



*Universidade Federal de Ouro Preto*

***MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL***

**DISSERTAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS COAGULANTES SULFATO  
DE ALUMÍNIO E CLORETO FÉRRICO NA REMOÇÃO DE  
TURBIDEZ E COR DA ÁGUA BRUTA E SUA RELAÇÃO COM  
SÓLIDOS NA GERAÇÃO DE LODO EM ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE ÁGUA**

**Autor: Elton Santos Franco**

Orientador: Prof. Dr. Jorge Adílio Penna

Ouro Preto-MG,

Outubro de 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**Universidade Federal de Ouro Preto**  
**Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental**  
**Mestrado em Engenharia Ambiental**

**Elton Santos Franco**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS COAGULANTES SULFATO DE  
ALUMÍNIO E CLORETO FÉRRICO NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ E  
COR DA ÁGUA BRUTA E SUA RELAÇÃO COM SÓLIDOS NA  
GERAÇÃO DE LODO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Ambiental  
da Universidade Federal de Ouro Preto,  
como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Saneamento  
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Jorge Adílio Penna

Ouro Preto, MG  
Outubro de 2009

F825a

Franco, Elton Santos.

Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água [manuscrito] / Elton Santos Franco. – 2009.

xiii, 187 f. ; il. color., graf., tabs., mapas.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Adílio Penna.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Saneamento ambiental.

1. Coagulação - Teses. 2. Floculação - Teses. 3. Lodo - Teses.  
I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.

CDU: 628.16

Catálogo: [sisbin@sisbin.ufop.br](mailto:sisbin@sisbin.ufop.br)



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

Ministério da Educação  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental  
ICEB - Campus – Morro do Cruzeiro  
Ouro Preto – MG – CEP 35.400-000  
Fone: (031)3559-1725  
E-mail: [proagua@iceb.ufop.br](mailto:proagua@iceb.ufop.br)

*“Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água”*

*Autora: Elton Santos Franco*

Dissertação defendida e aprovada, em 29 de outubro de 2009, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Professor Dr. Jorge Adílio Penna – Orientador  
Universidade Federal de Ouro Preto

Professor Dr. Alisson Carraro Borges  
Universidade Federal de Viçosa

Professora Dr.ª. Cláudia Dumans Guedes  
Universidade Federal de Ouro Preto

“Diz-se que, mesmo antes de um rio cair no oceano, ele treme de medo. Olha para trás, para toda a jornada: os cumes, as montanhas, o longo caminho sinuoso através das florestas, através dos povoados e vê a sua frente um oceano tão vasto que, entrar nele, nada e mais que desaparecer para sempre. Mas não há outra maneira. O rio não pode voltar. Ninguém pode voltar. Voltar é impossível na existência. Você pode apenas ir em frente. O rio precisa se arriscar e entrar no oceano. E somente quando ele entra no oceano é que o medo desaparece. Porque apenas então o rio saberá que não se trata de desaparecer no oceano, mas torna-se oceano. Por um lado é desaparecimento, e por outro lado é renascimento. Assim somos nós. Voltar é impossível na existência. Você pode ir em frente e se arriscar: Torna-se OCEANO!”

Arbert Einstein

Dedico este trabalho àqueles que mesmo longe estiveram comigo, sempre me dando o apoio e todo o suporte de que precisei e acreditando nos meus sonhos.

MEUS PAIS Adonias e Edna,  
minha eterna gratidão.

## *Agradecimentos*

À Deus pela força nos momentos mais difíceis dessa pesquisa.

Ao meu pai Adonias, minha referência eterna.

À minha mãe Edna, pelo incentivo e presença em todos os momentos, pelo amor, carinho e dedicação.

Ao orientador Prof. Dr. Jorge Adílio Penna por mais uma valiosa orientação e oportunidade.

Ao Prof. Dr. Cornélio e ao seu laboratório, pelo suporte e materiais para as análises no início da pesquisa.

Às Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Dumas Guedes e Dr.<sup>a</sup> Maria Auxiliadora Moura Santi pela orientação, incentivo e paciência.

À UFOP e a todos do laboratório de Saneamento Ambiental.

Ao DECIV, pela oportunidade de crescer profissionalmente.

Ao irmão que ganhei em Ouro Preto, Felipe Spatini, por estar comigo desde o início, seja nas coletas, ou nas análises pela madrugada que tornou esse trabalho mais prazeroso. Obrigado!

Ao amigo Rômulo Reis Perreira, pelas coletas nas datas e horas mais inoportunas.

Ao meu amigo Marco Antônio, grande companheiro.

Aos grandes amigos Frederico Lage e Allysson, pelo apoio incondicional.

Ao Prof. MSc. Frederico Oliveira e ao Michel Fábio, pela força na reta final.

À minha amiga Luciene, pelos momentos de descontração, sem contar os de desespero também.

Às amigas Junia e Kamila, por terem me incentivado a entrar nesse trabalho.

À República Antares pelo suporte, amizade e por todos os momentos vividos.

À 5<sup>a</sup> IBNI, em especial Samuel, Wanderson, Ronan e Marcilio.

À família Costa, pelo apoio dado nesse último ano.

A todos os não aqui citados, mas não menos importantes, que contribuíram de alguma forma para a conclusão dessa etapa. Obrigado!

# ÍNDICE

	<i>Página</i>
<b>Índice</b>	viii
<b>Lista de Figuras</b>	xi
<b>Lista de Tabelas</b>	xv
<b>Lista de Notações</b>	xvi
<b>Resumo</b>	xix
<b>Abstract</b>	xx
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. OBJETIVOS</b>	4
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b>	5
3.1 Introdução	5
3.2 Métodos para o tratamento da água bruta	6
3.3 Características da água bruta	9
3.4 Etapas do tratamento convencional	14
3.5 Características dos resíduos de ETA	32
3.6 Produção de lodo nas ETA	38
3.7 Métodos utilizados para redução da produção de lodo em ETA	41
3.8 Impactos ocasionados pelo lodo das ETA	44

3.9 Aspectos gerais do manejo e tratamento do lodo das ETA	46
3.10 Disposição final dos lodos de ETA	47
<b>4. MATERIAS E MÉTODOS</b>	52
4.1 Introdução	52
4.2 Descrição da instalação utilizada na etapa experimental	57
4.3 Ensaio de coagulação, floculação e sedimentação	59
4.4 Análises de sólidos	77
4.5 Modelagem para obtenção das matemáticas	65
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	67
5.1 Ensaio de coagulação, floculação e sedimentação	67
5.2 Análises de sólidos	75
5.3 Obtenção das expressões que correlacionam os parâmetros $P$ (produção de sólidos), $T$ (turbidez), $D$ (dosagem) e $k$ (relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido)	78
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	93
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	97
<b>ANEXO A - Ensaio utilizando coagulante sulfato de alumínio e água bruta da ETA Funil</b>	102

<b>ANEXO B - Ensaio utilizando coagulante cloreto férrico e água bruta da ETA Funil</b>	125
<b>ANEXO C - Ensaio utilizando coagulante sulfato de alumínio e água bruta da ETA Mata de Seminário</b>	148
<b>ANEXO D - Ensaio utilizando coagulante cloreto férrico e água bruta da ETA Mata de Seminário</b>	161
<b>ANEXO E - Resultados das análises de sólidos da ETA Funil</b>	174
<b>ANEXO F - Resultados das análises de sólidos da ETA Mata do Seminário</b>	181

## LISTA DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura 3.1 Distribuição do tamanho das partículas presentes na água.	7
Figura 3.2 Classificação das tecnologias de tratamento de água para consumo humano.	8
Figura 3.3 Constituintes do sistema do ácido carbônico em função do pH com pressão de 1 atm e temperatura de 25°C.	11
Figura 3.4 Faixas de pH em que são encontrados os constituintes do sistema do ácido carbônico em função do pH.	11
Figura 3.5 Configuração esquemática da dupla camada elétrica.	18
Figura 3.6 Diagrama de Equilíbrio Heterogêneos do Al(OH) <sub>3</sub> .	23
Figura 3.7 Diagrama de Equilíbrio Heterogêneos do Fe(OH) <sub>3</sub>	25
Figura 3.8 Diagrama de coagulação com o sulfato de alumínio e potencial zeta para água com turbidez alta em relação a cor verdadeira.	26
Figura 3.9 Diagrama de coagulação com o cloreto férrico a temperatura de 25°C.	27
Figura 3.10 Unidades de tratamento e pontos de geração de resíduos.	33
Figura 3.11 Lodo do decantador da ETA Mata do Seminário.	35
Figura 3.12 Representação de um <i>Jar-Test</i> .	43
Figura 4.1 Localização das ETA Funil e Mata do Seminário.	53
Figura 4.2 Etapas das análises da água bruta.	54
Figura 4.3 Equipamentos utilizados nas análises.	58
Figura 4.4 Captação feita na ETA Funil	59

Figura 4.5 Captação feita na ETA Mata de Seminário	<b>60</b>
Figura 4.6 Galão usado no preparo das amostras	<b>61</b>
Figura 4.7 Equipamento para a realização dos <i>Jar-Test</i>	<b>62</b>
Figura 5.1 <i>Jar-Test</i> com a turbidez de 200uT.	<b>68</b>
Figura 5.2 Ensaio ETA Funil utilizando as dosagens 15, 20, 25, 30, 35 e 40 mg/L de coagulante sulfato de alumínio, com turbidez 200uT.	<b>68</b>
Figura 5.3 Ensaio ETA Funil utilizando as dosagens 15, 20, 25, 30, 35 e 40 mg/L de coagulante cloreto férrico, com turbidez 200uT.	<b>69</b>
Figura 5.4 Ensaio ETA Mata do Seminário utilizando as dosagens 5, 10, 15, 20, 25 e 30mg/L de coagulante sulfato de alumínio, com turbidez 200uT.	<b>69</b>
Figura 5.5 Ensaio ETA Mata do Seminário utilizando as dosagens 5, 10, 15, 20, 25 e 30mg/L de coagulante cloreto férrico, com turbidez 200uT.	<b>70</b>
Figura 5.6 Faixas de turbidez e suas respectivas dosagens ótimas para a estação Funil.	<b>71</b>
Figura 5.7 Faixas de turbidez e suas respectivas dosagens ótimas para a estação Mata do Seminário.	<b>72</b>
Figura 5.8 Ensaio na ETA Funil utilizando nos três primeiros jarros dosagens de 5,10 e 15mg/L de sulfato de alumínio nos três últimos dosagens de 5,10 e 15 mg/L de cloreto férrico.	<b>74</b>
Figura 5.9 Teores de Ferro presentes nas ETA Funil e Mata do Seminário	<b>74</b>
Figura 5.10 Teores de Manganês presentes nas ETA Funil e Mata do Seminário	<b>75</b>
Figura 5.11 Jarro do ensaio 200uT tendo com a melhor dosagem 30mg/L para o cloreto férrico, para a ETA Funil.	<b>76</b>
Figura 5.12 Gráfico que representa a correlação entre $P$ (em g de matéria seca/m <sup>3</sup> de água bruta) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para a ETA Funil.	<b>79</b>

Figura 5.13 Gráfico que representa a correlação entre $P$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água bruta) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para a ETA Mata do Seminário.	<b>79</b>
Figura 5.14 Gráfico que representa a correlação entre $P$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para a ETA Funil em que foi utilizado o coagulante sulfato de alumínio.	<b>81</b>
Figura 5.15 Gráfico que representa a correlação entre $P$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para a ETA Mata do Seminário em que foi utilizado o coagulante sulfato de alumínio.	<b>81</b>
Figura 5.16 Gráfico que representa a correlação entre $P$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para a ETA Funil em que foi utilizado o coagulante cloreto férrico.	<b>83</b>
Figura 5.17 Gráfico que representa a correlação entre $P$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para a ETA Mata do Seminário em que foi utilizado o coagulante cloreto férrico.	<b>84</b>
Figura 5.18 Gráfico que representa a correlação entre $P_{sv}$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água bruta referente a ETA Funil.	<b>86</b>
Figura 5.19 Gráfico que representa a correlação entre $P_{sv}$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água bruta referente a ETA Mata do Seminário.	<b>86</b>
Figura 5.20 Gráfico que representa a correlação entre $P_{sv}$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água coagulada com sulfato de alumínio referente a ETA Funil.	<b>87</b>
Figura 5.21 Gráfico que representa a correlação entre $P_{sv}$ (em g de matéria seca/ $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água coagulada com sulfato de alumínio referente a ETA Mata do Seminário.	<b>88</b>
Figura 5.22 Gráfico que representa a correlação entre $P_{sv}$ (em g de matéria seca / $m^3$ de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água coagulada com cloreto férrico referente a ETA Funil.	<b>89</b>

Figura 5.23 Gráfico que representa a correlação entre $P_{sv}$ (em g de matéria seca/m <sup>3</sup> de água tratada) em função dos valores de $T$ (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água coagulada com cloreto férrico referente a ETA Mata do Seminário.	<b>90</b>
---	-----------

## LISTA DE TABELAS

	<i>Página</i>
Tabela 3.1 Representatividade da amostra do SNIS entre os anos de 2004 e 2007, segundo proporções da quantidade de municípios e da população urbana, em porcentagem.	<b>5</b>
Tabela 3.2 Classificação e as características das substâncias húmicas	<b>12</b>
Tabela 3.3 Resíduos gerados durante o tratamento	<b>34</b>
Tabela 3.4 Características do lodo em ETA	<b>36</b>
Tabela 5.1 Caracterização de Ferro e Manganês	<b>74</b>

## LISTA DE NOTAÇÕES

A	Dosagem de auxiliares e condicionantes
AWWA	American Water Works Association
C	Cor da água bruta
CD	Camada Difusa
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
D	Dosagem do coagulante
DCE	Dupla Camada Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
G	Gradiente de velocidade
$G_f$	Gradiente de velocidade de floculação
$G_{MR}$	Gradiente de velocidade de mistura rápida
g	grama
g/L	grama/ Litro
g/ m <sup>3</sup>	grama/metro cúbico
L	Litro
L/s	Vazão em litros de adução de água/segundo
k	Coefficiente de precipitação
kg/d	quilograma/dia
kg/m <sup>3</sup>	quilograma/metro cúbico
mL	mililitro
mg	miligramas

m <sup>3</sup>	metro cúbico
N	Velocidade do rotor em rpm
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
P	Produção de sólidos totais voláteis (g de matéria seca / m <sup>3</sup> água bruta)
P <sub>sv</sub>	Produção de sólidos voláteis (g de matéria seca / m <sup>3</sup> água bruta)
PN	Potencial de Nernst
PZ	Potencial Zeta
Q	Vazão de adução de água (L/s)
QF	Quadrilátero Ferrífero
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação.
S	Massa de sólidos secos precipitada em quilogramas por metro cúbico de água tratada
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SDTAB	Sólidos voláteis dissolvidos totais da água bruta
SDTAC	Sólidos voláteis dissolvidos totais da água coagulada
SST	Sólidos suspensos totais
SSTAB	Sólidos suspensos totais da água bruta
SSTAC	Sólidos suspensos totais da água coagulada
SFTAB	Sólidos fixos voláteis dissolvidos totais da água bruta
SFTAC	Sólidos fixos voláteis dissolvidos totais da água coagulada
SVTAB	Sólidos voláteis dissolvidos totais da água bruta
SVTAC	Sólidos voláteis dissolvidos totais da água coagulada
STAB	Sólidos totais da água bruta coagulada
STAC	Sólidos totais da água coagulada
uT	Unidades de Turbidez

uH	Unidade Hazen
uC	Unidade de cor
T	Turbidez da água bruta
T <sub>f</sub>	Tempo de floculação (min)
T <sub>MR</sub>	Tempo de mistura rápida (s)
t	Torque
V	Volume do reator
W	Quantidade de lodo (kg/d)
μ	Viscosidade absoluta do líquido
μm	Micrômetro
°C	Graus Celsius

## RESUMO

Um dos grandes problemas ambientais enfrentados na atualidade pelas Estações de Tratamento de Água é a disposição dos resíduos gerados nas etapas do processo de tratamento. O principal deles, o lodo retido nos decantadores, tem sido motivo de estudos de caracterização qualitativa e quantitativa a fim de se encontrar uma solução adequada para o seu tratamento e destinação final. Entretanto, a análise de sólidos não é rotina nas ETA, sendo priorizadas apenas análises de turbidez e cor, pois tais parâmetros se correlacionam diretamente com o aspecto estético da água, que por sua vez é uma exigência importante para atender os padrões de potabilidade. Dessa forma, pesquisou-se a correlação entre sólidos, em suas diversas formas, presentes na água bruta e no lodo com os valores de turbidez e de dosagens ótimas, de modo a permitir a caracterização dos sólidos da água bruta e do lodo com base nestes parâmetros, sendo o parâmetro turbidez historicamente encontrados nos registros de operação das ETA. Para desenvolvimento do estudo trabalhou-se com os coagulantes, sulfato de alumínio e cloreto férrico em ensaios de bancada para representar as etapas de coagulação/floculação, em especial com o *Jar-Test*. As águas objeto do estudo foram da ETA do Funil, situada no distrito de Cachoeira do Campo, município de Ouro Preto, responsável pelo abastecimento desse e dos distritos de Amarantina, Santo Antônio do Leite e região e da ETA Mata do Seminário, responsável por grande parte do abastecimento público de Mariana – MG. O estudo mostrou que a coagulação ocorreu por dois mecanismos distintos; varredura para a ETA Funil e adsorção para a ETA Seminário, influenciando os valores das dosagens ótimas de aplicação. Equações foram obtidas em função dos parâmetros turbidez e dosagem ótima para cada estação, que foram comparadas com outras da literatura e mostraram que essa correlação depende das características da água bruta, das dosagens ótimas e dos coagulantes empregados.

Palavras-Chave: ETA, Coagulação, floculação, turbidez, dosagens ótimas, lodo, caracterização de sólidos.

## **ABSTRACT**

One of the biggest environmental problems faced nowadays by the Water Treatment Stations is the disposal of waste generated in the treatment process steps. The main one, the sludge retained in decanters, has been a reason of qualitative and quantitative characterizing studies, in order to find a suitable solution for your treatment and final destination. The total solids, suspended and dissolved, are, with the chemicals formed in the coagulation and flocculation stages, the responsible for generation and characterization of this sludge. However, the analysis of solids is not a routine in the WTS's, being common the analysis of turbidity and color, because these parameters correlate directly with the appearance of the water that is a significant consumer demand and the patterns of drinking.

Thus, we've researched the correlation between solid, in its various forms, present in raw water and in sludge, with the turbidity and color values, to allow the characterization of the sludge based on these parameters, historically found in the operation records of the WTS's. To develop this study, we've worked with the coagulants Aluminum Sulfate and Ferric Chloride in bench tests, especially with the Jar Test. The waters object of the study were the ones of the WTS of Funil in the district of Cachoeira do Campo, city of Ouro Preto, responsible for the supply of this and the districts of Amarantina, Santo Antônio do Leite and region and the WTS of Mata do Seminário, in the district of Passagem de Mariana and responsible for the most part of the public supply of Mariana -MG. The expressions obtained were compared with other from the literature and showed that this correlation depends on the characteristics of the raw water and the coagulant used.

Keywords: WTS, Coagulation, flocculation, turbidity, sludge, solids characterization.

# 1. INTRODUÇÃO

No Quadrilátero Ferrífero (QF) encontram-se duas das mais importantes bacias hidrográficas de Minas Gerais, a do rio Doce e a do rio São Francisco. Na sua extensão de aproximadamente 7000 km<sup>2</sup>, na porção central do estado de Minas Gerais, encontra-se um dos mais importantes distritos minerais do país, apresentando vastos depósitos de ferro e manganês, além de compreender regiões ricas em alumínio, estanho e ouro. Tais características fazem com que essa região tenha uma notável importância para a economia do país, uma vez que o minério de ferro se tornou um dos pilares na economia mineral, devido a sua importância na pauta de exportação.

Nesse contexto encontram-se as cidades de Ouro Preto e Mariana, que se beneficiam das indústrias de transformação e dos recursos minerais provenientes da região. Associado a tais recursos minerais, encontra-se a geologia bastante complexa do QF e as propriedades minerais do mesmo, mais bem caracterizada pela notável presença de ferro e manganês, bem como a de outros metais supracitados. Tais méritos conferem às águas dessa região características peculiares, que associados aos diversos processos erosivos presentes às margens dos mananciais e a constante degradação do meio físico, catalisada pela atividade mineradora, reduz potencialmente a qualidade das águas. Com a elevação da turbidez, as variantes relacionadas aos componentes químicos, físicos e biológicos se diversificam e tornam o tratamento mais dispendioso.

De acordo com Ribeiro (2007), na Estação de Tratamento de Água (ETA) a água coletada dos mananciais se transforma em um produto potável, pronto para ser consumido sem riscos à saúde. Funcionam como verdadeiras fábricas para transformar a matéria-prima, água insalubre, em água potável. Em cada fase do processo existe um rígido controle para dosar a utilização de produtos químicos e acompanhar os parâmetros de qualidade. No processo são utilizados equipamentos especiais e reagentes químicos próprios para remover as impurezas. Na etapa do tratamento a coagulação e a floculação constituem em uma delicada parte do tratamento convencional de água.

Tomando como base a crescente demanda de água tratada e a equivalente piora da qualidade dos mananciais, se faz necessário um proporcional aumento nas dosagens de produtos químicos no processo de tratamento. Nesse processo o sulfato de alumínio e o cloreto férrico são usualmente aplicados na remoção de turbidez, pois são substâncias utilizadas como coagulantes primários nas etapas de floculação-sedimentação, nas estações de tratamento de água de abastecimento (ETA) e de águas residuárias. No entanto, os sais de alumínio são mais amplamente utilizados pela maioria das estações, devido ao seu baixo custo (AWWA (1991) *apud* Ribeiro (2007); Cordeiro (1993); Ramamoorthy (1988)). A aplicação de coagulantes caracteriza uma etapa importante no processo de tratamento, uma vez que tais produtos relacionam-se diretamente com os aspectos estéticos da água distribuída à população à medida que são responsáveis pela remoção do aspecto turvo característicos das águas coletadas na região do QF.

No entanto, a dosagem adequada de coagulantes a ser aplicada no processo de tratamento está correlacionada a parâmetros básicos como turbidez, cor, pH e alcalinidade da água bruta. Em cada uma dessas estações, existem procedimentos realizados pelos operadores. Em uma ETA eles são os responsáveis por preparar o coagulante para a fase de coagulação. Além disso, a definição dessas dosagens nas ETA, responsáveis pelo abastecimento do público de Ouro Preto e Mariana, nem sempre está amparada em estudos prévios que possibilitem um determinar valores eficazes que evitem desperdícios e excessos. Tal situação acaba configurando em um problema, já que a eficiência do tratamento pode ser afetada e analogamente surgem os problemas atrelados a resíduos gerados nesse processo.

Tomando-se como referência o fato de que a remoção de impurezas em um tratamento convencional está intrinsecamente ligada à dosagem de coagulantes, surge então a necessidade de se preocupar com a disposição dos resíduos gerados ou com a diminuição dos mesmos. O sistema de tratamento mais usado no Brasil é o convencional que gera basicamente dois tipos de resíduos. Um deles é o lodo proveniente da etapa de decantação, sendo hoje motivo de grande estudo para minimização e disposição adequada no ambiente.

O segundo, a água proveniente da lavagem dos filtros, que vem recebendo tratamento e destinação adequados, podendo passar por um pós-tratamento e assim permitir que seja reaproveitada, trazendo inúmeros benefícios, entre eles, econômicos. Segundo Ribeiro (2007), nos processos de tratamento de água gera-se uma quantidade significativa desses resíduos, que pode ser de diferentes tipos, dependendo da concepção dos sistemas de tratamento.

O lodo é considerado o principal resíduo de uma ETA e tem sido alvo de estudos de caracterização qualitativa e quantitativa que visam encontrar uma solução sustentável para o seu tratamento e destinação final. Esse rejeito, muitas vezes, é lançado diretamente nas águas sem prévio tratamento, tornando-se um problema. Tal situação pode ser encontrada nas ETA de Ouro Preto e Mariana, que não tratam e nem dispõem corretamente os resíduos provenientes dessas estações.

Surge então a preocupação de desenvolver estudos que correlacionem os sólidos, em suas diversas formas, presentes na água bruta e no lodo, com os valores de turbidez e cor, de modo a permitir a caracterização do lodo com base nestes parâmetros. A ausência de tais estudos pode resultar em uma disparidade na dosagem de coagulantes utilizados nessas estações, já que a quantidade adequada está diretamente ligada à quantidade de sólidos presentes na água, cor, turbidez. E tais propriedades estão diretamente relacionadas com a quantidade de chuvas, já que uma precipitação pode alterar de forma significativa os parâmetros analisados, tornando-se necessária uma verificação mais detalhada dos processos envolvidos no tratamento.

O presente trabalho tem como finalidade avaliar a relação de turbidez e cor da água e coagulantes com a quantidade de lodo gerada em peso seco por unidade de volume, além de obter as curvas de dosagens ótimas de coagulantes com a turbidez da água bruta. Para desenvolvimento desse estudo trabalhou-se com os coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico em ensaios de bancada, em especial o *Jar-Test*. As águas objetivo do estudo foram da ETA do Funil, situada no distrito de Cachoeira do Campo, município de Ouro Preto, responsável pelo abastecimento desse e dos distritos de Amarantina, Santo Antônio do Leite e região e da ETA Mata do Seminário responsável por grande parte do abastecimento público de Mariana.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo geral:

➤ Estudar a correlação entre os parâmetros turbidez e cor da água bruta com as concentrações de sólidos em suas diversas formas, na água bruta e no lodo resultante dos processos de coagulação, floculação e decantação dessa água. As águas brutas foram provenientes das ETA Funil e Mata do Seminário, localizadas respectivamente em Cachoeira do Campo, distrito de Ouro Preto - MG e Mariana - MG. Os coagulantes utilizados foram o sulfato de alumínio e o cloreto férrico.

Os objetivos específicos foram:

➤ Pesquisar a relação de dosagens ótimas de coagulantes com a turbidez e cor da água bruta.

➤ Relacionar turbidez e cor da água bruta com os resultados de sólidos suspensos, dissolvidos e totais.

➤ Traçar curvas através dos dados obtidos para observar a influência das dosagens na remoção de turbidez e relacionar os dados com o tempo de sedimentação.

➤ Obter expressões que correlacionem a quantidade de lodo gerado nos decantadores com a turbidez da água bruta e as dosagens ótimas de coagulantes nas estações estudadas.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Introdução

Numa Estação de Tratamento (ETA), a água coletada dos mananciais se transforma em um produto potável, pronto para ser consumido sem riscos à saúde. O Brasil possui um considerável número de ETA convencionais, algo próximo de 7500, ao passo que cerca de 81,9% dos municípios e 97,9% da população urbana nacional é atendida e beneficiada pela água tratada por essas estações, segundo um levantamento realizado em 2007 pelo SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. A cada ano que se passa tem se detectado aumento na demanda de água tratada e serviços de esgotos, conforme demonstrado na tabela 3.1:

Tabela 3.1: Representatividade da amostra do SNIS entre os anos de 2004 e 2007, segundo proporções da quantidade de municípios e da população urbana, em porcentagem.

Ano	Água		Esgotos	
	Municípios (%)	População urbana (%)	Municípios (%)	População urbana (%)
2004	76,3	94,3	19,7	73,2
2005	77,6	94,0	20,7	73,5
2006	81,4	95,7	22,5	75,2
2007	81,9	97,9	24,4	76,5

Fonte: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS (2007)

A crescente demanda por uma água de qualidade em função do crescimento populacional, à medida que contribui para a elevação da poluição e à má qualidade da água dos cursos d'água e mananciais superficiais está exigindo cada vez maiores quantidades de produtos químicos para a remoção dessas impurezas.

Segundo Jesus et al. (2004) inúmeras espécies de metais pesados podem estar presentes nos sedimentos de águas fluviais, por conta do despejo irresponsável de efluentes industriais e resíduos urbanos. Tal situação força a utilização de uma quantidade cada vez maior de coagulantes e outros produtos químicos, elevando assim a quantidade de resíduos produzidos nos decantadores e filtros das ETA.

No entanto a maioria dos estudos vem sendo direcionada aos resíduos gerados por ETE, havendo poucos estudos sobre os rejeitos produzidos por ETA, segundo Di Bernardo et al. (1999). O lodo, resíduo oriundo da etapa de decantação, traz consigo os inconvenientes resultantes da formação de materiais inertes, precipitados químicos com alta toxicidade e material orgânico com elevado potencial poluidor. Tais inconvenientes são modelados pelas propriedades da água bruta, características do curso d'água onde é realizado o despejo, bem como o tempo de retenção e a forma como o lodo é retirado.

Devido às exigências dos órgãos ambientais muitas operadoras vêm tentando se adequar às exigências legais, gerando estudos significativos no sentido de implantar alternativas inteligentes para redução e disposição desses resíduos. Soluções que contemplem a otimização das dosagens de coagulantes e a redução dos sólidos gerados nos decantadores, que constituem a maior parte dos resíduos de uma ETA, são indubitavelmente atrativas já que reduzem os gastos dispensados ao transporte e disposição dos resíduos e minimiza os impactos ao meio ambiente.

### **3.2 Métodos para o tratamento da água bruta**

A água bruta coletada apresenta uma série de características que podem ser modificadas de acordo com a região e as condições em que é feita a captação. Contudo as impurezas nela contidas estão dispostas em duas principais formas: em suspensão ou dissolvidas. Segundo Eckenfelder (1989) a maioria dessas partículas apresenta carga negativa em sua superfície. Tal característica faz com que ocorra repulsão entre elas, a ponto de mantê-las separadas em suspensão, segundo Richter (1999).

Geralmente as partículas em suspensão apresentam tamanhos que variam entre  $10^{-3}$  e 10mm, algumas delas podem ser removidas facilmente, já que possuem relativa facilidade em flutuar ou decantar, todavia outras partículas são mais finas podendo até ser identificadas como matéria coloidal, exigindo métodos especiais para efetivar sua remoção.

Podem ser classificados como impurezas em suspensão: argila, areia, silte, resíduos provenientes do esgoto doméstico e industrial, microorganismos e compostos de origem vegetal. Já as partículas dissolvidas são caracterizadas pelos íons de ferro e manganês, e espécies que conferem dureza a água, entre outros.

A Figura 3.1 apresenta as diferentes partículas contidas na água, destacando seus tamanhos e a região de dispersão coloidal, que corresponde a área em que o mecanismo de coagulação atua.

