mestrado. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 1999.

SPINELLI, V. A. **Quitosana: polieletrólito natural para o tratamento de água potável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, Santa Catarina. 2001.

STUMM, W.; O'MELIA, C. R. **Stoichiometry of coagulation**. JAWWA, 60, 5, 514-539, 1968.

SVAROVSKY, L. **Solid-liquid separation**. 4 ed. Oxford: Butterworth-Heinemann

TOZAKI, H. *et al.* Chitosan Capsules for colon-specific drug delivery: improvement of insulin absorption from rat colon. Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 86, n. 9, p. 1016-1021, Kyoto, Japão, 1997.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. **Noções Sobre Tratamento de Água**. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Tratam00.htm>>. Acesso em: 19 de maio de 2007.

MORGADO, A. F., **Águas naturais**., Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. 1999. Disponível em: <<http://lema.enq.ufsc.br/Arquivos/AGUAS%20NATURAIS.htm>>. Acesso em 20 de julho de 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Teste de Jarros**. Disponível em: <http://www.enq.ufsc.br/disci/eqa5517/teste_jarros.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2007.

VANZELA, L.S. et al., **Influência antrópica no transporte de sedimentos em microbacia degradada**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, XV, Teresina, 2005. 6p.

VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992. 2 ed. 344 p.

VIANNA, M. R. **Introdução ao tratamento de água**. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1996. 2 ed. 344 p

WESTPHAL, V. L. H., DIAS, W., HICKEL, R., 1982, Teste dos Jarros. In: **Química Tecnológica Geral B**. ENQ/UFSC.

ZAKARIA, Z.; HALL, G. M.; SHAMA, G., **Lactic acid fermentation of scampi waste in a rotating horizontal bioreactor for chitin recover**. Process Biochemistry, 33, 1, 1-6, 1998.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO A: METODOLOGIA DE ENSAIOS

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

(APHA, 1998)

Reagentes:

a) Solução Oxidante

Dissolver em 500mL de água destilada 10,216g de $K_2Cr_2O_7$, previamente seco à $103^\circ C$ por 2h, 33,3g de $HgSO_4$ e adicionar 167mL de H_2SO_4 concentrado. Dissolver, esperar esfriar e após, completar o volume de 1000mL com água destilada.

b) Solução Catálise

Dissolver 10 gramas de Sulfato de Prata (Ag_2SO_4) em 1 litro de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado.

c) Solução padrão

Pesar 0,8509g de Biftalato de Potássio P.A. ($C_8H_5KO_4$) seco em estufa a $100^\circ C$ por 2 horas e dissolver em água destilada, logo após completar o volume a 1000mL. Esta solução corresponde a uma concentração de $1000 \text{ mg de } O_2 \text{ L}^{-1}$.

Procedimento:

a) Preparação da curva de calibração

Preparar uma série de soluções padrões de 100 a 700 $\text{mg de } O_2 \text{ L}^{-1}$ a partir da solução padrão de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Série de soluções padrões de 100 a 700 mg de $O_2 L^{-1}$ a partir da solução padrão

Volume da solução padrão a elevar a 100 mL	Concentração (mg de $O_2 L^{-1}$)
10	100
20	200
30	300
40	400
50	500
60	600
70	700

Conhecida a concentração de oxigênio a ser oxidado em cada amostra, fazer o procedimento abaixo para cada solução e determinar a absorbância para solução e construir uma reta de calibração. O branco é preparado, substituindo-se a amostra por água destilada.

b) Determinação da DQO

Colocar em tubos de oxidação 1,5mL de solução oxidante; 2,5mL da amostra (DQO menor que 600mg de $O_2 L^{-1}$); 3,5mL de solução catalise. Fechar e agitar. Colocar no reator (COD – REACTOR HACH) à 150°C durante duas horas. Ler a absorbância a 620nm após ligeiro resfriamento. Ler a curva de calibração e determinar a concentração de oxigênio necessário para oxidar a amostra.

Obs.: Se a amostra contiver íons Cl^- , a leitura deve ser realizada a quente, pois os íons Cl^- precipitam com a prata, a frio, interferindo na leitura.

DETERMINAÇÃO DE ALCALINIDADE E ACIDEZ VOLÁTIL

(SILVA, 1977)

• Procedimento Experimental

Aferir o potenciômetro a pH 7,0. Lave e seque o eletrodo.

Centrifugue a amostra a 2500 rpm, durante 5 min até obter uma quantidade aproximada de 70 a 100 mL de sobrenadante.

Filtre o sobrenadante em um papel de filtro qualitativo, recolhendo o filtrado em uma proveta graduada, colocando depois essa quantidade em um becker de 100 mL.

Meça o pH da amostra e titule 50 mL da amostra com H₂SO₄ 0,02N até pH 4,0 (anote o volume quando o pH estiver em 4,3).

O volume gasto na titulação é usado na fórmula abaixo, para calcular a alcalinidade total em CaCO₃:

$$\text{Alcalinidade (mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}) = \frac{V_{ac} \times N \times 50000}{V_{amostra}}$$

N = Normalidade do ácido

V_{ac} = Volume de ácido utilizado na titulação

V_{amostra} = Volume de amostra

A mesma amostra é utilizada na determinação de acidez volátil.

Continua-se adicionando ácido sulfúrico 0,02N, até pH 3,5 a 3,3.

Coloque o becker sobre a tela de amianto e aqueça levemente (para eliminar o gás carbônico formado na reação) em ebulição por exatamente 3 min. Esfrie em banho de água até temperatura ambiente.

Usando uma solução de NaOH 0,1N (ou 0,05N) leve a solução novamente a pH 4,0. Anote a leitura da bureta. Complete a titulação até pH 7,0.

A acidez volátil será calculada com a equação abaixo, e o volume de base será o gasto na titulação.

$$\text{Acidez Volátil (mg } CH_3COOH \cdot L^{-1}) = \frac{V_{base} \times N \times 60000}{V_{amostra}}$$

N = Normalidade da base

V_{base} = Volume de base utilizado na titulação

$V_{amostra}$ = Volume de amostra

DETERMINAÇÃO DE DUREZA TOTAL (MÉTODO DO EDTA)

• Soluções

a) Solução de EDTA 0,0025M: Dissolver 0,930 g do sal dissódico de EDTA em 1 L de água deionizada.

b) Solução Tampão para Dureza Total: Dissolver 67,5 g de NH_4Cl em 570 mL de NH_4OH . Adicionar 10 g de cloridrato de hidroxilamina e avolumar a 1 L com água deionizada.

c) Solução de Negro de Eriocromo T: Misturar 100 mL de etilenoglicol, 1 g de negro de ericromo T, e 100 mL de dietabolamina.

• Procedimento Experimental

Em uma cápsula de porcelana, adicionar 15 mL de amostra e 35 mL de água destilada, para completar um volume final de 50 mL.

Adicionar 2 mL de solução tampão para dureza total.

Adicionar 2 gotas da solução de negro de eriocromo T.

Titular com EDTA 0,0025M, até que a coloração mude completamente de vermelha violeta para azul.

O valor da dureza é obtido pela seguinte equação:

$$\text{Dureza (mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}) = \frac{A \times N \times 50000}{V_{\text{amostra}}}$$

A = Volume da solução padrão de EDTA gasto na titulação em mL

N = Normalidade da solução de EDTA

8.2 ANEXO B: RESULTADOS DOS ENSAIOS

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 27/06/2007
 Sol. Quitosana = 0,1% m/v
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 27/6 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,01	1,0	1,00	35	54,55	5,98	48,45	0,044	48,84	< 0,1	0,3103	0,3389	0,0286	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,01	2,0	2,00	44	42,86	7,24	37,59	0,054	37,21	< 0,1	0,3086	0,3313	0,0227	TMR = 52 segundos 52''
3	3,0	3,00	3,0	3,00	57	25,97	9,23	20,43	0,069	19,77	< 0,1	0,3056	0,3231	0,0175	GML = 33 rpm
4	3,0	3,00	4,0	4,00	60	22,08	9,39	19,05	0,071	17,44	< 0,1	0,2987	0,3154	0,0167	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	3,0	3,01	5,0	5,00	58	24,68	8,75	24,57	0,068	20,93	< 0,1	0,3047	0,3219	0,0172	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	3,0	3,01	6,0	6,00	65	15,58	9,23	20,43	0,071	17,44	< 0,1	0,3005	0,3159	0,0154	
AB	7,77	-	-	-	77	-	11,60	-	0,086	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 28/6 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	4,02	1,0	1,00	57	19,72	9,32	42,82	0,059	16,90	< 0,1	0,3031	0,3198	0,0167	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	4,02	2,0	2,00	35	50,70	6,36	60,98	0,031	56,34	< 0,1	0,3063	0,3334	0,0271	TMR = 52 segundos 52''
3	4,0	4,04	3,0	3,00	38	46,48	7,36	54,85	0,021	70,42	< 0,1	0,3075	0,3325	0,0250	GML = 33 rpm
4	4,0	4,04	4,0	4,00	41	42,25	8,17	49,88	0,030	57,75	< 0,1	0,2958	0,3190	0,0232	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	4,0	4,02	5,0	5,00	50	29,58	8,78	46,13	0,045	36,62	< 0,1	0,2982	0,3172	0,0190	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	4,0	4,02	6,0	6,00	51	28,17	10,00	38,65	0,037	47,89	< 0,1	0,2916	0,3102	0,0186	
AB	7,53	-	-	-	71	-	16,30	-	0,071	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 28/6 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,0	5,02	1,0	1,00	69	28,13	9,31	33,50	0,081	18,18	< 0,1	0,3023	0,3168	0,0145	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	5,02	2,0	2,00	68	29,17	9,69	30,79	0,079	20,20	< 0,1	0,2999	0,3146	0,0147	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	5,02	3,0	3,00	48	50,00	6,16	56,00	0,060	39,39	< 0,1	0,3062	0,3270	0,0208	GML = 33 rpm
4	5,0	5,02	4,0	4,00	39	59,38	4,91	64,93	0,049	50,51	< 0,1	0,2967	0,3223	0,0256	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,0	5,02	5,0	5,00	38	60,42	4,56	67,43	0,044	55,56	< 0,1	0,3028	0,3291	0,0263	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,0	5,02	6,0	6,00	44	54,17	4,95	64,64	0,048	51,52	< 0,1	0,2943	0,3170	0,0227	
AB	7,95	-	-	-	96	-	14,00	-	0,099	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymer - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 27/06/2007

Sol. Quitosana = 0,1% m/v

Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 28/6 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,5	5,49	1,0	1,00	66	36,54	9,84	50,80	0,098	4,85	< 0,1	0,2986	0,3122	0,0136	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,5	5,49	2,0	2,00	68	34,62	10,2	49,00	0,089	13,59	< 0,1	0,2985	0,3117	0,0132	TMR = 52 segundos 52''
3	5,5	5,54	3,0	3,00	52	50,00	7,76	61,20	0,074	28,16	< 0,1	0,3028	0,3201	0,0173	GML = 33 rpm
4	5,5	5,54	4,0	4,00	46	55,77	6,77	66,15	0,066	35,92	< 0,1	0,3051	0,3247	0,0196	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,5	5,55	5,0	5,00	33	68,27	4,73	76,35	0,051	50,49	< 0,1	0,2965	0,3238	0,0273	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,5	5,55	6,0	6,00	25	75,96	3,84	80,80	0,045	56,31	< 0,1	0,3075	0,3435	0,0360	
AB	7,95	-	-	-	104	-	20,0	-	0,103	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 29/6 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,0	6,01	1,0	1,00	66	20,48	10,7	35,54	0,087	7,45	< 0,1	0,3056	0,3200	0,0144	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	6,01	2,0	2,00	68	18,07	11,2	32,53	0,087	7,45	< 0,1	0,3012	0,3152	0,0140	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	6,03	3,0	3,00	58	30,12	9,86	40,60	0,077	18,09	< 0,1	0,3059	0,3223	0,0164	GML = 33 rpm
4	6,0	6,03	4,0	4,00	55	33,73	8,79	47,05	0,069	26,60	< 0,1	0,3076	0,3249	0,0173	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	5,99	5,0	5,00	39	53,01	6,78	59,16	0,058	38,30	< 0,1	0,3027	0,3271	0,0244	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	5,99	6,0	6,00	36	56,63	6,28	62,17	0,050	46,81	< 0,1	0,2893	0,3157	0,0264	
AB	7,78	-	-	-	83	-	16,6	-	0,094	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 29/6 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,5	6,48	1,0	1,00	64	25,58	10,6	32,05	0,082	13,68	< 0,1	0,2931	0,3087	0,0156	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,5	6,48	2,0	2,00	65	24,42	9,29	40,45	0,085	10,53	< 0,1	0,2986	0,3140	0,0154	TMR = 52 segundos 52''
3	6,5	6,51	3,0	3,00	61	29,07	9,11	41,60	0,078	17,89	< 0,1	0,2967	0,3131	0,0164	GML = 33 rpm
4	6,5	6,51	4,0	4,00	54	37,21	7,73	50,45	0,069	27,37	< 0,1	0,2967	0,3152	0,0185	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,5	6,50	5,0	5,00	49	43,02	7,55	51,60	0,063	33,68	< 0,1	0,3005	0,3209	0,0204	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,5	6,50	6,0	6,00	40	53,49	7,31	53,14	0,054	43,16	< 0,1	0,2984	0,3234	0,0250	
AB	7,59	-	-	-	86	-	15,6	-	0,095	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymer - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 27/06/2007
 Sol. Quitosana = 0,1% m/v
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 29/6

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,0	7,00	1,0	1,00	67	27,17	8,73	40,21	0,087	13,86	< 0,1	0,3058	0,3192	0,0134	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	7,00	2,0	2,00	60	34,78	9,76	33,15	0,084	16,83	< 0,1	0,2983	0,3133	0,0150	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	7,00	3,0	3,00	61	33,70	8,43	42,26	0,086	14,85	< 0,1	0,2973	0,3121	0,0148	GML = 33 rpm
4	7,0	7,00	4,0	4,00	54	41,30	7,34	49,73	0,078	22,77	< 0,1	0,2995	0,3162	0,0167	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,01	5,0	5,00	51	44,57	6,10	58,22	0,075	25,74	< 0,1	0,2891	0,3067	0,0176	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	7,01	6,0	6,00	51	44,57	5,57	61,85	0,071	29,70	< 0,1	0,3038	0,3214	0,0176	
AB	7,50	-	-	-	92	-	14,60	-	0,101	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 29/6

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,5	7,50	1,0	1,00	64	23,81	10,3	25,36	0,093	7,00	< 0,1	0,2860	0,3016	0,0156	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,5	7,50	2,0	2,00	65	22,62	9,93	28,04	0,091	9,00	< 0,1	0,2914	0,3068	0,0154	TMR = 52 segundos 52''
3	7,5	7,51	3,0	3,00	61	27,38	9,6	30,43	0,090	10,00	< 0,1	0,2878	0,3042	0,0164	GML = 33 rpm
4	7,5	7,51	4,0	4,00	55	34,52	8,58	37,83	0,081	19,00	< 0,1	0,2928	0,3110	0,0182	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,5	7,50	5,0	5,00	53	36,90	8,2	40,58	0,078	22,00	< 0,1	0,3014	0,3203	0,0189	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,5	7,50	6,0	6,00	54	35,71	8,09	41,38	0,079	21,00	< 0,1	0,3015	0,3200	0,0185	
AB	7,61	-	-	-	84	-	13,8	-	0,100	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 29/6