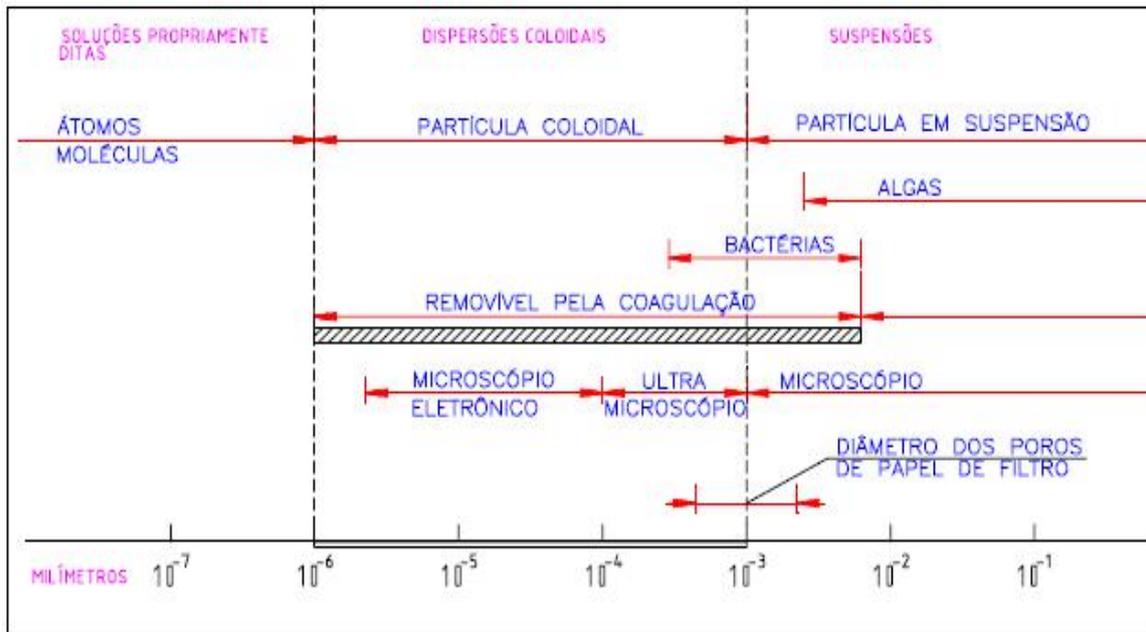


Figura 3.1 Distribuição do tamanho das partículas presentes na água. Fonte: CEPIS (1973) *apud* Pavellini (2001)

A maioria das impurezas encontradas na água bruta não decantam facilmente, de forma que a utilização de coagulantes se torna imprescindível. Normalmente tais impurezas estão dispostas no estado coloidal fazendo com que a força gravitacional pouco influencie na decantabilidade das mesmas, uma vez que a área superficial dessas partículas se torna demasiadamente grande em relação ao seu próprio peso provocando uma dispersão coloidal estável.

As partículas coloidais podem ser classificadas como hidrofílicas e hidrofóbicas, segundo a sua solubilidade em água. As partículas hidrofílicas, encontradas em menor quantidade na água bruta, são formadas por colóides estáveis, de complicada remoção resultantes da intensa atração ocorrida entre espécies e as moléculas de água. No entanto não há nenhuma relação entre essa estabilidade e a carga das partículas. Já as espécies hidrofóbicas não possuem afinidade com a água, tendo a sua estabilidade ligada à carga elétrica.

Inúmeros são os métodos existentes para se obter uma água apropriada para o consumo humano. Porém o tratamento a ser utilizado está subordinado às exigências requeridas pela água bruta recolhida, de forma que algumas águas exigirão tratamentos mais elaborados e outros tratamentos mais simplificados. Entre eles os principais tipos de tratamento conforme a Figura 3.2 se resumem a: Filtração lenta, Filtração Direta Ascendente, Filtração Direta Descendente e Tratamento Completo.

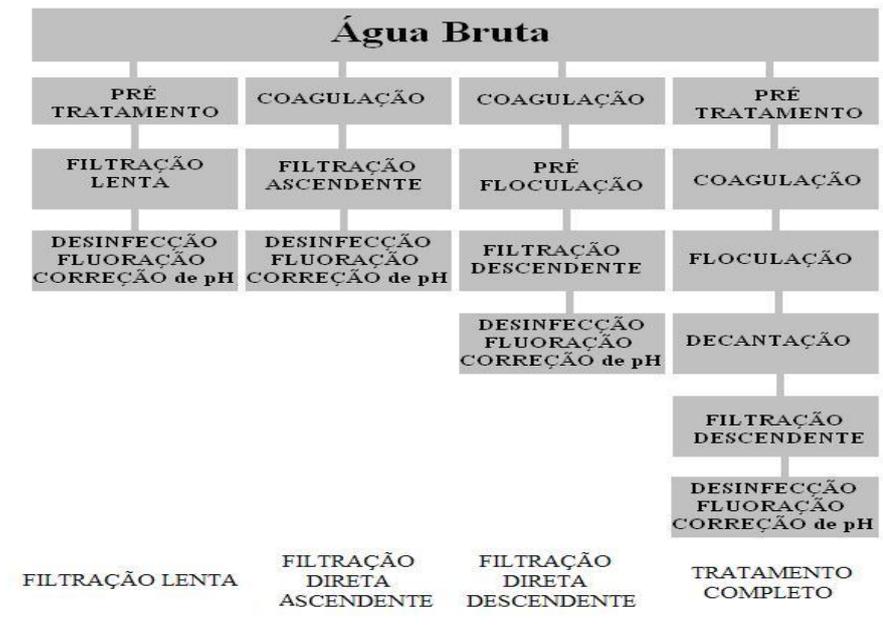


Figura 3.2 Classificação das tecnologias de tratamento de água para consumo humano. (Modificado) Fonte: Di Bernardo (1995)

Segundo Di Bernardo (1993) o tratamento completo é a tecnologia mais aplicada nas ETA brasileiras, sendo comumente denominado por tratamento convencional. Nessa tecnologia, os métodos de tratamento empregados compreendem as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, correção de pH e desinfecção, sendo utilizados uma série de produtos químicos. Os coagulantes químicos promovem a agregação das partículas sólidas, desencadeando a decantação das mesmas. A aplicação de cloro na etapa de desinfecção promove a oxidação da matéria orgânica, caracterizada pela presença de bactérias e outros microorganismos. Algumas vezes a presença de gosto e odores comprometem a qualidade da água, sendo necessária a aplicação de carvão ativo por adsorção.

Logo pode-se dizer que são inúmeras as possibilidades disponíveis para a execução de um tratamento satisfatório, que atenda às exigências previstas na portaria do Ministério da Saúde 518/2004 que estabelece os padrões de potabilidade para águas de consumo humano. Com este objetivo, a portaria supracitada rege as diretrizes adotadas pelos fornecedores de água na obtenção de um produto final que satisfaça as condições de higiene e limpidez esperadas. A escolha do método a ser usado no tratamento pode depender das características da água captada, do ponto onde é realizada essa captação, bem como da disponibilidade orçamentária requerida pelo tratamento.

### **3.3 Características da água bruta**

#### **3.3.1 Turbidez**

Segundo Di Bernardo (1993) a turbidez é o parâmetro físico presente nas águas que é aferido por meio da quantificação da resistência encontrada pela luz ao passar pelo meio analisado, sendo provocada pelas partículas em suspensão na água. Como já foi citado, tais partículas podem ter natureza orgânica (algas, plânctons) ou inorgânica (metais diversos, areia, despejos domésticos e industriais) e são carregadas ao meio aquático pela ação das chuvas e outros intemperismos. Tal parâmetro é determinante na aceitação ou rejeição da água tratada, uma vez que a turbidez integra um dos requisitos básico no controle de potabilidade, na medida que índices elevados podem indicar um processo de tratamento ineficaz.

Valores de turbidez acima do aceitável podem prejudicar a etapa de desinfecção, pois partículas suspensas conferem proteção a microorganismos diversos, tornando-os resistentes a agentes desinfetantes como o cloro, além de deixar a água com um aspecto turvo, tornando-a esteticamente indesejável. Os valores atribuídos à turbidez são expressos pelas Unidades Nefelométricas de Turbidez – NTU, ou em Unidades de Turbidez – UT. Geralmente as medidas de turbidez são obtidas por meio de turbidímetros, aparelhos de bancada capazes de realizar medições utilizando as Unidades Nefelométricas.

Segundo a portaria do Ministério da Saúde 518/2004 a água destinada ao consumo humano pode atingir 5uT como valor máximo de turbidez. Para a saída dos filtros a turbidez deve ser no máximo 2uT (filtração lenta) e 1uT (filtração rápida).

### **3.3.2 pH**

A identidade ácida ou alcalina de uma água é obtida por meio do pH, que por sua vez é um parâmetro que determina a concentração de íons  $H^+$  no meio analisado. A determinação do pH se torna importante à medida que seus valores influenciam reações químicas e bioquímicas.

A diminuição do pH é responsável pelo aumento da velocidade de oxidação de metais, fator determinante no processo de corrosão e entupimento de tubulações nos sistemas de distribuição. Segundo a portaria 518/2004 do Ministério da Saúde o pH da água distribuída ao público deve estar compreendido entre 6,0 e 9,5.

### **3.3.3 Alcalinidade**

De forma genérica, segundo Pavanelli (2001) e Di Bernardo (1993), a alcalinidade pode ser definida com a quantificação da capacidade da água de neutralizar os ácidos presentes. A introdução de ácidos fracos e sais hidrolisados, como o sulfato de alumínio e cloreto férrico, influenciam diretamente nos índices de acidez e alcalinidade, de forma que a aplicação de alcalinizantes se faz necessária, a fim de restaurar o equilíbrio dos parâmetros fora dos padrões.

Para que a floculação tenha um bom desempenho, é primordial que a água em questão não apresente valores extremos de alcalinidade. Uma vez detectados valores excessivamente altos ou baixos deve-se aplicar produtos que corrijam artificialmente a alcalinidade. Cal hidratado e carbonato de sódio são aplicados em situações de baixa alcalinidade. Para alcalinidades elevadas a acidificação é o procedimento padrão. Somente assim os mecanismos de coagulação poderão ser ativados, possibilitando a efetivação da floculação.

As características de acidez e alcalinidade são definidas pelo sistema do ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), que por sua vez é formado por carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Tal sistema é suscetível aos diferentes valores de pH, conforme a representação na Figura 3.3 a seguir:

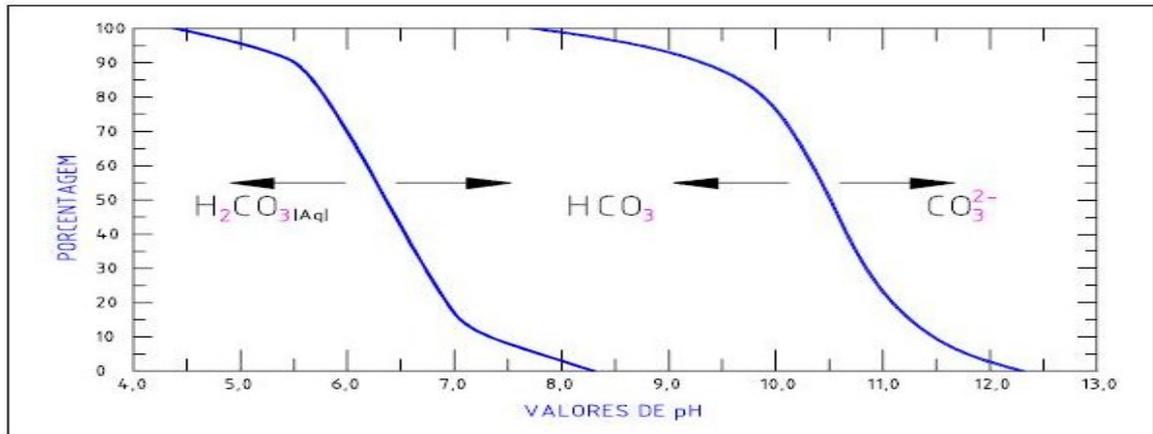
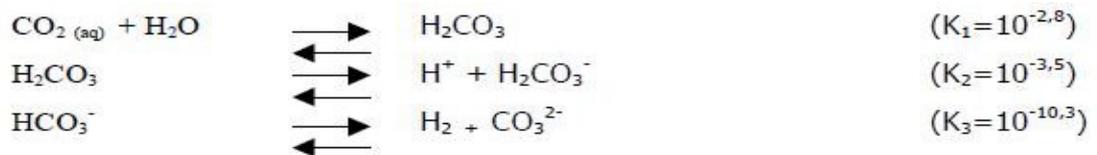


Figura 3.3 Constituintes do sistema do ácido carbônico em função do pH com pressão de 1 atm e temperatura de 25° C. Fonte: Di Bernardo (1993).

As seguintes reações regem o sistema do ácido carbônico, conforme ilustrado nas reações abaixo:



A Figura 3.4 ilustra as faixas de pH em que são encontrados os constituintes.

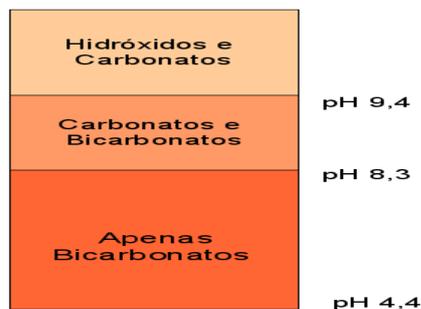


Figura 3.4 Faixas de pH em que são encontrados os constituintes do sistema do ácido carbônico em função do pH.

A alcalinidade total corresponde à concentração dos alcalinizantes presentes na água bruta expressa em termos de Carbonato de Cálcio. A titulação com Ácido Sulfúrico é o procedimento laboratorial para a determinação de alcalinidade. Nessa titulação o metilorange e a fenolftaleína são utilizados como indicadores, apresentando pontos de virada nos valores de pH 4,9 e 8,3 respectivamente.

### 3.3.4 Cor

Por muito tempo o controle desse parâmetro era realizado com o objetivo de atender padrões estritamente estéticos, no entanto pesquisas posteriores indicaram que a cor pode indicar a presença de compostos orgânicos. Na maioria das vezes essa matéria orgânica é de origem vegetal, levando a formação de inúmeras substâncias. Segundo Di Bernardo (1990) ácidos fúlvicos, húmicos e himatomelânicos são algumas dessas substâncias. A Tabela 3.2 contém a classificação e as características das substâncias húmicas.

Tabela 3.2 Classificação e as características das substâncias húmicas

NOME DA FRAÇÃO	CARACTERÍSTICA
Ácido húmico	Fração solúvel em NaOH e insolúvel em ácidos minerais e álcool.
Ácido fúlvico	Fração solúvel em ácidos minerais e NaOH.
Ácido himatomelânico	Fração solúvel em NaOH e álcool; insolúvel em ácidos minerais.
Humina	Resíduo da separação dos comp. ant. (insolúvel em água e NaOH).

Fonte: Di Bernardo (1990).

Segundo Black & Christman (1963), o ácido fúlvico é o principal composto orgânico responsável pela formação da cor, correspondendo a uma fração de 87% do total. Já os ácidos himatomelânico e húmico compõem a massa orgânica na porcentagem de 11% e 2%, respectivamente.

A cor pode ser definida como aparente ou verdadeira. Em análises laboratoriais a cor verdadeira pode ser determinada após a submissão da amostra à centrifugação ou filtração, de acordo com a 20ª edição do Standard Methods (1998). Para que uma água tratada seja distribuída à população sua cor deve atender as exigências da portaria do Ministério da Saúde 518/2004, que estabelece o valor máximo 15,0uH.

### 3.3.5 Temperatura

Amirtharajah (1989) e Perez *et. al.* (1984) estudaram os efeitos da temperatura sobre os mecanismos de coagulação e concluíram que faixas de temperaturas superiores a 10°C favorecem a coagulação, devido ao aumento da eficiência de remoção propiciado pela elevação da taxa de colisões entre as partículas em suspensão da água, ao passo que temperaturas inferiores a 10°C dificultam a ocorrência de colisões entre as espécies hidrolisáveis e as partículas por conta da menor energia cinética das moléculas de água. Dessa forma o desempenho do tratamento é suscetível às variações de temperatura.

### 3.3.6 Ferro e Manganês

De acordo com Bresaola (1993), a presença de íons metálicos em águas de abastecimento já não é tão rara, principalmente em mananciais que não se encontram protegidos sanitariamente. A poluição por despejos domésticos, industriais ou mesmo por atividades agrícolas mal conduzidas, podem aumentar a concentração desses íons para valores superiores aos permitidos, inviabilizando a utilização dessas águas como fontes de abastecimento. De acordo com Banefield *et al.*(1982), *apud* Bresaola (1993) a presença do ferro (Fe) e manganês (Mn) como elementos naturais, e predominantes, de rochas e solos, faz com que, conseqüentemente, haja uma maior presença dos mesmos em águas de abastecimento.

Segundo esses autores, em águas naturais, o ferro pode ser encontrado com valência +2 ou +3, enquanto que o manganês, com +2, +3, +4, +6 ou +7. Morgan e Stumm (citados em Bbbefield et al., 1982), *apud* Bresaola (1993) detectaram que, em águas que possuem oxigênio dissolvido, as formas mais estáveis encontradas para esses metais foram ferro (III) e manganês (IV). Portanto, segundo eles, nas águas em que predominam essas duas formas de oxidação desses elementos existirão poucas espécies solúveis presentes.

A presença de ferro e manganês em águas de abastecimento pode acarretar transtornos aos consumidores. Nas concentrações normalmente encontradas, não são conhecidos problemas adversos afetos à saúde pública, porém, segundo Breland e Robinson (citados em Bebefield et al.). (1992), *apud* Bresaola (1993), o ferro em grandes concentrações confere à água o gosto metálico; alguns produtos industrializados como papéis têxteis e outros podem sofrer problemas de descoloração, assim como roupas podem ser manchadas.

Esses autores indicam ainda que o ferro, na forma de precipitado pode provocar o desenvolvimento de massas gelatinosas de ferrobactérias no interior de tubulações, causando redução de seção útil das mesmas, bem como provocar o incremento de cor, sabor e turbidez. Em águas naturais com alcalinidade apreciável, as concentrações de ferro e manganês solúveis são controladas pela solubilidade dos íons carbonatos. A concentração das espécies pode ser obtida através de diagramas que utilizam logaritmos de concentração da espécie para cada valor de pH, para os dois diferentes sistemas.

### **3.4 Etapas do tratamento convencional**

#### **3.4.1 Coagulação**

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005) a coagulação é empregada para a remoção de material em suspensão ou coloidal. Os colóides são apresentados por partículas que tem uma faixa de tamanho de 1nm ( $10^{-9}$ ) a 0,1nm ( $10^{-10}$ ) e causam cor e turbidez. As partículas coloidais não sedimentam e não podem ser removidas por processos de tratamento físicos convencionais.

Os colóides possuem propriedades elétricas que criam uma força de repulsão que impede a aglomeração e a sedimentação. Na maior parte dos efluentes industriais o colóide possui carga negativa. Se porventura suas características não forem alteradas, permanecem no meio líquido. Para que então as impurezas possam ser removidas, é preciso alterar algumas características por meio da coagulação, floculação, sedimentação (ou flotação) e filtração. (Di Bernardo e Dantas, 2005).

A matéria particulada na água residuária é na maior parte orgânica. As condições de mistura e de floculação para a agregação de colóides orgânicos serão diferentes daquelas empregadas para colóides inorgânicos: as superfícies hidrofílicas destas partículas orgânicas reagem diferentemente à adição de coagulante. Em geral, coagulante é o produto químico que é adicionado para desestabilizar as partículas coloidais de modo que possa formar o floco. Normalmente são utilizados nas estações para essa etapa sais de alumínio e ferro.

A dosagem do produto químico considera o coagulante como um sal que se dissocia na solução com hidrólise do cátion de alumínio (e de ânions associados) que determinam a especiação da solução e o pH. A adição de alumínio (isto é, sulfato de alumínio), por exemplo, leva à acidificação da água (Holt, 2002 *apud* Di Bernardo e Dantas, 2005).

A coagulação, portanto é a etapa inicial do processo de tratamento caracterizado pela desestabilização das partículas presentes na água bruta, provocado pela adição de coagulantes metálicos ou polímeros. Segundo Amirtharajah (1989) e Di Bernardo (1990), a coagulação depende de inúmeros parâmetros, tais como a alcalinidade, cor, pH, temperatura, turbidez, força iônica, presença de metais entre outros. Quando os coagulantes são ministrados na dosagem ideal, as cargas negativas presentes na superfície das partículas, que antes impediam a agregação das mesmas, são minimizadas pelas cargas positivas presentes nas espécies hidrolisadas formadas. Como resultado há a formação dos coágulos e, posteriormente, de flocos, que por intermédio da força gravitacional decantam. Na câmara de mistura rápida são criadas as condições necessárias para a distribuição rápida e uniforme do coagulante.

A coagulação, portanto, resulta de dois fenômenos: o primeiro, essencialmente químico, consiste nas reações do coagulante com a água e na formação de espécies hidrolisadas com carga positiva; este fenômeno depende da concentração do metal e pH final da mistura.

O segundo, fundamentalmente físico, consiste no transporte das espécies hidrolisadas para que haja contato entre elas e as impurezas presentes na água. O processo é muito rápido, variando desde décimos de segundo a cerca de 100 segundos, dependendo das demais características (pH, temperatura, condutividade elétrica, concentração de impurezas, etc.). Daí em diante há necessidade de agitação lenta, para que ocorram choques entre as impurezas, que se aglomeram formando partículas maiores, denominadas flocos, que podem ser removidos por sedimentação, flotação ou filtração rápida. Essa etapa é denominada floculação (Di Bernardo e Dantas, 2005).

Normalmente a turbulência responsável por essa homogeneização é acionada pelo movimento de pás ou agitadores mecânicos. O gradiente de velocidade, consiste na diferença de velocidade observada entre duas partículas, de modo que a energia cinética aplicada ao sistema, por meio um dispositivo mecânico adequado, influencie diretamente nessa diferença. Dessa forma, o gradiente de velocidade é expresso por:

$$G = \sqrt{\frac{2\pi \cdot N \cdot t}{60 \cdot V \cdot \mu}} \quad , \text{ onde}$$

G= gradiente de velocidade  
 $\mu$  = viscosidade absoluta do líquido  
N = velocidade do rotor em rpm  
t = torque  
V = volume do reator

### **Interações entre partículas coloidais**

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005) contribuem para a predominância da carga negativa na superfície das partículas em suspensão:

a) Dissociação de grupos funcionais como carboxilas ou hidroxilas presentes na superfície das partículas;

b) Imperfeições na estrutura cristalina das argilas minerais ou por efeito das substituições isomórficas, que por sua vez é resultado da substituição do átomo de silício por um átomo de menor valência na mesma estrutura;

c) Adsorção de íons na superfície das partículas em suspensão por meio da ação das forças de Van der Waals e ligações de hidrogênio.

De acordo com Libânio (2005), as condições sob as quais a água bruta é coletada remetem a um sistema bifásico, constituído por partículas coloidais em suspensão e pela própria água. A aglutinação de íons positivos na superfície das partículas hidrofóbicas é resultado da atuação das forças de repulsão eletrostática e da atração promovida pelas forças de Van der Waals, que nada mais é do que a força natural de atração existente entre duas partículas desencadeada pelo contato entre seus dipolos elétricos. Como resultado tem-se a formação da camada compacta eletricamente neutra.

Em decorrência dos três fenômenos citados para a predominância da carga negativa na superfície das partículas em suspensão ocorre o que chamamos de um balanço de cargas com íons de carga contrária presentes na água e, por isso, um sistema coloidal não apresenta carga elétrica “líquida”.

Williams (1994), citado por Di Bernardo e Dantas (2005), cita que a carga superficial, juntamente com a movimentação Browniana, conduz à formação da chamada Dupla Camada Elétrica (DCE), formada pelas cargas superficiais e pelo excesso de íons com carga oposta (contra-íons) adsorvidos na partícula, deixando o meio circundante eletricamente neutro e mais adiante da superfície.

O modelo da DCE considera a interface como um dispositivo armazenador de carga, análogo a um capacitor de placas paralelas. Um modelo mais realista envolve a divisão da dupla camada em duas regiões, Camada Compacta (CC), Stern, e Camada Difusa (CD), conforme mostrado na figura 3.5 (Líbânio, 2005). Sendo negativa a superfície da partícula, há acúmulo de íons positivos na região da interface sólido-líquido, formando, juntamente com a carga negativa da partícula, a CC. Íons negativos aproximam-se da CC e, atraindo íons positivos, formam a camada difusa, que engloba a primeira; a CD resulta, na realidade, da atração de íons positivos, repulsão eletrostática de íons negativos e difusão térmica. (Líbânio, 2005).

A elevada concentração de íons positivos próximos à superfície do colóide é denominada camada de Stern, a partir da qual se forma a camada difusa, onde a concentração de íons é menor. No entanto a atuação das forças difusivas contribuem para a formação de uma nova área denominada camada difusa, formada por íons predominantemente positivos cuja espessura varia segundo a concentração iônica. Por conta da atuação da camada difusa as partículas em suspensão conseguem se manter afastadas, alcançando a estabilidade estática. O potencial elétrico causado pela presença do colóide na água diminui com a distância, a partir da superfície do mesmo, onde é denominado Potencial de Nernst (PN). (Di Bernardo e Dantas, 2005; Líbano, 2005).

Líbânio (2005) e Di Bernardo e Dantas (2005) afirmam que há uma distância mínima entre a superfície do colóide e os íons de carga contrária, na qual o potencial elétrico decresce linearmente; em seguida, a diminuição resulta exponencial, passando pela fronteira das camadas compacta e difusa, região em que o potencial elétrico é chamado de Potencial Zeta (PZ). Logo podemos determinar o potencial zeta a partir da diferença entre potenciais observada entre a camada compacta e o limite da camada difusa. Este é bastante utilizado como parâmetro na determinação da carga eletrostática aproximada presente na superfície das partículas em suspensão, que por sua vez é útil na determinação do nível de interações repulsivas entre as partículas.

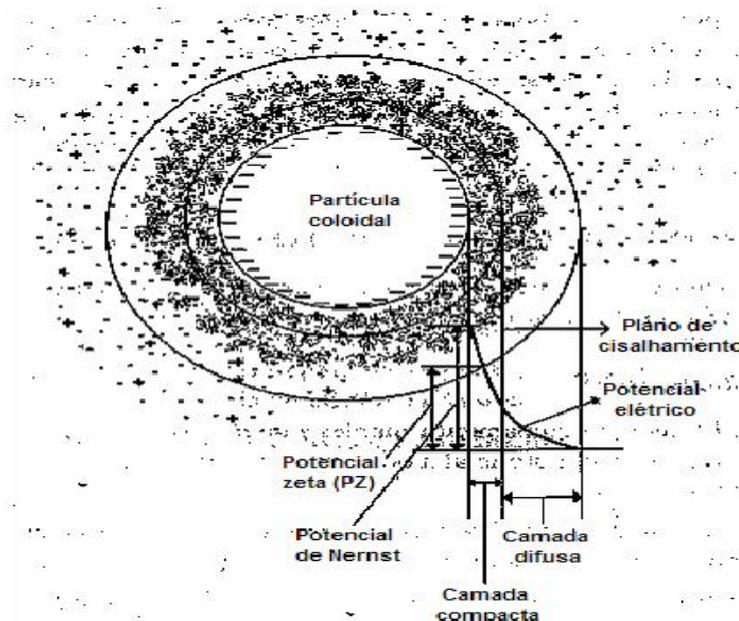


Figura 3.5 Configuração esquemática da dupla camada elétrica. (Modificado). Fonte: Libânio (2005).

### Mecanismos de coagulação

A etapa de coagulação é sensível a inúmeras variáveis. Dito isso, torna-se necessária uma análise que compreenda as características físico-químicas da água em tratamento. Segundo Di Bernardo e Dantas (2005) quando as condições propícias à coagulação são preenchidas a atuação de quatro mecanismos, de forma distinta ou em associação, desencadeia o mecanismo de coagulação propriamente dito, apresentados a seguir:

#### 1) Compressão da camada difusa

Mecanismo caracterizado pela eliminação da estabilidade estática por conta da predominância das forças de Van der Waals, maximizadas pela adição de íons de carga contrária a das partículas coloidais em suspensão na água bruta. Segundo Di Bernardo (1993) a adição desses íons comuta no adensamento da camada difusa, dessa forma a influência do potencial zeta é minimizada, resultando na desestabilização do meio. O adensamento da camada difusa é consequência da atuação de dinâmicas que visam a manutenção da neutralidade da camada, dessa forma ocorre a redução do volume da mesma. O autor ainda ressalta dois importantes aspectos nesse mecanismo:

a) para haver a coagulação, a quantidade de eletrólitos é praticamente independente da concentração de colóides na água;

b) para qualquer quantidade adicionada de eletrólitos, é impossível causar a reestabilização das partículas coloidais.

## **2) Adsorção e neutralização de cargas**

Quando um coagulante é adicionado à água bruta ocorre a liberação de cátions metálicos, que por sua vez desencadeiam uma reação de hidrólise que resulta na produção de espécies hidrolisáveis solúveis.

Essas espécies hidrolisáveis, que carregadas positivamente, promovem a agregação das partículas em suspensão na água bruta, carregadas negativamente, por intermédio da neutralização das cargas. Dessa forma as espécies hidrolisáveis são adsorvidas pela superfície das partículas em suspensão.

Segundo Odegaard (1979) a dosagem de coagulantes necessária a desestabilização das partículas em suspensão está intrinsecamente ligada a quantidade de colóides presentes na água bruta, ficando evidente a dependência estequiométrica entre dosagem de coagulante e concentração coloidal para a reversão de cargas. Segundo Di Bernardo A.S. (2000) e Di Bernardo *et. al.* (2001), as principais diferenças encontradas entre o mecanismo de adsorção e neutralização de cargas e o de compreensão por camada difusa são:

➤ A desestabilização dos colóides ocorre com dosagens de coagulantes bem menores;

➤ Nota-se uma estreita relação estequiométrica entre a concentração dos colóides e a quantidade necessária de espécies desestabilizantes por adsorção;

➤ É possível a reversão de carga superficial das partículas coloidais através de superdosagem de espécies adsorvíveis.

### **3) Varredura**

Esse mecanismo de remoção é capaz de produzir flocos maiores e de melhor decantabilidade, sem envolver a neutralização de cargas. Geralmente a ocorrência da reação está sujeita ao pH e a dosagem de coagulante, a adição desse último resulta na formação de espécies hidrolisadas. Segundo Di Bernardo (1993) é comum a formação de precipitados como  $Al(OH)_3p$ ,  $Fe(OH)_3p$  entre outros.

A formação dessas espécies ocorre em um curto espaço de tempo (entre 1 a 7 segundos), logo em seguida formação de precipitados de hidróxidos metálicos efetiva o mecanismo de varredura. Segundo Odegaard (1979) a dosagem ótima de coagulante pode não corresponder à concentração de colóides a ser removida.

### **4) Formação de pontes**

Segundo Odegaard (1979) alguns compostos orgânicos, sintéticos ou naturais, possuem longas cadeias moleculares capazes de atuar como coagulantes, uma vez que suas cadeias apresentam muitos sítios ionizáveis. Tais compostos podem ser classificados segundo os seus sítios ionizáveis, resultando em polímero: catiônicos, aniônicos, não iônicos e anfóteros.

Os polímeros catiônicos possuem sítios ionizáveis positivos responsáveis pela neutralização de cargas negativas das partículas em suspensão, já os aniônicos são compostos por sítios ionizáveis negativos, os não iônicos são neutros e os anfóteros possuem sítios ionizáveis positivos e negativos. Segundo Mendes (1989), a atuação de polímeros como coagulantes pode estar relacionada com adsorção de seus sítios às superfícies das partículas, seguida pela redução de carga ou incorporação das partículas na cadeia dos polímeros.

### **Principais tipos de coagulantes e suas propriedades**

Muitas são as variáveis que influenciam diretamente o processo de coagulação; a dosagem de coagulantes, propriedades da água e pH são alguns dos fatores mais influentes.

As propriedades das águas provenientes de rios costumam variar com grande facilidade, já que cursos d'água são alvos comuns da degradação resultante do descarte de esgotos e outros agentes poluidores. Tal situação torna o tratamento mais complexo, exigindo uma flexibilidade operacional maior, a fim de atender as ocasionais variações da qualidade da água.