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	8,0	8,00	1,0	1,00	95	8,65	9,95	14,22	0,089	4,30	< 0,1	0,3060	0,3165	0,0105	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	8,00	2,0	2,00	93	10,58	9,49	18,19	0,081	12,90	< 0,1	0,2998	0,3106	0,0108	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	8,01	3,0	3,00	89	14,42	9,01	22,33	0,076	18,28	< 0,1	0,3040	0,3152	0,0112	GML = 33 rpm
4	8,0	8,01	4,0	4,00	85	18,27	8,66	25,34	0,072	22,58	< 0,1	0,3012	0,3130	0,0118	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	7,99	5,0	5,00	85	18,27	8,34	28,10	0,071	23,66	< 0,1	0,2969	0,3087	0,0118	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	7,99	6,0	6,00	90	13,46	8,43	27,33	0,069	25,81	< 0,1	0,2948	0,3059	0,0111	
AB	7,56	-	-	-	104	-	11,6	-	0,093	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 27/06/2007
 Sol. Quitosana = 0,1% m/v
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 29/6

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	9,0	8,99	1,0	1,00	95	13,64	10,6	6,19	0,090	9,09	< 0,1	0,2983	0,3083	0,0100	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	9,0	8,99	2,0	2,00	92	16,36	10,5	7,08	0,089	10,10	< 0,1	0,2996	0,3099	0,0103	TMR = 52 segundos 52''
3	9,0	8,99	3,0	3,00	103	6,36	10,7	5,31	0,097	2,02	< 0,1	0,3007	0,3099	0,0092	GML = 33 rpm
4	9,0	8,99	4,0	4,00	101	8,18	11,0	2,65	0,097	2,02	< 0,1	0,2983	0,3077	0,0094	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	9,0	9,02	5,0	5,00	101	8,18	10,9	3,54	0,094	5,05	< 0,1	0,3035	0,3129	0,0094	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	9,0	9,02	6,0	6,00	98	10,91	10,9	3,54	0,091	8,08	< 0,1	0,3066	0,3163	0,0097	
AB	7,62	-	-	-	110	-	11,3	-	0,099	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

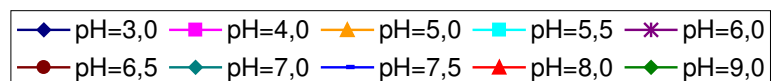
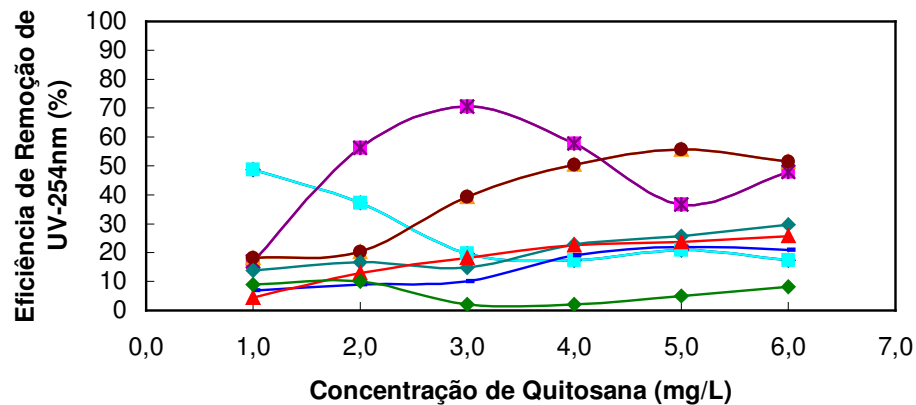
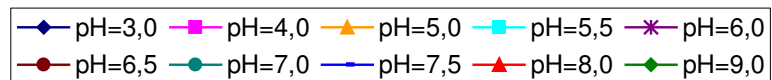
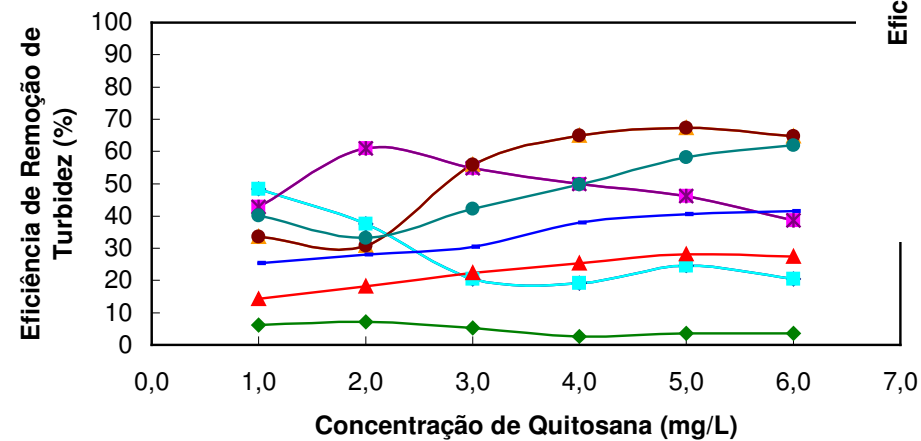
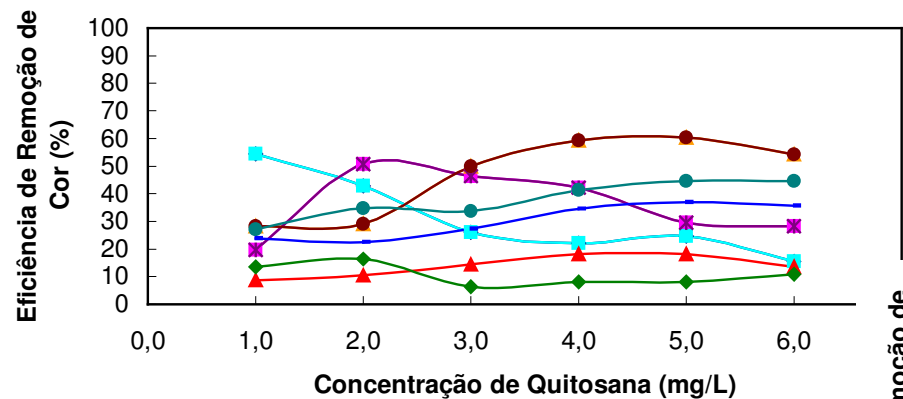


Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 29/06/2007

Sol. Sulfato = 1% m/v

Vol. Amostra = 1000 mL

pH corrigido com NaOH e HCl

Data: 30/6

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,03	10,0	1,00	79	20,20	8,07	36,95	0,068	20,00	< 0,1	0,2936	0,2952	0,0016	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,03	20,0	2,00	78	21,21	7,78	39,22	0,069	18,82	< 0,1	0,3062	0,3065	0,0003	TMR = 52 segundos 52''
3	3,0	2,98	30,0	3,00	74	25,25	7,18	43,91	0,070	17,65	< 0,1	0,3045	0,3106	0,0061	GML = 33 rpm
4	3,0	2,98	40,0	4,00	71	28,28	6,88	46,25	0,070	17,65	< 0,1	0,3104	0,3155	0,0051	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	3,0	3,01	50,0	5,00	69	30,30	6,69	47,73	0,069	18,82	< 0,1	0,3020	0,3070	0,0050	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	3,0	3,01	60,0	6,00	68	31,31	6,77	47,11	0,070	17,65	< 0,1	0,3112	0,3120	0,0008	
-	7,79	-	-	-	99	-	12,8	-	0,085	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 30/6

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	4,03	10,0	1,00	77	18,95	7,77	31,84	0,068	20,93	< 0,1	0,3112	0,3114	0,0002	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	4,03	20,0	2,00	76	20,00	7,82	31,40	0,070	18,60	< 0,1	0,3025	0,3029	0,0004	TMR = 52 segundos 52''
3	4,0	4,03	30,0	3,00	81	14,74	7,5	34,21	0,069	19,77	< 0,1	0,3142	0,3143	0,0001	GML = 33 rpm
4	4,0	4,03	40,0	4,00	77	18,95	7,58	33,51	0,070	18,60	< 0,1	0,3059	0,3060	0,0001	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	4,0	4,00	50,0	5,00	77	18,95	7,13	37,46	0,070	18,60	< 0,1	0,3085	0,3122	0,0037	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	4,0	4,00	60,0	6,00	74	22,11	7,22	36,67	0,071	17,44	< 0,1	0,3108	0,3110	0,0002	
-	7,67	-	-	-	95	-	11,4	-	0,086	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 30/6

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,0	5,02	10,0	1,00	75	17,58	7,59	35,13	0,053	41,11	< 0,1	0,3026	0,3028	0,0002	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	5,02	20,0	2,00	66	27,47	6,81	41,79	0,050	44,44	< 0,1	0,3094	0,3142	0,0048	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	4,98	30,0	3,00	68	25,27	6,74	42,39	0,054	40,00	< 0,1	0,3018	0,3060	0,0042	GML = 33 rpm
4	5,0	4,98	40,0	4,00	78	14,29	7,50	35,90	0,060	33,33	< 0,1	0,3041	0,3056	0,0015	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,0	4,99	50,0	5,00	70	23,08	6,68	42,91	0,059	34,44	< 0,1	0,3000	0,3052	0,0052	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,0	4,99	60,0	6,00	73	19,78	7,40	36,75	0,059	34,44	< 0,1	0,3089	0,3131	0,0042	
-	7,58	-	-	-	91	-	11,7	-	0,090	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 29/06/2007

Sol. Sulfato = 1% m/v

Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 2/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,5	5,46	10,0	1,00	62	15,07	10,2	16,39	0,080	13,04	< 0,1	0,3025	0,3025	0,0000	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,5	5,46	20,0	2,00	56	23,29	9,81	19,59	0,079	14,13	< 0,1	0,2831	0,2838	0,0007	TMR = 52 segundos 52''
3	5,5	5,55	30,0	3,00	61	16,44	10,8	11,48	0,090	2,17	< 0,1	0,3040	0,3043	0,0003	GML = 33 rpm
4	5,5	5,55	40,0	4,00	61	16,44	10,2	16,39	0,088	4,35	< 0,1	0,2943	0,2969	0,0026	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,5	5,51	50,0	5,00	72	1,37	12,0	1,64	0,088	4,35	< 0,1	0,3006	0,3041	0,0035	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,5	5,51	60,0	6,00	48	34,25	7,92	35,08	0,069	25,00	< 0,1	0,2979	0,3020	0,0041	
-	7,68	-	-	-	73	-	12,2	-	0,092	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 2/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,0	6,04	10,0	1,00	57	9,52	9,95	8,72	0,074	22,92	< 0,1	0,2963	0,3041	0,0078	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	6,04	20,0	2,00	60	4,76	10,1	7,34	0,073	23,96	1,5	0,3000	0,3093	0,0093	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	5,98	30,0	3,00	74	-17,46	12,0	-10,09	0,096	0,00	< 0,1	0,3023	0,3088	0,0065	GML = 33 rpm
4	6,0	5,98	40,0	4,00	76	-20,63	12,2	-11,93	0,101	-5,21	< 0,1	0,3019	0,3081	0,0062	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	6,03	50,0	5,00	70	-11,11	11,1	-1,83	0,101	-5,21	< 0,1	0,2891	0,2945	0,0054	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	6,03	60,0	6,00	73	-15,87	11,9	-9,17	0,106	-10,42	< 0,1	0,2975	0,3035	0,0060	
-	7,57	-	-	-	63	-	10,9	-	0,096	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 2/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,5	6,47	10,0	1,00	57	8,06	8,65	15,20	0,081	7,95	< 0,1	0,3055	0,3067	0,0012	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,5	6,47	20,0	2,00	62	0,00	9,80	3,92	0,090	-2,27	0,1	0,3008	0,3054	0,0046	TMR = 52 segundos 52''
3	6,5	6,47	30,0	3,00	67	-8,06	11,2	-9,80	0,095	-7,95	1,4	0,2990	0,3053	0,0063	GML = 33 rpm
4	6,5	6,47	40,0	4,00	71	-14,52	11,7	-14,71	0,092	-4,55	2,0	0,2866	0,2936	0,0070	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,5	6,55	50,0	5,00	75	-20,97	13,3	-30,39	0,105	-19,32	< 0,1	0,3000	0,3063	0,0063	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,5	6,55	60,0	6,00	77	-24,19	13,3	-30,39	0,111	-26,14	< 0,1	0,2973	0,3017	0,0044	
-	7,66	-	-	-	62	-	10,2	-	0,088	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaios - Maria José

Água coletada dia = 29/06/2007
 Sol. Sulfato = 1% m/v
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 2/7

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH		[S]	Volume	Cor	% Rem.	Turbidez	% Rem.	UV-254nm	% Rem.	V. Lodo	M(pf)	M(pf+Lodo)	M. Lodo	Condições de Trabalho
	pH	Ajust.	(mg/L)	(mL)	(uH)	Cor	(NTU)	Turbidez	(cm-1)	UV-254nm	(mL)	(g)	(g)	(g)	
1	7,0	7,02	10,0	1,00	68	11,69	9,89	16,19	0,088	3,30	< 0,1	0,3011	0,3048	0,0037	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	7,02	20,0	2,00	73	5,19	11,1	5,93	0,093	-2,20	< 0,1	0,2988	0,3051	0,0063	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	7,00	30,0	3,00	83	-7,79	12,4	-5,08	0,096	-5,49	< 0,1	0,2983	0,3023	0,0040	GML = 33 rpm
4	7,0	7,00	40,0	4,00	81	-5,19	10,8	8,47	0,082	9,89	0,1	0,3035	0,3120	0,0085	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,02	50,0	5,00	88	-14,29	14,6	-23,73	0,103	-13,19	0,1	0,2984	0,3042	0,0058	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	7,02	60,0	6,00	89	-15,58	15,5	-31,36	0,100	-9,89	0,2	0,2977	0,3086	0,0109	
-	7,63	-	-	-	77	-	11,8	-	0,091	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 2/7

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH		[S]	Volume	Cor	% Rem.	Turbidez	% Rem.	UV-254nm	% Rem.	V. Lodo	M(pf)	M(pf+Lodo)	M. Lodo	Condições de Trabalho
	pH	Ajust.	(mg/L)	(mL)	(uH)	Cor	(NTU)	Turbidez	(cm-1)	UV-254nm	(mL)	(g)	(g)	(g)	
1	7,5	7,51	10,0	1,00	60	6,25	9,13	14,67	0,087	2,25	< 0,1	0,2996	0,3032	0,0036	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,5	7,51	20,0	2,00	66	-3,13	10,6	0,93	0,098	-10,11	< 0,1	0,3015	0,3073	0,0058	TMR = 52 segundos 52''
3	7,5	7,48	30,0	3,00	73	-14,06	11,6	-8,41	0,102	-14,61	0,5	0,2988	0,3045	0,0057	GML = 33 rpm
4	7,5	7,48	40,0	4,00	76	-18,75	12,3	-14,95	0,106	-19,10	0,7	0,3071	0,3134	0,0063	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,5	7,52	50,0	5,00	71	-10,94	11,7	-9,35	0,099	-11,24	2,8	0,3013	0,3089	0,0076	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,5	7,52	60,0	6,00	82	-28,13	11,3	-5,61	0,109	-22,47	12,0	0,2970	0,3036	0,0066	
-	7,60	-	-	-	64	-	10,7	-	0,089	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 2/7

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH		[S]	Volume	Cor	% Rem.	Turbidez	% Rem.	UV-254nm	% Rem.	V. Lodo	M(pf)	M(pf+Lodo)	M. Lodo	Condições de Trabalho
	pH	Ajust.	(mg/L)	(mL)	(uH)	Cor	(NTU)	Turbidez	(cm-1)	UV-254nm	(mL)	(g)	(g)	(g)	
1	8,0	7,99	10,0	1,00	41	4,65	9,14	16,91	0,113	-7,62	< 0,1	0,2963	0,3011	0,0048	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	7,99	20,0	2,00	49	-13,95	10,1	8,18	0,121	-15,24	< 0,1	0,2997	0,3041	0,0044	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	8,02	30,0	3,00	44	-2,33	10,3	6,36	0,117	-11,43	< 0,1	0,3061	0,3115	0,0054	GML = 33 rpm
4	8,0	8,02	40,0	4,00	50	-16,28	11,2	-1,82	0,110	-4,76	0,4	0,3033	0,3083	0,0050	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	8,00	50,0	5,00	46	-6,98	11,7	-6,36	0,108	-2,86	1,5	0,2972	0,3018	0,0046	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	8,00	60,0	6,00	29	32,56	8,90	19,09	0,081	22,86	15,0	0,3052	0,3156	0,0104	
-	7,62	-	-	-	43	-	11,0	-	0,105	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 29/06/2007
 Sol. Sulfato = 1% m/v
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 2/7

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	9,0	9,00	10,0	1,00	39	-2,63	9,88	-0,20	0,109	-37,97	< 0,1	0,2965	0,2969	0,0004	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	9,0	9,00	20,0	2,00	42	-10,53	10,3	-4,46	0,106	-34,18	< 0,1	0,2970	0,2978	0,0008	TMR = 52 segundos 52''
3	9,0	8,97	30,0	3,00	49	-28,95	11,6	-17,65	0,109	-37,97	< 0,1	0,2846	0,2847	0,0001	GML = 33 rpm
4	9,0	8,97	40,0	4,00	53	-39,47	12,2	-23,73	0,116	-46,84	< 0,1	0,2874	0,2875	0,0001	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	9,0	8,98	50,0	5,00	55	-44,74	12,7	-28,80	0,127	-60,76	< 0,1	0,2970	0,2970	0,0000	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	9,0	8,98	60,0	6,00	53	-39,47	12,8	-29,82	0,120	-51,90	4,0	0,2975	0,3036	0,0061	
-	7,53	-	-	-	38	-	9,86	-	0,079	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 29/06/2007
 Sol. Sulfato = 1% m/v
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 3/7

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
velho	7,69	-	20,0	2,00	91	-1,11	9,66	12,18	0,094	-5,62	< 0,1	-	-	-	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
novo	7,69	-	20,0	2,00	89	1,11	9,86	10,36	0,099	-11,24	< 0,1	-	-	-	TMR = 52 segundos 52''
velho	7,70	-	20,0	2,00	34	62,22	1,63	85,18	0,027	69,66	< 0,1	-	-	-	GML = 33 rpm
novo	7,70	-	20,0	2,00	37	58,89	2,17	80,27	0,033	62,92	< 0,1	-	-	-	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
velho	7,74	-	20,0	2,00	83	7,78	9,32	15,27	0,087	2,25	< 0,1	-	-	-	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
novo	7,74	-	20,0	2,00	87	3,33	9,94	9,64	0,089	0,00	< 0,1	-	-	-	
-	7,53	-	-	-	90	-	11,0	-	0,089	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

filtração em papel qualitativo

filtração em papel quantitativo - 8 microns

filtração com papel qualitativo - amostra coletada do sobrenadante

	Cor	Turbidez	UV-254nm
Sanepar Floculada	59	5,05	0,055
Sanepar Decantada	32	1,1	0,016
Sanepar Filtrada	26	0,61	0,013

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 29/06/2007
 Sol. Sulfato = 1% m/v
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 4/7

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,61	-	10,0	1,00	61	7,58	10,8	5,26	0,017	10,53	< 0,1	0,2969	0,2977	0,0008	GMR = 120 rpm
2	7,61	-	20,0	2,00	67	-1,52	10,1	11,40	0,018	5,26	< 0,1	0,2934	0,2978	0,0044	TMR = 2,5 minutos 2'30''
3	7,61	-	30,0	3,00	73	-10,61	11,6	-1,75	0,021	-10,53	< 0,1	0,3043	0,3085	0,0042	GML = 20 rpm
4	7,61	-	10,0	1,00	55	16,67	9,17	19,56	0,015	21,05	< 0,1	0,3051	0,3070	0,0019	TML = 20 minutos 22'30''
5	7,61	-	20,0	2,00	61	7,58	9,31	18,33	0,016	15,79	< 0,1	0,3108	0,3125	0,0017	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 52'50''
6	7,61	-	30,0	3,00	61	7,58	9,61	15,70	0,017	10,53	2,5	0,3026	0,3110	0,0084	
-	7,61	-	-	-	66	-	11,4	-	0,019	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Sulfato de alumínio 1% Sanepar - Velho

Sulfato de alumínio 1% nosso (sólido)

Data: 4/7

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,61	-	10,0	0,50	64	3,03	10,6	7,02	0,018	5,26	< 0,1	0,3011	0,3013	0,0002	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,61	-	20,0	1,00	68	-3,03	11,0	3,51	0,019	0,00	0,9	0,2946	0,2995	0,0049	TMR = 52 segundos 52''
3	7,61	-	30,0	1,50	68	-3,03	10,9	4,39	0,019	0,00	3,0	0,3073	0,3137	0,0064	GML = 33 rpm
															TML = 26 min e 24 seg 27'16''
															T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
-	7,61	-	-	-	66	-	11,4	-	0,019	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Sulfato de alumínio 2% Sanepar - Velho

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 29/06/2007

Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 4/7

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	7,70	-	10,0	0,20	87	4,40	10,3	14,17	0,083	-9,21	< 0,1	0,3009	0,3036	0,0027	GMR = 800 s-1 = 450 rpm	
2	7,70	-	20,0	0,40	75	17,58	9,43	21,42	0,078	-2,63	0,8	0,3087	0,3116	0,0029	TMR = 52 segundos	52''
3	7,70	-	30,0	0,60	88	3,30	10,3	14,17	0,085	-11,84	2,3	0,2963	0,3014	0,0051	GML = 33 rpm	
4	7,70	-	10,0	0,10	74	18,68	8,29	30,92	0,068	10,53	0,2	0,3037	0,3043	0,0006	TML = 26 min e 24 seg	27'16''
5	7,70	-	20,0	0,20	73	19,78	8,26	31,17	0,069	9,21	1,5	0,3074	0,3131	0,0057	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg	57'37''
6	7,70	-	30,0	0,30	71	21,98	8,37	30,25	0,070	7,89	4,0	0,3090	0,3160	0,0070		
-	7,70	-	-	-	91	-	12,0	-	0,076	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta	