Segundo Netto e José (1987), pode-se determinar as dosagens ótimas para o tratamento através de testes laboratoriais, como o *Jar-Test*, onde é avaliada a eficiência de remoção dos resíduos gerados. Muitos coagulantes podem ser utilizados para esse fim.

A tecnologia de tratamento, o custo de manutenção da estação, o custo dos coagulantes e dos demais produtos envolvidos no processo de tratamento são relevantes na escolha do produto a ser empregado. No entanto a característica da água bruta a ser tratada é um dos fatores mais importantes já que o principal resíduo gerado nas ETA, o lodo nos decantadores, vai depender dessa.

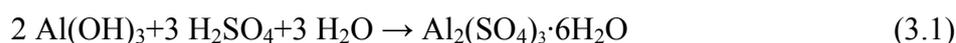
Sendo o lodo um subproduto da água bruta e dos coagulantes empregados, as suas propriedades devem ser estudadas a fim de equalizar soluções que minimizem os problemas advindos do manuseio e disposição do mesmo. Tais problemas podem configurar um entrave orçamentário, já que valores consideráveis são gastos em um tratamento convencional. Nessa perspectiva, a análise de custos deve focar um resultado mais satisfatório, que gere um produto final de melhor qualidade e em maior quantidade, mesmo que o custo do coagulante seja maior, pois tal iniciativa resultará em um benefício global mais efetivo, uma vez que os gastos oriundos da lavagem de filtros, transporte e disposição entre outros, seriam reduzidos, acarretando benefícios financeiros e ambientais.

A maior parte dos agentes coagulantes utilizados em ETA são metálicos a base de alumínio ou ferro e são comumente classificados como coagulantes superiores. Outras espécies são utilizadas em caráter experimental ou em consonância com os coagulantes superiores, são os coagulantes naturais e polímeros. Segundo Mandloi et al. (2004) a utilização de polímeros é bastante restrita devido ao seu alto custo e resíduos gerados. Já a utilização de coagulantes naturais vem sendo alvo de constantes estudos a fim de determinar a sua eficiência e a viabilidade de se tornarem substitutos dos coagulantes superiores. Todavia, nas ETA brasileiras, a sua utilização é limitada à auxiliar dos coagulantes metálicos.

Segundo a AWWA (1991) apud Ribeiro (2007) os coagulantes metálicos podem ser divididos em cinco grupos: sais metálicos simples, sais metálicos pré-hidrolisados, sais metálicos com ácido forte, sais metálicos com aditivos e aluminato de sódio. Dentre os mais usados, sulfato de alumínio e cloreto férrico, pertencentes ao grupo dos sais metálicos simples contendo os íons  $Al^{+3}$  ou  $Fe^{+3}$ , são os mais estudados e usados.

### **Sulfato de alumínio**

Identificado pela fórmula molecular  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  e sendo caracterizado pela cor branca-acinzentada, o sulfato de alumínio é o coagulante mais utilizado nas ETA brasileiras, devido ao seu baixo custo e eficiência. Sua síntese pode ser obtida pela dissolução de hidróxido de alumínio,  $Al(OH)_3$ , em ácido sulfúrico,  $H_2SO_4$ , conforme a reação representada na equação 1 abaixo:



Disponibilizado em pedra, pó e em soluções concentradas e contendo aproximadamente 17% de  $Al_2O_3$ , solúvel em água, o sulfato de alumínio é capaz de promover coagulação efetiva em faixas de pH que vão de 5,5 a 8,0. A reação que produz os flocos resultantes da ação dos hidróxidos gelatinosos se dá entre o coagulante e a alcalinidade natural. Nessa reação é produzido o  $CO_2$ , que é o responsável pela diminuição da alcalinidade e o  $Al(OH)_3$  que é o hidróxido responsável pela formação dos flocos.

Em pH baixo a hidrólise forma  $Al(III)$ , já em águas de pH mais elevado é comum a formação de hidróxidos  $Al(OH)^{-4}$  e  $Al(OH)^{-5}$ . A reação esquematizada na equação 3.2, que é sintetizada em pH neutro, representa de forma aproximada o processo pelo qual são obtidos o  $CO_2$  e o  $Al(OH)_3$ . Vale ressaltar que as reações obtidas por sais de alumínio e ferro são demasiadamente complexas, portanto as reações descritas abaixo são aproximações do real comportamento.



Para a correção de alcalinidade natural, quando essa se encontra baixa, cal e carbonato de sódio (barrilha) são utilizados, suas reações de hidrólise são representadas pelas equações (3.3) e (3.4), respectivamente.

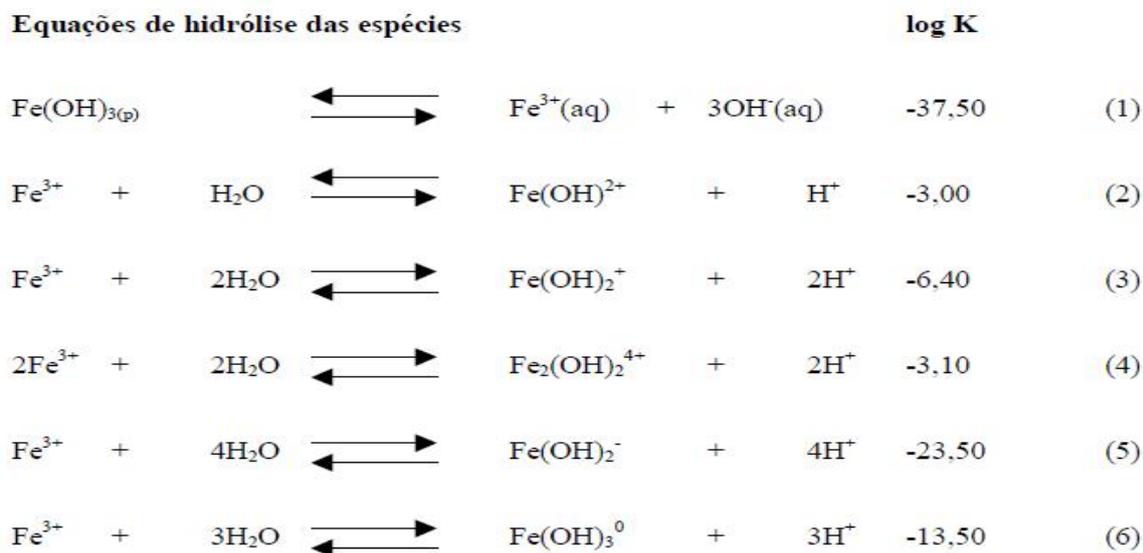


## Cloreto Férrico

Representado pela fórmula molecular  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  o cloreto férrico é amplamente utilizado no tratamento de esgotos domésticos e industriais. Devido a suas propriedades corrosivas, sua manipulação exige alguns cuidados especiais, como a utilização de equipamentos de segurança e recipientes anticorrosivos para o seu armazenamento. No tratamento de água, sua utilização é feita em associação com Cal, porém o uso de cloreto férrico em ETA não é muito difundido.

O cloreto férrico pode ser encontrado na forma líquida e sólida. Quando adicionado à água a ser tratada ocorre a hidrólise do cloreto férrico, logo os complexos de ferro formados adquirem cargas positivas. A agregação das partículas presentes na água tratada que resultam na floculação, são resultantes da neutralização das cargas negativas dos sólidos da água pelos complexos de ferro dotados de carga positiva.

A floculação também pode ser desencadeada pelos hidróxidos resultantes da reação entre o cloreto férrico e a alcalinidade do bicarbonato presente no lodo. A seguir consta as reações de hidrólise em temperatura de  $25^\circ\text{C}$ .



Fonte: Pavanelli (2001)

O diagrama das espécies hidrolisadas do ferro em função do pH, resulta no gráfico abaixo representado na figura 3.7 segundo Di Bernardo (1993).

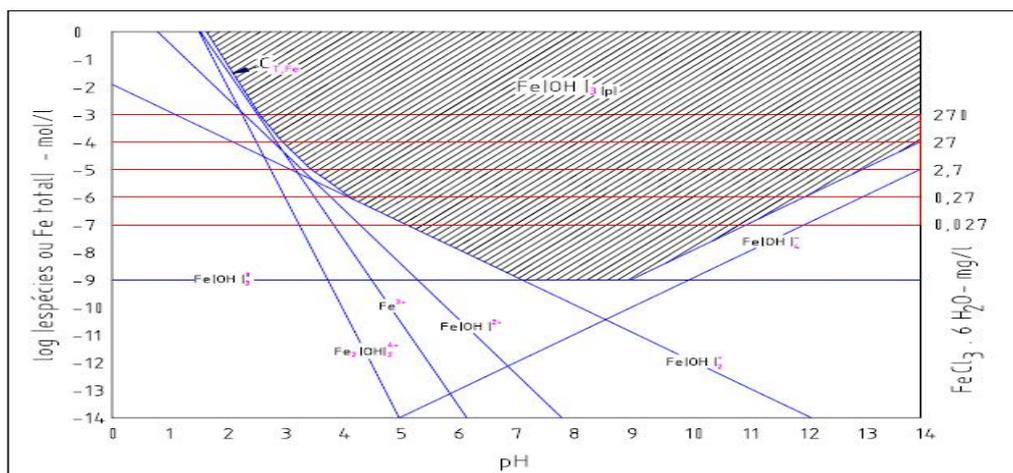


Figura 3.7 Diagrama de Equilíbrio Heterogêneos do  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Fonte: Di Bernardo (1993).

### Diagramas de coagulação

Amirtharajah e Mills (1982) trabalharam com o coagulante sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14,3\text{H}_2\text{O}$ ) no intuito estabelecer correlações entre o pH e a dosagem de coagulante aplicado em águas cujos níveis de turbidez se mostrem elevados em relação à cor verdadeira. Como resultado, obtiveram um diagrama (Figura 3.8) que destaca diferentes áreas correspondentes a mecanismos específicos da coagulação, bem como a apresentação de curvas simétricas às espécies hidrolisadas do alumínio.

Porém, os autores do diagrama ressaltam que as regiões delimitadas pelas linhas são sensíveis às características de cada água, podendo sofrer oscilações nas áreas de coagulação por varredura e em outras regiões explicitadas no gráfico. Portanto, segundo Pavellini (2001), cada estudo exige a construção de um diagrama de coagulação específico, para que sejam definidas regiões de melhor remoção para a água em questão. Esses diagramas são baseados na correlação entre a dosagem de coagulante e o pH de coagulação, devendo levar em conta uma série de requisitos necessários à adequação do meio.

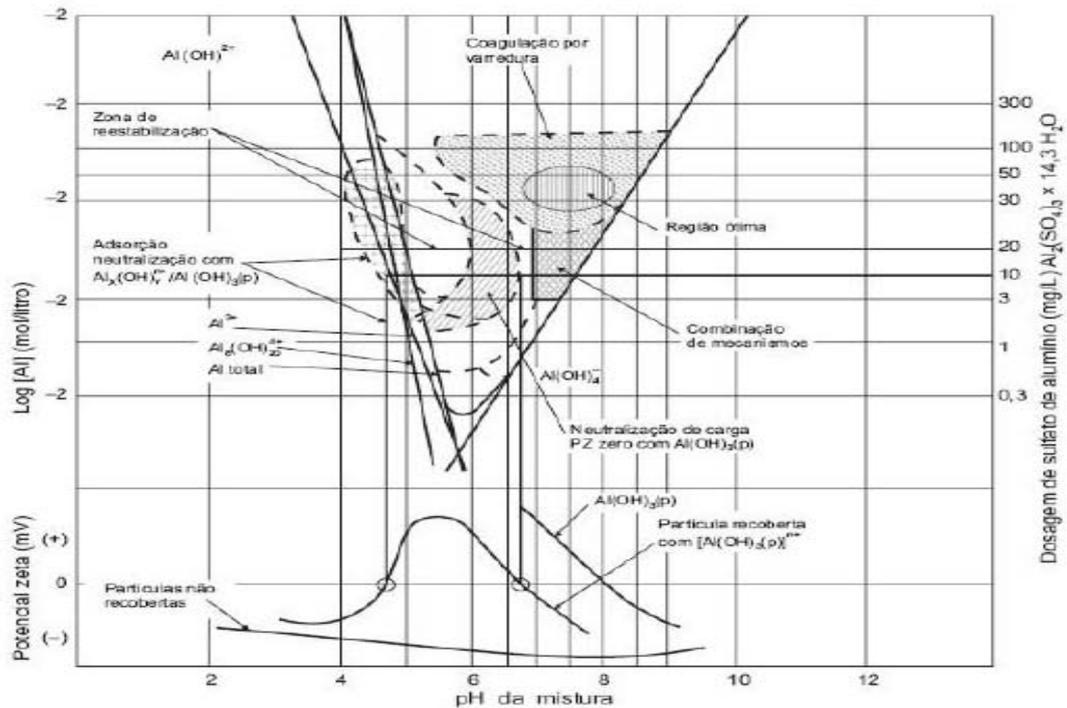


Figura 3.8 Diagrama de coagulação com o sulfato de alumínio e potencial zeta para água com turbidez alta em relação a cor verdadeira. (Fonte: Di Bernardo e Dantas, 2005).

Já a figura 3.9, de acordo com Di Bernardo (1993) apresenta as regiões comumente encontrados quando a coagulação é feita com o uso do cloreto férrico, onde nota-se a existência de três regiões típicas; a região A, em que a coagulação é decorrente do mecanismo de varredura, com o pH compreendido entre 6 e 9 e dosagem de cloreto férrico na forma de  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ , entre 27 e 270 mg/L; a região B, em que há predominância do mecanismo de coagulação por adsorção e neutralização de carga, com o pH por volta de 4,5 a 6,0 e dosagem de cloreto férrico variando de 27 a 270 mg/L. Por último, a região C, onde geralmente para valores de pH inferiores a 6,0, dependendo da dosagem de cloreto férrico, ocorre a reestabilização.

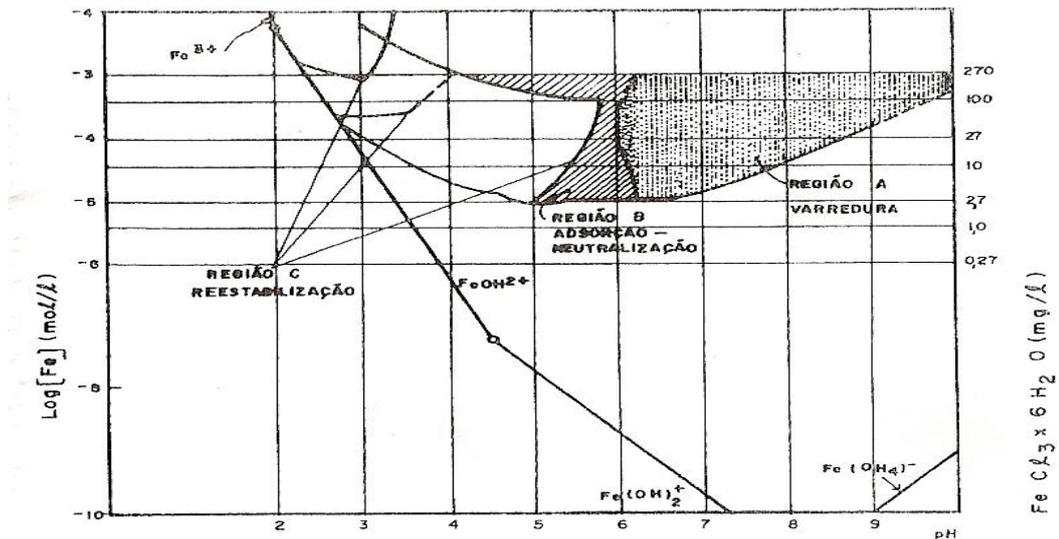


Figura 3.9 Diagrama de coagulação com o cloreto férrico a temperatura de 25°C. Fonte: Di Bernardo (1993).

### Auxiliares de Coagulação

Devido às inúmeras variáveis que afetam o comportamento das partículas presentes na água e na estrutura da estação de tratamento a coagulação pode sofrer variações indesejáveis. No entanto, alguns produtos são utilizados a fim de auxiliar na floculação, proporcionando maior decantabilidade aos flocos e beneficiando o tratamento como um todo. Para esse fim têm sido utilizado polímeros sintéticos, sílica aditivada, argilas bentônicas e oxidantes diversos, conforme Di Bernardo (2000).

### 3.3.2 Floculação

O processo subsequente à coagulação é denominado floculação. A diferença básica entre a coagulação e a floculação, sob o ponto de vista operacional, está no tempo em que cada uma ocorre e na diferença do valor adotado no gradiente hidráulico. Enquanto a coagulação se processa na unidade de mistura rápida em um curto espaço de tempo, a floculação exige um sistema de baixa turbulência, onde a velocidade de agitação é consideravelmente menor e o tempo de agitação maior, dessa forma a agregação das partículas se efetiva, possibilitando a formação dos flocos. (Di Bernardo e Dantas, 2005; Richter e Netto, 1991).

É a etapa caracterizada pela formação de flocos resultantes da agregação entre as impurezas desestabilizadas na etapa da coagulação e as espécies hidrolisadas carregadas positivamente. Essa agregação se processa em meio a agitação lenta, por meio de choques entre as partículas, resultando no crescimento dos flocos. Todavia tais interações só se efetivam por conta da ação de três mecanismos distintos: sedimentação diferenciada, interação pericinética e interação ortocinética. (Di Bernardo e Dantas, 2005).

A sedimentação diferenciada ocorre devido à relativa desigualdade entre as velocidades de decantação dos flocos formados. Dessa forma o choque provocado por essa diferença resulta no aumento do tamanho dos flocos e conseqüentemente no aumento da decantabilidade. Já as interações pericinéticas ou movimento Browniano são responsáveis por conferir às partículas um movimento desordenado, porém esse tipo de interação só surte efeito nas menores partículas já que as maiores não conseguem desenvolver movimento próprio por meio de sua energia. (Di Bernardo e Dantas, 2005; Richter e Netto, 1991)

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005) a atuação das interações pericinéticas pode ser atenuada pela ação de efeitos hidrodinâmicos diversos, portanto tais interações se mostram insignificantes no processo floculatório. Em contra partida as interações ortocinéticas são mais efetivas, por serem resultado dos choques provocados pelo gradiente de velocidade do meio. Amirtharajah e Trusler (1986) afirmam que em campos turbulentos o movimento da água pode ser definido pelas variações aleatórias de velocidade ao longo do tempo e espaço, resultando em valores médios diferentes.

As câmaras onde se processam as etapas da floculação são planejadas em função do gradiente de velocidade e do período de detenção, podendo alcançar variações entre  $20s^{-1}$  e  $90s^{-1}$  para o gradiente de velocidade e 20 e 40 minutos para o tempo de detenção. Normalmente tais câmeras são classificadas como:

a) Mecanizadas: composta por motores responsáveis pela rotação de hélices ou pás, que por sua vez giram a uma velocidade que varia entre 1 e 8rpm;

b) Não-mecanizadas: Composta por câmeras verticais e horizontais. Tais câmeras permitem a formação de flocos a uma velocidade que varia entre 0,1 e 0,4m/segundo.

c) Mistas: Nessas câmaras são utilizadas 4 ou 5 compartimentos em série, onde a velocidade da água pode variar, no entanto abre margem para a formação de “espaços mortos”.

d) Câmaras tipo “Alabama”: Nesses tipos de compartimento a água adquire movimento inicialmente ascendente e posteriormente descendente.

### **3.3.3 Sedimentação e Flotação**

Segundo Di Bernardo (1993), a remoção das partículas formadas na etapa da floculação se dá pela ação da força gravitacional, sendo esta responsável pela precipitação dos flocos que irão constituir a camada de lodo. Tal fenômeno é denominado sedimentação. A sedimentação, que ocorre nos decantadores, é o fenômeno físico em que as partículas suspensas formadas durante a floculação (flocos) apresentam movimento descendente em meio líquido de menor massa específica devido à ação da gravidade, indo depositar-se no fundo, formando o lodo.

Já a flotação caracteriza-se pela inserção de bolhas de ar na água fazendo com que algumas partículas ascendam possibilitando a sua remoção, tornando-as de menor massa específica que o meio onde se encontram.

Ambos os processos são os responsáveis primários para a clarificação da água floculada, resultando na formação de um sistema bifásico constituído por uma fase líquida e outra sólida. Posteriormente a camada sólida, constituída pelo lodo, é removida periodicamente. Segundo Richter e Netto (1991), no Brasil a maioria das ETA utiliza o processo de sedimentação para clarificação de suas águas. Ao se depositarem, os flocos formam uma camada de lodo no fundo dos decantadores. Essa camada é removida periodicamente dependendo da operacionalidade da estação.

Dependendo do porte da estação de tratamento de água, a remoção dos sólidos depositados no decantador pode ser realizada de forma mecanizada, hidráulica ou manual, segundo Richter e Netto (1991). No caso de descarga contínua ou semi-contínua do lodo do decantador, há uma maior frequência e controle do sistema de tratamento, evitando, também, a ocorrência de condições anaeróbicas no lodo que ficaria depositado no fundo do decantador.

O decantador deve possuir tubulações e demais acessórios que permitam a descarga de lodo em intervalos regulares de tempo, que podem ser de horas ou dias, sem que seja necessária a interrupção do tratamento, segundo Reali (1999).

Em decantadores sem remoção contínua do lodo, a limpeza é feita em intervalos que variam de dias a meses, usualmente de 20 dias a 2 ou 3 meses, sendo a remoção do resíduo feita em bateladas. Esta situação dificulta o gerenciamento dos resíduos, além de gerar lodos mais concentrados que os observados em decantadores de alta taxa ou convencionais com dispositivos de extração contínua de lodo. (Reali, 1999).

No caso de limpeza manual, a remoção é realizada após cerca de 30 a 60 dias de operação, com o esvaziamento da unidade e lavagem por jateamento de água sob alta pressão, resultando concentrações de sólidos totais entre 4 e 13%, de acordo com Grandin (1992).

No intuito de obter estabilidade na formação dos flocos, os decantadores são projetados para evitar turbulências indesejáveis, conservando as condições hidráulicas ideais para a formação dos flocos no período de mistura lenta. Dentre as principais formas de decantadores estão os circulares, quadrados e retangulares, no entanto, podem ser discriminados entre os que possuem raspadores e os que não possuem.

### **3.3.4 Filtração**

Segundo Di Bernardo (1993) e Scalize (1997), durante a etapa de decantação algumas partículas apresentam certa resistência à decantação, sendo sua remoção torna-se efetivada na etapa de filtração. Normalmente a remoção das partículas e microorganismos remanescentes é efetuada com o auxílio da filtração lenta ou rápida. A filtração lenta é recomendada para águas de baixa turbidez e possui uma estrutura de funcionamento bastante simplificada, sem fazer uso de produtos químicos e equipamentos sofisticados para automação. No entanto o tipo de filtro mais utilizado na remoção de resíduos remanescentes da etapa de decantação é o filtro de areia rápido por gravidade. Esse sistema é composto por camadas de areia e brita, que são revestidas por uma estrutura de concreto com cerca de dois metros e setenta centímetros, dotadas de drenos que regularizam o fluxo da água filtrada pelas camadas de areia e brita graduada. Nesse tipo de filtro as possíveis impurezas são retidas ao longo do meio filtrante descrito anteriormente.

Dependendo do nível de turbidez encontrado na água bruta a aplicação de coagulante é reduzida drasticamente, dessa forma o tratamento completo é simplificado às etapas de coagulação e filtração, resultando na utilização de *by-pass* para a filtração direta.

As baixas dosagens de coagulantes resultam na formação de flocos menores que são retidos pelos filtros, dessa forma também pode-se obter uma água que atenda os padrões de potabilidade exigidos pela lei. (Di Bernardo, 1993)

### **Limpeza dos Filtros**

Segundo Richter e Netto (1991) usualmente a lavagem dos filtros é realizada pela ação de jatos de água no sentido ascensional, provocando a expansão do meio filtrante e efetivando a remoção das impurezas incrustadas no meio granular. Outro método descrito também é capaz de efetivar a remoção das impurezas acumuladas, por meio de injeção de ar antes ou durante a passagem da água de lavagem. Dessa forma o meio filtrante é expandido, possibilitando uma satisfatória remoção. Segundo Reali (1999) a lavagem é realizada em intervalos de 12 a 24 horas, sendo empregados fluxos d'água em períodos que variam entre 4 e 6 minutos.

No início da operação a concentração de sólidos é relativamente baixa, aumentando progressivamente, chegando ao valor máximo em 2 ou 3 minutos de operação, logo em seguida, observa-se uma diminuição nas concentrações de sólidos, até que seja constatada a ausência de resíduos na água de lavagem. Conseqüentemente a água de lavagem utilizada no procedimento se torna um dos resíduos produzidos no sistema de tratamento, constituindo um significativo volume da vazão total da ETA, algo em torno de 1 a 5%, de acordo com a AWWA (1996).

Segundo Scalize (1997), em condições normais, a concentração de resíduos sólidos na água de lavagem pode variar entre 50mg/L e 300mg/L, no entanto essa concentração pode ser bem maior, chegando a 500mg/L, quando a carreira de filtração ficar entre 80 e 100 horas. Analogamente Reali (1999) afirma que água de lavagem pode apresentar concentrações de sólidos totais que variam entre 0,01 e 0,1%, acompanhado de uma turbidez na ordem de 200uT.

### **3.4.5 Desinfecção**

A desinfecção é a etapa responsável pela eliminação de microrganismos patogênicos da água, visando a perpetuação dos padrões de potabilidade e a preservação da saúde dos consumidores.

Normalmente o cloro é o agente bactericida escolhido para eliminação dos microorganismos presentes, valendo-se da reação de oxidação que se processa sobre a matéria orgânica. No entanto, segundo Netto e José (1987) outros compostos químicos tais como: bromo, iodo, ozônio, permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio e íons metálicos também podem ser utilizados para esse fim.

Outra técnica, relativamente recente, que vem sendo utilizada com muito sucesso é a “coagulação melhorada”, que consiste na remoção da matéria orgânica natural por meio da elevação nas dosagens de coagulantes ou a adoção de faixas de pH de coagulação que oscilam entre 5 e 6, segundo Krasner e Amyv (1995). Nos baixos valores de pH ocorre a neutralização da matéria orgânica, carregada negativamente, pelos complexos hidrolisáveis resultantes dos coagulantes metálicos.

#### **3.4.6 Flúor**

Devido à comprovada eficácia do flúor no combate a cárie, recomenda-se a sua introdução na água a ser distribuída. A concentração de flúor é estimada levando em conta fatores como o consumo médio de água por pessoa e as condições climáticas da região.

### **3.5 Características dos resíduos de ETA**

#### **3.5.1 Resíduos gerados nas ETA**

A qualidade da água bruta e as condições sob as quais se processa o tratamento também se mostram relevantes na avaliação final. A figura 3.10 demonstra as unidades de tratamento e pontos de geração de resíduos numa ETA convencional:

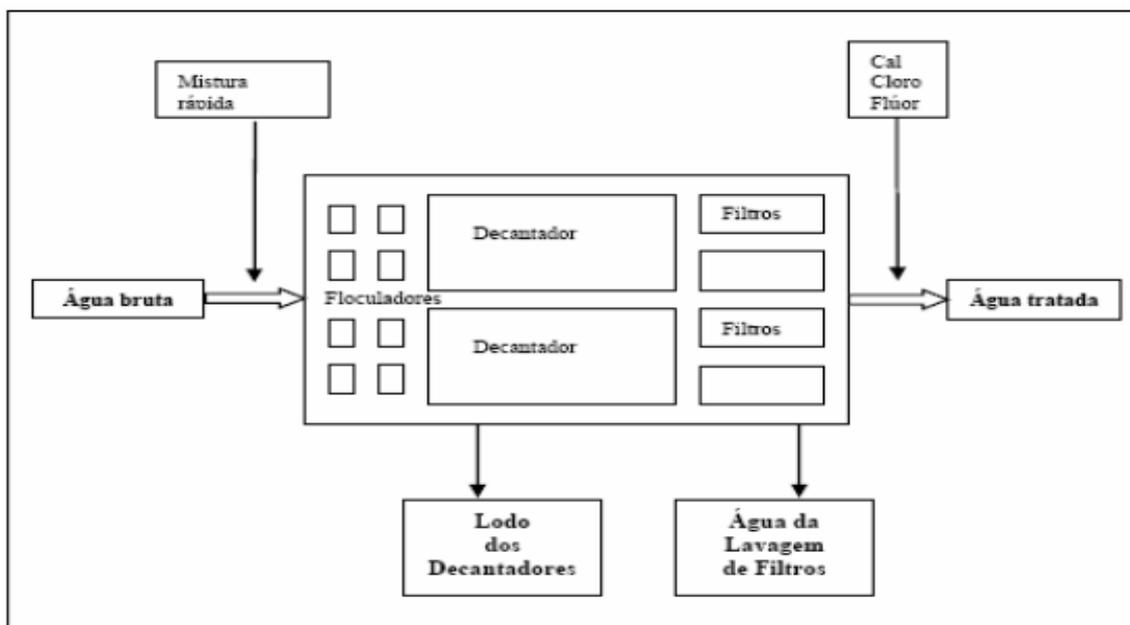


Figura 3.10. Unidades de tratamento e pontos de geração de resíduos. Fonte: Ribeiro (2007).

Para efetivar a remoção das impurezas presentes na água bruta a maioria das ETA brasileiras utiliza a concepção convencional de tratamento, que por sua vez gera resíduos nos decantadores e nos filtros. O volume de tais resíduos, incorporados nos lodo dos decantadores e nas águas de lavagem dos filtros, é modelado por uma série de fatores, de forma que a quantidade de sólido gerado no tratamento pode ser determinada pelo tipo de coagulante e condicionante utilizado já que, segundo Cornwell e Koppers (1990), cerca de 20 a 92% dos resíduos gerados são resultantes do processo de remoção desencadeado pelos produtos químicos adicionados. Na tabela 3.3 a seguir estão listados os prováveis resíduos gerados em um tratamento em uma estação de tratamento de água.

Tabela 3.3 Resíduos gerados durante o tratamento.

Produto	Proveniência	Aparece no resíduo como:	Sólido
Sólidos Dissolvidos	Água Bruta	Sólidos Dissolvidos	Somente se precipitado
Sólido Suspenso	Água Bruta	Argila e silte	Sim
Matéria Orgânica	Água Bruta	Provavelmente sem mudança	Sim
Sais de Alumínio	Coagulação	Hidróxido de Alumínio	Sim
Sais de Ferro	Coagulação	Hidróxido de Ferro	Sim
Polímeros	Tratamento Químico	Sem mudança	Sim
Cal	Tratamento Químico e correção de pH	Carbonato de cálcio ou impurezas se for usada solução de cal	Sim
Carvão aditivado em pó	Controle de gosto e odor	Carvão aditivado em pó	Sim
Cloro, ozônio	Desinfecção	Em solução	Não

Fonte: Freitas (2004).

Para melhorar o dimensionamento das ETA alguns pesquisadores desenvolveram trabalhos que versam acerca da produção de lodo dos decantadores, apresentando meios para estimar o volume produzido, seja por intermédio de estimativas “in loco” ou por meio de fórmulas empíricas.

De acordo com Ferreira e Sobrinho (1997), independente da forma utilizada para estimar a quantidade de lodo, é recomendável a catalogação dos sólidos suspensos totais presentes na água bruta e demais produtos químicos aplicados ao longo do ano. No mesmo sentido Saron e Silva (1997) comentam que o registro de informações relativas ao volume de resíduos produzidos é de suma importância, à medida que fornecem diretrizes seguras para o dimensionamento do sistema de tratamento, transporte e disposição, contribuindo para a otimização do processo como um todo.