Sulfato de alumínio 5% Sanepar - Velho

Sulfato de alumínio 10% Sanepar - Velho

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 27 e 29/06/2007

Vol. Amostra = 1000 mL

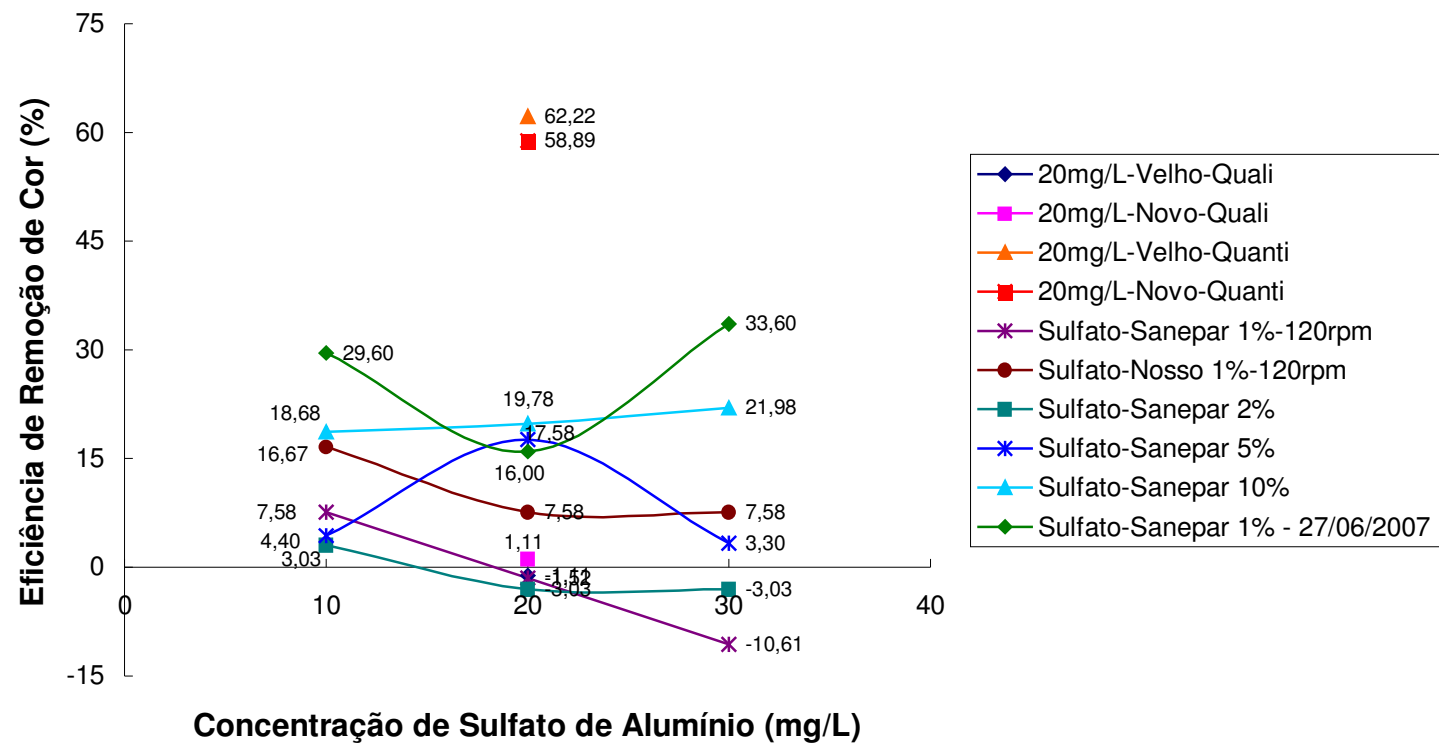
Data: 4/7

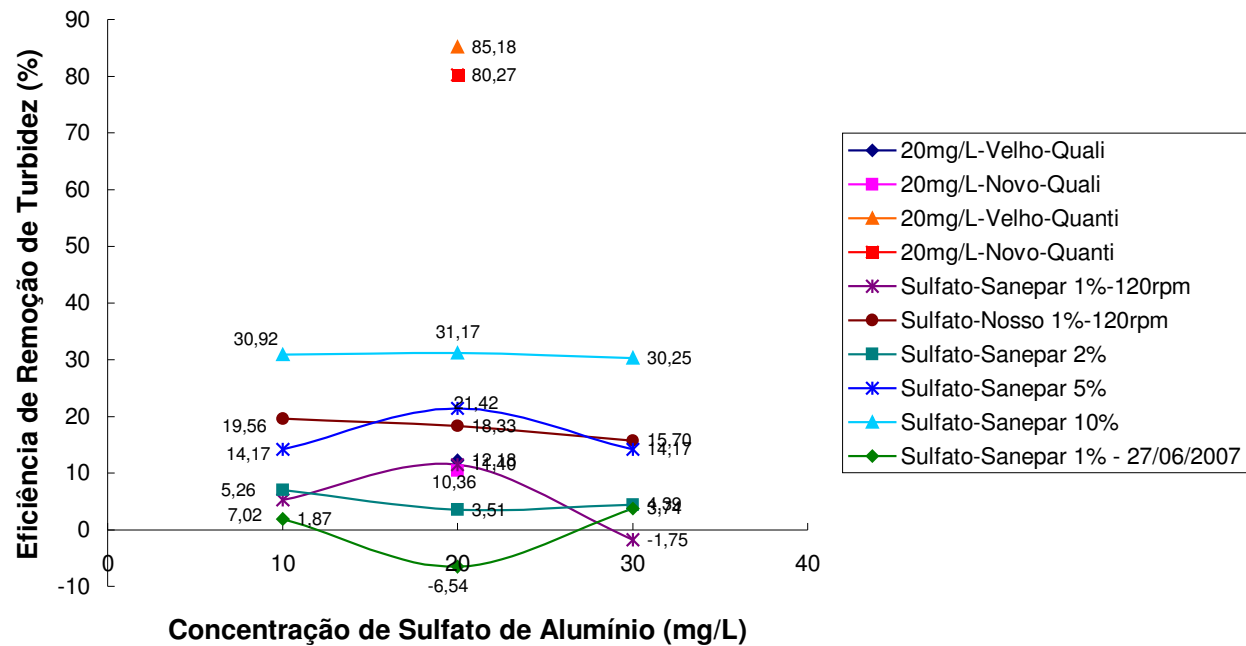
Prog: 120 turbidímetro

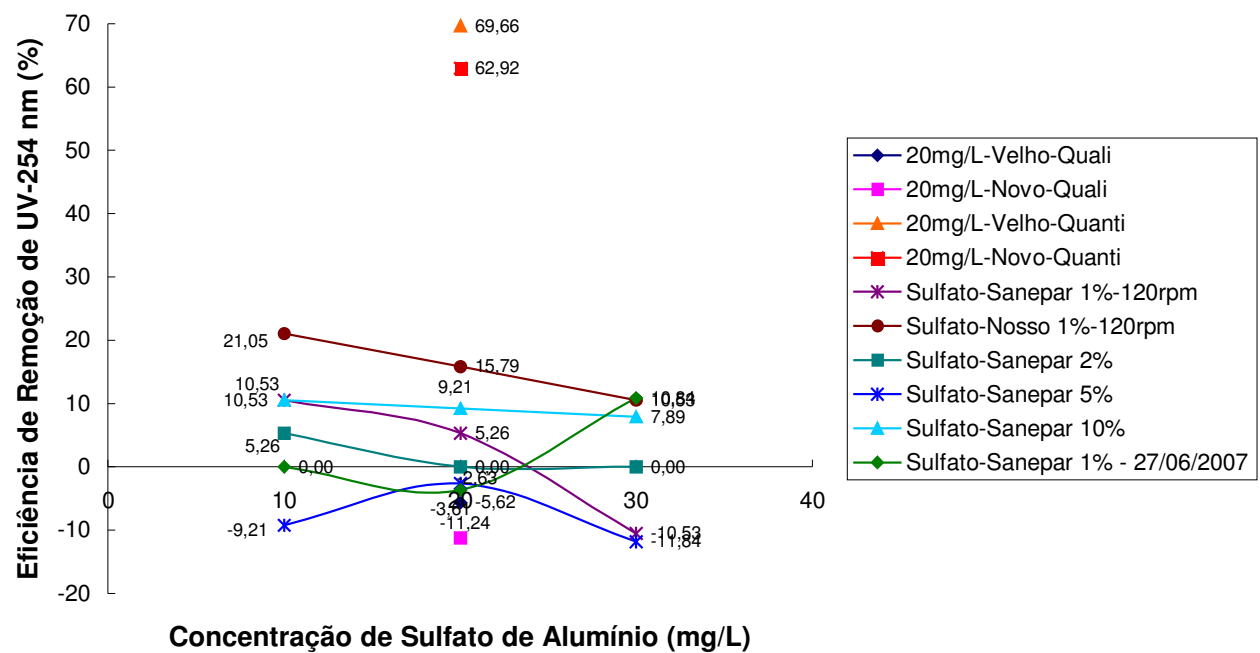
Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	7,68	-	10,0	1,00	88	29,60	10,5	1,87	0,083	0,00	< 0,1	0,2921	0,3038	0,0117	GMR = 800 s-1 = 450 rpm	
2	7,68	-	20,0	2,00	105	16,00	11,4	-6,54	0,086	-3,61	0,3	0,3139	0,3149	0,0010	TMR = 52 segundos	52''
3	7,68	-	30,0	3,00	83	33,60	10,3	3,74	0,074	10,84	0,8	0,3036	0,3102	0,0066	GML = 33 rpm	
-	7,68	-	-	-	125	-	13,1	-	0,083	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta	
4	7,70	-	10,0	0,10	82	3,53	8,88	17,01	0,076	-1,33	< 0,1	0,3037	0,3043	0,0006	TML = 26 min e 24 seg	27'16''
5	7,70	-	20,0	0,20	75	11,76	8,38	21,68	0,068	9,33	1,5	0,3050	0,3077	0,0027	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg	57'37''
6	7,70	-	30,0	0,30	75	11,76	9,21	13,93	0,071	5,33	4,2	0,3010	0,3090	0,0080		
-	7,70	-	-	-	85	-	10,7	-	0,075	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta	

Sulfato de alumínio 1% Sanepar - Velho - Água Bruta - 27/09/2007

Sulfato de alumínio 10% Sanepar - Velho - Água Bruta - 29/06/2007







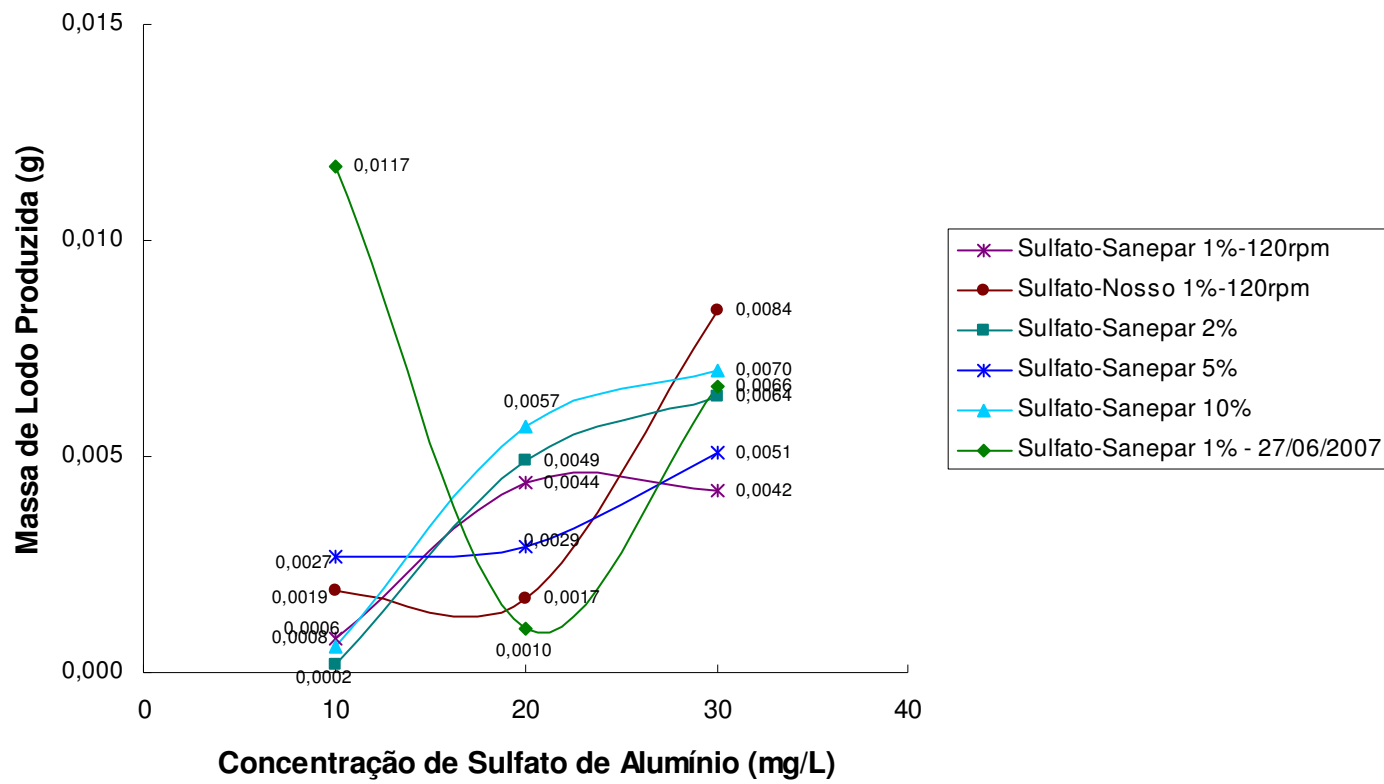


Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 05/07/2007
 Sol. Sulfato = 10% v/v - Novo
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,0	6,00	10,0	0,10	53	41,76	9,48	13,82	0,059	32,18	0,5	0,3005	0,3104	0,0124	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	6,00	20,0	0,20	53	41,76	9,28	15,64	0,064	26,44	3,0	0,3061	0,3172	0,0139	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	6,02	30,0	0,30	51	43,96	11,2	-1,82	0,066	24,14	< 0,1	0,2993	0,3068	0,0094	GML = 33 rpm
4	6,0	6,02	40,0	0,40	81	10,99	13,4	-21,82	0,106	-21,84	< 0,1	0,2981	0,3074	0,0116	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	6,01	50,0	0,50	96	-5,49	13,3	-20,91	0,117	-34,48	< 0,1	0,3073	0,3173	0,0125	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	6,01	60,0	0,60	93	-2,20	12,9	-17,27	0,126	-44,83	< 0,1	0,3074	0,3155	0,0101	
-	7,84	-	-	-	91	-	11,0	-	0,087	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,0	7,00	10,0	0,10	80	0,00	11,3	5,83	0,097	-16,87	< 0,1	0,3074	0,3141	0,0084	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	7,00	20,0	0,20	69	13,75	9,66	19,50	0,075	9,64	0,8	0,3027	0,3115	0,0110	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	7,00	30,0	0,30	59	26,25	9,99	16,75	0,081	2,41	3,5	0,2910	0,3008	0,0123	GML = 33 rpm
4	7,0	7,00	40,0	0,40	43	46,25	11,2	6,67	0,083	0,00	9,5	0,2839	0,2900	0,0076	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,00	50,0	0,50	36	55,00	11,5	4,17	0,081	2,41	10,0	0,3077	0,3151	0,0093	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	7,00	60,0	0,60	27	66,25	12,3	-2,50	0,077	7,23	16,0	0,2916	0,2976	0,0075	
-	7,77	-	-	-	80	-	12,0	-	0,083	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	8,0	8,01	10,0	0,10	87	-8,75	11,3	5,83	0,106	-21,61	< 0,1	0,3008	0,3063	0,0069	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	8,01	20,0	0,20	82	-2,50	9,66	19,50	0,100	-14,94	0,5	0,3158	0,3176	0,0090	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	8,00	30,0	0,30	95	-18,75	9,99	16,75	0,107	-22,99	2,5	0,3069	0,3123	0,0068	GML = 33 rpm
4	8,0	8,00	40,0	0,40	75	6,25	11,2	6,67	0,105	-20,69	6,5	0,3057	0,3145	0,0110	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	8,01	50,0	0,50	74	7,50	11,5	4,17	0,106	-21,84	12,5	0,3002	0,3081	0,0099	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	8,01	60,0	0,60	70	12,50	12,30	-2,50	0,107	-22,99	19,0	0,2979	0,3085	0,0133	
-	7,77	-	-	-	80	-	12,0	-	0,087	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - **Baixa Cor/Turbidez**
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 05/07/2007
 Sol. Sulfato = 10% v/v - Novo
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 5/7

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	9,0	8,99	10,0	0,10	78	14,29	11,5	17,27	0,102	-10,87	< 0,1	0,2966	0,3063	0,0121	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	9,0	8,99	20,0	0,20	85	6,59	12,5	10,07	0,121	-31,52	< 0,1	0,2989	0,3112	0,0154	TMR = 52 segundos 52''
3	9,0	8,99	30,0	0,30	81	10,99	11,9	14,39	0,113	-22,83	2,0	0,3052	0,3121	0,0086	GML = 33 rpm
4	9,0	8,99	40,0	0,40	89	2,20	13,0	6,47	0,115	-25,00	5,0	0,3043	0,3132	0,0111	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	9,0	9,01	50,0	0,50	82	9,89	13,9	0,00	0,109	-18,48	10,0	0,3041	0,3156	0,0144	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	9,0	9,01	60,0	0,60	98	-7,69	13,0	6,47	0,092	0,00	15,0	0,3040	0,3182	0,0178	
-	7,76	-	-	-	91	-	13,9	-	0,092	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaios - Maria José

Papel de Filtro Quantitativo

Água coletada dia = 05/07/2007
 Sol. Sulfato = 10% v/v - Novo
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,00	10,0	0,10	22	67,16	4,35	62,17	0,009	52,63	< 0,1	0,3070	0,3140	0,0140	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,00	20,0	0,20	19	71,64	2,28	80,17	0,005	73,68	< 0,1	0,3022	0,3084	0,0124	TMR = 52 segundos 52''
3	3,0	3,02	30,0	0,30	22	67,16	4,16	63,83	0,009	52,63	< 0,1	0,3009	0,3018	0,0018	GML = 33 rpm
4	3,0	3,02	40,0	0,40	20	70,15	2,07	82,00	0,004	78,95	< 0,1	0,3065	0,3094	0,0058	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	3,0	3,00	50,0	0,50	21	68,66	3,71	67,74	0,006	68,42	< 0,1	0,3063	0,3101	0,0076	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	3,0	3,00	60,0	0,60	24	64,18	5,22	54,61	0,008	57,89	< 0,1	0,3102	0,3141	0,0079	
-	7,97	-	-	-	67	-	11,5	-	0,019	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	4,02	10,0	0,10	34	55,84	6,19	46,64	0,011	59,26	< 0,1	0,3035	0,3076	0,0205	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	4,02	20,0	0,20	25	67,53	4,36	62,41	0,008	70,37	< 0,1	0,2976	0,3029	0,0265	TMR = 52 segundos 52''
3	4,0	4,00	30,0	0,30	41	46,75	7,43	35,95	0,014	48,15	< 0,1	0,3112	0,3113	0,0005	GML = 33 rpm
4	4,0	4,00	40,0	0,40	21	72,73	4,19	63,88	0,013	51,85	< 0,1	0,3004	0,3042	0,0190	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	4,0	4,02	50,0	0,50	19	75,32	3,76	67,59	0,010	62,96	< 0,1	0,2985	0,3039	0,0270	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	4,0	4,02	60,0	0,60	20	74,03	3,80	67,24	0,008	70,37	< 0,1	0,3041	0,3082	0,0205	
-	7,79	-	-	-	77	-	11,6	-	0,027	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,0	5,00	10,0	0,10	14	80,56	2,71	76,23	0,007	68,18	< 0,1	0,2986	0,3072	0,0430	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	5,00	20,0	0,20	26	63,89	4,66	59,12	0,010	54,55	< 0,1	0,2949	0,3001	0,0260	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	4,98	30,0	0,30	11	84,72	2,66	76,67	0,006	72,73	< 0,1	0,2998	0,3082	0,0420	GML = 33 rpm
4	5,0	4,98	40,0	0,40	15	79,17	3,00	73,68	0,007	68,18	< 0,1	0,2943	0,3062	0,0595	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,0	5,00	50,0	0,50	16	77,78	3,42	70,00	0,007	68,18	< 0,1	0,2986	0,3076	0,0450	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,0	5,00	60,0	0,60	15	79,17	3,41	70,09	0,008	63,64	< 0,1	0,3049	0,3139	0,0450	
-	7,72	-	-	-	72	-	11,4	-	0,022	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José - Papel de filtro quantitativo

Água coletada dia = 05/07/2007
 Sol. Sulfato = 10% v/v - Novo
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 5/7

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH		[S]	Volume	Cor	% Rem.	Turbidez	% Rem.	UV-254nm	% Rem.	V. Lodo	M(pf)	M(pf+Lodo)	M. Lodo	Condições de Trabalho
	pH	Ajust.	(mg/L)	(mL)	(uH)	Cor	(NTU)	Turbidez	(cm-1)	UV-254nm	(mL)	(g)	(g)	(g)	
1	6,0	6,00	10,0	0,10	34	62,64	2,93	73,36	0,034	60,92	0,5	0,2984	0,3070	0,0430	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	6,00	20,0	0,20	37	59,34	3,91	64,45	0,036	58,62	3,0	0,3035	0,3133	0,0490	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	6,02	30,0	0,30	42	53,85	6,7	39,00	0,050	42,53	< 0,1	0,2974	0,3082	0,0540	GML = 33 rpm
4	6,0	6,02	40,0	0,40	64	29,67	8,95	18,64	0,081	6,90	< 0,1	0,2959	0,3061	0,0510	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	6,01	50,0	0,50	48	47,25	7,79	29,18	0,072	17,24	< 0,1	0,2697	0,3075	0,1890	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	6,01	60,0	0,60	78	14,29	7,56	31,27	0,075	13,79	< 0,1	0,2633	0,3021	0,1940	
-	7,84	-	-	-	91	-	11,0	-	0,087	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/7

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH		[S]	Volume	Cor	% Rem.	Turbidez	% Rem.	UV-254nm	% Rem.	V. Lodo	M(pf)	M(pf+Lodo)	M. Lodo	Condições de Trabalho
	pH	Ajust.	(mg/L)	(mL)	(uH)	Cor	(NTU)	Turbidez	(cm-1)	UV-254nm	(mL)	(g)	(g)	(g)	
1	7,0	7,00	10,0	0,10	57	28,75	7,81	34,92	0,074	10,84	< 0,1	0,2998	0,3034	0,0180	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	7,00	20,0	0,20	33	58,75	3,78	68,50	0,043	48,19	0,8	0,2966	0,3052	0,0430	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	7,00	30,0	0,30	30	62,50	3,31	72,42	0,037	55,42	3,5	0,3008	0,3095	0,0435	GML = 33 rpm
4	7,0	7,00	40,0	0,40	31	61,25	3,81	68,25	0,041	50,60	9,5	0,3006	0,3500	0,2470	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,00	50,0	0,50	24	70,00	2,52	79,00	0,033	60,24	10,0	0,2978	0,3127	0,0745	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	7,00	60,0	0,60	32	60,00	5,14	57,17	0,048	42,17	16,0	0,3040	0,3178	0,0690	
-	7,77	-	-	-	80	-	12,0	-	0,083	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/7

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH		[S]	Volume	Cor	% Rem.	Turbidez	% Rem.	UV-254nm	% Rem.	V. Lodo	M(pf)	M(pf+Lodo)	M. Lodo	Condições de Trabalho
	pH	Ajust.	(mg/L)	(mL)	(uH)	Cor	(NTU)	Turbidez	(cm-1)	UV-254nm	(mL)	(g)	(g)	(g)	
1	8,0	8,01	10,0	0,10	72	10,00	8,89	25,92	0,083	4,60	< 0,1	0,2996	0,3024	0,0140	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	8,01	20,0	0,20	33	58,75	1,84	84,67	0,029	66,67	0,5	0,3042	0,3176	0,0168	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	8,00	30,0	0,30	31	61,25	2,49	79,25	0,031	64,37	2,5	0,2980	0,3057	0,0385	GML = 33 rpm
4	8,0	8,00	40,0	0,40	29	63,75	2,12	82,33	0,027	68,97	6,5	0,2964	0,3079	0,0575	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	8,01	50,0	0,50	29	63,75	2,37	80,25	0,027	68,97	12,5	0,2970	0,3054	0,0420	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	8,01	60,0	0,60	29	63,75	4,06	66,17	0,039	55,17	19,0	0,3026	0,3130	0,0520	
-	7,77	-	-	-	80	-	12,0	-	0,087	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José Papel quantitativo

Água coletada dia = 05/07/2007
 Sol. Sulfato = 10% v/v - Novo
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 5/7

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	9,0	8,99	10,0	0,10	66	27,47	8,96	35,54	0,087	5,43	< 0,1	0,2979	0,3057	0,0390	GMR = 800 s-1 = 450 rpm	
2	9,0	8,99	20,0	0,20	68	25,27	9,52	31,51	0,094	-2,17	< 0,1	0,2946	0,3017	0,0355	TMR = 52 segundos	52''
3	9,0	8,99	30,0	0,30	56	38,46	7,24	47,91	0,073	20,65	2,0	0,2973	0,3043	0,0350	GML = 33 rpm	
4	9,0	8,99	40,0	0,40	68	25,27	9,81	29,42	0,088	4,35	5,0	0,3013	0,3081	0,0340	TML = 26 min e 24 seg	27'16''
5	9,0	9,01	50,0	0,50	43	52,75	5,43	60,94	0,059	35,87	10,0	0,3040	0,3081	0,0205	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg	57'37''
6	9,0	9,01	60,0	0,60	63	30,77	7,77	44,10	0,075	18,48	15,0	0,3064	0,3128	0,0320		
-	7,76	-	-	-	91	-	13,9	-	0,092	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta	

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaios - Maria José

Papel de Filtro Quantitativo

Água coletada dia = 05/07/2007

Sol. Sulfato = 10% v/v - Novo

Vol. Amostra = 1000 mL

pH corrigido com Ca(OH)₂ e HCl

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,00	10,0	0,10	22	67,16	4,35	62,17	0,009	52,63	< 0,1	0,3070	0,3140	0,0140	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,00	20,0	0,20	19	71,64	2,28	80,17	0,005	73,68	< 0,1	0,3022	0,3084	0,0124	TMR = 52 segundos 52''
3	3,0	3,02	30,0	0,30	22	67,16	4,16	63,83	0,009	52,63	< 0,1	0,3009	0,3018	0,0018	GML = 33 rpm
4	3,0	3,02	40,0	0,40	20	70,15	2,07	82,00	0,004	78,95	< 0,1	0,3065	0,3094	0,0058	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	3,0	3,00	50,0	0,50	21	68,66	3,71	67,74	0,006	68,42	< 0,1	0,3063	0,3101	0,0076	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	3,0	3,00	60,0	0,60	24	64,18	5,22	54,61	0,008	57,89	< 0,1	0,3102	0,3141	0,0079	
-	7,97	-	-	-	67	-	11,5	-	0,019	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	4,02	10,0	0,10	34	55,84	6,19	46,64	0,011	59,26	< 0,1	0,3035	0,3076	0,0205	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	4,02	20,0	0,20	25	67,53	4,36	62,41	0,008	70,37	< 0,1	0,2976	0,3029	0,0265	TMR = 52 segundos 52''
3	4,0	4,00	30,0	0,30	41	46,75	7,43	35,95	0,014	48,15	< 0,1	0,3112	0,3113	0,0005	GML = 33 rpm
4	4,0	4,00	40,0	0,40	21	72,73	4,19	63,88	0,013	51,85	< 0,1	0,3004	0,3042	0,0190	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	4,0	4,02	50,0	0,50	19	75,32	3,76	67,59	0,010	62,96	< 0,1	0,2985	0,3039	0,0270	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	4,0	4,02	60,0	0,60	20	74,03	3,80	67,24	0,008	70,37	< 0,1	0,3041	0,3082	0,0205	
-	7,79	-	-	-	77	-	11,6	-	0,027	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/7 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,0	5,00	10,0	0,10	14	80,56	2,71	76,23	0,007	68,18	< 0,1	0,2986	0,3072	0,0430	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	5,00	20,0	0,20	26	63,89	4,66	59,12	0,010	54,55	< 0,1	0,2949	0,3001	0,0260	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	4,98	30,0	0,30	11	84,72	2,66	76,67	0,006	72,73	< 0,1	0,2998	0,3082	0,0420	GML = 33 rpm
4	5,0	4,98	40,0	0,40	15	79,17	3,00	73,68	0,007	68,18	< 0,1	0,2943	0,3062	0,0595	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,0	5,00	50,0	0,50	16	77,78	3,42	70,00	0,007	68,18	< 0,1	0,2986	0,3076	0,0450	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,0	5,00	60,0	0,60	15	79,17	3,41	70,09	0,008	63,64	< 0,1	0,3049	0,3139	0,0450	
-	7,72	-	-	-	72	-	11,4	-	0,022	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaios - Maria José

Água coletada dia = 05/07/2007
 Sol. Sulfato = 10% v/v - Novo
 Vol. Amostra = 1000 mL

Data: 5/7

Prog: 120

turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,0	6,00	10,0	0,10	34	62,64	2,93	73,36	0,034	60,92	0,5	0,2984	0,3070	0,0430	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	6,00	20,0	0,20	37	59,34	3,91	64,45	0,036	58,62	3,0	0,3035	0,3133	0,0490	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	6,02	30,0	0,30	42	53,85	6,7	39,00	0,050	42,53	< 0,1	0,2974	0,3082	0,0540	GML = 33 rpm
4	6,0	6,02	40,0	0,40	64	29,67	8,95	18,64	0,081	6,90	< 0,1	0,2959	0,3061	0,0510	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	6,01	50,0	0,50	48	47,25	7,79	29,18	0,072	17,24	< 0,1	0,2697	0,3075	0,1890	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	6,01	60,0	0,60	78	14,29	7,56	31,27	0,075	13,79	< 0,1	0,2633	0,3021	0,1940	
-	7,84	-	-	-	91	-	11,0	-	0,087	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Milene

Data: 15/8

Prog: 120

turbidímetro

Correção do pH com Ca(OH)₂

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,0	6,99	10,0	0,10	19	72,06	7,02	67,50	0,048	31,43	< 0,1	0,3171	0,3127	0,0057	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	6,99	20,0	0,20	5	92,65	1,39	93,56	0,026	62,86	< 0,1	0,3191	0,3191	0,0000	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	7,00	30,0	0,30	0	100,00	0,76	96,48	0,029	58,57	< 0,1	0,3185	0,3212	0,0035	GML = 33 rpm
4	7,0	7,00	40,0	0,40	9	86,76	2,63	87,82	0,035	50,00	< 0,1	0,3196	0,3247	0,0066	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,00	50,0	0,50	3	95,59	1,95	90,97	0,030	57,14	< 0,1	0,3229	0,3327	0,0127	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	7,00	60,0	0,60	18	73,53	4,65	78,47	0,049	30,00	< 0,1	0,3005	0,3084	0,0103	
-	7,41	-	-	-	68	-	21,6	-	0,070	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 18/8

Prog: 120

turbidímetro

Correção do pH com Ca(OH)₂

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,5	7,49	10,0	0,10	14	79,71	1,21	89,83	0,018	62,50	< 0,1	0,3168	0,3247	0,0103	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,5	7,49	20,0	0,20	12	82,61	1,21	89,83	0,018	62,50	< 0,1	0,3009	0,3121	0,0146	TMR = 52 segundos 52''
3	7,5	7,49	30,0	0,30	15	78,26	1,78	85,04	0,019	60,42	2,2	0,3170	0,3313	0,0186	GML = 33 rpm
4	7,5	7,49	40,0	0,40	22	68,12	2,79	76,55	0,022	54,17	2,8	0,3179	0,3336	0,0204	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,5	7,51	50,0	0,50	50	27,54	2,6	78,15	0,063	-31,25	5,0	0,3044	0,2987	0,0074	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,5	7,51	60,0	0,60	59	14,49	2,49	79,08	0,067	-39,58	9,0	0,2974	0,2940	0,0044	
-	7,37	-	-	-	69	-	11,9	-	0,048	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Baixa Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água coletada dia = 05/07/2007
 Sol. Sulfato = 10% v/v - Novo
 Vol. Amostra = 1000 mL
 Correção do pH com Ca(OH)₂

Data: 18/8

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	8,0	8,02	10,0	0,10	32	60,00	3,22	84,74	0,031	45,61	< 0,1	0,3190	0,3183	0,0009	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	8,02	20,0	0,20	14	82,50	1,32	93,74	0,019	66,67	< 0,1	0,3000	0,3065	0,0085	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	8,01	30,0	0,30	22	72,50	2,3	89,10	0,034	40,35	< 0,1	0,3224	0,3261	0,0048	GML = 33 rpm
4	8,0	8,01	40,0	0,40	10	87,50	0,81	96,16	0,017	70,18	< 0,1	0,2494	0,3112	0,0803	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	8,01	50,0	0,50	54	32,50	4,66	77,91	0,096	-68,42	1,3	0,3041	0,2963	0,0101	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	8,01	60,0	0,60	16	80,00	1,56	92,61	0,022	61,40	6,5	0,3059	0,3237	0,0231	
-	7,37	-	-	-	80	-	21,1	-	0,057	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 21/8

Prog: 120 turbidímetro

Correção do pH com Ca(OH)₂

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	8,5	8,49	10,0	0,10	9	71,88	1,97	73,98	0,028	39,13	0,2	0,3142	0,3193	0,0066	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,5	8,49	20,0	0,20	0	100,00	0,83	89,04	0,013	71,74	0,5	0,2979	0,3090	0,0144	TMR = 52 segundos 52''
3	8,5	8,51	30,0	0,30	3	90,63	1,66	78,07	0,024	47,83	< 0,1	0,3000	0,3077	0,0100	GML = 33 rpm
4	8,5	8,51	40,0	0,40	14	56,25	3,44	54,56	0,037	19,57	< 0,1	0,3013	0,3040	0,0035	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,5	8,49	50,0	0,50	0	100,00	0,99	86,92	0,014	69,57	3,5	0,3013	0,3165	0,0198	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,5	8,49	60,0	0,60	0	100,00	0,84	88,90	0,012	73,91	17,5	0,2999	0,3205	0,0268	
-	7,30	-	-	-	32	-	7,6	-	0,046	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 21/8

Prog: 120 turbidímetro

Correção do pH com Ca(OH)₂

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	9,0	8,99	10,0	0,10	4	87,10	2,92	71,92	0,038	19,15	< 0,1	0,2995	0,2976	0,0025	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	9,0	8,99	20,0	0,20	1	96,77	1,34	87,12	0,021	55,32	0,1	0,3039	0,3076	0,0048	TMR = 52 segundos 52''
3	9,0	9,01	30,0	0,30	2	93,55	2,01	80,67	0,030	36,17	1,0	0,2928	0,3040	0,0146	GML = 33 rpm
4	9,0	9,01	40,0	0,40	25	19,35	5,45	47,60	0,058	-23,40	5,5	0,2950	0,3042	0,0120	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	9,0	8,99	50,0	0,50	1	96,77	1,11	89,33	0,017	63,83	13,0	0,2976	0,3124	0,0192	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	9,0	8,99	60,0	0,60	0	100,00	0,82	92,12	0,012	74,47	15,0	0,2991	0,3204	0,0277	
-	7,52	-	-	-	31	-	10,4	-	0,047	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymar + Sulfato de Alumínio - Baixa Cor/Turbidez

Água coletada dia = 01/10

Ensaios - Maria José

Volume filtrado = 1000 mL

Com Ca(OH)₂ Milene

Sol. Quitosana = 0,1% m/v
Sol. Sulfato 10% v/v - Novo
Correção do pH com Ca(OH)₂

Data: 23/10/07

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,01	35,0	0,35	0,0	0,00	22	50,00	4,13	68,95	0,055	25,68	< 0,1	0,3052	0,3098	0,0046	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,01	30,0	0,30	2,0	2,00	15	65,91	3,67	72,41	0,050	32,43	< 0,1	0,3071	0,3118	0,0047	TMR = 52 segundos
3	3,0	3,02	25,0	0,25	4,0	4,00	24	45,45	4,62	65,26	0,055	25,68	< 0,1	0,3094	0,3117	0,0023	GML = 33 rpm
4	3,0	3,02	20,0	0,20	6,0	6,00	23	47,73	4,56	65,71	0,055	25,68	< 0,1	0,3089	0,3101	0,0012	TML = 26 min e 24 seg
5	3,0	3,02	15,0	0,15	8,0	8,00	18	59,09	3,69	72,26	0,052	29,73	< 0,1	0,3014	0,3029	0,0015	T. Sed. = 30 min e 21 seg
6	3,0	3,02	10,0	0,10	10,0	10,00	19	56,82	3,61	72,86	0,051	31,08	< 0,1	0,3156	0,3181	0,0025	
AB	7,75	-	-	-	-	-	44	-	13,30	-	0,074	-	-	-	-	-	Caract. da Água Bruta