A figura 3.11 a seguir representa o lodo do decantador de uma das ETA de estudo, Mata do Seminário, durante a limpeza de rotina.



Figura 3.11 Lodo do decantador da ETA Mata do Seminário.

### 3.5.2 Propriedades do lodo gerado

Segundo Ribeiro (2007), a composição do lodo gerado nos decantadores de Estações de Tratamento de Água apresenta cerca de 92% de seu volume formado por produtos químicos empregados no processo de tratamento, enquanto que os 8% restantes são de fato impurezas removidas da água.

Segundo o mesmo autor a legislação classifica o lodo como resíduo sólido que não pode ser disposto em águas superficiais. Porém a maior parte das ETA simplesmente dispõe esse resíduo nos corpos d'água logo após as lavagens ou descargas de lodo dos decantadores, uma prática que seguramente causa danos ao meio ambiente. Segundo Richter (2001) o lodo de ETA é constituído basicamente por água, sólidos suspensos removidos durante a floculação e derivados dos compostos químicos necessários ao tratamento.

Tais compostos químicos são os principais responsáveis pela presença de resíduos metálicos nos cursos d'água influenciados pelos despejos de ETA, porém Jesus *et al.* (2004) afirmam que os metais encontrados nos sedimentos de águas fluviais também podem ser oriundos de despejos de efluentes industriais e de resíduos arrastados pelo deflúvio superficial urbano.

Albrecht (1972) afirma que o mesmo lodo pode ser considerado uma substância não-newtoniana, gelatinosa e extremamente compressível, apresentando concentrações de sólidos totais que variam entre 3.000 e 15.000mg/L, além disso o lodo se mostra pouco biodegradável e altamente oxidável levando em conta os seus níveis de DBO e DQO que oscilam entre 30-100mg/L e 500-10.000mg/L, respectivamente.

No entanto, segundo Cordeiro (1993) as características do lodo gerado em uma estação de ciclo completo são bem diversificadas, sendo que suas propriedades estão subordinadas a inúmeras variáveis como as características da água bruta, características físicas da estação, a forma como o lodo é removido, o tempo que esse material fica retido nos tanques, tipos de produtos químicos utilizados entre outras. Tais particularidades fazem com que o lodo gerado em diferentes ETA localizadas nas mais variadas regiões apresentem propriedades distintas entre si, evidenciando a necessidade de uma análise individualizada já que o método a ser aplicada não é comum a todas as situações, como pode ser visto na Tabela 3.4

Tabela 3.4 Características do lodo em ETA

Autor/Ano	DBO(mg/l)	DQO(mg/l)	pH	ST(mg/l)	SV(mg/l)	SS % ST
Neubauer (1968)	30 a 150	500 a 15.000	6,0 a 7,6	1.100 a 16.000	20 a 30%	-
Sutherland (1969)	100 a 232	669 a 1.100	7	4.300 a 14.000	25,00%	80,00%
Bugg (1970)	380	1.162 a 15.800	6,5 a 6,7	4.380 a 28.580	20,00%	-
Albrecht (1972)	30 a 100	500 a 10.000	5,0 a 7,0	3.000 a 15.000	20,00%	75,00%
Nilsen (1974)	100	2300	-	10000	30,00%	-
Singer (1974)	30 a 300	30 a 5.000	-	-	-	-
Cordeiro (1981)	320	5150	6,5	81575	20,70%	-
CETESB (1990)	449	3487	6,0 a 7,4	21972	15,00%	-
CETESB (1993)	173	1776	6,7 a 7,1	6300	73,00%	-
Cordeiro (1993)	-	5600	6,4	30275	26,30%	-
Patrizze (1998)	-	-	5,55	6112	19,00%	-

Fonte: Cordeiro (1993)

No entanto, a propriedade desses resíduos é predominantemente inorgânica, sendo a sua composição final subordinada ao tipo de coagulante utilizado. Quando os sais de alumínio são aplicados, ocorre uma intensa produção hidróxidos de alumínio, que se alojam no lodo do decantador e nos filtros, podendo ser transportados na água de lavagem desses filtros e até mesmo na água distribuída à população. (Cordeiro, 1993).

Geralmente o lodo resultante da aplicação do sulfato de alumínio se mostra menos suscetível à desidratação, devido à sua consistência gelatinosa, por outro lado, os lodos formados na aplicação de coagulantes à base de ferro são mais densos e de fácil manipulação. Segundo Cordeiro e Campo (1999) o descarte desse material em lagos ou em cursos d'água de baixa turbulência pode resultar na obstrução da camada bentônica, prejudicando a atividade biológica na área.

Segundo Di Bernardo (1993) as características hidráulicas dos decantadores também podem prejudicar a sedimentação dos flocos formados, já que as diversas deficiências de ordem estrutural são suficientes para afetar a sedimentação dos flocos resultando em um tratamento deficiente.

O processo utilizado na remoção do lodo dos decantadores também influi diretamente na propriedade do mesmo, já que a concentração desse material varia segundo o sistema de remoção e forma de limpeza. Normalmente a limpeza é realizada de forma mecanizada, hidráulica ou manual. Os sistema e estrutura de remoção das ETA tradicionais podem variar, possibilitando a existência de duas formas para se realizar o descarte: remoção cumulativa e remoção contínua.

### **Remoção cumulativa**

As partículas floculadas, nas ETA que possuem essa estrutura de remoção, vão se acumulando ao longo de muitos dias até a quantidade de lodo depositado no fundo dos decantadores até atingir um valor limite, impossibilitando a continuidade do tratamento por conta de uma possível sobrecarga dos filtros. Normalmente esses intervalos podem variar entre 20 dias a 3 meses. Então as comportas que conduzem a água floculada são obstruídas e o lodo presente nos decantadores é deslocado para as adufas de fundo por meio da lavagem manual.

Essa lavagem é realizada pelos operadores com jatos d'água de alta pressão resultando em um efluente cuja concentração de sólidos totais varia entre 4 e 13%, segundo Grandin (1992). Tal método de remoção é o mais comum entre as ETA brasileiras.

## **Remoção contínua**

Neste caso a remoção do lodo é realizada várias vezes ao longo dia, evitando a interrupção do tratamento e o acúmulo do lodo ao longo do tempo tal como acontece nos sistemas de remoção cumulativas. Segundo Reali (1999) o descarte dos sólidos depositados nos decantadores de remoção contínua aplicam a remoção mecanizada ou hidráulica. As adufas presentes nos decantadores são abertas e então o descarte é feito.

Uma das vantagens na utilização desse sistema está no fato de que a concentração de sólidos é consideravelmente menor quando comparada ao descarte cumulativo, dessa forma a possibilidade de inibição da atividade biológica e degradação da água diminui substancialmente, já que as impurezas descartadas no curso d'água são dispersadas facilmente devido a baixa concentração do efluente.

### **3.6 Produção de lodo nas ETA**

Ribeiro (2007) observa que a quantidade de resíduos gerados em ETA depende, primordialmente, da qualidade da água bruta, do tipo e dosagem dos produtos químicos utilizados e do desempenho do processo de tratamento. Sua quantificação é de suma importância para o dimensionamento e operação tanto dos sistemas de adensamento e desidratação quanto das formas de uso e disposição. A determinação da quantidade de lodo produzida em sistemas de tratamento de água pode ser estimada com base em dois parâmetros:

- A massa de sólidos secos presentes no lodo resultante;
- O volume de água descartada que atua como veículo da massa de sólidos.

A massa de sólidos pode ser então obtida efetuando-se um balanço dos sólidos presentes no sistema e de como esses sólidos deverão se apresentar no lodo. Assim pode ser possível calcular estequiometricamente os resíduos resultantes da aplicação dos coagulantes químicos.

Ribeiro (2007) levantou estudos de vários pesquisadores que estudaram e desenvolveram fórmulas empíricas distintas para fazer a estimativa da produção de sólidos secos, sendo algumas reproduzidas para ETA que utilizam sais de alumínio ou ferro como coagulantes. A seguir constam as principais fórmulas encontradas na literatura para determinação de sólidos gerados em ETA que utilizam coagulantes metálicos.

- Kawamura (1991) *apud* Ribeiro (2007):

$$P = (1,5.T+k.D) \quad \text{Eq. 1}$$

onde:

$P$  = produção de sólidos (g de matéria seca/m<sup>3</sup> água tratada)

$T$  = turbidez da água bruta (uT)

$D$  = dosagem do coagulante (mg/L)

$k$  = relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido, onde:

$k = 0,23$  a  $0,26$  (sulfato de alumínio)

$k = 0,54$  (sulfato férrico)

$k = 0,66$  (cloreto férrico anidro)

$k = 0,40$  (cloreto férrico hidratado)

- American Water Works Association (1996):

$$P = 3,5.T^{0,66} \quad \text{Eq. 2}$$

onde:

$P$  = produção de sólidos (g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água tratada)

$T$  = turbidez da água bruta (uT)

➤ Water Research Center - WRC (1979) *apud* Reali (1999):

$$P = (1,2.T+0,07.C+k.D+A) \quad \text{Eq. 3}$$

onde:

$P$  = produção de sólidos (g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água tratada)

$T$  = turbidez da água bruta (uT)

$C$  = cor da água bruta (uH)

$D$  = dosagem de coagulante (mg/L)

$k$  = coeficiente de precipitação:  $k = 0,17$  (sulfato de alumínio líquido)

$k = 0,39$  (cloreto férrico líquido)

$A$  = outros aditivos, como carvão ativado em pó e polieletrólitos (mg/L)

➤ Cornwell (1987):

De acordo com o autor, a concentração de sólidos que entram no decantador está subordinada aos níveis de turbidez encontrados na água bruta. Dessa forma a seguinte fórmula foi proposta para estimar a concentração de partículas que entram no decantador:

$$C_e = 1,5.T \quad \text{Eq. 4}$$

onde:

$C_e$  = concentração de partículas que entram no decantador;

$T$  = turbidez da água bruta (uT);

No mesmo estudo, considerando o sulfato de alumínio como coagulante principal, Cornwell (1987) propõe uma fórmula para estimar a produção de sólidos nos decantadores baseada na dosagem de coagulante. Considerando cálculos estequiométricos, que apontam para a porcentagem de coagulante solidificado na reação, o seguinte balanço de produção de sólidos foi obtido:

$$W = 0,0864.Q.(0,44.D+1,5.T+A) \quad \text{Eq. 5}$$

onde:

$W$  = quantidade de lodo (kg/d);

$Q$  = vazão de adução de água (L/s);

$D$  = dosagem de sulfato de alumínio (mg/L);

$T$  = turbidez da água bruta (uT);

$A$  = dosagem de auxiliares e condicionantes (mg/L)

➤ Richter (2001):

$$S = (0,2.C+K_1T+K_2D)/1000 \quad \text{Eq. 6}$$

onde:

$S$  = massa de sólidos secos precipitada em quilogramas por metro cúbico de água tratada;

$C$  = cor da água bruta (uH)

$T$  = turbidez da água bruta (uT)

$D$  = dosagem de coagulante (mg/L)

$K_1 = 1,3$

$K_2 = 0,26$  – para o uso do coagulante sulfato de alumínio.

De acordo com Richter (2001), a densidade de sólidos secos pode ser expressa por  $1800 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.7 Métodos utilizados para redução da produção de lodo em ETA

A maioria das ETA brasileiras utiliza o tratamento completo para efetuar a clarificação das águas, resultando nos inconvenientes ambientais descritos anteriormente. Logo a alternativa mais viável para a redução de lodo produzido em ETA se encontra na otimização da dosagem dos coagulantes aplicados junto ao tratamento. Quando são aplicadas dosagens pontuais verifica-se uma significativa diminuição nos eventuais excessos nas dosagens aplicadas. (Ribeiro 2007)

Tais dosagens podem ser pré-definidas segundo Netto e José (1987) por intermédio de ensaios de bancada *Jar-Test*, onde são simuladas as condições ideais de coagulação e floculação, possibilitando uma análise precisa do processo. Aliado a isso, a utilização de equipamentos precisos e operadores bem treinados são imprescindíveis para a redução da quantidade de produtos químicos utilizados, resultando na diminuição do volume de lodo produzido e eficiência do tratamento.

### **3.7.1 *Jar-Test***

Ribeiro (2007) ressalta que diversos produtos químicos são utilizados no tratamento da água para auxiliar a remoção das impurezas da mesma, sendo que a dosagem dos produtos podem ser determinadas através de ensaios laboratoriais com a água afluyente à ETA. De acordo com o autor quanto pior for a qualidade da água afluyente, maior será a dosagem de produto utilizado. Ressalta também a importância de avaliar rigorosamente a qualidade do produto químico, tendo-se em vista a possível introdução de impurezas nele contidas na água em tratamento.

Segundo Netto e José (1987) os *Jar-Test*, mais popularmente conhecidos como testes de jarros são utilizados na determinação da dosagem ótima de coagulante a ser aplicado em uma ETA, bem como na medição de parâmetros que auxiliam na criação de projetos de ETA. No presente trabalho o *Jar-Test* foi utilizado para execução dos ensaios de floculação.

Realizado com a utilização de seis reatores providos de agitadores, o *Jar-Test* permite a utilização de diferentes técnicas que possibilitam o controle e otimização do processo de coagulação e/ou floculação, cabendo ao pesquisador adotar a técnica apropriada para a elucidação do problema a ser estudado.

### **3.7.2 Ensaios de coagulação e floculação**

Segundo Netto e José (1987) em 1918 ocorre a primeira menção acerca de ensaios de floculação sendo realizados por Langelier e Charles Gilman Hyde onde utilizaram uma rústica plataforma de metal acoplada com hastes metálicas, estas eram tracionadas por um motor que permitia a variação de rotação, entre 20 e 100rpm.

Seis recipientes semelhantes a beckers armazenavam a água bruta, dentro das quais eram baixadas as hastes metálicas. A partir desse modelo se originaram os mais modernos, apresentando as seguintes melhorias, conforme ilustrado na figura 3.12 e descrito a seguir:

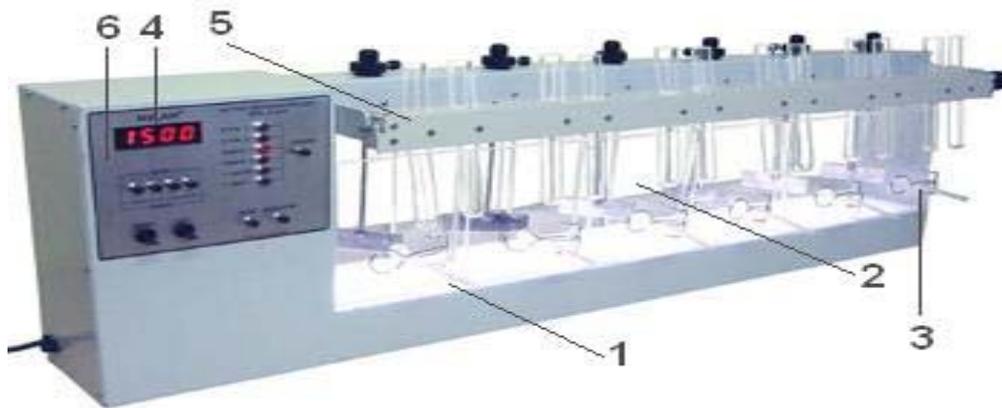


Figura 3.12 Representação de um *Jar-Test*. Fonte: Milan<sup>R</sup>

- 1- Iluminação sob os recipientes que armazenam a água bruta (reatores), a fim de facilitar a visualização dos flocos;
- 2- Reatores com formato cúbico. Tal formato evita que água continue se movimentando após o início do tempo de sedimentação;
- 3- Inserção de um tubo localizado a alguns centímetros da base do reator, possibilitando a retirada do sobrenadante a ser caracterizado;
- 4- Tacômetro para a medição da rotação do aparelho;
- 5- Conjunto sobre os reatores que possibilita a inserção de diferentes dosagens de coagulantes, que podem ser precipitados na solução contida nos reatores, possibilitando uma homogeneidade na aplicação de diferentes dosagens nos jarros diminuindo consideravelmente os possíveis erros;
- 6- Sistema que possibilita a programação de diferentes etapas, simulando o tempo durante o qual a água bruta é submetida às etapas de mistura rápida e floculação.

Apesar de não ser um método totalmente preciso, o ensaio de bancada *Jar-Test* possibilita uma simulação satisfatória das condições encontradas nas estações, tornando-o um método bastante confiável na investigação de processos de floculação, já que permite a constatação de possíveis deficiências na aplicação de coagulantes. Vale ressaltar que muitos são os métodos aplicados nos estudos para otimização de dosagem, porém, segundo Netto e José (1987) as seguintes etapas podem ser adotadas:

- Fixam-se diferentes valores de pH nos jarros com o auxílio de uma ácido ou alcalinizante;
- Aplica-se uma quantidade fixa de coagulantes em todos os reatores e escolhe-se o pH ótimo correspondente ao reator que oferecer melhor floculação e limpidez do sobrenadante;
- Executa-se um novo ensaio, fixando-se o pH ótimo em todos os reatores, variando-se a quantidade de coagulante;
- Conforme o aspecto dos flocos, da cor final e turbidez final, escolhe-se a melhor dosagem.

Os dados obtidos deverão ser transcritos para uma tabela que contém campos correspondentes a dados de turbidez, cor, alcalinidade, pH, data, bem como características dos flocos, lodo e do sobrenadante gerados.

### **3.8 Impactos ocasionados pelo lodo das ETA**

De acordo com Grandim (1992), a maioria dos resíduos gerados no tratamento procede dos decantadores e filtros. Cordeiro (1999) faz uma abordagem acerca dos impactos envolvidos, investigando conseqüências sobre as diversas propriedades, possivelmente afetadas, pela disposição inadequada desse lodo, além de analisar a influência do alumínio nos seres humanos e organismos presentes no meio aquático.

Estudos semelhantes foram desenvolvidos por Sengupta & Shi (1992) que identificaram uma redução drástica na produção de fitoplânctons em áreas afetadas por descarte de lodo, além de constatarem uma diminuição na luminosidade desses locais. No mesmo sentido abordam estudos onde verificou-se a presença de complexos de alumínio em órgãos de seres aquáticos, indicando um possível acúmulo desse material a longo prazo.

Os efeitos desse lançamento devem ser estudados com profundidade para que se possa conscientizar os gestores sobre esses danos. A toxicidade potencial dos rejeitos das ETA para plantas, seres humanos e organismos aquáticos depende de fatores tais como: características da água bruta; produtos químicos utilizados e possíveis contaminantes contidos nesses produtos; reações químicas ocorridas durante o processo; forma de remoção do lodo; tempo de retenção do lodo nos decantadores; características físicas, químicas e biológicas do corpo d'água (Ribeiro, 2007).

Segundo a AWWA (1996) as características físico-químicas do corpo receptor, os produtos químicos utilizados no tratamento, tempo de retenção e forma de remoção dos resíduos dos decantadores são imperativos para a análise dos impactos causados. Porém mais estudos acerca dos efeitos negativos do lodo, principalmente o lodo resultante do sulfato de alumínio, precisam ser desenvolvidos, tendo em vista o limitado número de trabalhos que tendo esse foco não asseguram a real influência do alumínio no meio aquático e demais organismos. Os altos níveis de poluição, que conferem a água características demasiadamente complexas, também dificultam essa tarefa.

Portanto uma série de estudos complementares são necessários para uma melhor compreensão dos efeitos negativos do alumínio. No entanto a disposição inadequada desses rejeitos não pode ser negligenciada, já que seus efeitos sobre o meio ambiente são inquestionavelmente negativos, podendo influir na atividade biológica, além de catalizar a concentração de sólido no fundo dos cursos d'água, alterar a cor, turbidez e demanda química de oxigênio, resultando em distúrbios na composição química e biológica da água, segundo Barbosa (2000).

### **3.9 Aspectos Gerais do manejo e tratamento do lodo das ETA**

Segundo Ribeiro (2007) é preciso estudar o processo de remoção do lodo dos decantadores, para evitar perda direta de água parcialmente tratada; perdas indiretas, como produtos químicos presentes nos flocos sedimentados; energia elétrica utilizada no bombeamento dessa massa líquida descartada e, perdas de horas trabalhadas pelos operadores da ETA.

Para minimizar impactos ambientais, é preciso fazer o tratamento do lodo ou disposição de forma adequada no ambiente dos lodos produzidos em ETA. Essa disposição ou aplicação pode ser feita por diversas maneiras seja ela com os lodos em sua forma líquida ou na forma desidratada, sendo que no caso da disposição do lodo em sua forma líquida, é necessário implantar-se, nas ETA, sistemas apropriados para sua equalização e transporte.

Ainda, segundo o autor, dependendo do tipo de uso ou disposição, os custos de transporte e destino final podem compor uma parcela significativa do custo total do sistema de lodos, sendo necessária assim a redução de seu volume, conseguida por meio da redução de seu conteúdo de água.

Para efetivar a redução de volume, o lodo deve passar por unidades de tratamento que, classicamente, envolvem os processos de adensamento e desidratação. Frequentemente, o condicionamento químico ou físico do lodo é necessário após o adensamento e antes da desidratação. Às vezes, o processo de adensamento também requer o condicionamento para obter-se um bom resultado. Após a desidratação, os lodos podem, ainda, ser submetidos a outros processos de redução do conteúdo de água, como secagem térmica ou incineração, reduzindo drasticamente seu volume.

Segundo Cordeiro (1993) e Richter (2001), o sistema de filtro-prensa para remoção de água de lodos funciona de forma intermitente. O lodo é introduzido em câmaras, onde "telas" (mantas) filtrantes estão alojadas. Através da aplicação de pressões diferenciais, inicia-se a compressão do material sobre o meio filtrante, fazendo com que o filtrado seja removido, formando-se na câmara uma mistura com teor elevado de sólidos, usualmente denominado de "torta".

A centrifugação de lodos, segundo Cordeiro (1993) é uma operação que tem como base à sedimentação pela aplicação de força centrífuga, a qual fornecerá valores para a aceleração de 500 a 4.000 vezes a aceleração da gravidade. As centrífugas são equipamentos que, utilizando esse princípio, realizam a separação dos sólidos presentes no lodo. Esse material é depositado nas paredes do equipamento, fazendo com que a água seja drenada. Os sólidos são removidos através de um helicóide que gira concêntrico ao tambor. As centrífugas utilizadas para "desidratação" dos lodos podem ser de eixo horizontal (centrífugas decantadoras) que funcionam continuamente e de eixo vertical (centrífugas de cesto), cujo funcionamento é em batelada.

Porém, os custos de implantação e os gastos com energia elétrica destes métodos complementares costumam ser bastante elevados, restringindo sua aplicação.

### **3.10 Disposição final dos lodos de ETA**

Quando os lodos gerados durante o tratamento não é descartado junto ao curso d'água, normalmente, são destinados locais onde serão reaproveitados ou armazenados de forma segura. Segundo Richter (2001) pode-se incluir dentre os locais adequados para a disposição: lagoas de detenção, lançamento na rede coletora, aterros sanitários e aproveitamento de subprodutos.

O descarte em aterros é condicionado a procedimentos que visam a desidratação do volume, que deve atingir a cota mínima de 20% de teor sólido, dessa forma os custos dispensados com transporte e disposição serão minimizados. Essa desidratação se dá por meio da utilização de centrífugas e filtros prensa. A seguir estão algumas alternativas de tratamento e disposição de lodos e reuso da fase líquida de despejos de ETA.

#### **3.10.1 Lagoas de lodo**

Segundo Ribeiro (2007), as lagoas para disposição de lodos podem ser em depressões naturais ou artificiais podendo ser construídas com diques ou escavações em terra. Mesmo não sendo um dos processos mais eficientes de adensamento, desidratação e/ou disposição final, o lançamento em lagoas continua sendo utilizado com esta finalidade.

Sendo o meio de tratamento mais popular principalmente nos casos onde se tem disposição de área para sua implantação, trata-se de processo que apresenta baixos custos de implantação, operação e manutenção, que são relativamente simples, quando comparados com outros processos.

Cordeiro (1993) recomenda esse método para locais com áreas de baixo custo e próximas às ETA, com condições topográficas e geofísicas adequadas. Vários são os fatores que devem ser avaliados nos critérios de projeto, podendo ser citados: clima, permeabilidade do subsolo, características do lodo, profundidade da lagoa e área superficial.

Ribeiro (2007) ressalta que neste processo, o adensamento se dá por gravidade e a desidratação por perda de água através da infiltração no solo e, principalmente, por evaporação. O sobrenadante deve ser constantemente retirado e, quando a lagoa estiver completamente preenchida pelo material sólido, poderá ser abandonada, transformando-se em forma de disposição final, ou então o lodo ser removido e, levado para outro destino, transformando-se as lagoas em um processo contínuo de adensamento e desidratação. Algumas desvantagens podem ser: a possibilidade de contaminação do lençol freático, com a água drenada para o subsolo principalmente por metais pesados, e também pela possibilidade de formação de crostas na superfície, que impedem a desidratação das camadas inferiores, a qual poderia prolongar-se por anos.

### **3.10.2 Disposição no solo**

Segundo Ribeiro (2007) é uma alternativa pouco divulgada e os resultados que se dispõem não permitem avaliações mais profundas. Neste caso nem todo tipo de despejo poderia ser utilizado, devido a seus constituintes que podem ser prejudiciais ao invés de benéficos. O sobrenadante proveniente dos demais métodos pode ser utilizado para a fertirrigação, mas neste caso deverão ser feitos estudos dos possíveis contaminantes que possam estar presentes, para a definição das doses de aplicação no solo.

Lodos provenientes do tratamento com coagulantes metálicos possuem a capacidade de colmatar o solo, impedindo assim a infiltração. Existem estudos que mostram a porcentagem adequada para uma disposição dos despejos sem que ocorra este tipo de problema. Apesar de ser um método muito econômico, limitações devem ser feitas com relação à concentração de certos metais e à possível contaminação que podem causar. Portanto, deve-se fazer um controle rigoroso da poluição.

### **3.10.3 Lançamentos na rede de esgotos**

Nesta prática, os despejos seriam lançados na rede coletora de esgotos sanitários, sendo assim, tratados, desidratados e dispostos juntamente com os esgotos. Mas esta prática ainda não resolve o problema, apenas transfere-o, podendo acarretar problemas nas estações de tratamento de esgotos (ETE) se não tomadas as devidas precauções.

Os despejos provenientes da lavagem dos filtros são produzidos com taxas de escoamento muito elevadas, em curtos períodos de tempo, implicando, na maioria das vezes, na necessidade de equalização do efluente antes de seu lançamento na rede coletora de esgotos sanitários. (Ribeiro 2007).

Ainda segundo o autor, a maior parte dos resíduos produzidos pelas ETA, devido às suas características, será removido pelos decantadores primários das ETE e, conseqüentemente encaminhados aos digestores de lodo, anaeróbio ou aeróbio. Portanto, os resíduos de ETA podem causar interferências no desempenho destas unidades em razão da sua toxicidade nos digestores de lodo, seja pelo aumento ou diminuição dos valores de diversos parâmetros, tais como turbidez, cor, SST e DQO no efluente final.

### **3.10.4 Leitões de secagem**

Em regiões onde as condições climáticas mostram-se favoráveis e há disponibilidade de área física, a aplicação de leitões de secagem pode reduzir impactos ambientais, diminuindo o volume de despejos, possibilitando o reuso da água livre e minimizando perdas. Segundo Cordeiro (1993) e Richter (2001) os leitões de secagem são constituídos por tanques rasos, com duas ou três camadas de areia com granulometria diferente e cerca de 30 cm de espessura. O sistema completo é composto por camada suporte (areia), meio filtrante (britas) e sistema drenante (tubos perfurados).

A camada suporte tem por finalidade: manter a espessura do lodo uniforme, facilitar a remoção manual do lodo, evitar a formação de buracos devido à movimentação de funcionários sobre o leito. O lodo é espalhado em camadas de 20 a 30 cm e uma nova camada deve ser lançada somente após a secagem total do lodo. Tradicionalmente, o fundo do leito é geralmente o próprio solo, podendo, às vezes, receber uma camada de concreto simples ou alvenaria.

Cordeiro (1993) ressalta que esta técnica leva vantagem no seu custo inicial, pequena necessidade de operação, baixo consumo de energia, pouca ou nenhuma necessidade de condicionamento químico, alta concentração de sólidos na torta. Sua desvantagem está na necessidade de maior área em relação a equipamentos mecânicos, necessidade de conhecimentos sobre dados climatológicos e trabalho intensivo para remoção do lodo.

### **3.10.5 Disposição em aterros sanitários**

Ribeiro (2007) ressalta que uma das principais formas de disposição dos lodos é o seu envio para aterros sanitários. A princípio, é a solução mais simples e direta para a disposição adequada dos lodos, de modo a não causar impactos negativos ao meio ambiente. O método do aterro utiliza princípios de engenharia para confinar e armazenar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de solo natural a intervalos regulares de tempo, conforme necessário, de modo planejado e com controle técnico dos aspectos sanitários e ambientais, minimizando-se os impactos negativos ao meio ambiente.

Os aterros podem produzir líquidos percolados devido ao excesso de água nos próprios resíduos ou à infiltração da água da chuva, devendo ser feita a drenagem adequada destes líquidos para evitar a contaminação, por metais pesados ou contaminantes orgânicos, tanto nas águas superficiais como subterrâneas.

O aterro deve ter um programa de monitoramento ambiental que deve prosseguir após o encerramento de sua vida útil. A área, após o encerramento das atividades, pode ser utilizada para várias finalidades, tal como parques, áreas de lazer ou praças de esporte, não sendo adequada, contudo, a receber estruturas pesadas.

### **3.10.6 Manta geotêxtil**

Ribeiro (2007) destaca a utilização de manta geotêxtil como uma nova alternativa que se destaca tendo-se em vista o baixo requisito de área e custos de implantação e manutenção. A tecnologia consiste no envio e armazenamento do lodo gerado nos decantadores em unidades, dispostas na própria área da ETA, de geotêxtil de polipropileno de alta resistência que exerce simultaneamente as funções de contenção (retenção) da massa de sólidos e de drenagem dos líquidos presentes no lodo.

Esta tecnologia vem sendo testada/implantada em algumas ETA da SABESP a partir de 2003, todavia, sua até então grande aplicação, era em estações de tratamento de esgotos. Esta alternativa tem-se tornado satisfatória e eficiente em curtos prazos devido a crescente exigência dos órgãos ambientais acerca da disposição dos resíduos das ETA, O excesso de água decorrente do processo é drenado através dos pequenos poros do geotêxtil, resultando numa desidratação efetiva e uma redução do volume de água.

Esta redução de volume permite que cada unidade do tratamento do lodo possa ser preenchida por enchimentos sucessivos, até que o volume disponível seja quase inteiramente ocupado pela fração sólida existente no rejeito. O efluente drenado pelas unidades retorna ao início do tratamento. Ao final do ciclo de enchimento e desidratação, o material sólido retido continua a sofrer um processo de consolidação, por desidratação e evaporação da água residual, através do geotêxtil, que constitui as paredes da unidade de tratamento.