Data: 23/10/07

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	3,99	35,0	0,35	0,0	0,00	27	41,30	4,20	66,93	0,057	24,00	< 0,1	0,3183	0,3198	0,0015	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	3,99	30,0	0,30	2,0	2,00	9	80,43	2,53	80,08	0,039	48,00	< 0,1	0,3013	0,3054	0,0041	TMR = 52 segundos
3	4,0	4,00	25,0	0,25	4,0	4,00	16	65,22	3,87	69,53	0,049	34,67	< 0,1	0,3071	0,3038	-0,0033	GML = 33 rpm
4	4,0	4,00	20,0	0,20	6,0	6,00	22	52,17	4,02	68,35	0,057	24,00	< 0,1	0,3025	0,3082	0,0057	TML = 26 min e 24 seg
5	4,0	4,00	15,0	0,15	8,0	8,00	26	43,48	5,83	54,09	0,059	21,33	< 0,1	0,3174	0,3180	0,0006	T. Sed. = 30 min e 21 seg
6	4,0	4,00	10,0	0,10	10,0	10,00	27	41,30	6,24	50,87	0,061	18,67	< 0,1	0,3072	0,3087	0,0015	
AB	7,53	-	-	-	-	-	46	-	12,70	-	0,075	-	-	-	-	-	Caract. da Água Bruta

Data:

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,0	5,01	35,0	0,35	0,0	0,00	25	62,69	1,55	89,67	0,023	58,93	0,20	0,3139	0,3198	0,0059	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	5,01	30,0	0,30	2,0	2,00	24	64,18	1,67	88,87	0,022	60,71	0,17	0,3087	0,3184	0,0097	TMR = 52 segundos
3	5,0	5,00	25,0	0,25	4,0	4,00	25	62,69	2,97	80,20	0,024	57,14	0,13	0,3151	0,3242	0,0091	GML = 33 rpm
4	5,0	5,00	20,0	0,20	6,0	6,00			1,66	88,93	0,025	55,36	< 0,1	0,3223	0,3282	0,0059	TML = 26 min e 24 seg
5	5,0	5,02	15,0	0,15	8,0	8,00	49	26,87	4,65	69,00	0,051	8,93	< 0,1	0,3139	0,3219	0,0080	T. Sed. = 30 min e 21 seg
6	5,0	5,02	10,0	0,10	10,0	10,00	44	34,33	4,37	70,87	0,052	7,14	< 0,1	0,3207	0,3299	0,0092	
AB	8,42	-	-	-	-	-	67	-	15,00	-	0,056	-	-	-	-	-	Caract. da Água Bruta

Data:

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,0	5,99	35,0	0,35	0,0	0,00	48	40,00	4,98	52,12	0,068	-6,25	< 0,1	0,2908	0,3006	0,0098	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	5,99	30,0	0,30	2,0	2,00	51	36,25	5,10	50,96	0,068	-6,25	0,12	0,3015	0,3149	0,0134	TMR = 52 segundos
3	6,0	5,99	25,0	0,25	4,0	4,00	63	21,25	6,56	36,92	0,081	-26,56	< 0,1	0,3174	0,3239	0,0065	GML = 33 rpm
4	6,0	5,99	20,0	0,20	6,0	6,00	61	23,75	6,32	39,23	0,075	-17,19	< 0,1	0,3172	0,3253	0,0081	TML = 26 min e 24 seg
5	6,0	5,99	15,0	0,15	8,0	8,00	29	63,75	1,02	90,19	0,037	42,19	1,50	0,3259	0,3450	0,0191	T. Sed. = 30 min e 21 seg
6	6,0	5,99	10,0	0,10	10,0	10,00	26	67,50	0,70	93,27	0,031	51,56	3,00	0,3113	0,3366	0,0253	
AB	1,78	-	-	-	-	-	80	-	10,40	-	0,064	-	-	-	-	-	Caract. da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymar + Sulfato de Alumínio - Baixa Cor/Turbidez

Água coletada dia = 01/10

Ensaíos - Maria José

Volume filtrado = 1000 mL

Com Ca(OH)₂

Milene

Sol. Quitosana = 0,1% m/v

Sol. Sulfato 10% v/v - Novo

Correção do pH com Ca(OH)₂

Data:		Prog: 120 turbidímetro															Condições de Trabalho	
Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)		
1	7,0	7,00	35,0	0,35	0,0	0,00	32	54,93	2,84	80,68	0,049	5,77	8,00	0,3294	0,3380	0,0086	GMR = 800 s-1 = 450 rpm	
2	7,0	7,00	30,0	0,30	2,0	2,00	31	56,34	2,73	81,43	0,045	13,46	5,00	0,3169	0,3333	0,0164	TMR = 52 segundos 52''	
3	7,0	7,00	25,0	0,25	4,0	4,00	19	73,24	1,61	89,05	0,034	34,62	4,50	0,3149	0,3325	0,0176	GML = 33 rpm	
4	7,0	7,00	20,0	0,20	6,0	6,00	17	76,06	1,49	89,86	0,032	38,46	4,00	0,3090	0,3336	0,0246	TML = 26 min e 24 seg 27'16''	
5	7,0	7,00	15,0	0,15	8,0	8,00	10	85,92	0,14	99,05	0,017	67,31	6,50	0,3397	0,3652	0,0255	T. Sed. = 30 min e 21 seg 57'37''	
6	7,0	7,00	10,0	0,10	10,0	10,00	12	83,10	0,15	98,98	0,020	61,54	5,50	0,3153	0,3434	0,0281		
AB	8,07	-	-	-	-	-	71	-	14,70	-	0,052	-	-	-	-	-	Caract. da Água Bruta	

Data:		Prog: 120 turbidímetro															Condições de Trabalho	
Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)		
1	8,0	8,02	35,0	0,35	0,0	0,00	13	82,67	0,82	94,38	0,030	60,00	9,00	0,3015	0,3290	0,0275	GMR = 800 s-1 = 450 rpm	
2	8,0	8,02	30,0	0,30	2,0	2,00	14	81,33	0,38	97,40	0,020	73,33	7,50	0,3026	0,3559	0,0533	TMR = 52 segundos 52''	
3	8,0	8,02	25,0	0,25	4,0	4,00	25	66,67	2,56	82,47	0,040	46,67	5,50	0,3041	0,3244	0,0203	GML = 33 rpm	
4	8,0	8,02	20,0	0,20	6,0	6,00	30	60,00	3,43	76,51	0,041	45,33	5,00	0,3153	0,3224	0,0071	TML = 26 min e 24 seg 27'16''	
5	8,0	8,01	15,0	0,15	8,0	8,00	33	56,00	3,92	73,15	0,048	36,00	2,50	0,3088	0,3255	0,0167	T. Sed. = 30 min e 21 seg 57'37''	
6	8,0	8,01	10,0	0,10	10,0	10,00	22	70,67	2,26	84,52	0,036	52,00	2,00	0,3285	0,3193	-0,0092		
AB	8,07	-	-	-	-	-	75	-	14,60	-	0,075	-	-	-	-	-	Caract. da Água Bruta	

Data:		Prog: 120 turbidímetro															Condições de Trabalho	
Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)		
1	9,0	8,99	35,0	0,35	0,0	0,00	51	37,80	7,37	62,21	0,078	7,14	2,10	0,3315	0,3349	0,0034	GMR = 800 s-1 = 450 rpm	
2	9,0	8,99	30,0	0,30	2,0	2,00	56	31,71	8,11	58,41	0,085	-1,19	3,10	0,3298	0,3390	0,0092	TMR = 52 segundos 52''	
3	9,0	8,98	25,0	0,25	4,0	4,00	64	21,95	9,25	52,56	0,095	-13,10	4,00	0,3281	0,3366	0,0085	GML = 33 rpm	
4	9,0	8,98	20,0	0,20	6,0	6,00	35	57,32	5,28	72,92	0,059	29,76	2,40	0,3067	0,3397	0,0330	TML = 26 min e 24 seg 27'16''	
5	9,0	8,99	15,0	0,15	8,0	8,00	26	68,29	3,88	80,10	0,046	45,24	2,50	0,3229	0,3207	-0,0022	T. Sed. = 30 min e 21 seg 57'37''	
6	9,0	8,99	10,0	0,10	10,0	10,00	22	73,17	3	84,62	0,044	47,62	0,80	0,3097	0,3351	0,0254		
AB	7,63	-	-	-	-	-	82	-	19,50	-	0,084	-	-	-	-	-	Caract. da Água Bruta	

Importante: A partir destes ensaios, teremos um protocolo de pesagem para os papeis de filtro com e sem lodo.

Ao retirar os papeis de filtro da estufa, coloca-los no dessecador e com a bomba, fazer vácuo para a total retirada da umidade.

Esperar esfriar e pesar da forma que segue abaixo.

Colocar, com a pinça, o papel de filtro na balança sobre um vidro relógio, fechar a balança, acionar o cronômetro, esperar 1 minuto e fazer a leitura da massa.

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymar (2 a 13 gm/L) - Alta Cor/Turbidez
Ensaios - Maria José

Água Coletada dia = 10/11/2007
 Solução de Quitosana = 1% m/v
 Volume de Amostra Utilizado = 1000mL
 Correção do pH com Ca(OH)₂

Data: 3/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,01	2,00	0,20	249	91,91	44,9	93,13	0,2400	88,41	7,50	0,3070	0,6618	0,3548	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,01	3,00	0,30	420	86,35	86,6	86,76	0,3070	85,17	7,00	0,3214	0,6521	0,3307	TMR = 52 segundos 52''
3	3,0	3,02	4,00	0,40	299	90,29	61,3	90,63	0,2390	88,45	8,00	0,3141	0,8198	0,5057	GML = 33 rpm
4	3,0	3,02	5,00	0,50	529	82,81	118	81,96	0,3300	84,06	8,50	0,3255	0,7531	0,4276	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	3,0	3,02	6,00	0,60	188	93,89	35,9	94,51	0,1770	91,45	10,00	0,3117	0,7983	0,4866	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	3,0	3,02	7,00	0,70	317	89,70	70,5	89,22	0,2190	89,42	9,00	0,3338	0,7636	0,4298	
AB	7,22	-	-	-	3078	-	654	-	2,0700	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 4/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro Obs: AB do dia 10/11/2007*

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,02	8,00	0,80	180	95,19	37,8	95,08	0,1500	94,05	8,00	0,3271	0,7436	0,4165	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,02	9,00	0,90	186	95,03	36,9	95,20	0,1570	93,77	9,50	0,3057	0,7696	0,4639	TMR = 52 segundos 52''
3	3,0	3,01	10,00	1,00	111	97,03	23,4	96,95	0,1410	94,40	11,00	0,3262	0,8872	0,5610	GML = 33 rpm
4	3,0	3,01	11,00	1,10	207	94,47	41,2	94,64	0,1700	93,25	11,00	0,3184	0,8751	0,5567	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	3,0	3,01	12,00	1,20	160	95,72	38,9	94,93	0,1810	92,82	14,00	0,3216	0,9783	0,6567	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	3,0	3,01	13,00	1,30	169	95,48	37,9	95,07	0,1830	92,74	14,00	0,3355	0,9543	0,6188	
AB	7,48	-	-	-	3740	-	768	-	2,5200	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 5/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	4,02	2,00	0,20	942	72,77	155	74,96	0,8240	65,94	4,50	0,3173	0,7414	0,4241	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	4,02	3,00	0,30	760	78,03	130	79,00	0,8110	66,47	5,50	0,3060	0,7616	0,4556	TMR = 52 segundos 52''
3	4,0	4,00	4,00	0,40	456	86,82	73,6	88,11	0,7980	67,01	8,50	0,3013	0,8873	0,5860	GML = 33 rpm
4	4,0	4,00	5,00	0,50	319	90,78	58	90,63	0,3320	86,28	9,00	0,3187	0,8732	0,5545	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	4,0	4,02	6,00	0,60	283	91,82	53,5	91,36	0,2900	88,01	10,00	0,3060	0,8657	0,5597	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	4,0	4,02	7,00	0,70	185	94,65	36,1	94,17	0,1990	91,77	12,00	0,2995	0,8858	0,5863	
AB	7,15	-	-	-	3460	-	619	-	2,4190	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 6/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	4,00	8,00	0,80	191	94,23	41,3	94,24	0,2300	90,25	10,00	0,3247	0,8209	0,4962	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	4,00	9,00	0,90	181	94,53	39,4	94,50	0,1840	92,20	11,00	0,3197	0,8556	0,5359	TMR = 52 segundos 52''
3	4,0	4,01	10,00	1,00	126	96,19	29,5	95,89	0,1430	93,94	12,00	0,3164	0,8490	0,5326	GML = 33 rpm
4	4,0	4,01	11,00	1,10	197	94,05	43,3	93,96	0,1710	92,75	10,00	0,2832	0,8943	0,6111	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	4,0	4,00	12,00	1,20	126	96,19	23,9	96,67	0,1340	94,32	12,00	0,3333	0,8755	0,5422	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	4,0	4,00	13,00	1,30	215	93,50	43,4	93,95	0,1850	92,16	12,50	0,3208	0,8471	0,5263	
AB	6,98	-	-	-	3310	-	717	-	2,3600	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymar (2 a 13 gm/L) - Alta Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água Coletada dia = 10/11/2007
 Solução de Quitosana = 1% m/v
 Volume de Amostra Utilizado = 1000mL
 Correção do pH com Ca(OH)₂