O processo segundo Ribeiro (2007) apresenta como principais vantagens a retenção efetiva da fração sólida do rejeito associada a uma eficiente filtragem dos líquidos efluentes. O sistema apresenta, na maior parte das situações, competitividade econômica, tendo em vista os prazos reduzidos envolvidos e a eliminação de obras de infra-estrutura complexas.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Introdução**

O presente trabalho constou das seguintes etapas:

1. Escolha das águas brutas que fariam parte do estudo.
2. Caracterização das águas brutas com base nos valores de turbidez, cor, pH e alcalinidade.
3. Definição dos coagulantes a serem empregados no estudo.
4. Determinação das dosagens ótimas de coagulante para vários valores de turbidez das águas brutas.
5. Determinação das concentrações de sólidos totais, suspensos, dissolvidos, fixos e voláteis das águas brutas.
6. Determinação das concentrações de sólidos totais, suspensos, dissolvidos, fixos e voláteis das águas coaguladas.
7. Obtenção, por meio de modelagem matemática, de expressões que relacionem a turbidez com os sólidos totais das águas brutas e turbidez da água bruta com as dosagens ótimas de coagulantes e os sólidos totais da água coagulada.

Foram escolhidas as águas brutas das ETA Funil e Mata do Seminário, responsáveis pelo abastecimento da cidade de Mariana e do distrito de Cachoeira do Campo, pertencente à cidade de Ouro Preto, respectivamente. As estações inserem-se entre as coordenadas de 20° 15' 0'' e 20° 15' 0'' de latitude sul e 43° 20' 0'' e 43° 40' 0'' de longitude oeste, respectivamente (Figura 4.1).

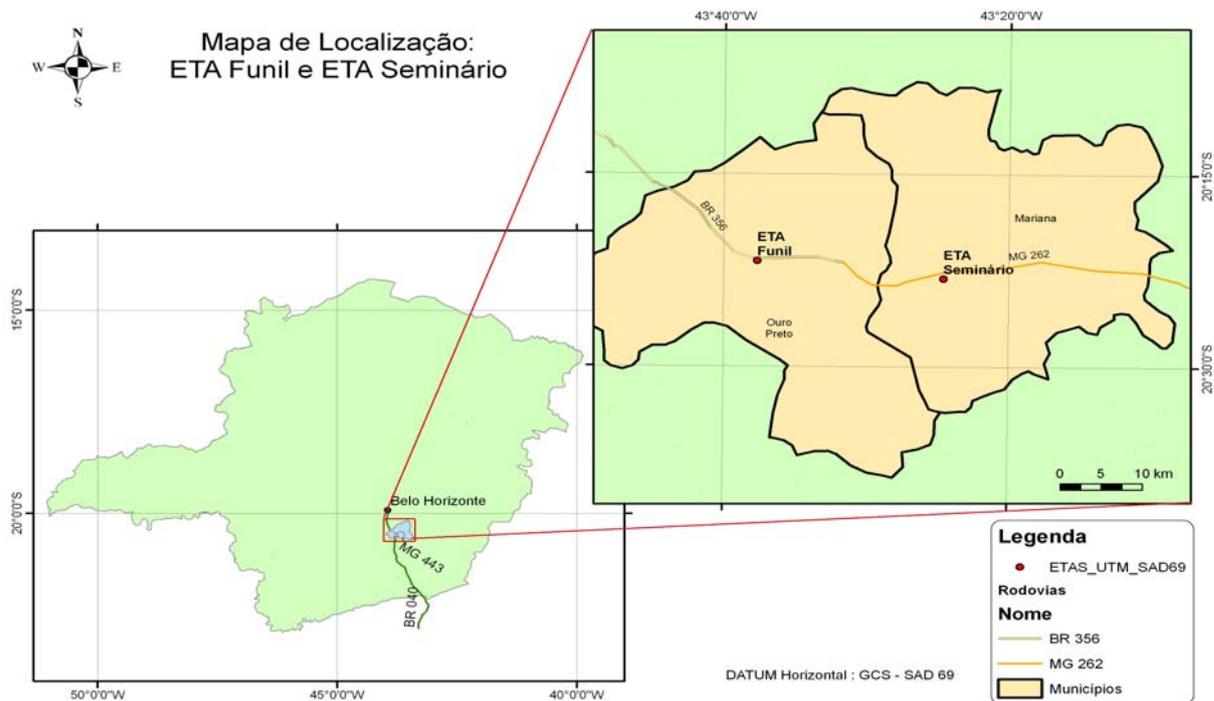


Figura 4.1 Localização das ETA Funil e Mata do Seminário. Fonte: Base de dados IGA (UFMG) e GEOMINAS.

As ETA são do tipo convencional, compostas pelas etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. As principais unidades constituintes da estação de acordo com Ribeiro (2007) são:

- 1) Estrutura de chegada de água bruta
- 2) Mistura rápida
- 4) Canal de água coagulada
- 5) Floculadores
- 6) Decantadores
- 7) Canais de água decantada
- 8) Filtros
- 9) Canal de água filtrada
- 10) Tanque de contato (onde ocorre a cloração e fluoretação)

- 11) Reservatório de água tratada
- 12) Estação elevatória de água
- 13) Casa de química

A caracterização das águas e do lodo provenientes dessas ETA envolveu diferentes etapas e equipamentos, que implicaram na adoção de certos cuidados para que as condições encontradas nas estações fossem reproduzidas com fidelidade nas análises laboratoriais.

Para a obtenção dos dados referentes à quantidade de lodo gerado nos decantadores, bem como a determinação de dosagens ótimas de coagulantes, foram adotadas as análises de sólidos e os ensaios *Jar-Test*. Tais análises foram amparadas nos dados fornecidos por outros equipamentos, que se mostraram úteis, uma vez que forneceram os parâmetros necessários para que as condições sob quais os testes funcionem fossem obtidas.

A Figura 4.2 apresenta o fluxograma que simplifica as etapas para a obtenção dos dados. Logo em seguida é apresentada uma descrição resumida das características das ETA estudadas, onde são apresentados dados básicos. Em seguida têm-se os materiais, equipamentos e o método aplicado.

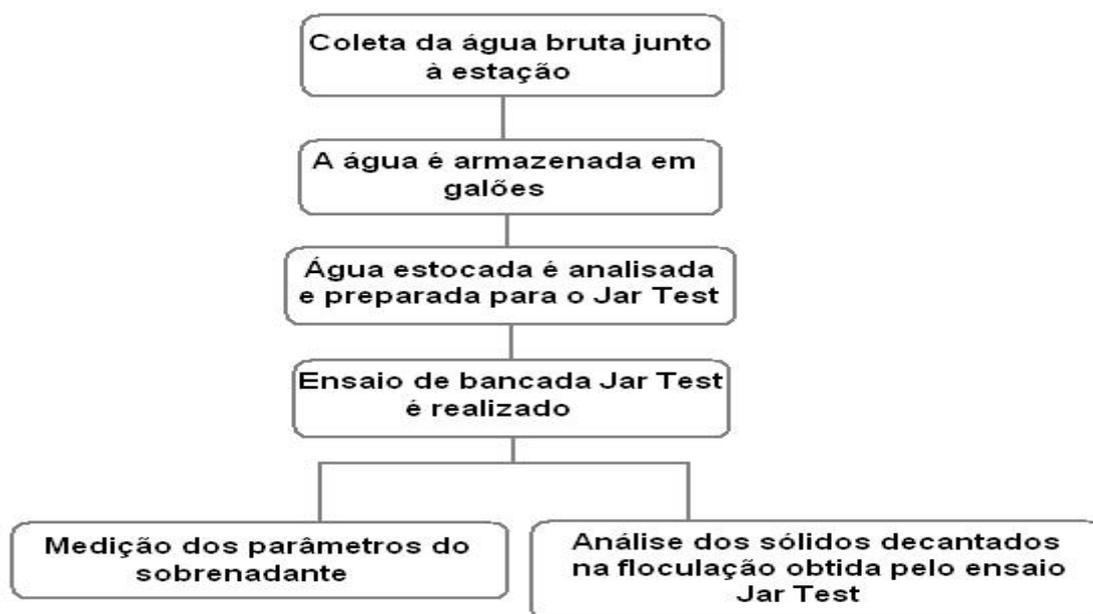


Figura 4.2 Etapas das análises da água bruta.

#### **4.1.1 ETA Funil**

A ETA Funil também é do tipo convencional, utilizando também o sulfato de alumínio como coagulante principal, cal hidratada como alcalinizante e o hipoclorito de cálcio como agente desinfetante. A vazão nominal da estação é de 36L/s e a geração de resíduos também se dá nas etapas de decantação e filtração. A dispersão dos coagulantes é hidráulica, utilizando-se da energia dissipada na calha Parshall. A distribuição do coagulante é feita por meio de uma bomba dosadora sobre a lâmina de água vertente e o sulfato de alumínio é o coagulante utilizado pela estação e a cal o produto utilizado para a correção do pH.

Os flocoadores são hidráulicos e estão distribuídos em uma bateria de dezesseis câmaras com gradientes de velocidade decrescentes segundo o sentido de fluxo. A variação do gradiente de velocidade desses agitadores se dá pelas diferentes posições de “janelas” existentes em cada câmara de floculação.

A ETA Funil possui 2 decantadores que se encontram alinhados e contínuos aos flocoadores. São tanques do tipo convencional, retangulares em planta, com fluxo predominantemente horizontal. Cada decantador possui calhas de coleta de água decantada que se interligam com o canal de água decantada. A drenagem de cada decantador é efetuada por meio de comporta de fundo de acionamento manual. A remoção do lodo é feita manualmente por ocasião da drenagem e lavagem dos decantadores, e o lodo depositado no fundo é conduzido por gravidade através de um emissário com ponto de descarga final no canal do Rio Funil.

A ETA Funil possui cinco filtros rápidos de dupla camada de antracito e areia, do tipo taxa declinante, lavados unicamente com água no sentido ascensional (retrolavagem). A filtração descendente é a tecnologia de filtração empregada. As lavagens são realizadas diariamente, alternadamente em cada filtro. Todo o volume utilizado na lavagem dos filtros é descartado no Rio Funil, sem prévio tratamento. A água utilizada para as lavagens dos filtros é armazenada em um reservatório que se encontra em uma cota superior, sendo a lavagem realizada sem a necessidade de utilização de bombas. O lodo acumulado nos decantadores é descartado no rio Funil.

Na casa química da estação ocorre a preparação dos coagulantes e desinfetantes que serão aplicados na água. Essa aplicação é efetuada por meio de dosadores de nível constante; na aplicação da cal hidratada é utilizado o dosador de refluxo.

Em um laboratório são controlados os parâmetros pH, cor e turbidez. Turbidez e pH são conferidos pelo operador a cada duas horas.

#### **4.1.2 ETA Mata do Seminário**

A ETA Seminário é do tipo convencional, cujo ciclo de tratamento compreende as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, correção de pH e desinfecção. A captação da água bruta é realizada sendo então esta conduzida para o início do processo de coagulação, floculação e sedimentação. A seguir a água irá receber os produtos químicos da fase de coagulação que no caso da estação é o sulfato de alumínio,  $Al_2(SO_3)_4$ . A aplicação de coagulante só é realizada em períodos chuvosos, por conta dos valores de turbidez e cor elevada. Nos demais períodos a água bruta é submetida apenas às etapas de filtração e cloração.

Ao sair da câmara de mistura, a água segue para a câmara de floculação. O floculador é do tipo chicana, composta por 12 câmaras dispostas ao redor do decantador. Ao sair da câmara de floculação, a água segue para o decantador. Este é do tipo circular com distribuição radial, possui diâmetro de 13m e uma profundidade útil de 1,5m.

A etapa de filtração consiste na passagem da água por filtros formados por carvão, areia e pedras de diversos tamanhos. Nesta etapa, as impurezas de tamanho pequeno ficam retidas no filtro. Os filtros são do tipo autolimpante “quatro lava um”, sendo cinco no total. Os filtros são dotados de camadas filtrantes duplas, areia e carvão antracito. Dos filtros a água é aduzida diretamente para o reservatório de distribuição onde recebe a desinfecção, feita manualmente através de uma mistura com o desinfetante dentro de uma caixa plástica de mil litros. Depois de todo o processo a água vai para o reservatório, onde assim é distribuída para a população.

Assim como na ETA Funil, na casa química da estação ocorre a preparação dos coagulantes e desinfetantes que serão aplicados na água. Essa aplicação é efetuada por meio de dosadores de nível constante. Na aplicação da cal hidratada é utilizado o dosador de refluxo. Em um laboratório anexo são controlados parâmetros como pH, cor e turbidez.

Turbidez e pH são parâmetros conferidos pelo operador a cada duas horas. A vazão nominal da estação é de 20 L/s e trata atualmente 27 L/s ; a geração de resíduos se dá nas etapas de decantação e filtração. O lodo acumulado nos decantadores é coletado por empresas terceirizadas e descartado.

## **4.2 Descrição da instalação utilizada na etapa experimental**

A execução dos trabalhos foi realizada no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da UFOP.

### **4.2.1 Equipamentos**

Os ensaios com as amostras recolhidas nas ETA Funil e Mata Seminário foram realizados com auxílio dos equipamentos relacionados abaixo:

A) Turbidímetro da marca Digimed modelo DM-TU com cubeta para medição.

B) Comparador colorimétrico para bancada para uso com discos colorimétricos da marca Policontrol modelo Nessler Quanti 200 para medição de cores verdadeiras e aparente.

C) *Jar-Test* de bancada microcontrolado da marca Milan modelo JT 203, com velocidade variável de 1 a 120 rpm, com tempo programável de 1 segundo à 99 minutos e 59 segundos. Possui seis reatores com capacidade de 2 litros cada, dotados de palhetas de agitação em aço inox, que são controladas digitalmente por um tacômetro onde são registrados o tempo de agitação e velocidade de rotação.

O manual do aparelho apresenta tabela de gradiente de velocidade em rpm das paletas para jarros quadrados de 2 litros, o que permite converter as velocidades das paletas em valores de gradientes.

D) Bomba de vácuo para a realização da filtração.

E) Phmetro digital de bancada da marca Labmeter modelo phs-3b, provido de display digital com três dígitos e margem de erro de  $\pm 0,01$ .

F) Balança digital da marca Bel modelo MARK 220, dotada de display digital com três dígitos e desvio padrão de 0,0005.

G) Mufla da marca Jung modelo J 200.

H) Estufa de secagem da marca Fanem modelo 515.

I) Recipientes para armazenamento da água a ser analisada.

J) Outros como dessecadores, cadinhos de porcelana, membranas filtrantes e cronômetros digitais.



Figura 4.3 Equipamentos utilizados nas análises.

#### 4.2.2 Reagentes e Materiais

O sulfato de alumínio comercial  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14,3\text{H}_2\text{O}$  e Cloreto Férrico  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  foram utilizados como coagulantes. Na correção de pH das águas analisadas, foi utilizada a solução de ácido clorídrico na concentração de 0,5 M. Membranas filtrantes foram utilizados nos processos de filtração presentes no trabalho além de vidrarias diversas. Cadinhos de porcelana foram utilizados no suporte às análises de sólidos.

### 4.3 Ensaio de coagulação, floculação e sedimentação

#### 4.3.1 Preparo da água para realização do *Jar-Test*

Antes da água bruta ser disposta nos reatores do *Jar-Test*, para o ensaio de floculação, ela foi submetida a alguns cuidados, que foram desde a coleta na captação até a sua manipulação no laboratório. No presente estudo, para execução dos trabalhos foram utilizadas águas recolhidas diretamente das captações das ETA Funil e Mata do Seminário, entre janeiro de 2008 e maio de 2009. No intuito de obter uma água com características próximas daquela que efetivamente recebe o tratamento químico, as amostras foram recolhidas na saída das tubulações que direcionam a água bruta para estação, conforme as figuras 4.4 e 4.5.



Figura 4.4 Captação feita na ETA Funil.



Figura 4.5 Captação feita na ETA Mata de Seminário.

Depois de recolhidas, as amostras foram armazenadas em galões escuros, a fim de vedar a entrada de luz e outras condições que pudessem afetar a sua condição inicial. O armazenamento desse material era condicionado a uma breve utilização, já que a variação de turbidez, acarretada pela decantação das partículas em suspensão, e a liberação dos gases presentes na água poderiam alterar os padrões de turbidez e pH, respectivamente.

Para os ensaios foram definidos os valores de turbidez. As águas eram coletadas ora pelo autor, ora pelos operadores das ETA na época chuvosa. Na ETA Funil, conseguiram-se valores de turbidez maiores que 1000uT, ao contrario da ETA Mata do Seminário, onde o máximo valor de turbidez foi 500uT. Um dos motivos dessa variação foi o fato da ETA Mata do Seminário estar próxima à cabeceira da micro bacia do Carmo, bem a montante da mesma. Já a ETA Funil está mais em uma área mais drenada e à jusante, sendo a captação feita num corpo d'água maior.

Diante dessas considerações, realizou-se em laboratório o preparo das amostras. Para a obtenção de uma solução homogênea a água era agitada à medida que se realizava a coleta, que era realizada por uma torneira localizada na base do galão, conforme a figura 4.6. Para a obtenção dos valores de turbidez, fazia-se a diluição com a água da própria estação ou adição de água com maiores faixas de turbidez.

Trabalhou-se com os seguintes valores de turbidez da ETA Funil: 50uT, 100uT, 200uT, 300uT, 400uT, 500uT, 600uT, 700uT, 800uT, 900uT e 1000uT.

Já na ETA Mata do Seminário os valores foram: 50uT, 100uT, 200uT, 300uT, 400uT e 500uT.



Figura 4.6 Galão usado no preparo das amostras

As análises dos parâmetros como cor e alcalinidade eram realizadas de acordo com o métodos da 20<sup>a</sup> edição do Standard Methods (1998) no Laboratório de Saneamento Ambiental. Para a obtenção de Ferro e Manganês utilizou-se o equipamento Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma do laboratório de Geoquímica da UFOP. Após esses procedimentos, iniciavam-se os *Jar-Test*, ou também conhecidos “Testes dos Jarros”, conforme descrito no item 3.7.1

#### **4.3.2 Execução do *Jar-Test***

No início do ensaio, propriedades básicas como cor, turbidez, pH, alcalinidade, Ferro e Manganês eram determinadas. Logo em seguida, a água era transportada para o galão apresentado na figura 4.6 onde recebia as devidas correções para a realização do *Jar-Test* e depois transferida para o equipamento ilustrado na Figura 4.7.



Figura 4.7 Equipamento para a realização dos *Jar-Test*.

Feito isso, o seguinte procedimento era seguido, conforme Netto e José (1987):

- A solução para cada faixa de turbidez estabelecida recebia a correção de pH adequada para o tipo de coagulante usado.
- A solução era transportada para os seis jarros de 2L pertencentes ao *Jar-Test*. Para a obtenção de uma solução homogênea a água era agitada à medida que se realizava a coleta, que era realizada por uma torneira localizada na base do galão.
- A temperatura da água era ajustada a 25 °C por meio de ebulidores elétricos ou garrafas contendo água congelada.
- Para cada um dos jarros era aplicada uma dosagem de coagulante distinta, a fim de se verificar a dosagem de melhor remoção. Essas dosagens correspondiam aos seguintes valores: 5mg/L, 10mg/L, 15mg/L, 20mg/L, 25mg/L, 30mg/L, 35mg/L, 40mg/L, 60mg/L.

O aparelho de bancada *Jar-Test* recebia os ajustes adequados: 10 segundos para rotação na mistura rápida a 120rpm (aproximadamente  $G_{MR} 110 (s^{-1})$ ), 20 minutos para rotação de mistura lenta a 30rpm (aproximadamente  $G_f 20 (s^{-1})$ ). Os valores foram convertidos com base na tabela fornecida pelo fabricante do *Jar-Test*. Logo após o fim do período de rotação o display do *Jar-Test* e acionava automaticamente o cronômetro iniciando assim os 30 minutos destinados à sedimentação.

- Amostras dos sobrenadantes eram recolhidas por meio de um tubo localizado na base dos jarros. Essa coleta era realizada após o fim do período de agitação lenta seguindo os seguintes tempos de sedimentação: 2,5 minutos, 5 minutos, 7 minutos, 10 minutos, 15 minutos e 30 minutos.
- Os parâmetros básicos (pH final, cor e turbidez) do sobrenadante recolhido eram medidos e anotados.
- Gráficos eram traçados com os dados de turbidez, pH final e dosagem obtidos.
- O procedimento era repetido para as outras faixas de acordo com cada estação.

#### **4.3.3 Medição dos Parâmetros do Sobrenadante:**

Quando encerrava-se o período de floculação, amostras dos sobrenadantes eram recolhidas, conforme as descrições anteriores e medidos os valores de pH, turbidez, cor aparente e posteriormente cor verdadeira. A quantificação dos valores referentes a turbidez, pH e cor aparente são relativamente simples, uma vez que são fornecidas pelos aparelhos, e anotados nas tabelas correspondentes. Porém a determinação da cor verdadeira foi obtida após a filtração da amostra em uma membrana filtrante 0,45 $\mu$ m. Logo após a filtração a amostra foi submetida ao comparador colorimétrico, onde se obtém o valor da cor verdadeira.

#### **4.4 Análise de Sólidos**

Com as curvas dos gráficos de remoção de turbidez em função das diversas dosagens aplicadas, avaliou-se a melhor dosagem para cada estação com cada coagulante utilizado, definindo assim a dosagem ótima. Em seguida, eram realizadas as análises dos sólidos sedimentados dos jarros para as dosagens ótimas encontradas, seguindo os métodos da 20<sup>a</sup> edição do Standard Methods (1998). A partir de então as seguintes etapas foram executadas:

ETAPA 1: Retirou-se, cuidadosamente, parte do sobrenadante do reator correspondente a melhor dosagem de remoção, até que restasse tão somente 300ml do sistema bifásico formado pelo sobrenadante e pelo sólido decantado, resultante do processo de floculação. Dos 1,7 L restantes determinaram-se os sólidos totais do sobrenadante (**STSOB**).

ETAPA 2: O material restante foi transferido para um erlenmeyer, sendo submetido a intensa agitação até que se tornar um sistema homogêneo.

ETAPA3: Em três cadinhos de 50ml foram distribuídos 150ml da solução obtida e logo em seguida os cadinhos foram levados para a estufa de secagem até a evaporação de toda água presente. Todo o processo ocorria a uma temperatura aproximada de 100 °C. Pesaram-se, então os cadinhos com o material já seco. Com os valores obtidos, determinaram-se os valores correspondentes aos **sólidos totais da água coagulada (STAC)**.

ETAPA 4: Depois de pesados, os cadinhos utilizados na obtenção dos **STAC** eram levados para mufla e submetidos uma temperatura de 550 °C por 30 minutos, sendo novamente pesados. As partículas orgânicas presentes no sólido se volatilizam devidos às altíssimas temperaturas e com a diferença entre o peso do **STAC** e o peso obtinha-se o peso dos **sólidos voláteis totais da água coagulada (SVTAC)** e dos **sólidos fixos totais da água coagulada (SFTAC)**.

ETAPA 5: Os outros 150ml da solução recolhida na ETAPA 2 eram distribuídos em beckers de 50ml para em seguida o conteúdo de cada becker ser submetido ao processo de filtração em uma membrana de filtro de 0,45µm. Nessa membrana ficavam retidas as partículas sólidas da amostra e em um becker de 100ml recolhia-se a porção líquida filtrada.

ETAPA 6: A membrana filtrante com as partículas sólidas retidas do processo de filtração era cuidadosamente retirada do sistema, para que nenhuma parte do sólido se perdesse, e colocado em um cadinho. O líquido filtrado era também distribuído entre os cadinhos de 50ml.

ETAPA 7: Os seis cadinhos (três contendo as membranas filtrantes e três contendo o líquido filtrado) eram levados à estufa de secagem a uma temperatura de 100 °C até a evaporação total de toda umidade, tal como executado na ETAPA 3. O valor do peso obtido nos cadinhos com os filtros representa os valores de **sólidos suspensos totais da água coagulada (SSTAC)**, ao passo que os valores obtidos nos cadinhos que receberam o líquido filtrado correspondem aos **sólidos dissolvidos totais da água coagulada (SDTAC)**.

ETAPA 8: 150 ml da água bruta utilizada para a realização do ensaio *Jar-Test* eram distribuídos em cadinhos de 50 ml e levada à estufa, nas mesmas condições da ETAPA 3 e 4. O peso obtido corresponde aos **sólidos totais da água bruta (STAB)**, **sólidos voláteis totais da água bruta (SVTAB)** e **sólidos fixos totais da água bruta (SFTAB)**. Outros 150 ml da água bruta para a realização do ensaio *Jar-Test* eram distribuídas em cadinhos de 50 ml, repetindo-se as ETAPAS 5 e 6, obtendo assim os **sólidos suspensos totais da água bruta (SSTAB)** e **sólidos dissolvidos totais da água bruta (SDTAB)**.

#### **4.5 Modelagem para obtenção das Expressões Matemáticas**

Expressões matemáticas que descrevem a relação funcional entre a turbidez,  $T$ , a cor,  $C$ , a dosagem de coagulante,  $D$ , e a produção de sólidos,  $P$ , podem ser obtidas a partir de dados experimentais provenientes do *Jar-Test*. Estas expressões matemáticas são úteis na avaliação dos sólidos removidos em uma amostra de água a ser tratada com uma determinada turbidez e certa dosagem de coagulante.

As expressões matemáticas citadas podem apresentar comportamento linear (Kawamura, 1991 *apud* Ribeiro (2007); WRC, 1979 *apud* Reali, 1999 ; Cornwell, 1987), quando são inseridos coagulantes como sais de alumínio ou de ferro. Estas expressões podem assumir comportamento não linear (American Water Works Association, 1996) quando não são utilizados coagulantes. As expressões matemáticas que relacionam  $T$ ,  $C$ ,  $D$  e  $P$  foram obtidas a partir de análises gráficas e de ajustes de curvas utilizando os dados experimentais do *Jar-Test* implementadas nos softwares EES (Engineering Equation Solver) e Excel.

A análise gráfica teve como objetivo mostrar a relação entre os dados experimentais apontando a curva que pode representar esta relação. Estas curvas podem ser representadas por retas, polinômios, funções exponenciais, curvas de potência, funções logarítmicas, entre outras (Charpa e Steven C, 1998; Wrobel *et. al.* 1989). A definição da melhor curva que representa a correlação entre os dados experimentais é realizada pelo ajuste de curvas. Neste ajuste a curva que melhor representa a correlação entre os dados experimentais é obtida a partir da determinação do coeficiente de determinação ótimo ( $R^2 \approx 1$ ). (Chapa e Steven C, 1998; Wrobel *et. al.* 1989).

Esta curva ideal que expressa a correlação entre os dados experimentais com a utilização de coagulantes pode ser linearizada de forma a melhorar a compreensão dos fenômenos (Kawamura, 1991 *apud* Ribeiro (2007); Charpa e Steven C, 1998; Wrobel *et. al.* 1989; WRC, 1979 *apud* Reali, 1999 ; Cornwell, 1987).

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Ensaio de coagulação, floculação e sedimentação

Os dados dos ensaios referentes à caracterização e determinação das dosagens ótimas de coagulante para vários valores de turbidez das águas brutas das ETA estudadas estão apresentados nos Anexos A, B, C e D. Nesses anexos são apresentados em uma tabela os valores de alcalinidade, cor aparente, cor verdadeira, pH, Fe e Mn assim como as curvas correspondentes a cada dosagem de modo a verificar qual dosagem apresentou a remoção mais eficiente de turbidez e os valores de turbidez remanescente de cada ensaio. Para a definição das dosagens ótimas de coagulantes tomou-se como referência os menores valores observados da turbidez remanescente da água coagulada.

Os valores de tempo de floculação e gradiente de velocidade, definidos por meio de ensaios preliminares realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental também se encontram nos anexos, dispostos da seguinte forma:

- A: Ensaio utilizando o coagulante sulfato de alumínio e água bruta da ETA Funil.
- B: Ensaio utilizando o coagulante cloreto férrico e água bruta da ETA Funil.
- C: Ensaio utilizando o sulfato de alumínio e água bruta da ETA Mata de Seminário
- D: Ensaio utilizando o cloreto férrico e água bruta da ETA Mata de Seminário

Cada ensaio foi realizado em duplicata para as faixas de turbidez estudadas. A Figura 5.1 ilustra um ensaio *Jar-Test* com a turbidez de 200uT, para a ETA Funil.



Figura 5.1 *Jar-Test* com a turbidez de 200uT.

Após 10 segundos para etapa de coagulação e 20 minutos para etapa de floculação, eram feitas as leituras de turbidez das amostras conforme descrito no item 4.3.2. Passados os 30 minutos destinados à sedimentação, considerou-se a melhor curva de remoção aquela que apresentou a menor turbidez remanescente para o coagulante sulfato de alumínio e cloreto férrico conforme ilustrado no ANEXO A e B, para a ETA Funil e C e D, para ETA Mata do Seminário.

As Figuras 5.2 e 5.3 ilustram o fim do ensaio de *Jar-Test* para a turbidez de 200uT com a água da ETA Funil, utilizando respectivamente os coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico com dosagens de 15, 20, 25, 30, 35 e 40mg/L.



Figura 5.2 Ensaio ETA Funil utilizando as dosagens 15, 20, 25, 30, 35 e 40 mg/L de coagulante sulfato de alumínio, com turbidez 200uT.



Figura 5.3 Ensaio ETA Funil utilizando as dosagens 15, 20, 25, 30, 35 e 40mg/L de coagulante cloreto férrico, com turbidez 200uT.

De maneira análoga as Figuras 5.4 e 5.5 ilustram o ensaio de *Jar-Test* com a mesma turbidez 200uT com a água da ETA Mata do Seminário, utilizando respectivamente os coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico com dosagens de de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 mg/L.



Figura 5.4 Ensaio ETA Mata do Seminário utilizando as dosagens 5, 10, 15, 20, 25 e 30mg/L de coagulante sulfato de alumínio, com turbidez 200uT.



Figura 5.5 Ensaio ETA Mata do Seminário utilizando as dosagens 5, 10, 15, 20, 25 e 30mg/L de coagulante cloreto férrico, com turbidez 200uT.

Conforme o anexo A e B, durante o ensaio na ETA Funil, verificou-se que a dosagem ótima, tanto para o sulfato de alumínio quanto para o cloreto férrico, quando se avaliava a menor turbidez remanescente nos jarros, era muito próxima dos valores de dosagens imediatamente anteriores e posteriores estudadas. Na ETA Mata do Seminário nota-se através do anexo C e D comportamento diferente, sendo que ficava evidente a melhor dosagem, raramente havendo valores próximos de turbidez remanescente em relação valores de dosagens vizinhos.

Isso se justifica através dos valores da alcalinidade e do pH final dos experimentos. A ETA Funil apresentou maiores valores de alcalinidade em relação a ETA Mata do Seminário, de acordo com as análises realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental. A alta alcalinidade na ETA Funil ocasionou um “tamponamento” na mistura levando uma redução menor do pH final dos experimentos se comparado a ETA Seminário, a medida que se aumentava a dosagem dos coagulantes.

Diante dessas considerações, para cada estação houve um comportamento diferente para as condições dos experimentos realizados em *Jar-Test*. Observado os diagramas de coagulação citados na revisão da bibliografia para os coagulantes estudados (sulfato de alumínio e cloreto férrico), com a adição dos coagulantes, a coagulação das águas das duas estações ocorreu por mecanismos distintos.

Na coagulação das águas da ETA Funil, para o sulfato de alumínio e cloreto férrico, a faixa de remoção ocorreu na zona de varredura. Esse mecanismo caracteriza-se pela geração de flocos mais densos maiores ocasionando uma sedimentação mais veloz. O uso de coagulante geralmente é maior que outras faixas, como a adsorção.

Já a ETA Mata do Seminário, para o sulfato de alumínio e cloreto férrico, a remoção ocorreu na zona de adsorção, como mostram os valores das dosagens aplicadas e do pH final da mistura. A velocidade de sedimentação e dosagens foi menor se comparado a ETA Funil. Os comportamentos são facilmente vistos nos anexos A, B, C e D.