Data: 6/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	[Q] Ajust. (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	5,0	4,98	2,00	0,20	968	64,93	155	80,00	0,6910	68,70	2,50	0,3025	0,4911	0,1886	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	4,98	3,00	0,30	566	79,49	82,2	89,39	0,5120	76,81	3,00	0,3060	0,5704	0,2644	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	5,01	4,00	0,40	454	83,55	69,7	91,01	0,4140	81,25	3,50	0,3160	0,5902	0,2742	GML = 33 rpm
4	5,0	5,01	5,00	0,50	288	89,57	41,5	94,65	0,2500	88,68	4,50	0,3163	0,6015	0,2852	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,0	5,00	6,00	0,60	414	85,00	62,1	91,99	0,3780	82,88	5,00	0,3149	0,6149	0,3000	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,0	5,00	7,00	0,70	285	89,67	42,1	94,57	0,2690	87,82	6,00	0,3159	0,6371	0,3212	
AB	7,36	-	-	-	2760	-	775	-	2,2080	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 6/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	[Q] Ajust. (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	5,0	4,99	8,00	0,80	362	86,88	56,7	92,68	0,2880	86,96	7,50	0,3224	0,7506	0,4282	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	4,99	9,00	0,90	280	89,86	49,6	93,60	0,2280	89,67	9,00	0,3295	0,7471	0,4176	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	5,00	10,00	1,00	327	88,15	52,9	93,17	0,2510	88,63	10,50	0,3239	0,8989	0,5750	GML = 33 rpm
4	5,0	5,00	11,00	1,10	158	94,28	24	96,90	0,1410	93,61	12,00	0,3201	0,9127	0,5926	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,0	4,99	12,00	1,20	139	94,96	18,2	97,65	0,1230	94,43	12,00	0,3100	0,8192	0,5092	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,0	4,99	13,00	1,30	128	95,36	18,9	97,56	0,1140	94,84	14,00	0,3128	0,8332	0,5204	
AB	7,30	-	-	-	2760	-	775	-	2,2080	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 7/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	[Q] Ajust. (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	6,0	5,99	2,00	0,20	2250	27,42	431	30,60	1,6750	99,73	2,30	0,3356	0,4315	0,0959	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	5,99	3,00	0,30	2390	22,90	473	23,83	1,6450	99,74	3,00	0,2989	0,3194	0,0205	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	6,00	4,00	0,40	1120	63,87	195	68,60	1,1450	99,82	3,50	0,9495	1,2851	0,3356	GML = 33 rpm
4	6,0	6,00	5,00	0,50	990	68,06	154	75,20	0,9700	99,84	3,50	0,9435	1,3222	0,3787	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	5,98	6,00	0,60	880	71,61	136	78,10	0,9050	99,85	4,00	0,9260	1,3334	0,4074	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	5,98	7,00	0,70	957	69,13	150	75,85	1,0050	99,84	4,50	0,3196	0,5242	0,2046	
AB	7,26	-	-	-	3100	-	621	-	621,000	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 7/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	[Q] Ajust. (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	6,0	5,99	8,00	0,80	678	76,54	0,75	99,88	0,7500	65,91	4,00	0,6580	1,0543	0,3963	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	5,99	9,00	0,90	525	81,83	83,7	86,48	0,6570	70,14	4,00	0,9422	1,3878	0,4456	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	6,02	10,00	1,00	485	83,22	71,8	88,40	0,6240	71,64	6,00	0,3282	0,7456	0,4174	GML = 33 rpm
4	6,0	6,02	11,00	1,10	270	90,66	40,5	93,46	0,3910	82,23	6,00	0,6305	1,4207	0,7902	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	5,99	12,00	1,20	254	91,21	37,7	93,91	0,3840	82,55	7,50	0,6337	1,1080	0,4743	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	5,99	13,00	1,30	208	92,80	32	94,83	0,3270	85,14	5,50	0,3292	0,8170	0,4878	
AB	7,30	-	-	-	2890	-	619	-	2,2000	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymar (2 a 13 gm/L) - Alta Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água Coletada dia = 10/11/2007

Solução de Quitosana = 1% m/v

Volume de Amostra Utilizado = 1000mL

Correção do pH com Ca(OH)₂

Data: 7/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	[Q] Ajust. (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	7,0	6,99	2,00	0,20	2005	39,97	376,5	48,28	1,5400	31,25	2,75	0,3092	0,5352	0,2260	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	6,99	3,00	0,30	1555	53,44	264	63,74	1,3650	39,06	3,00	0,6656	1,0004	0,3348	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	7,00	4,00	0,40	1505	54,94	291	60,03	1,3300	40,63	4,00	0,3333	0,6388	0,3055	GML = 33 rpm
4	7,0	6,99	5,00	0,50	1110	66,77	203,5	72,05	1,0350	53,79	4,00	0,3219	0,7481	0,4262	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	6,99	6,00	0,60	1035	69,01	157,5	78,37	0,9850	56,03	4,50	0,6596	1,1580	0,4984	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	7,00	7,00	0,70	950	71,56	139,5	80,84	0,9250	58,71	5,00	0,6304	1,1349	0,5045	
AB	7,26	-	-	-	3340	-	728	-	2,2400	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 8/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	[Q] Ajust. (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	7,0	6,98	8,00	0,80	970	61,35	156	69,88	1,0700	39,89	4,00	0,3328	0,7447	0,4119	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	6,98	9,00	0,90	895	64,34	140,5	72,88	0,9600	46,07	4,50	0,9943	1,4379	0,4436	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	7,02	10,00	1,00	845	66,33	131,5	74,61	0,9200	48,31	4,50	0,6499	1,0432	0,3933	GML = 33 rpm
4	7,0	7,02	11,00	1,10	745	70,32	123	76,25	0,8900	50,00	4,75	0,9735	1,3800	0,4065	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,00	12,00	1,20	1050	58,17	183	64,67	1,0100	43,26	5,00	0,6031	0,8324	0,2293	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	7,00	13,00	1,30	625	75,10	102	80,31	0,7700	56,74	5,50	0,6448	1,0932	0,4484	
AB	7,23	-	-	-	2510	-	518	-	1,7800	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 8/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	[Q] Ajust. (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	8,0	8,01	2,00	0,20	1405	40,97	232	51,05	1,2450	26,76	2,50	0,9685	1,2687	0,3002	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	8,01	3,00	0,30	1265	46,85	200,5	57,70	1,2250	27,94	3,00	1,3092	1,6740	0,3648	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	8,00	4,00	0,40	1180	50,42	200	57,81	1,1200	34,12	3,50	1,2833	1,6468	0,3635	GML = 33 rpm
4	8,0	8,00	5,00	0,50	1045	56,09	167	64,77	1,0650	37,35	3,00	0,9639	1,3298	0,3659	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	7,99	6,00	0,60	1655	30,46	282,5	40,40	1,0900	35,88	2,80	0,6443	0,8332	0,1889	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	7,99	7,00	0,70	1110	53,36	172	63,71	1,1600	31,76	3,50	0,6601	1,0602	0,4001	
AB	7,21	-	-	-	2380	-	474	-	1,7000	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 8/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	[Q] Ajust. (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho	
1	8,0	8,02	8,00	0,80	1100	46,60	187,5	52,05	1,1200	28,21	5,00	0,6276	0,9730	0,3454	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	8,02	9,00	0,90	1005	51,21	185,5	52,56	0,9850	36,86	4,50	0,6248	0,9954	0,3706	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	7,99	10,00	1,00	805	60,92	141	63,94	0,9750	37,50	4,50	0,2970	0,7111	0,4141	GML = 33 rpm
4	8,0	7,99	11,00	1,10	785	61,89	146	62,66	0,9000	42,31	5,00	0,6516	1,0546	0,4030	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	7,99	12,00	1,20	695	66,26	115,5	70,46	0,8500	45,51	5,50	0,6649	1,1033	0,4384	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	7,99	13,00	1,30	965	53,16	182,5	53,32	0,9200	41,03	6,00	0,6343	1,0101	0,3758	
AB	7,40	-	-	-	2060	-	391	-	1,5600	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Quitosana Polymar (2 a 13 gm/L) - Alta Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água Coletada dia = 10/11/2007
 Solução de Quitosana = 1% m/v
 Volume de Amostra Utilizado = 1000mL
 Correção do pH com Ca(OH)₂

Data: 10/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	9,0	8,99	2,00	0,20	1910	41,41	349	49,49	1,4850	33,11	1,50	1,2996	1,5213	0,2217	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	9,0	8,99	3,00	0,30	2205	32,36	401	41,97	1,6750	24,55	1,80	0,9536	1,1432	0,1896	TMR = 52 segundos 52''
3	9,0	8,98	4,00	0,40	2105	35,43	366	47,03	1,6900	23,87	1,80	0,6687	0,9445	0,2758	GML = 33 rpm
4	9,0	8,98	5,00	0,50	1430	56,13	235,5	65,92	1,2400	44,14	2,50	1,3078	1,6322	0,3244	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	9,0	8,98	6,00	0,60	1635	49,85	274	60,35	1,4850	33,11	3,00	0,6242	1,0012	0,3770	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	9,0	8,98	7,00	0,70	1410	56,75	223,5	67,66	1,3150	40,77	3,50	0,6500	1,0015	0,3515	
AB	7,13	-	-	-	3260	-	691	-	2,2200	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 10/dez 2007 Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Remoção Cor	Turbidez (uT)	% Remoção Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Remoção UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	9,0	8,99	8,00	0,80	1365	59,25	221,5	68,76	1,2850	41,32	2,50	0,9720	1,3211	0,3491	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	9,0	8,99	9,00	0,90	1285	61,64	220,5	68,90	1,1300	48,40	2,75	1,2809	1,6654	0,3845	TMR = 52 segundos 52''
3	9,0	9,02	10,00	1,00	1250	62,69	200,5	71,72	1,2000	45,21	3,50	0,6722	1,0422	0,3700	GML = 33 rpm
4	9,0	9,02	11,00	1,10	1165	65,22	186	73,77	1,1850	45,89	3,50	0,6332	1,0164	0,3832	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	9,0	8,99	12,00	1,20	1085	67,61	175,5	75,25	1,1400	47,95	3,70	0,9589	1,3511	0,3922	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	9,0	8,99	13,00	1,30	910	72,84	149	78,98	0,9900	54,79	4,00	1,2704	1,6521	0,3817	
AB	7,12	-	-	-	3350	-	709	-	2,1900	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Alta Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José Papel de Filtro Quantitativo

Água coletada dia = 10/11/07

Sol. Sulfato = 10% v/v

Vol. Amostra = 1000 mL

Correção do pH com Ca(OH)2

Data:		Prog: 120 turbidímetro													
Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,01	50,0	0,50	277	93,16	57,70	93,61	0,221	89,06	11,0	0,3097	0,6742	0,3645	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,01	60,0	0,60	149	96,32	34,00	96,23	0,205	89,85	12,5	0,3234	0,7534	0,4300	TMR = 52 segundos 52''
3	3,0	3,00	70,0	0,70	157	96,12	37,10	95,89	0,207	89,75	11,5	0,3242	0,7266	0,4024	GML = 33 rpm
4	3,0	3,02	80,0	0,80	148	96,35	32,30	96,42	0,202	90,00	12,0	0,3308	0,7139	0,3831	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	3,0	2,99	90,0	0,90	97	97,60	23,20	97,43	0,168	91,68	9,5	0,3268	0,7074	0,3806	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	3,0	3,00	100,0	1,00	77	98,10	18,80	97,92	0,150	92,57	10,0	0,3467	0,6789	0,3322	
-	-	-	-	-	4050	-	903,0	-	2,020	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta
Data:		Prog: 120 turbidímetro													
Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	4,00	50,0	0,50	256	95,84	42,8	95,35	0,247	87,40	8,0	0,3254	0,6370	0,3116	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	4,01	60,0	0,60	241	96,08	39,7	95,69	0,232	88,17	7,5	0,3225	0,6383	0,3158	TMR = 52 segundos 52''
3	4,0	4,01	70,0	0,70	190	96,91	31,70	96,56	0,223	88,63	9,0	0,3171	0,6740	0,3569	GML = 33 rpm
4	4,0	4,02	80,0	0,80	214	96,52	35,9	96,10	0,240	87,76	9,0	0,3168	0,6690	0,3522	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	4,0	4,00	90,0	0,90	184	97,01	29,7	96,78	0,231	88,22	15,0	0,3257	0,7736	0,4479	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	4,0	3,99	100,0	1,00	158	97,43	25,70	97,21	0,220	88,78	14,0	0,3133	0,8106	0,4973	
-	-	-	-	-	6150	-	921	-	1,961	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta
Data:		Prog: 120 turbidímetro													
Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,0	5,00	50,0	0,50	227	93,21	47,00	93,86	0,221	89,74	16,0	0,3194	0,7793	0,4599	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	5,01	60,0	0,60	198	94,08	42,00	94,51	0,190	91,18	15,5	0,3229	0,7652	0,4423	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	5,02	70,0	0,70	165	95,07	36,00	95,29	0,166	92,29	14,5	0,3016	0,7468	0,4452	GML = 33 rpm
4	5,0	5,01	80,0	0,80	140	95,81	31,00	95,95	0,159	92,62	15,0	0,3257	0,7718	0,4461	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,0	5,00	90,0	0,90	117	96,50	27,00	96,47	0,137	93,64	16,0	0,3368	0,7513	0,4145	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,0	4,99	100,0	1,00	162	95,16	36,00	95,29	0,163	92,43	15,0	0,3254	0,7111	0,3857	
-	-	-	-	-	3345	-	765	-	2,154	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta
Data:		Prog: 120 turbidímetro													
Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,0	6,00	50,0	0,50	366	91,03	64,7	93,18	0,231	88,33	15,0	0,3017	0,7662	0,4645	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	6,00	60,0	0,60	294	92,79	48,6	94,87	0,207	89,55	15,0	0,1330	0,7797	0,6467	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	6,02	70,0	0,70	270	93,38	43,3	95,43	0,188	90,51	14,0	0,3194	0,7776	0,4582	GML = 33 rpm
4	6,0	6,02	80,0	0,80	228	94,41	35,4	96,27	0,155	92,17	15,5	0,3098	0,8029	0,4931	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	6,01	90,0	0,90	226	94,46	35,2	96,29	0,153	92,27	14,5	0,3183	0,7352	0,4169	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	6,01	100,0	1,00	198	95,15	31	96,73	0,122	93,84	15,0	0,2984	0,7695	0,4711	
-	-	-	-	-	4080	-	948,0	-	1,980	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio - Sanepar - Alta Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José Papel de Filtro Quantitativo

Água coletada dia = 10/11/07
 Sol. Sulfato = 10% v/v
 Vol. Amostra = 1000 mL
 Correção do pH com Ca(OH)₂