A partir dessas considerações, percebe-se que os valores de dosagens ótimas para coagulação das águas da ETA Funil foram maiores do que os observados em relação à ETA Mata do Seminário, levando em consideração que na faixa de varredura a dosagem de produtos químicos é maior que a de adsorção.

Com base nos valores obtidos, gerou-se para cada estação um gráfico referindo-se à dosagem ótima para a melhor remoção da turbidez. Para a estação Funil, para cada coagulante, os valores encontram-se representados na Figura 5.6:

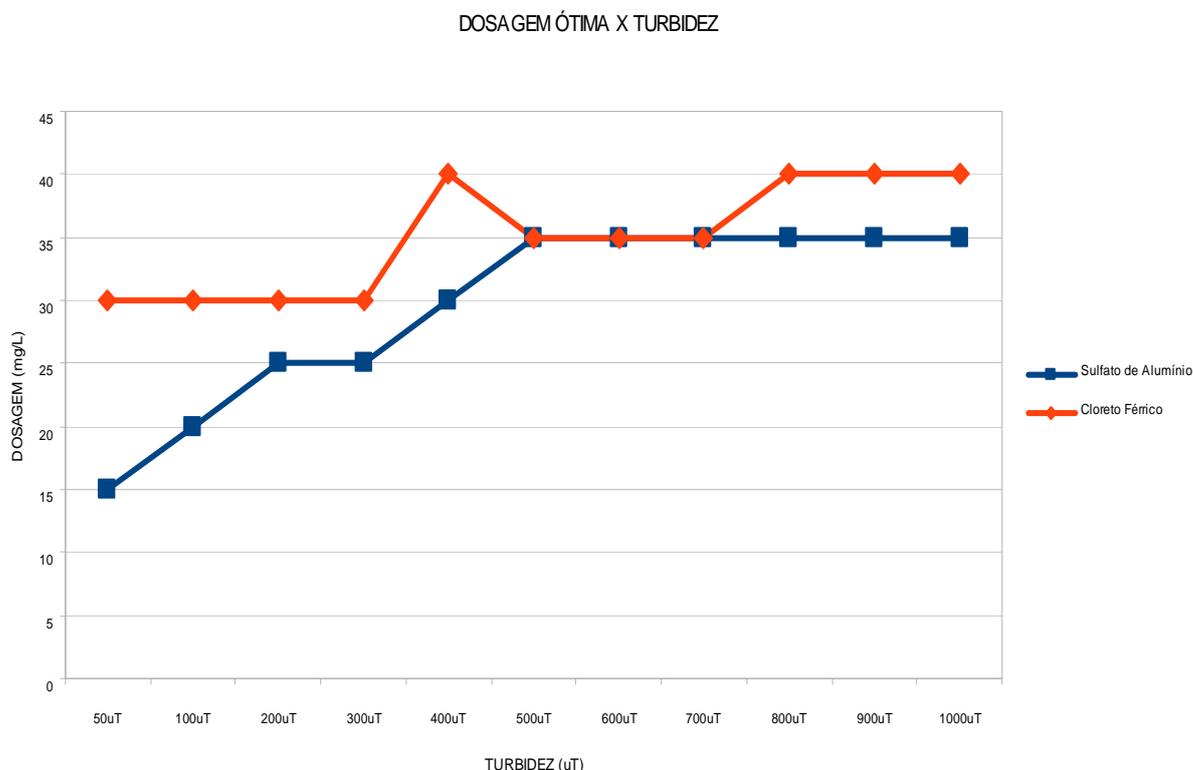


Figura 5.6 Faixas de turbidez e suas respectivas dosagens ótimas para a ETA Funil.

De forma análoga, repetiu-se o mesmo procedimento para a ETA Mata do Seminário, utilizando-se as seguintes faixas correspondentes de turbidez conforme Figura 5.7:

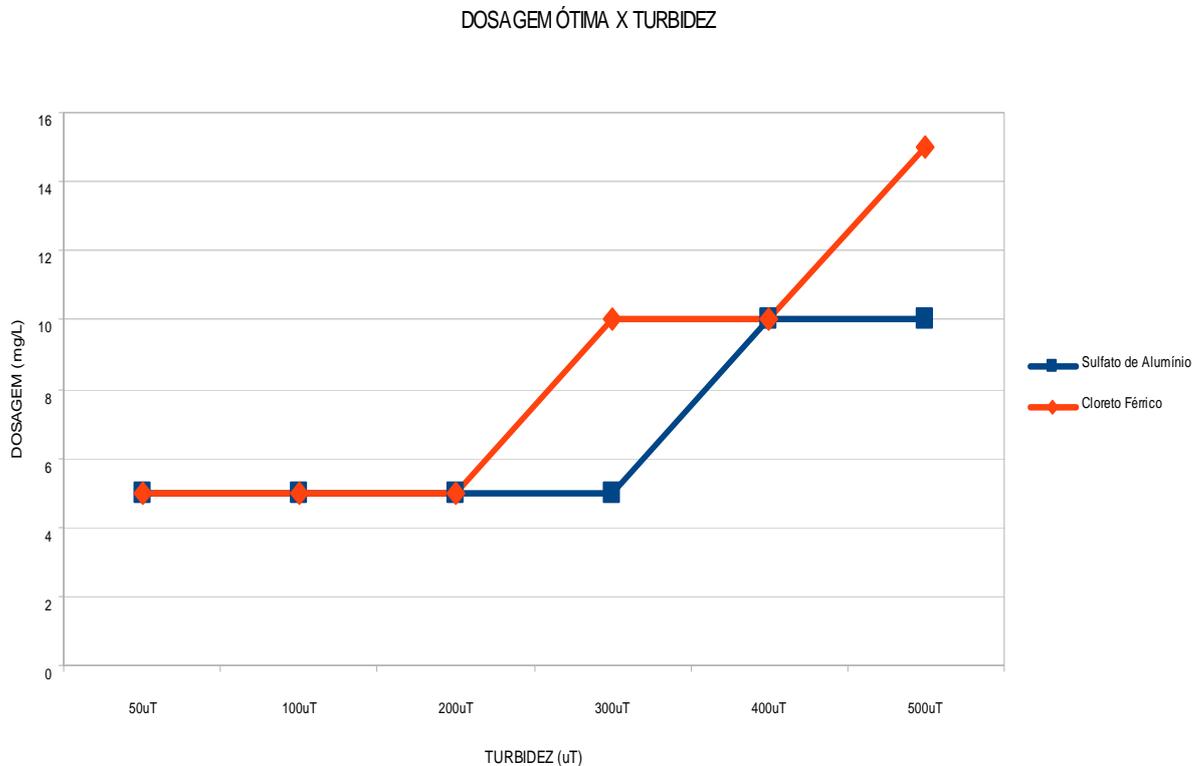


Figura 5.7 Faixas de turbidez e suas respectivas dosagens ótimas para a ETA Mata do Seminário

Outra observação importante a ser feita é em relação à formação dos flocos nos primeiros minutos após a adição de cada coagulante na etapa de floculação. Na ETA Funil foi evidente a formação de flocos com uma maior rapidez quando se usava o coagulante cloreto férrico, tanto na faixa das dosagens ótima quanto nas faixas próximas. Já quando se usava o sulfato de alumínio, os flocos se formavam mais lentamente, conforme mostrado na figura 5.8, que representa o teste no instante 16 minutos.

Na ETA Mata do Seminário também observou-se tal fato, mas somente era possível observar tal fenômeno na dosagem ótima. Algumas hipóteses utilizadas para diferenciar o comportamento do sulfato de alumínio e do cloreto férrico nos experimentos seriam, por exemplo, as diferenças quanto à superfície específica, afinidade entre os hidróxidos dos metais dos coagulantes e as impurezas removidas e a densidade dos flocos resultantes.

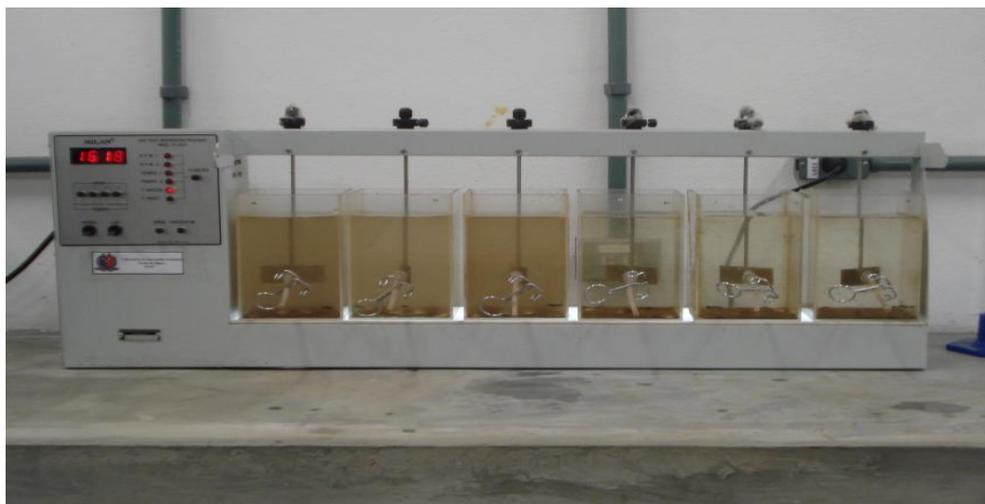


Figura 5.8 Ensaio na ETA Funil utilizando nos três primeiros jarros dosagens de 5,10 e 15mg/L de sulfato de alumínio nos três últimos dosagens de 5,10 e 15mg/L de cloreto férrico.

Durante os ensaios, fez - se a análise de Ferro e Manganês das fixas de turbidez estudadas, pois as estações estudadas encontram-se inseridas na complexa geologia do Quadrilátero Ferrífero, bem caracterizada pela notável presença desses metais. Como resultado, realizou- se as análises dos metais mencionados no Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma com os resultados das concentrações médias apresentados na Tabela 5.1:

Tabela 5.1: Caracterização de Ferro e Manganês.

<b>Caracterização de Ferro e Manganês</b>				
<i>Equipamento: Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma</i>				
<i>Marca: Spectro / Modelo: Ciros CCD</i>				
<b>LQ Fe: 6,11</b>		<b>LQ Mn: 1,58</b>		
LQ= Limite de Quantificação				
<b>ETA Mata Seminário</b>			<b>ETA Funil</b>	
<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Análise</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>
<b>µg/L</b>	<b>µg/L</b>		<b>µg/L</b>	<b>µg/L</b>
55,0	16,8	<b>50uT(1)</b>	54,7	150
56,0	17,2	<b>50uT(2)</b>	65,5	150
56,6	17,1	<b>100uT(3)</b>	69,8	161
68,3	18,1	<b>100uT(4)</b>	69,66	222
67,3	17,2	<b>200uT(5)</b>	69,66	214
63,9	17,2	<b>200uT(6)</b>	69,3	222
67,8	18,8	<b>300uT(7)</b>	67,3	208
68,0	16,0	<b>300</b>	70,9	227
73,6	17,6	<b>400</b>	70,2	214
68,1	26,0	<b>400</b>	72,4	213
76,1	25,2	<b>500</b>	69,17	208
76,8	26,8	<b>500</b>	68,3	214
		<b>600</b>	74,2	254
		<b>600</b>	70,8	254
		<b>700</b>	76,9	244
		<b>700</b>	79,4	252
		<b>800</b>	80,4	252
		<b>800</b>	84,4	272
		<b>900</b>	80,8	272
		<b>900</b>	87,1	274
		<b>1000</b>	90,0	286
		<b>1000</b>	89,5	282

Nas figuras 5.9 e 5.10 mostram o comparativo para cada estação:

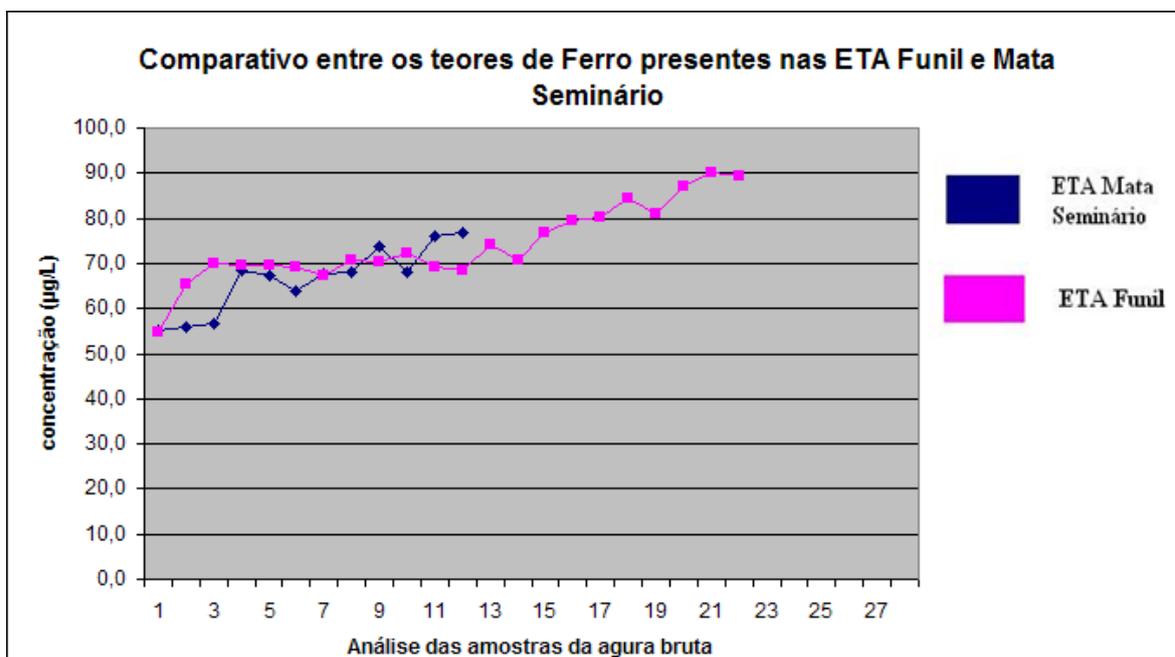
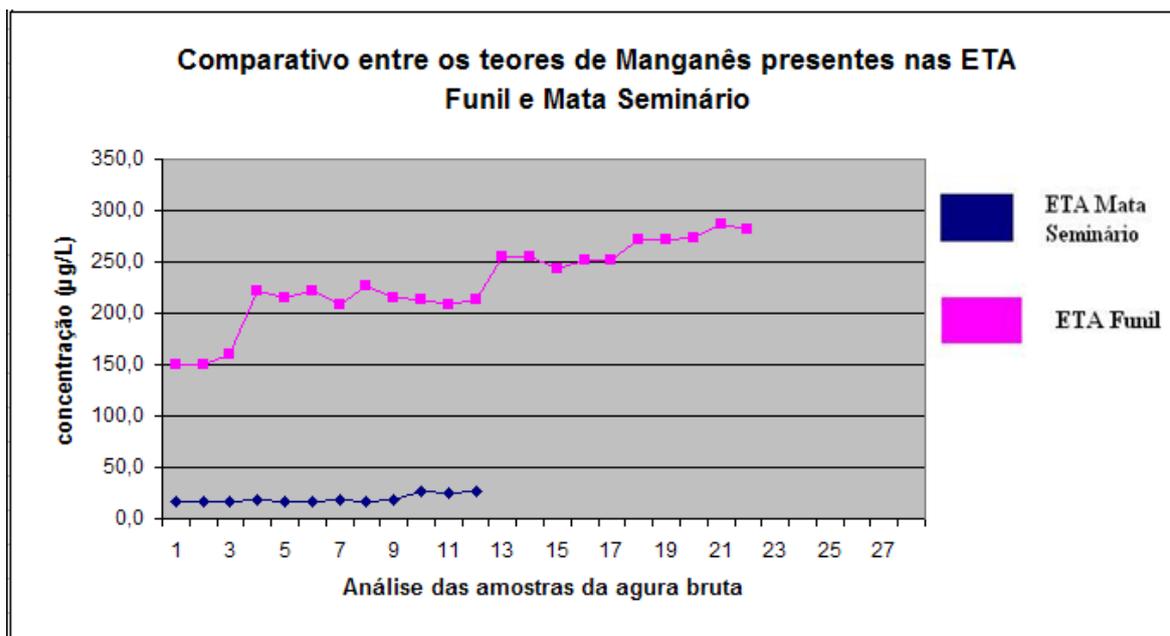


Figura 5.9 Teores de Ferro presentes nas ETA Funil e Mata do Seminário.



5.10 Teores de Manganês presentes nas ETA Funil e Mata do Seminário.

Conforme os gráficos, as concentrações de Ferro da ETA Funil e Mata do Seminário foram próximas, o que não se observa quando se compara os de Manganês. Nota-se nitidamente que as águas da ETA Funil apresentaram concentrações maiores de Manganês do que a ETA do Seminário. Em relação ao Ferro as ETA Funil e ETA Mata do Seminário apresentaram similaridade nas concentrações obtidas.

O Manganês em excesso é um problema, já que pode causar incrustações nas tubulações, cheiro forte e coloração. Já o Ferro pode dar gosto e problemas na distribuição da água.

No entanto, para melhor compreensão da existência de relações entre diferentes faixas de pH, dosagens ótimas de coagulantes obtidos para as duas estações e os teores de Ferro, Manganês ou outras substâncias presentes na água recomenda-se uma investigação mais aprofundada.

## 5.2 Análises dos sólidos

Diante das informações apresentadas no item 5.1, retirava-se o jarro que apresentou a melhor curva e a menor turbidez remanescente e então iniciava-se o ensaio de sólidos. A Figura 5.11 ilustra o jarro do ensaio 200uT tendo como a melhor dosagem 30mg/L para o cloreto férrico, para ETA Funil.

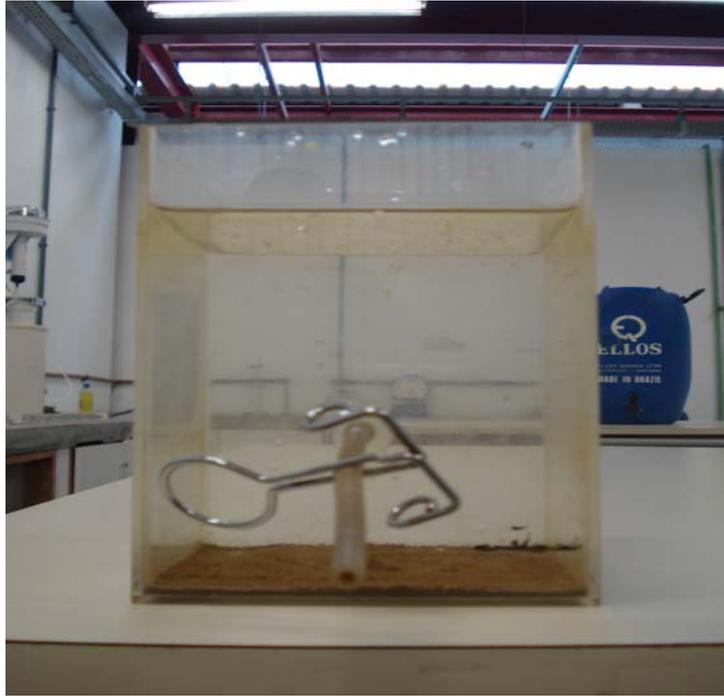


Figura 5.11 Jarro do ensaio 200uT tendo como a melhor dosagem 30 mg/L para o cloreto férrico, para a ETA Funil

Realizou-se conforme descrito no item 4.4 os seguintes ensaios para os sólidos, para cada faixa de turbidez estabelecida, para a água bruta, água coagulada com sulfato de alumínio e água coagulada para o cloreto férrico.

- Sólidos Totais.
- Sólidos Suspensos Totais.
- Sólidos Dissolvidos Totais.
- Sólidos Fixos Totais.
- Sólidos Voláteis Totais.
- Sólidos Totais do Sobrenadante.

No total, seis amostras foram utilizadas para se obter os resultados sendo três para o primeiro ensaio e três para o segundo. Após a obtenção dos dados os valores foram dispostos no Anexo E, para as estações da ETA Funil e no anexo F, para a ETA Mata do Seminário e feito, portanto uma média para assim converter o valor em gramas de massa seca para o volume de 2L.

Em relação aos valores médios para cada faixa de turbidez, a quantidade de sólidos na água coagulada foi maior do que para a água bruta. Isso se deve a adição dos coagulantes, tanto o sulfato de alumínio e cloreto férrico. A adição desses sais interferiu no valor final dos sólidos fazendo que os valores médios fossem maiores que os teores de sólidos da água bruta. Conforme esperado, os valores dos sólidos foram crescentes à medida que se aumentava a turbidez.

Os valores dos sólidos totais dissolvidos foram muito baixos quando comparados aos valores dos sólidos totais suspensos, acompanhando, estes últimos, os valores dos sólidos totais, o que justifica, inclusive, os baixos valores de cor verdadeira medidos. Em relação aos sólidos totais voláteis, pode-se notar que os valores também são baixos em relação aos sólidos totais fixos. Uma das possibilidades que explicam essas afirmações é o fato de as captações de cada estação estarem localizada à montante das micro-bacias, não sendo assim alvo de lançamentos de efluentes domésticos nem orgânicos.

Sobre os sólidos totais do sobrenadante, os baixíssimos valores medidos, indicam que os sólidos do sobrenadante podem ser desconsiderados no cômputo total dos sólidos presentes nos jarros após o *Jar-Test*. Isto se confirma, pelos baixos valores da turbidez remanescente medidos ao final de cada ensaio.

Logo, a partir dos valores dos sólidos dissolvidos obtidos nos anexos E e F e considerado os resultados de cor real dos anexos A, B, C e D, descartou-se o parâmetro cor, na modelagem matemática para obtenção das equações. Os valores das concentrações foram convertidos para grama por metro cúbico para a obtenção das correlações, já que os autores citados na revisão bibliográfica descrevem as fórmulas nessa unidade.

Ainda em relação às equações, pelo fato de o teor de sólidos suspensos praticamente acompanhar os teores dos sólidos totais, para a obtenção das expressões os valores da turbidez,  $T$ , foram correlacionados aos valores dos sólidos totais. Considerando-se, ainda, que mesmo que os valores dos sólidos dissolvidos sejam desprezíveis, esses valores podem fazer diferença na quantidade total de sólidos presentes no lodo de fundo dos decantadores, quando se considera o volume total do decantador de uma ETA.

### 5.3 Obtenção e discussão das equações que correlacionam os parâmetros $P$ (produção de sólidos), $T$ (turbidez), $D$ (dosagem) e $k$ (relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido)

A partir dos dados obtidos do Jar Test e do ensaio de sólidos realizados nas ETA Funil e Mata do Seminário, foram geradas equações empíricas que correlacionam os parâmetros  $P$  (Produção de sólidos),  $D$  (dosagem),  $k$  (relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido) e  $T$  (Turbidez). A obtenção destas equações foi baseada nos valores de sólidos totais e sólidos voláteis totais que se encontram no anexo E e F. Esses valores foram convertidos para  $m^3$  já que a maioria das fórmulas da literatura expressa a quantidade de massa de matéria seca em peso seco (g) nessa unidade de volume. A partir destes dados foi realizado um ajuste de curvas. Neste ajuste, com os dados experimentais de sólidos totais (em g de matéria seca /  $m^3$  de água tratada) em função dos valores de turbidez da água foi obtida a melhor curva que expressa a relação  $P$  versus  $T$ . No ajuste das curvas foi considerando o coeficiente de determinação  $R^2$  (Eq. 5.1).

$$R^2 = \left[ \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{(n-1) \sigma_x \sigma_y} \right] \quad (5.1)$$

Avaliando os sólidos totais da água bruta para a ETA Funil e Seminário foi realizado um ajuste de curvas, considerando  $T$  e  $P$ , de forma a se obter o melhor coeficiente de determinação ( $R^2 \approx 1$ ). Com base em AWWA (1996) e verificado no presente estudo, a função que melhor representou esta correção foi a curva de potência (Figuras 5.12 e 5.13).

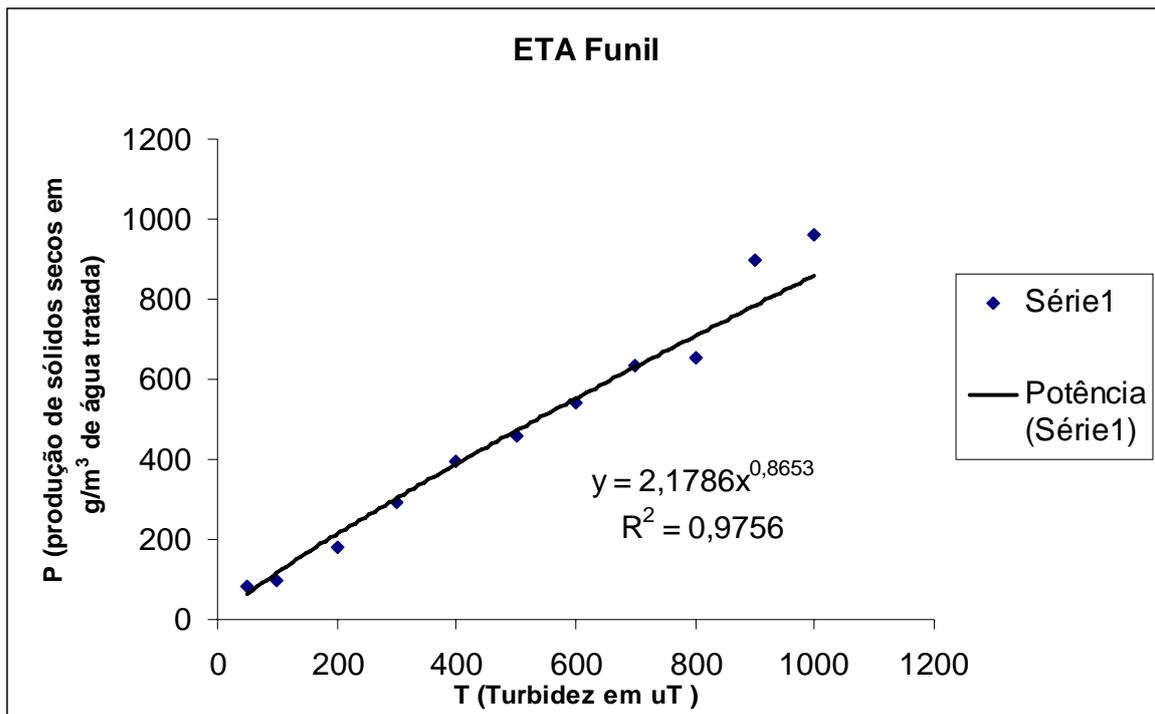


Figura 5.12 Gráfico que representa a correlação entre  $P$  (em g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água bruta) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para a ETA Funil.

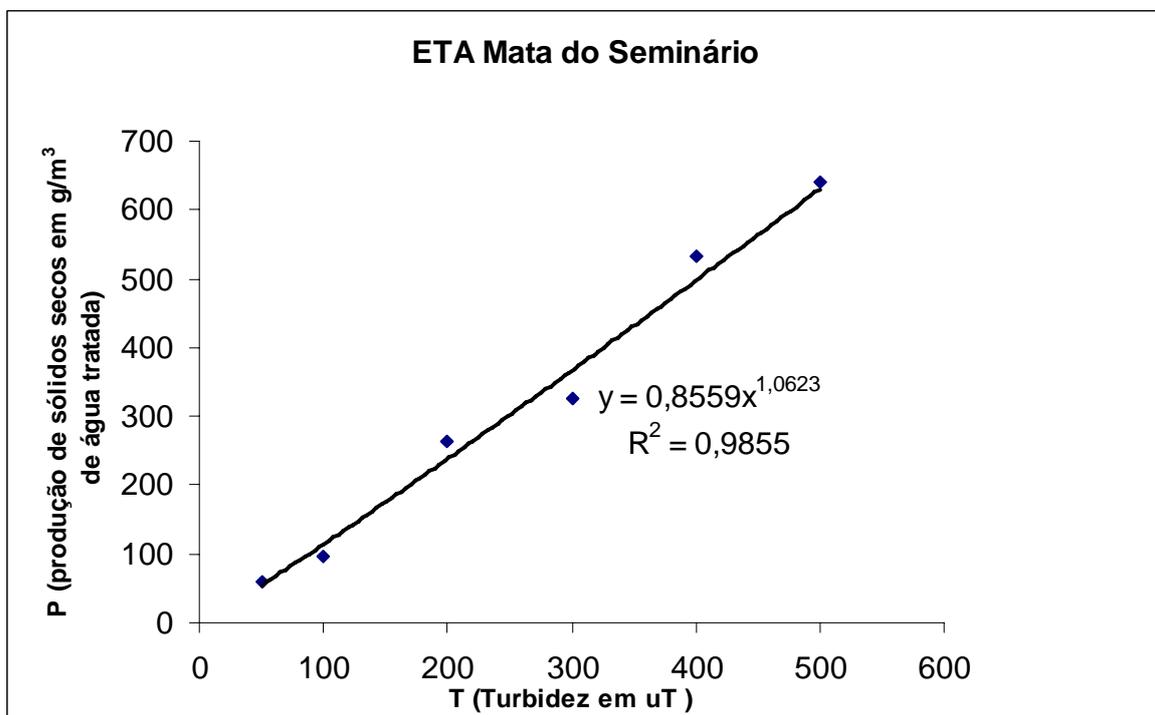


Figura 5.13 Gráfico que representa a correlação entre  $P$  (em g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água bruta) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para a ETA Mata do Seminário.

Das Figuras 5.12 e 5.13 acima, foram obtidas as Equações (5.2) e (5.3) que correlacionam  $P$  e  $T$ , para a ETA Funil e ETA Mata do Seminário, respectivamente.

$$P = 2,1786.T^{0,8653} \quad (5.2)$$

$$P = 0,8559.T^{1,0623} \quad (5.3)$$

Comparando as Equações (5.2) e (5.3) com a equação (5.4) apresentada pela AWWA (1996), nota-se que a expressão apresentada por tal referência pode favorecer a propagação de erros caso seja usada para a estimativa da matéria seca removida em função da turbidez para as águas de estudo. Outro motivo seria a falta de adequação da equação da AWWA ao modelo estudado.

$$P = 3,5.T^{0,66} \quad (5.4)$$

Esse fato para os sólidos da água bruta pode ser explicado pela diferença de sólidos totais que cada estação possui, conforme o ANEXO E e F justificando o comportamento diferente se comparado às expressões.

Para os sólidos gerados em função da aplicação do coagulante sulfato de alumínio, o ajuste de curvas foi realizado considerando o melhor coeficiente de correlação entre os dados de  $P$  e  $T$ , obtidos também do *Jar-Test* e do ensaio de sólidos. Em seguida foram inseridos nas equações obtidas os parâmetros  $k$  e  $D$ . As Figuras 5.14 e 5.15 apresentam os ajustes de curvas entre  $P$  e  $T$  realizados para a ETA Funil e ETA Mata do Seminário, respectivamente.