Data: Prog: 120 Prog: 750 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	% Rem. Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez (cm-1)	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,0	7,01	50,0	0,50	165	96,96	27,3	97,22	0,165	91,24	17,5	0,3075	0,8504	0,5429	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	7,01	60,0	0,60	150	97,24	25,3	97,42	0,138	92,67	16,0	0,3142	0,8570	0,5428	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	7,00	70,0	0,70	115	97,88	20,3	97,93	0,103	94,53	15,0	0,3136	0,8087	0,4951	GML = 33 rpm
4	7,0	7,01	80,0	0,80	104	98,08	18,2	98,15	0,111	94,11	14,5	0,3101	0,8125	0,5024	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,02	90,0	0,90	96	98,23	15,3	98,44	0,099	94,74	19,0	0,3173	0,9697	0,6524	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	6,99	100,0	1,00	87	98,40	21,2	97,84	0,084	95,54	18,5	0,3389	0,9581	0,6192	
-	-	-	-	-	5430	-	982,0	-	1,883	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	% Rem. Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez (cm-1)	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	8,0	8,00	50,0	0,50	212	96,02	38,3	96,16	0,192	89,83	18,0	0,2990	0,7780	0,4790	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	8,01	60,0	0,60	173	96,75	38,2	96,17	0,171	90,94	20,0	0,3228	0,7312	0,4084	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	8,01	70,0	0,70	157	97,05	34,2	96,57	0,142	92,48	18,5	0,3142	0,7799	0,4657	GML = 33 rpm
4	8,0	8,00	80,0	0,80	147	97,24	31,3	96,86	0,137	92,74	17,0	0,3209	0,7697	0,4488	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	7,99	90,0	0,90	115	97,84	24,5	97,54	0,126	93,33	17,0	0,3111	0,7581	0,4470	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	8,00	100,0	1,00	378	92,90	65,8	93,40	0,401	78,76	9,0	0,3389	0,6894	0,3505	
-	-	-	-	-	5325	-	997,0	-	1,888	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	% Rem. Turbidez (NTU)	% Rem. Turbidez (cm-1)	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M. Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	9,0	9,00	50,0	0,50	169	96,84	31,4	96,46	0,157	93,08	16,0	0,3215	0,6213	0,2998	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	9,0	9,01	60,0	0,60	170	96,83	29,6	96,67	0,141	93,78	17,5	0,3007	0,6055	0,3048	TMR = 52 segundos 52''
3	9,0	9,02	70,0	0,70	129	97,59	23,6	97,34	0,101	95,55	20,0	0,2887	0,8210	0,5323	GML = 33 rpm
4	9,0	9,00	80,0	0,80	137	97,44	25	97,18	0,099	95,63	18,0	0,3115	0,8170	0,5055	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	9,0	8,99	90,0	0,90	133	97,52	24,8	97,21	0,082	96,38	20,0	0,3185	0,8031	0,4846	T. Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	9,0	9,00	100,0	1,00	103	98,08	21,10	97,62	0,057	97,49	19,0	0,3005	0,8481	0,5476	
-	-	-	-	-	5355	-	888,0	-	2,268	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio (70 a 100mg/L) + Quitosana Polymar (2 a 13 gm/L) - Alta Cor/Turbidez

Ensaio - Maria José

Água Coletada dia = 10/11/2007*

Sol.Sulfato de Alumínio = 10%

Solução de Quitosana = 1% m/v

Volume de Amostra Utilizado = 1000mL

Correção do pH com Ca(OH)2

Data: 11/dez 2007

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (uT)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	3,01	7,00	0,70	100,00	1,00	21	99,10	2,86	99,42	0,0790	94,84	9,00	0,3141	0,7231	0,4090	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	3,0	3,01	8,00	0,80	95,00	0,95	11	99,53	2,4	99,51	0,0810	94,71	9,00	0,3224	0,7172	0,3948	TMR = 52 segundos 52''
3	3,0	3,01	9,00	0,90	90,00	0,90	8	99,66	0,75	99,85	0,0690	95,49	10,00	0,3356	0,7706	0,4350	GML = 33 rpm
4	3,0	3,01	10,00	1,00	85,00	0,85	11	99,53	1,24	99,75	0,0700	95,42	9,50	0,3077	0,7604	0,4527	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	3,0	3,01	11,00	1,10	80,00	0,80	10	99,57	1,55	99,69	0,0720	95,29	9,50	0,3326	0,7637	0,4311	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	3,0	3,01	12,00	1,20	75,00	0,75	10	99,57	2,28	99,54	0,0650	95,75	10,00	0,3208	0,7598	0,4390	
AB	7,28	-	-	-	-	-	2340	-	494	-	1,5300	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 11/dez 2007

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (uT)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	4,0	3,98	7,00	0,70	100,00	1,00	3	99,87	0,81	99,84	0,0610	96,51	10,00	0,3324	0,7568	0,4244	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	3,98	8,00	0,80	95,00	0,95	11	99,54	0,71	99,86	0,0560	96,80	11,00	0,3057	0,7764	0,4707	TMR = 52 segundos 52''
3	4,0	4,02	9,00	0,90	90,00	0,90	21	99,11	1,18	99,76	0,0610	96,51	10,00	0,3159	0,7689	0,4530	GML = 33 rpm
4	4,0	4,02	10,00	1,00	85,00	0,85	18	99,24	1,01	99,80	0,0590	96,63	11,00	0,3159	0,7615	0,4456	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	4,0	3,98	11,00	1,10	80,00	0,80	12	99,49	0,95	99,81	0,0620	96,46	11,50	0,3073	0,7310	0,4237	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	4,0	3,98	12,00	1,20	75,00	0,75	19	99,20	1,06	99,79	0,0620	96,46	12,00	0,3146	0,7915	0,4769	
AB	7,19	-	-	-	-	-	2370	-	495	-	1,7500	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 11/dez 2007

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (uT)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	5,0	4,99	7,00	0,70	100,00	1,00	11	99,72	1	99,88	0,0560	97,80	11,00	0,3348	0,7950	0,4602	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	5,0	4,99	8,00	0,80	95,00	0,95	17	99,56	1,13	99,86	0,0570	97,76	12,00	0,3267	0,8039	0,4772	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	4,99	9,00	0,90	90,00	0,90	23	99,41	1,64	99,80	0,0620	97,57	11,50	0,3289	0,7895	0,4606	GML = 33 rpm
4	5,0	4,99	10,00	1,00	85,00	0,85	22	99,43	4,39	99,47	0,0690	97,29	13,00	0,3096	0,7885	0,4789	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	5,0	5,00	11,00	1,10	80,00	0,80	10	99,74	2,29	99,72	0,0660	97,41	12,50	0,3078	0,7831	0,4753	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	5,0	5,00	12,00	1,20	75,00	0,75	5	99,87	1,56	99,81	0,0610	97,61	12,00	0,3169	0,7918	0,4749	
AB	7,40	-	-	-	-	-	3870	-	829	-	2,5500	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 11/dez 2007

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (uT)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	6,0	6,01	7,00	0,70	100,00	1,00	20	99,49	3,57	99,57	0,0550	98,01	11,50	0,2998	0,7804	0,4806	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	6,0	6,01	8,00	0,80	95,00	0,95	11	99,72	1,1	99,87	0,0460	98,34	10,00	0,3164	0,8243	0,5079	TMR = 52 segundos 52''
3	6,0	5,98	9,00	0,90	90,00	0,90	12	99,69	1,56	99,81	0,0480	98,27	12,50	0,3333	0,7378	0,4045	GML = 33 rpm
4	6,0	5,98	10,00	1,00	85,00	0,85	9	99,77	2,55	99,70	0,0510	98,16	11,00	0,3190	0,7973	0,4783	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	6,0	5,98	11,00	1,10	80,00	0,80	16	99,59	2	99,76	0,0530	98,09	12,00	0,3260	0,7781	0,4521	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	6,0	5,98	12,00	1,20	75,00	0,75	16	99,59	2,61	99,69	0,0530	98,09	12,50	0,3308	0,7770	0,4462	
AB	7,04	-	-	-	-	-	3890	-	837	-	2,7700	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Diagrama de Coagulação - Sulfato de Alumínio (70 a 100mg/L) + Quitosana Polymar (2 a 13 gm/L) - Alta Cor/Turbidez
Ensaio - Maria José

Água Coletada dia = 10/11/2007*

Sol.Sulfato de Alimínio = 10%

Solução de Quitosana = 1% m/v

Volume de Amostra Utilizado = 1000mL

Correção do pH com Ca(OH)₂

Data: 12/dez 2007

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (uT)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	7,0	7,00	7,00	0,70	100,00	1,00	34	98,75	6,84	98,77	0,0500	97,46	13,00	0,3241	0,8146	0,4905	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	7,0	7,00	8,00	0,80	95,00	0,95	5	99,82	2,22	99,60	0,0340	98,27	11,50	0,3265	0,8199	0,4934	TMR = 52 segundos 52''
3	7,0	6,99	9,00	0,90	90,00	0,90	7	99,74	1,93	99,65	0,0330	98,32	11,00	0,3243	0,8368	0,5125	GML = 33 rpm
4	7,0	6,99	10,00	1,00	85,00	0,85	15	99,45	3,75	99,32	0,0350	98,22	13,00	0,3213	0,8359	0,5146	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,01	11,00	1,10	80,00	0,80	2	99,93	1,17	99,79	0,0280	98,58	11,50	0,2991	0,7939	0,4948	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	7,0	7,01	12,00	1,20	75,00	0,75	12	99,56	3,07	99,45	0,0380	98,07	12,00	0,3332	0,8098	0,4766	
AB	7,23	-	-	-	-	-	2710	-	555	-	1,9700	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 12/dez 2007

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (uT)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	8,0	8,02	7,00	0,70	100,00	1,00	68	97,31	39,4	92,18	0,0750	95,76	11,00	0,2996	0,6803	0,3807	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	8,0	8,02	8,00	0,80	95,00	0,95	1	99,96	1,92	99,62	0,0290	98,36	12,00	0,3132	0,7985	0,4853	TMR = 52 segundos 52''
3	8,0	8,00	9,00	0,90	90,00	0,90	1	99,96	2,73	99,46	0,0360	97,97	12,50	0,3178	0,8046	0,4868	GML = 33 rpm
4	8,0	8,00	10,00	1,00	85,00	0,85	28	98,89	5,22	98,96	0,0410	97,68	12,00	0,6289	1,1527	0,5238	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	8,0	8,01	11,00	1,10	80,00	0,80	25	99,01	3,32	99,34	0,0400	97,74	12,00	0,6396	1,1779	0,5383	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	8,01	12,00	1,20	75,00	0,75	32	98,74	3,81	99,24	0,0460	97,40	10,50	0,6038	1,1367	0,5329	
AB	7,20	-	-	-	-	-	2530	-	504	-	1,7700	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Data: 12/dez 2007

Prog: 120 turbidímetro

Cuba	pH	pH Ajust.	[Q] (mg/L)	Volume (mL)	[S] (mg/L)	Volume (mL)	Cor (uH)	% Rem. Cor	Turbidez (uT)	% Rem. Turbidez	UV-254nm (cm-1)	% Rem. UV-254nm	V. Lodo (mL)	M(pf) (g)	M(pf+Lodo) (g)	M.Lodo (g)	Condições de Trabalho
1	3,0	2,99	13,00	1,30	70,00	0,70	44	98,61	6,1	99,03	0,0870	96,01	9,00	0,3248	0,7509	0,4261	GMR = 800 s-1 = 450 rpm
2	4,0	4,00	13,00	1,30	70,00	0,70	31	99,02	3,55	99,44	0,0650	97,02	10,00	0,3294	0,7769	0,4475	TMR = 52 segundos 52''
3	5,0	4,99	13,00	1,30	70,00	0,70	29	99,09	2,04	99,68	0,0590	97,29	11,00	0,3060	0,7864	0,4804	GML = 33 rpm
4	6,0	5,99	13,00	1,30	70,00	0,70	13	99,59	1,58	99,75	0,0480	97,80	11,50	0,3080	0,7471	0,4391	TML = 26 min e 24 seg 27'16''
5	7,0	7,00	13,00	1,30	70,00	0,70	12	99,62	2,17	99,66	0,0330	98,49	13,00	0,3334	0,7710	0,4376	T.Sedimentação = 30 min e 21 seg 57'37''
6	8,0	8,01	13,00	1,30	70,00	0,70	381	87,98	49,5	92,14	0,1830	91,61	13,50	0,3141	0,6544	0,3403	
AB	7,57	-	-	-	-	-	3170	-	630	-	2,1800	-	-	-	-	-	Características da Água Bruta

Metais-ETA Piloto

Leituras		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Ba	Al	As	Zn	Se	Fe	Mn	Cu	Pb	Cd	Na	Ag	Cr	Ca	Co	Ni
Amostra																	
1	Branco 20/01/08	1,282	12,961	nd	0,202	3,215	1,203	nd	nd			5,616	0,823		26,200		
2	Branco 28/01/08		6,914	nd		1,396	nd	nd	nd			nd	0,061		9,822		
Água Bruta																	
3	AB Baixa 08/01/08		8,710	nd		0,572	nd	nd	0,048			nd	0,016		27,356		
4	AB Alta 10/11/07*		22,574	nd		0,440	11,036	nd	0,002			nd	0,067		22,931		
5	AB 09/01/08		11,255	nd		nd	nd	nd	nd			nd	0,058		23,684		
6	AB Alta 20/01/08		24,202	nd		nd	13,414	nd	nd			nd	0,047		22,010		
Sulfato																	
7	Sulfato Alta 20/01/08 - 1	9,386	6915,380	4,129	over	nd	8228,940	44,290	10,442			6,716	0,167		30,916		
8	Sulfato Alta 20/01/08 - 2		15,254	nd		nd	2,479	0,074	nd			nd	0,018		31,861		
9	Sulfato Baixa 09/01/08	4,514	5090,860	3,613	over	1,754	7879,500	25,024	5,472			0,980	0,209		14,254		
10	S1 Baixa 09/01/08		17,002	nd		nd	1,792	0,028	nd			nd	0,002		25,339		
11	S2 Baixa 09/01/08		18,935	nd		nd	nd	0,063	nd			nd	0,050		30,320		
Quitosana																	
12	Q1 Baixa 09/01/08		18,955	nd		nd	nd	nd	nd			nd	nd		3,324		
13	Q Alta 20/01/08 - 1	1,460	7,686/20,084	nd	0,114	nd	nd	nd	nd			nd	nd		7,214		
14	Q Alta 20/01/08 - 2	6,077	3653,480	1,870	over	nd	4541,440	26,147	4,551			0,160	0,217		23,301		
15	Q Baixa 09/01/08	4,195	941,605/979,568	1,371	1,828	1,707	3815,430	16,101	2,620			nd	0,152		24,917		
16	Q Alta 10/11/07	8,657	5498,470	3,057	over	0,979	7437,024	31,468	7,731			nd	0,275		36,243		
17	Q Alta 10/11/07*		24,357	nd		nd	4,517	0,529	nd			nd	0,034		39,787		
Associação																	
18	Q+S Alta 20/01/08	6,371	3642,130	3,653	over	nd	6967,695	37,863	6,606			7,745	0,097		15,387		
19	S+Q Alta 10/11/07*	6,701	5019,680	3,797	over	0,203	4912,900	24,566	7,316			nd	0,256		24,395		
20	Q+S Baixa 10/01/08	2,197	10,235/17,977/24,247	0,767	0,102	nd	8,033	0,329	nd			nd	0,001		30,650		
21	Q+S 09/01/08	5,321	2218,590	2,808	over	2,725	2565,700	15,049	3,278			nd	0,552		27,930		
22	S+Q Alta 10/11/07	2,823	10,148/24,015/29,068	nd	0,297	nd	6,016	1,036	0,697			nd	0,117		75,813		
23	Q+S Alta 20/01/08		21,885/26,868	nd		nd	1,267	0,906	1,103			nd	0,022		61,400		

IMPORTANTÍSSIMO

para o lodo - levar em conta a massa de lodo digerida
 para a água - dividir o resultado por 2 - colocamos 100 mL e diminuimos para 50 mL -
 sempre diminuir o valor do branco do líquido das amostras líquidas
 sempre diminuir o valor do branco das amostras sólidas - ver quantos papeis de filtro foram utilizados - branco c/1, c/2, etc...