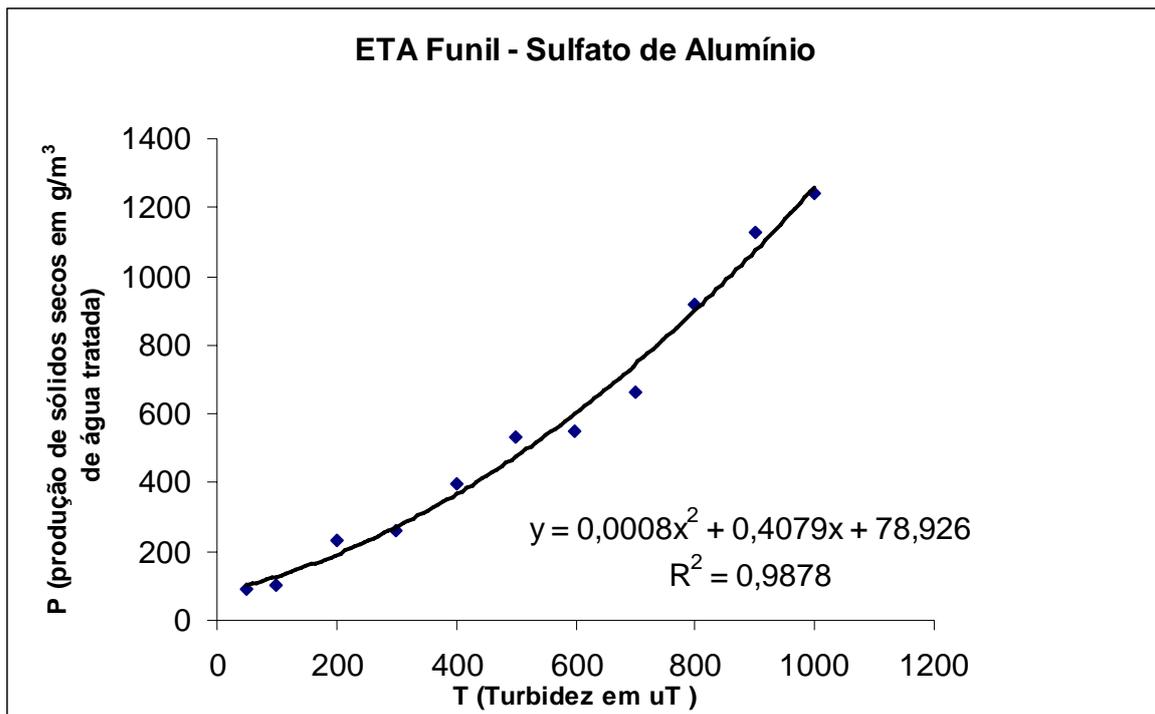


Figura 5.14 Gráfico que representa a correlação entre  $P$  (em g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para a ETA Funil em que foi utilizado o coagulante sulfato de alumínio.

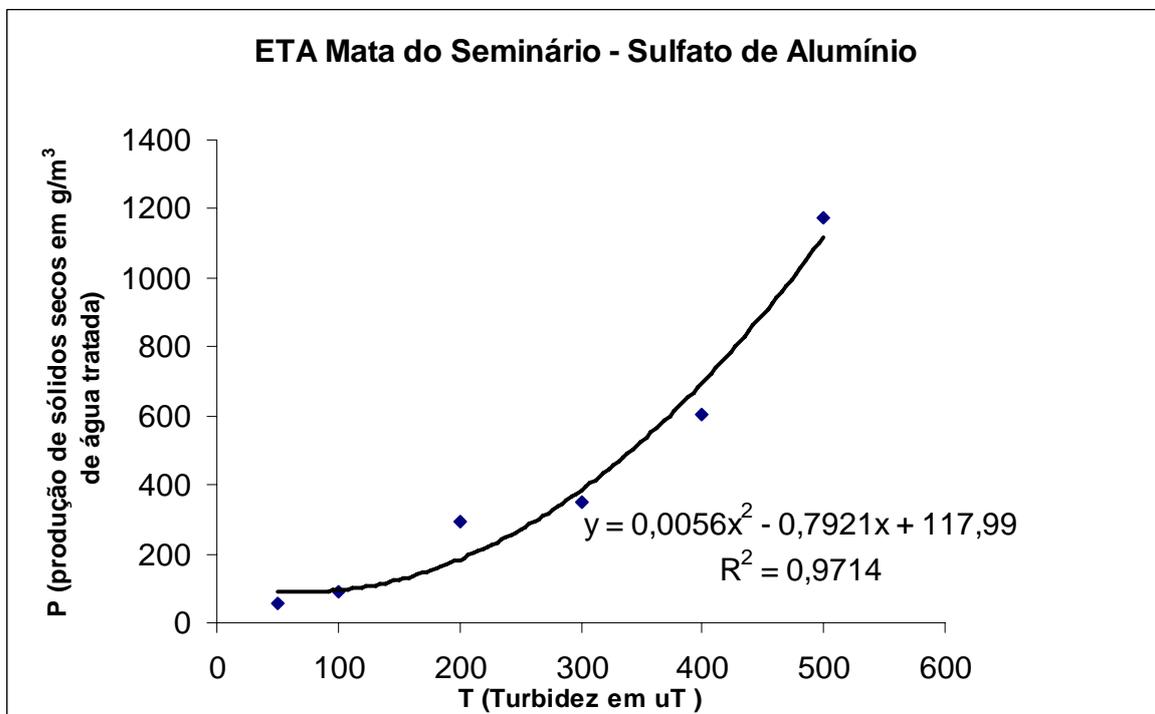


Figura 5.15 Gráfico que representa a correlação entre  $P$  (em g de matéria seca / m<sup>3</sup> de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para a ETA Mata do Seminário em que foi utilizado o coagulante sulfato de alumínio.

As equações obtidas da correlação entre  $P$  e  $T$  para água coagulada com sulfato de alumínio das ETA Funil e Mata do Seminário correspondem às equações 5.5 e 5.6, respectivamente.

$$P = 0,0008T^2 + 0,4079T + 78,926 \quad (5.5)$$

$$P = 0,0056T^2 - 0,7921T + 117,99 \quad (5.6)$$

onde,

$$P = \text{g/m}^3$$

$$T = \text{uT}$$

As equações 5.5 e 5.6 podem ser rearranjadas, através do uso do software EES, de modo a relacionar  $P$  e  $T$  com  $D$  (dosagem do coagulante sulfato de alumínio) e  $k$  (relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido). As expressões resultantes correspondem à equação 5.7, para a ETA Funil, e à equação 5.8, referente à ETA Mata do Seminário.

$$P = 0,0008T^2 + \left[ \frac{(kD + 45,53)T + kD + 10253}{130} \right] \quad (5.7)$$

$$P = 0,0056T^2 + \left[ \frac{-(kD + 99,37)T + kD + 15335}{130} \right] \quad (5.8)$$

onde,

$$P = \text{g/m}^3$$

$$T = \text{uT}$$

$$D = \text{mg/L}$$

$$k = 0,25$$

As equações 5.7 e 5.8 são expressões matemáticas obtidas a partir de dados experimentais, em que foram inseridos  $k$  e  $D$ , com  $k = 0,25$  (adotou-se um valor médio de  $k$  de acordo com os valores apresentados por Kawamura (1991), apud Reali, (1999)) e  $D$ , obtido a partir do anexo A e C. Equações que relacionam  $P$ ,  $T$ ,  $k$  e  $D$ , foram apresentadas por Kawamura (1991) apud Reali (1999). Nesta equação o autor apresentou um ajuste linear entre os dados  $P$  e  $T$ . Este ajuste linear poderia ser realizado nas correlações representadas pelas equações 5.7 e 5.8, entretanto o coeficiente de determinação,  $R^2$ , mostra que este ajuste não supera aquele realizado a partir de funções polinomiais do segundo grau.

Em relação aos sólidos gerados em função da utilização do coagulante cloreto férrico, assim como realizado com o coagulante sulfato de alumínio, o ajuste de curvas foi obtido considerando o melhor coeficiente de determinação entre os dados de  $T$  e  $P$ , obtidos também do *Jar-Test* e do ensaio de sólidos. As Figuras 5.16 e 5.17 apresentam os ajustes de curvas entre  $P$  e  $T$  realizados para a ETA Funil e ETA Mata do Seminário, respectivamente.

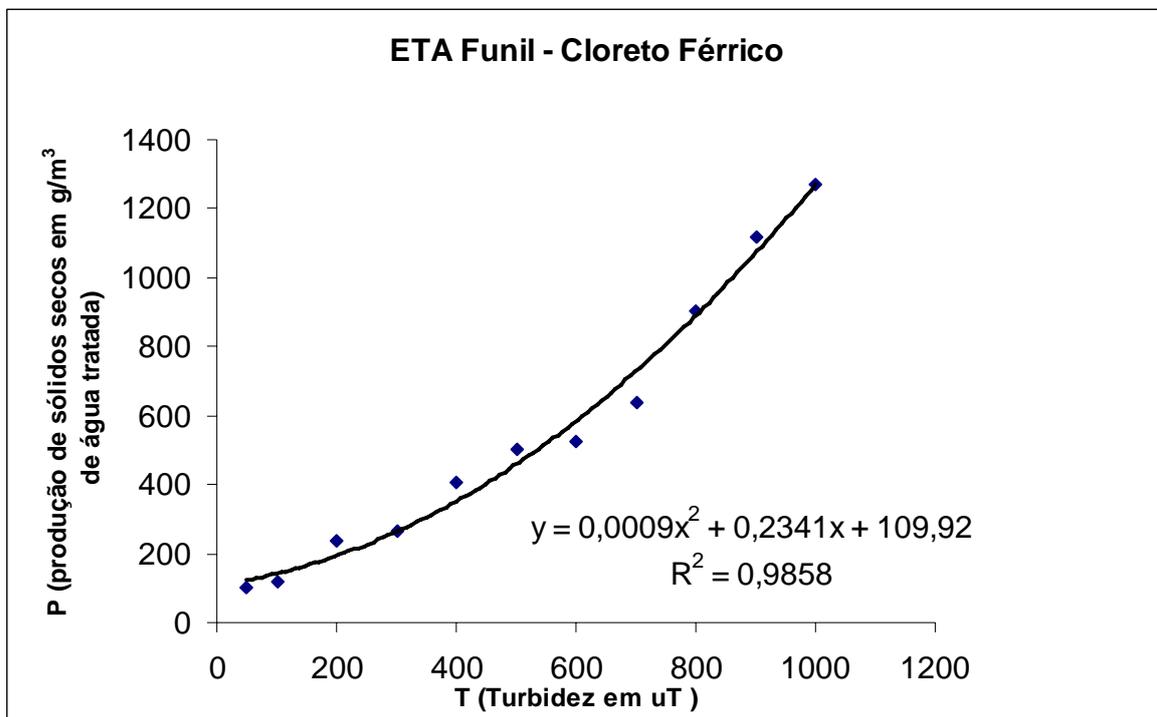


Figura 5.16 Gráfico que representa a correlação entre  $P$  (em g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para a ETA Funil em que foi utilizado o coagulante cloreto férrico.

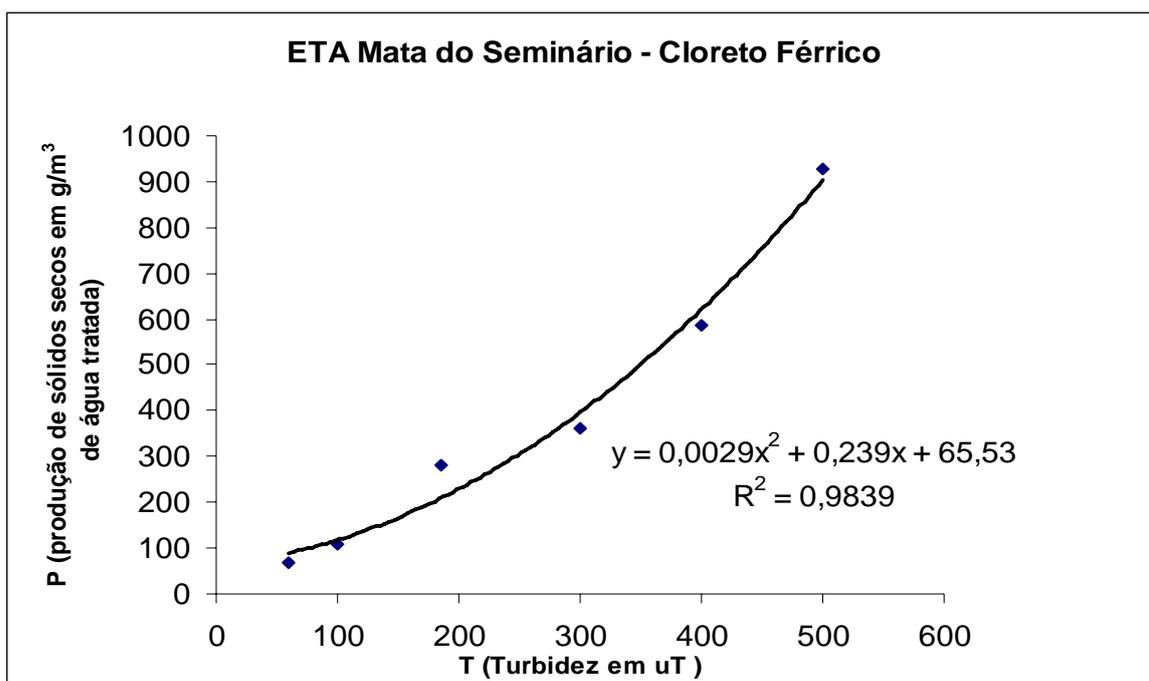


Figura 5.17 Gráfico que representa a correlação entre  $P$  (em g de matéria seca / m<sup>3</sup> de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para a ETA Mata do Seminário em que foi utilizado o coagulante Cloreto Férrico.

As expressões obtidas da correlação entre  $P$  e  $T$  para água coagulada com cloreto férrico das ETA Funil e Mata do Seminário correspondem às equações 5.9 e 5.10, respectivamente.

$$P = 0,0009T^2 + 0,234T + 109,82 \quad (5.9)$$

$$P = 0,0029T^2 + 0,239T + 65,63 \quad (5.10)$$

onde,

$$P = \text{g/m}^3$$

$$T = \text{uT}$$

As equações 5.9 e 5.10 foram rearranjadas de maneira análoga às equações 5.5 e 5.6 para inserção dos parâmetros  $k$  (cloreto férrico) e  $D$  (dosagem de cloreto férrico) através do software EES. Estas expressões são representadas para a ETA Funil e ETA Mata do Seminário de acordo com as equações 5.11 e 5.12, respectivamente.

$$P = 0,0009T^2 + \left[ \frac{(kD + 11,52)T + kD + 14258}{130} \right] \quad (5.11)$$

$$P = 0,0029T^2 + \left[ \frac{(kD + 26,57)T + kD + 85,27}{130} \right] \quad (5.12)$$

onde,

$$P = \text{g/m}^3$$

$$T = \text{uT}$$

$$D = \text{mg/L}$$

$$k = 0,54$$

Nas equações 5.11 e 5.12,  $k = 0,54$  (valor médio de  $k$  adotado, de acordo com os valores apresentados por Kawamura, 1991, apud, Reali, 1999). Os valores da dosagem,  $D$ , correspondem aos valores apresentados nas Figuras 5.9 e 5.10. Com base nas equações apresentadas nota-se a remoção de sólidos diferenciada de acordo com o coagulante aplicado para as estações de tratamento estudadas.

Sobre as estimativas futuras da geração dos lodos nas ETA estudadas é importante estimar a quantidade dos sólidos voláteis, já que existem poucos trabalhos a respeito. Logo, as expressões que correlacionam os sólidos totais voláteis,  $P_{sv}$ , em  $\text{g/m}^3$  de água tratada, também foram obtidas para a ETA Funil e ETA Seminário. A obtenção destas expressões foi realizada a partir de ajustes de curva considerando o coeficiente de determinação,  $R^2$ , o mais próximo possível de 1. Para a água bruta das duas estações de tratamento estudadas o ajuste foi realizado considerando a curva de potência para a ETA Funil e curva polinomial para a ETA Mata do Seminário. As figuras 5.18 e 5.19 descrevem estes ajustes para as ETA Funil e ETA Mata do Seminário, respectivamente.

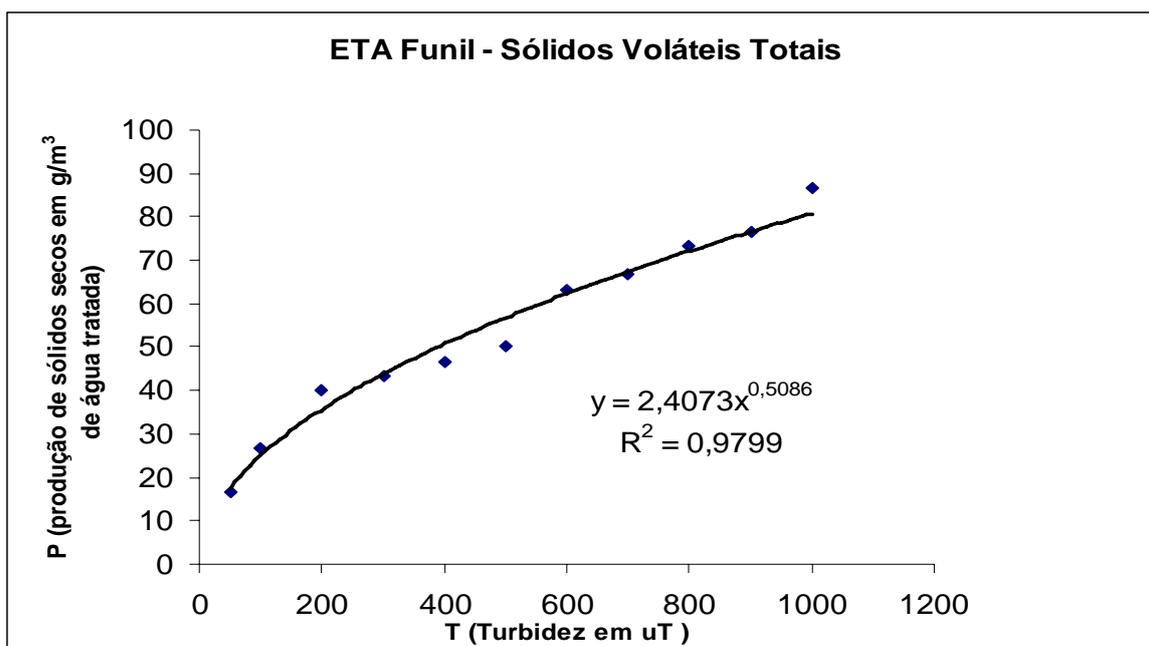


Figura 5.18 Gráfico que representa a correlação entre  $P_{sv}$  (em g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água bruta referente a ETA Funil.

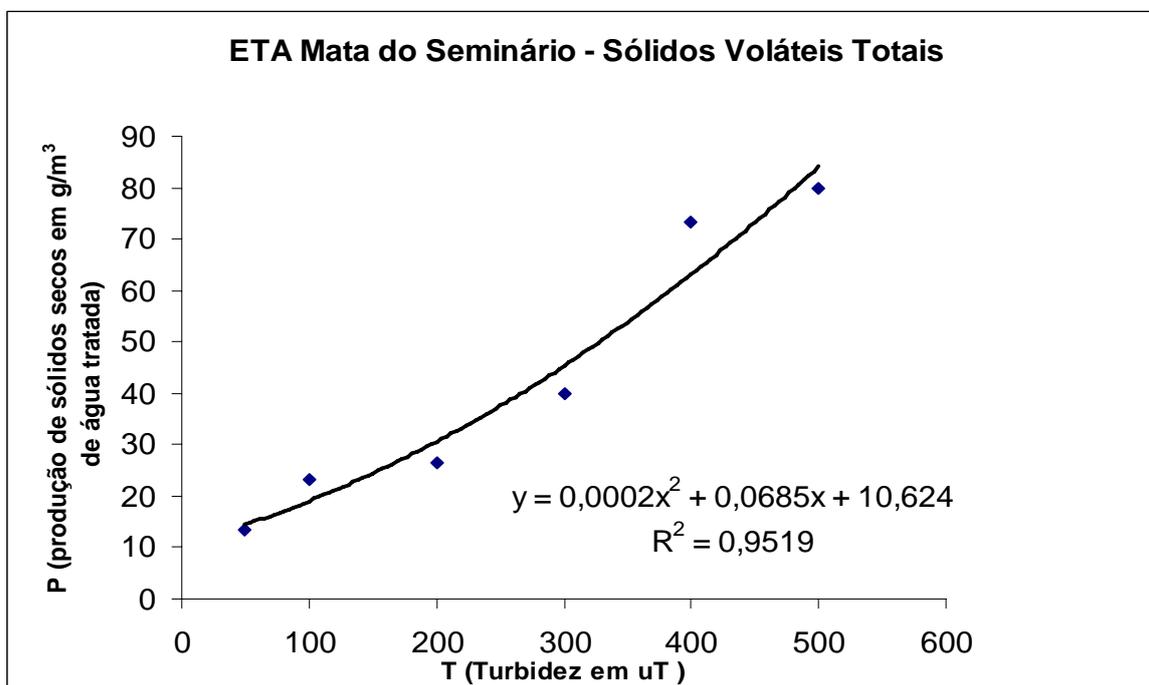


Figura 5.19 Gráfico que representa a correlação entre  $P_{sv}$  (em g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água bruta referente a ETA Mata do Seminário.

As equações 5.13 e 5.14 representam as correlações entre os sólidos totais voláteis,  $P_{sv}$ , e turbidez  $T$ , para a ETA Funil e Seminário, respectivamente.

$$P_{sv} = 2,4073T^{0,5056} \quad (5.13)$$

$$P_{sv} = 0,0002T^2 + 0,0729T + 9,827 \quad (5.14)$$

onde,

$$P_{sv} = \text{g/m}^3$$

$$T = \text{uT}$$

Para os sólidos totais voláteis com a utilização do coagulante sulfato de alumínio as correlações entre  $P_{sv}$  e  $T$  referentes às ETA Funil e ETA Mata do Seminário são apresentadas pelas figuras 5.20 e 5.21.

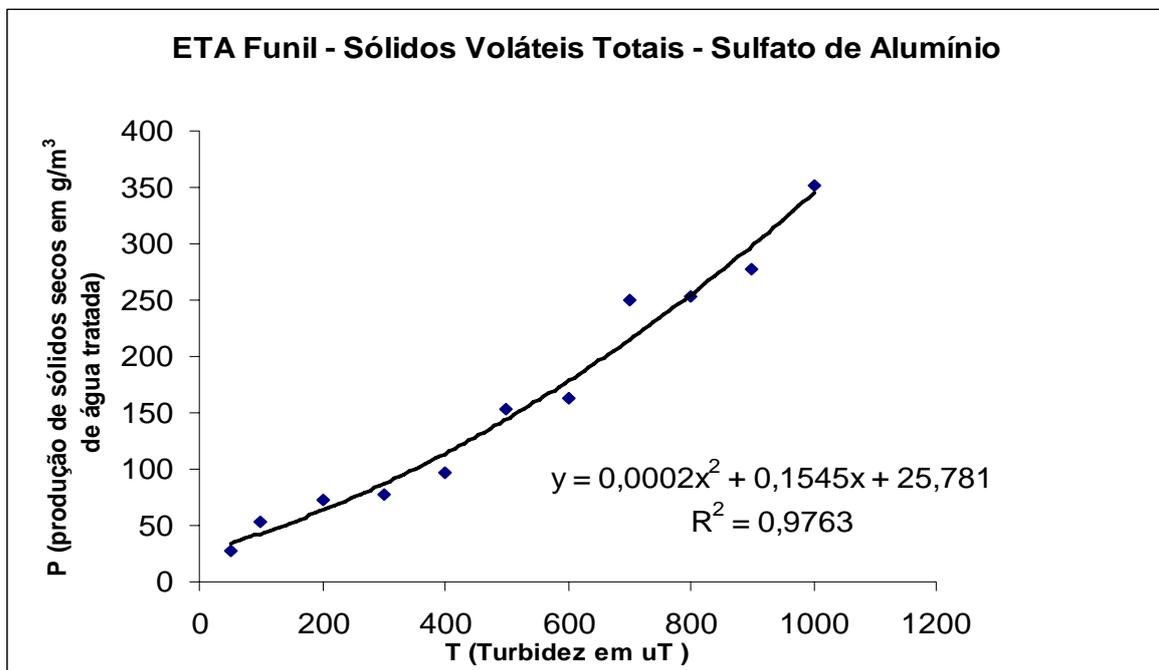


Figura 5.20 Gráfico que representa a correlação entre  $P_{sv}$  (em g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água coagulada com sulfato de alumínio referente a ETA Funil.

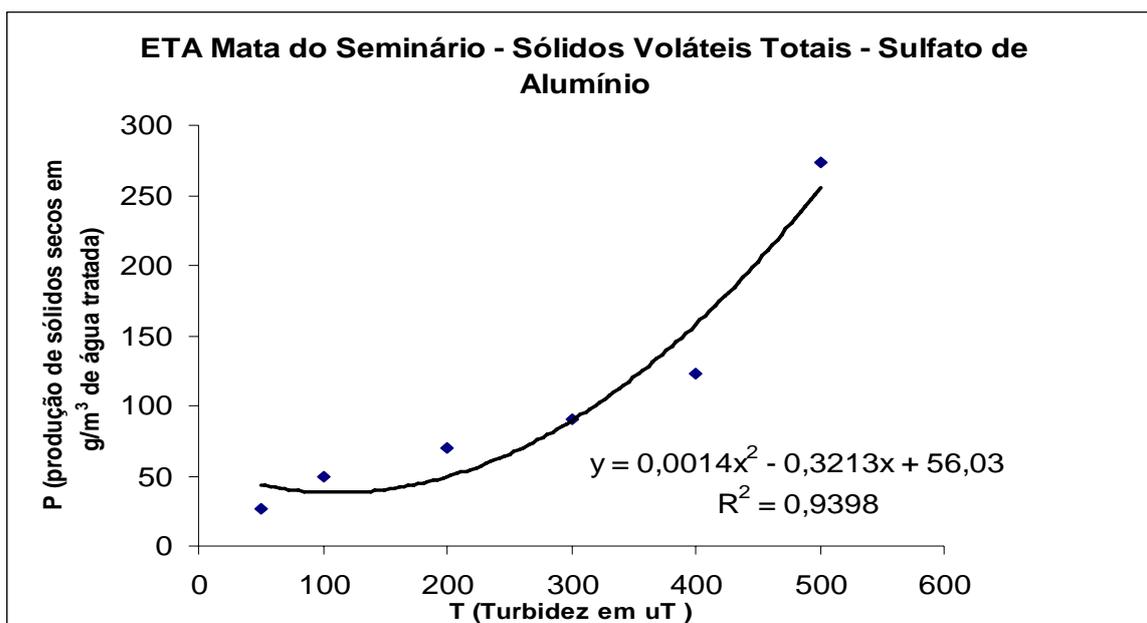


Figura 5.21 Gráfico que representa a correlação entre  $P_{sv}$  (em g de matéria seca /  $m^3$  de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água coagulada com sulfato de alumínio referente a ETA Mata do Seminário.

As equações 5.15 e 5.16 são relativas às figuras 5.20 e 5.21, que referenciam a ETA Funil e ETA Mata do Seminário, respectivamente.

$$P_{sv} = 0,0002T^2 + 0,1545T + 25,781 \quad (5.15)$$

$$P_{sv} = 0,0014T^2 - 0,3213T + 56,03 \quad (5.16)$$

onde,

$$P_{sv} = g/m^3$$

$$T = uT$$

As equações 5.15 e 5.16 podem ser rearranjadas de modo a serem considerados  $k$  e  $D$  nestas expressões resultando nas equações 5.17 e 5.18, de forma análoga a dos sólidos totais usando o coagulante sulfato de alumínio (Equações 5.7 e 5.8).

$$P = 0,0002T^2 + \left[ \frac{(kD + 12,59)T + kD + 3344}{130} \right] \quad (5.17)$$

$$P = 0,0014T^2 + \left[ \frac{-(kD + 40,1)T + kD + 7282}{130} \right] \quad (5.18)$$

onde,

$$P = \text{g/m}^3$$

$$T = \text{uT}$$

$$D = \text{mg/L}$$

$$k = 0,25$$

Para os sólidos totais voláteis com a utilização do coagulante cloreto férrico as correlações entre  $P_{sv}$  e  $T$  referentes às ETA Funil e ETA Mata do Seminário são apresentadas pelas figuras 5.22 e 5.23.

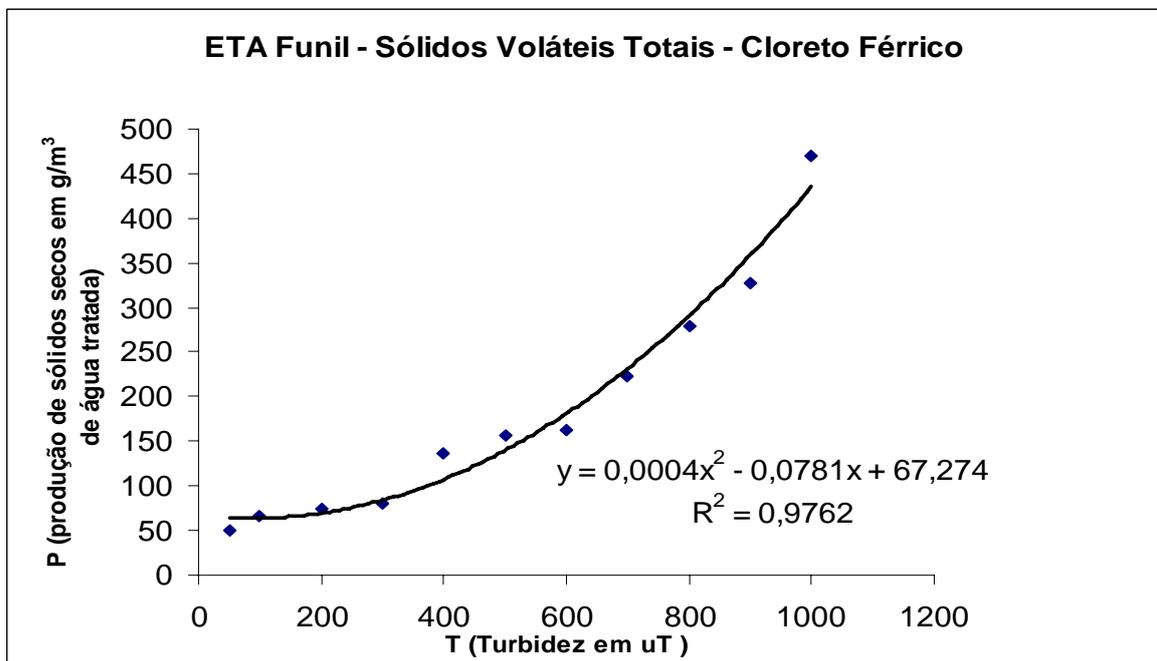


Figura 5.22 Gráfico que representa a correlação entre  $P_{sv}$  (em g de matéria seca/m³ de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água coagulada com cloreto férrico referente a ETA Funil.

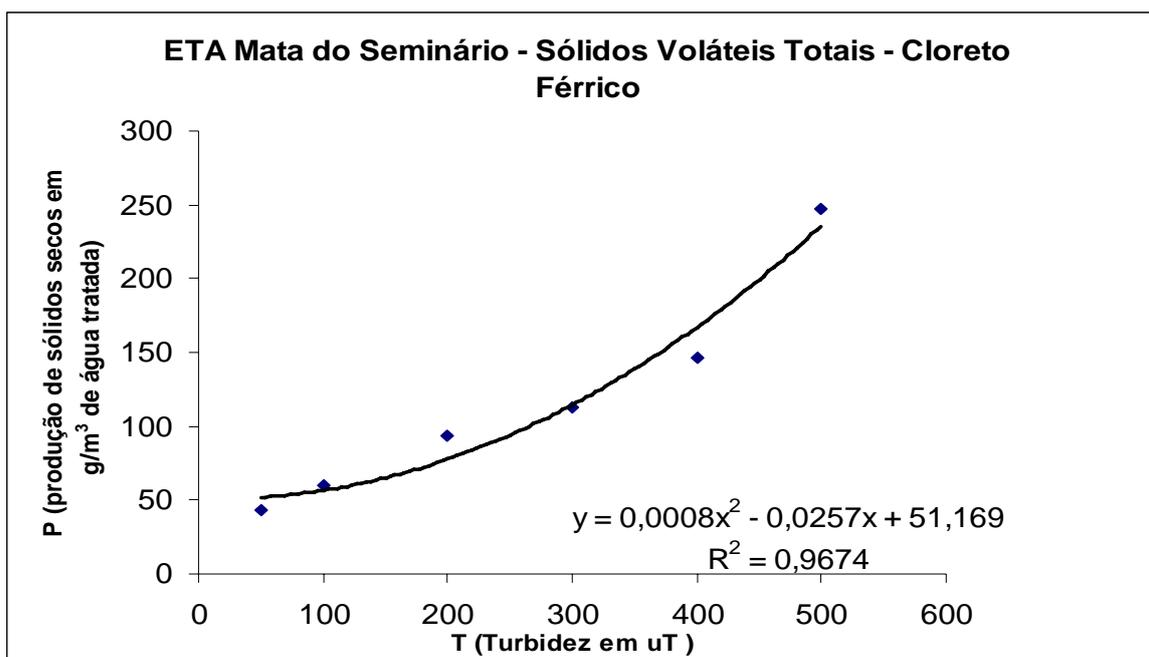


Figura 5.23 Gráfico que representa a correlação entre  $P_{sv}$  (em g de matéria seca /  $m^3$  de água tratada) em função dos valores de  $T$  (Turbidez em uT) para os sólidos totais voláteis da água coagulada com cloreto férrico referente a ETA Mata do Seminário.

As equações 5.19 e 5.20 são relativas às figuras 5.22 e 5.23, que fazem referência a ETA Funil e ETA Mata do Seminário, respectivamente.

$$P_{sv} = 0,0004T^2 - 0,0781T + 67,274 \quad (5.19)$$

$$P_{sv} = 0,0008T^2 - 0,0257T + 51,169 \quad (5.20)$$

onde,

$$P = g/m^3$$

$$T = uT$$

As equações 5.19 e 5.20 podem ser rearranjadas de modo a serem considerados  $k$  e  $D$  nestas expressões resultando nas equações 5.21 e 5.22, de forma análoga a dos sólidos totais ( Equações 5.11 e 5.12):

$$P = 0,0004T^2 + \left[ \frac{-(kD - 8,747)T + kD + 8727}{130} \right] \quad (5.21)$$

$$P = 0,0008T^2 + \left[ \frac{-(kD - 1,159)T + kD + 6647}{130} \right] \quad (5.22)$$

onde,

$$P = \text{g/m}^3$$

$$T = \text{uT}$$

$$D = \text{mg/L}$$

$$k = 0,54$$

Com base na obtenção das equações e comparando com as citadas na literatura, observamos algumas diferenças. As equações obtidas nesse trabalho representam a quantidade de lodo gerado por peso seco em condições ótimas, ou seja, com o uso de dosagens ótimas de coagulantes e com água bruta das estações, representando assim a estação operando com a sua eficiência máxima. As fórmulas postadas na literatura, obtidas em diferentes condições climáticas e o uso de água preparada com elementos químicos, como por exemplo, a caulinita, pode não representar de forma real a produção de lodo para as condições das estações abordadas nesse trabalho. Isso leva a falta de adequação dessas equações modelo estudado.

Outro ponto já salientado seria que as expressões correspondem a coagulação levando em consideração nos mecanismos apresentados nesse trabalho; ETA Funil na faixa de remoção por varredura, considerado a mais indicada nas estações pela formação de flocos maiores e menores chances de operação dos operadores. Já a ETA Seminário, na faixa de adsorção, faixa onde se tem o menor uso de produtos químicos, mas maiores chances de erro por parte dos operadores.

Logo, as equações obtidas se aproximam à realidade das estações, levando conta todas essas afirmações, uma vez que é importante também considerar à área onde as estações estão inseridas, na complexa geologia do quadrilátero ferrífero, abundante em elementos como Ferro e Manganês

A permanência do lodo por um longo período no decantador, aproximadamente um ano, pode levar a decomposição da matéria orgânica, esses caracterizados pelos sólidos voláteis. Logo, a partir das equações obtidas para os sólidos voláteis se mostra real a possibilidade de se obter menores valores de massa de lodo seco no decantador das estações estudadas. Isso pode contribuir para erros em futuros projetos para disposição do lodo, se não levado em conta esse parâmetro.

Portanto, estudos envolvendo também a caracterização dos sólidos voláteis são de grande importância levando em consideração o grande tempo que o lodo fica retido nos decantadores das estações estudadas.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho confirmou a importância de se determinar a dosagem ótima de coagulantes quando em uma ETA são utilizados os processos de coagulação, floculação e sedimentação. Além da melhoria na remoção de impurezas presentes na água bruta, as dosagens otimizadas reduzem o consumo de coagulantes e conduzem a uma diminuição significativa da quantidade de lodo dos decantadores.

Observou-se que as ETA Funil e Mata do Seminário careciam de um estudo que determinasse essas dosagens ótimas de coagulantes. O presente trabalho possibilitou a determinação dos gráficos de dosagens ótimas de coagulantes versus x turbidez para as duas ETA citadas, utilizando-se os compostos mais empregados que são o sulfato de alumínio e o cloreto férrico.

As precariedades encontradas nas ETA, entre elas o péssimo estado dos equipamentos responsáveis pela etapa de coagulação, somadas à falta de treinamento dos operadores, prejudicam o melhor funcionamento dessa etapa, pois não há como se trabalhar com a dosagem ótima de coagulante. O operador, na tentativa de buscar a dosagem correta, comete erros, tais como a aplicação de altas ou baixas dosagens de coagulante, reduzindo a eficiência do processo, podendo levar ao uso do produto químico além do necessário, interferindo assim na produção do lodo nos decantadores. Este por si só, constitui-se em um estudo de grande contribuição, tendo em vista a precariedade de operação das ETA citadas e o tipo de águas brutas dessa região, geralmente com altas concentrações de ferro e manganês e baixa alcalinidade.

Outra contribuição importante foi com relação ao foco principal do trabalho, qual seja, a determinação das correlações entre a turbidez e sólidos totais da água bruta e, em especial, entre a turbidez da água bruta e os sólidos totais e totais voláteis do lodo para dosagens ótimas de sulfato de alumínio e cloreto férrico. Acrescenta-se ainda, que este resultado pode ser utilizado no entendimento da coagulação nas faixas que compreendem os mecanismos de varredura e de adsorção.

Os resultados obtidos com a água bruta da ETA Funil mostraram:

➤ Que as dosagens ótimas, tanto de sulfato de alumínio quanto de cloreto férrico aumentam com a turbidez da água bruta até valores de turbidez iguais a 500uT permanecendo constantes para valores de turbidez entre 500uT e 1000uT.

- A confirmação de que no mecanismo de varredura os valores ótimos de dosagens de coagulante e pH final da mistura se encontram em faixas maiores, reduzindo assim, o risco de erros dos operadores;
- Que no mecanismo de varredura os flocos são maiores e mais densos, conduzindo a uma sedimentação mais rápida dos mesmos;
- Que a correlação entre a turbidez e os sólidos da água bruta obedece a uma função de potência, como observado em outros trabalhos da literatura;
- Que a correlação entre a turbidez da água bruta e os sólidos totais e totais voláteis do lodo decantado, para dosagens ótimas dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico, obedece a uma função polinomial de segundo grau.

Os resultados obtidos com a água bruta da ETA Mata do Seminário mostraram:

- Que as dosagens ótimas, tanto de sulfato de alumínio quanto de cloreto férrico aumentam com a turbidez da água bruta até valores de turbidez iguais a 300uT permanecendo constantes para valores de turbidez entre 300uT e 500uT;
- A confirmação de que no mecanismo de adsorção os valores ótimos de dosagens de coagulante e pH final da mistura são bem menores do que os da varredura e se encontram em faixas também menores, aumentando assim, o risco de erros dos operadores;
- Que no mecanismo de adsorção os flocos são menores e menos densos, conduzindo a uma sedimentação mais lenta dos mesmos;
- Que a correlação entre a turbidez e os sólidos da água bruta obedece a uma função de potência, como observado em outros trabalhos da literatura;
- Que a correlação entre a turbidez da água bruta e os sólidos totais e totais voláteis do lodo decantado, para dosagens ótimas dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico, obedece a uma função polinomial de segundo grau.

Como conclusão mais geral, pode-se afirmar que o estudo da correlação entre a turbidez da água bruta e os sólidos, nas suas diversas formas, presentes no lodo decantado é de grande importância para se estimar a quantidade de lodo gerado no decantador. Além disso, permite ao projetista de uma ETA propor formas de tratamento e disposição final desse lodo a partir de dados de turbidez da água bruta, que é o parâmetro normalmente encontrado nos registros de operação de uma ETA e no monitoramento dos mananciais de abastecimento.

Este estudo permite também definir melhor o cronograma de limpeza dos decantadores pelos operadores das ETA. Entretanto, deve-se destacar que as expressões matemáticas obtidas a partir dos estudos dessa correlação devem ser vistas com muito cuidado, pois não é possível aplicá-las a qualquer ETA. Elas são influenciadas fortemente por outras características da água bruta além da turbidez, como a cor verdadeira, a alcalinidade, a distribuição do tamanho das partículas, a natureza das partículas (orgânicas e inorgânicas), a presença de metais como Ferro e Manganês, o tipo de coagulante e auxiliares de coagulação e as impurezas neles presentes. Outro fator de suma importância é o mecanismo de coagulação de adsorção e de varredura utilizado, em função da variação das dosagens ótimas de coagulantes.

Sobre as estimativas futuras da geração dos lodos nas ETA estudadas é importante salientar que qualquer alteração das características ou no processo de tratamento da água de abastecimento poderá ocasionar interferência na geração do lodo, assim como modificações nos processos de tratamento que porventura venham a ocorrer nas estações estudadas.

Como a maioria das ETA em nosso país, as ETA de Ouro Preto e Mariana não costumam dispor corretamente os resíduos gerados por elas. Os efeitos do lançamento de resíduos gerados no processo de tratamento de água devem ser estudados para propor-se medidas mitigadoras dos possíveis impactos ambientais.

Estes métodos visam reduzir a quantidade de lodo gerado e aprimorar técnicas que viabilizem a utilização desses resíduos, eliminando sua simples disposição em depósitos de rejeito ou em cursos d'água.

Para a elaboração dos projetos de tratamento e de disposição destes resíduos o presente estudo pode ser considerado um ponto de partida para que esse procedimento seja realizado, levando-se em conta conhecimentos das características estudadas, em especial a quantidade de sólidos presentes nas suas diversas formas (sedimentáveis; suspensos e dissolvidos; fixo e voláteis). Sugere-se que em cada ETA sejam desenvolvidos estudos dessa natureza para previsão da quantidade de lodo a ser gerado, tanto em termos de sólidos totais como suspensos e dissolvidos e também fixos e voláteis. Importante também são os estudos de caracterização química e microbiológica dos lodos para ajudar na definição do melhor tratamento e disposição final dos mesmos

Como recomendações ao presente estudo sugerem-se:

- Estudar as águas brutas de outros mananciais da região utilizados no abastecimento, em especial, os que apresentam maiores valores de turbidez e de cor.
- Comparar os resultados de uma mesma água bruta quando coagulada na faixa de adsorção e na faixa de varredura.
- Aplicar os resultados obtidos na operação das ETA estudadas.
- Realizar estudos complementares, no que se refere aos metais presentes nas águas da região, a fim de conhecer melhor as suas interferências.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, A.E. (1972). Disposal of alum sludges. Journal. American Water Works Association. Lancaster, v.64, n.1, p. 46-52, Jan.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. (1987). Water treatment plant waste management. American Water works association Research Fundation, Denver.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (1990). Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. 4. ed. 270p.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS; U. S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. Management of water treatment plant residuals. American Society of Civil Engineers. 294 p. New York. 1996.

AMIRTHARAJAH, A.; TRUSLER, S. L. (1986) Destabilization of Particles by Turbulent Rapid Mixing JEEDASCE, Vol. 112, n. 6, p: 1085-1088, Dec., USA.

AMIRTHARAJAH, A. (1989). The mechanisms of coagulation. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE COAGULAÇÃO E FILTRAÇÃO DIRETA. São Carlos, Brasil, 1989. Anais. São Carlos, EESC-USP.v.1, p.1-19.

AMIRTHARAJAH, A.;MILLS, K. M. (1982) Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation. Journal American Water Works Association v. 74, n. 4.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR - 10.004: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004(a). 33p.

BARBOSA, R. M. (2000). A toxicidade de despejos (lodos) de estações de tratamento de água à *Daphnia similis* (Cladocera, Crustácea). IN: XXVII. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre-RS.

BLACK, A. P.; CHRISTMAN, R.F. - "Characteristics of Clored Surface Waters".J.AWWA, Colorado, 55(6) 753-770. June, 1963.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação- Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 28 p. – (Série E. Legislação em Saúde).

BRESAOLA, R. (1993). Influência da Pré-ozonização na Coagulação-Floculação de Água de Abastecimento utilizando o sulfato de alumínio como coagulante - Dissertação de Mestrado - BIBLIOTECA da Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, Campinas - S.P

CONAMA (Brasil). Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005.  
[http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao\\_urbanismo\\_e\\_meio\\_ambiente/legislacao/leg\\_federal/leg\\_fed\\_resolucoes/leg\\_fed\\_res\\_conama/Resolucao-CONAMA-357-2005-qualidade-agua.pdf](http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/Resolucao-CONAMA-357-2005-qualidade-agua.pdf). Acesso em janeiro de 2008.

CORDEIRO, J. S. (1993). O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de água. Tese Doutorado - SHS – EESC, USP - 342p. São Carlos.

CORDEIRO, J. S.; CAMPOS, J. R. (1999). O impacto ambiental provocado pela indústria da água. Revista Saneamento Ambiental, nº 56, p. 52, março/ abril.

CORNWELL, D. A. (1987) Handbook of practice water treatment plant waste management. American Water Works Association Research Foudation, Denver, 431p. 1 ed., Virginia.

CORNWELL, D.A.; KOPPERS, H.M.N. (1990). Slib, schlamm, sludge. Amercian Water Works Association, Research Foundation, KIWA. Research Foundation, Denver.

CHAPRA, S.C.; CANALE, R.P. (1998). Numerical Methods for Engineers: With Programming and Software Applications.-3rd ed.

DI BERNARDO, L. (1999). Influência da Concentração da Solução de Coagulante Na Eficiência da Coagulação, Floculação e Sedimentação de Águas Com Qualidade Variável. In: XXII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIARIA SANITARIA Y AMBIENTAL. SAN JUAN - PUERTO RICO. p. 0-0.

DI BERNARDO, L. (1993). Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. Volumes I e II. Associação Brasileira de engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 481 p. Rio de Janeiro

DI BERNARDO, L. (1995) – “Algas s duas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento” – Rio de Janeiro: ABES.

DI BERNARDO, L.; SCALIZE, P. S.; SOUZA, F. A. G. (1999). Água de lavagem de filtros rápidos. In: REALI, M. P., coord. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. ABES. Cap. 7, p. 143-168, Rio de Janeiro.

DI BERNARDO, L.; PÁDUA, V. L.; DI BERNARDO, A. S. (2001). Desenvolvimento de Instalação de Laboratório para Determinação da Dosagem de Coagulante na Filtração Direta. Anais eletrônicos do IX SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Seguro, BA

DI BERNARDO, A. S. (2000). Influência das condições de aplicação de polímeros catiônicos na eficiência da floculação. São Carlos. 207p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

DI BERNARDO, L. ; DANTAS, A. D. B. . Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 2005. v. 2. 1584 p.

ECKENFELDER, W. (1989). Industrial water pollution control. 2. ed. New York: McGraw-Hill. 203 p.

FERREIRA, F. S. S.; SOBRINHO, P. A. (1997). Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, vol. 3, n. 3 e 4.

FREITAS, J. G. (2004). Viabilidade técnica e econômica da regeneração de coagulantes a partir de lodos gerados em estações de tratamento de água. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

GRABAREK, R. J.; KRUG, E. C. (1987). Silvicultural application of alum sludge. JAWWA, Dewer, v. 9, n.6, p. 84-88, jun.

GRANDIN, S. (1992). Desidratação de lodos produzidos em estações de tratamento de água. São Paulo. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. (2004). Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental. Química Nova, n. 27, 371.

Lei 9433 -03/01/97 - Recursos Hídricos (códigos das águas) [www.mma.gov.br/port/SRH/dg/leidas.html](http://www.mma.gov.br/port/SRH/dg/leidas.html). Acesso em junho de 2008

LEI Nº 9.605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998.  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm). Acesso em junho de 2008

LIBÂNIO, M. (2005). Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. Campinas, SP: Editora Átomo.

HALL, E. S.; PACKHAM, R. F. (1965). Coagulation of organic color with hydrolyzing coagulants. Jour. AWWA, vol. 57, p. 1149-1166, Sep.

KRASNER, S.W.; AMY, G. (1995). Jar-test evaluations of enhanced coagulation. Jour.AWWA, vol. 87, n.10, p. 93-107.

MANDLOI, M.; CHAUDHARI, S.; FOLKARD, G. K. (2004) Evulation of Natural Coagulants For Direct Filtration, Environmental Technology. Inglaterra, Vol 25, n. 4,p. 481-489.

MCCURDY, K.;CARLSON, K.; GREGORY, D. (2004). Floc Morphology and Cyclic Shearing Recovery. Comparison of Alum and Polyaluminum Chloride Coagulants. Water Research, Grã Bretanha, Vol. 38, n.2, p. 468-494.

MENDES, C. G. N. (1989). Estudo da coagulação e floculação de águas sintéticas e naturais com turbidez e cor variáveis. São Carlos. 2v. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Normas de Qualidade da Água para Consumo Humano. Portaria 1469 de 29 de Dezembro de 2000, Brasília, Brasil.

NETTO, A.; JOSÉ, M. (1987). Técnicas de Abastecimento e Tratamento de água. São Paulo, CETESB.

ODEGAARD, H.(1979) Chemical Floc Formation in Wastewater Treatment – An Introduction. Prog. Wat. Tech. Supl.1,p103-110, Pergamon Press.

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

PARSEKIAN, M. P. S. (1998). Análise e proposta de formas de gerenciamento de Estação de Tratamento de Águas de Abastecimento Completo em cidades de porte médio do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PÉREZ, S.; GUILLAMÓN, M.; BARCELÓ, D. (2001). Quantitative analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge from wastewater treatment plants. Journal of Chromatography A, Amsterdam, v. 938, n. 1, p. 57-65.

RAMAMOORTHY, S. (1988). Effect of pH on speciation and toxicity of aluminum to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, v.45, n.4, p.634-642.

REALI, M. A. P. (1999). Noções Gerais de Tratamento e Disposição Final do Lodo de Estações de Tratamento de Águas. Projeto Prosab. Rio de Janeiro: ABES.

RIBEIRO, F. L. M. (2007). Quantificação e caracterização química da ETA Itabirito - MG. Dissertação (mestrado). Pró- água, Universidade de Ouro Preto.

RICHTER, C. A., AZEVEDO NETTO, J. M. (1991). Tratamento de água. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTD.

RICHTER, C. A.; (2001). Tratamento de Lodos de Estação de Tratamento de Água. São Paulo, SP: Editora Edgard Blucher LTD.

SARON, A.; SILVA, E. P. (1997). Redução na dosagem de sulfato de alumínio na ETA Guaraú com a utilização do sistema de recuperação de água de lavagem de filtros. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu-PR. Anais eletrônicos II-011. Rio de Janeiro. ABES. p. 1088-1095.

SCALIZE, P. S. (1997). Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água que utilizam sulfato de alumínio como coagulante primário. São Carlos. 1997, Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SENGUPTA, A. K., SHI, B. (1972). Selective alum recovery from clarifier sludge. Journal. American Water Works Association, Lancaster. v.64, n.10, p.96-103, Oct.

STANDART METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1998). American Public Health Association – APHA.

VISSMAN Jr., W., HAMMER, M. J. (1998). Water supply and pollution control. 6th ed. Menlo Park: Addison Wesley Longman. 827 p.

WROBEL, L. C *et al.* (1989). Métodos Numéricos em Recursos Hídricos, Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. 380p.

YUKSELEN, M. A. ; GREGORY, J. (2002) Breakage and re-formation of alum flocs. Environmental Engineering Science, n.4, v.19, p.229-236.

## ANEXO A

Ensaio utilizando coagulante sulfato de alumínio  
e água bruta da ETA Funil

# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 50uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 01/09/2008			Dosagem de melhor remoção: 15 mg/L				
		Coagulante: Sulfato Alúminio			Mistura Rápida		Floculação		
Turbidez inicial (uT)		Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
50		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
7,45		32							
Cor Aparente Inicial (UC)	Cor Real Inicial (UC)	Fe (µg/L)			Mn (µg/L)				
40	0	54,7			150				
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	50	50	50	50	50	50	50	50	50
2,5 min	12,44	7,2	4,19	7,19	8,16	8,67	10,26	26,5	34,8
5 min	10,47	4,23	2,48	3,34	5,34	5,16	9,25	19,59	36,3
7 min	9,5	3,59	2,19	3,38	4,09	4,14	7,28	16,47	36,6
10 min	7,92	4,48	1,27	2,21	3,53	3,14	6,28	15,94	32,9
15 min	6,78	5,72	1,63	2,32	3,55	4,01	4,04	10,25	34,2
30 min	6,41	4,24	1,84	2,18	2,8	2,83	3,4	7,32	34,5
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	10	5	5	5	5	5	5	10	40
pH final	7,19	7,16	7,12	6,94	6,92	6,9	6,88	6,84	6,68

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 50uT

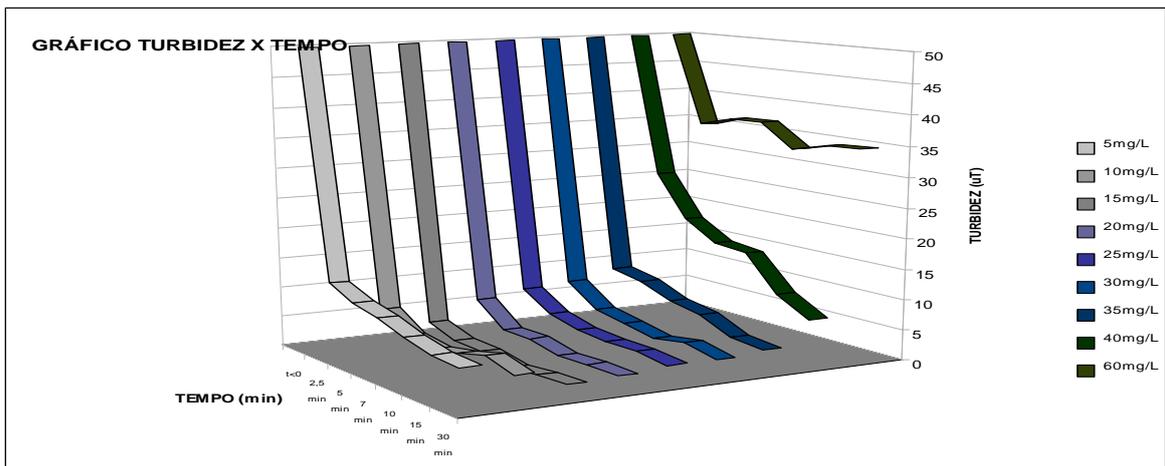
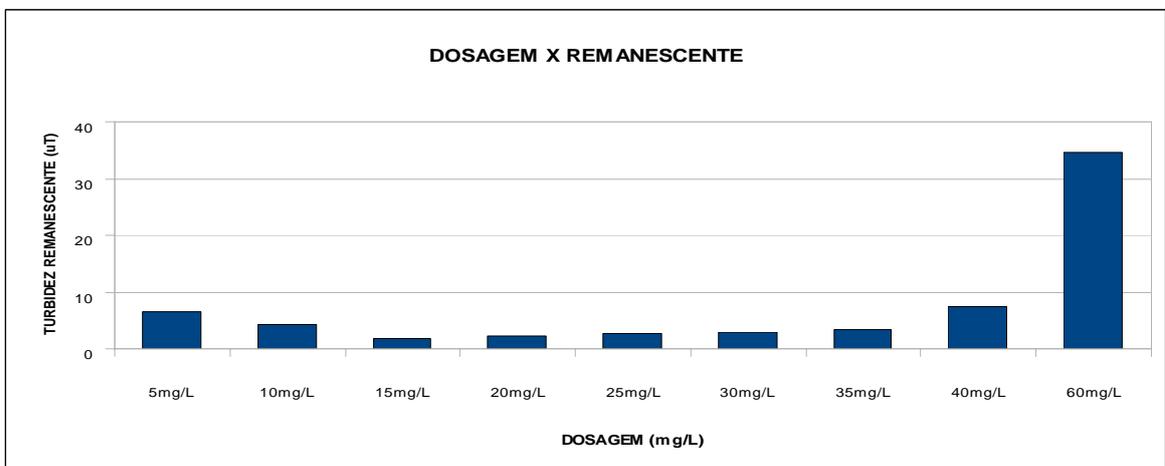


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 50uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 50uT

Ensaio de bancada Jar Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 04/09/2008			Dosagem de melhor remoção: 15 mg/L				
		Coagulante: Sulfato Aluminio			Mistura Rápida		Floculação		
		Temperatura: 25 ° C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
50		7,45			26				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
40		0			65,5		150		
Turbidez(NTU)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	50	50	50	50	50	50	50	50	50
2,5 min	18,56	10,11	4,11	7,65	9,14	9,13	13,54	31,2	33,96
5 min	12,3	7,55	3,12	3,54	6,16	7,62	11,26	21,55	32,4
7 min	10,11	4,82	2,54	3,32	5,37	5,76	9,66	18,46	31,6
10 min	8,3	4,55	1,85	3,01	4,82	4,48	5,68	16,03	32,5
15 min	7,9	5,16	1,72	2,31	3,98	4,72	5,71	16,82	32,2
30 min	7,12	4,72	1,02	2,03	3,1	4,19	4,31	9,14	32,8
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	10	10	5	5	5	5	10	10	35
pH final	7,12	7,08	7,01	6,85	6,79	6,77	6,78	6,71	6,54

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 50uT

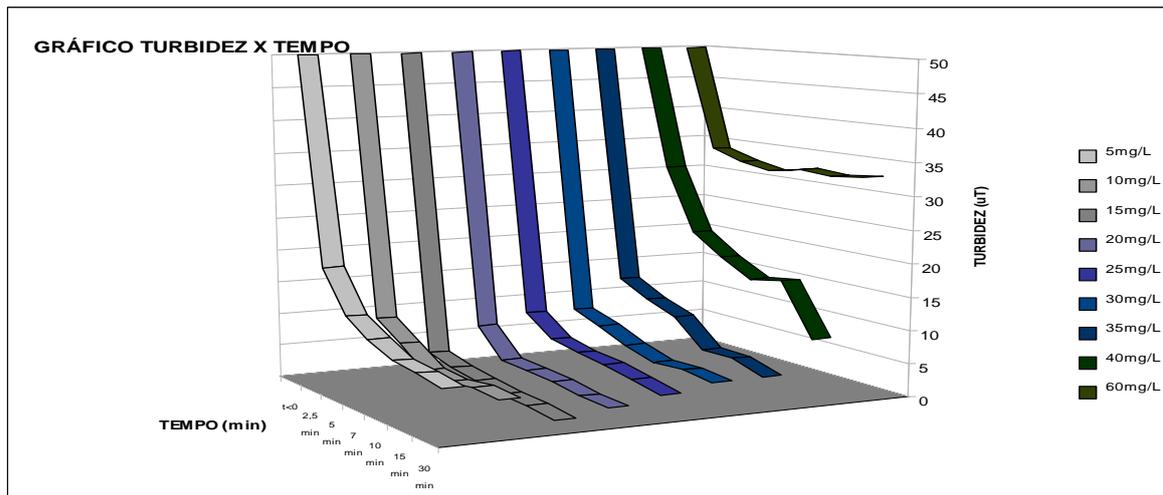
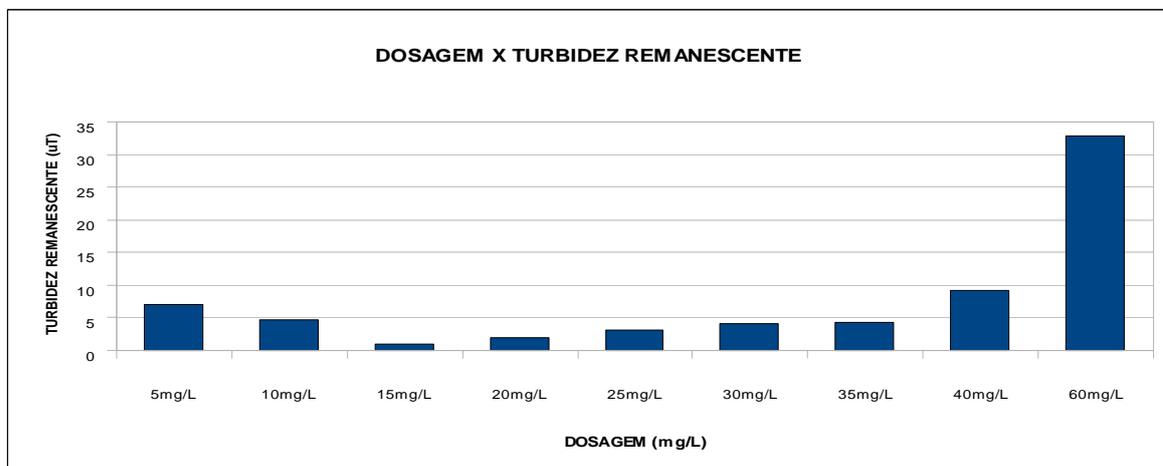


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 50uT



# 1º ENSAIO DE BANCADA (JART TEST) PARA 100uT

Ensaio de bancada Jar-Test										
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:07/09/2008					Dosagem de melhor remoção: 20 mg/L				
	Coagulante: Sulfato Alumínio					Mistura Rápida		Floculação		
Temperatura: 25 ° C					Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)					pH Inicial		Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
100					7,49		29			
Cor Aparente Inicial (UC)					Cor Real Inicial (UC)		Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
100					0		69,8		161	
Turbidez (uT)										
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L	
t<0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
2,5 min	29,1	16,02	15,95	8,2	15,1	9,02	25,8	52	91	
5 min	16,9	15,82	9,28	4,52	8,41	5,21	5,98	29	61	
7 min	13,69	6,12	3,17	2,75	3,7	3,3	4,71	30,2	50,2	
10 min	14,51	4,01	2,07	1,27	2,18	1,41	1,97	21,9	47	
15 min	12,55	3,82	1,65	1,09	1,17	1,09	1,55	17,56	50	
30 min	10,55	2,88	1,52	0,83	0,86	0,96	2,1	21	53	
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cor Aparente	15	10	5	5	5	5	5	10	25	
pH final	7,23	7,18	7,09	6,98	6,89	6,71	6,7	6,63	6,58	

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 100 uT

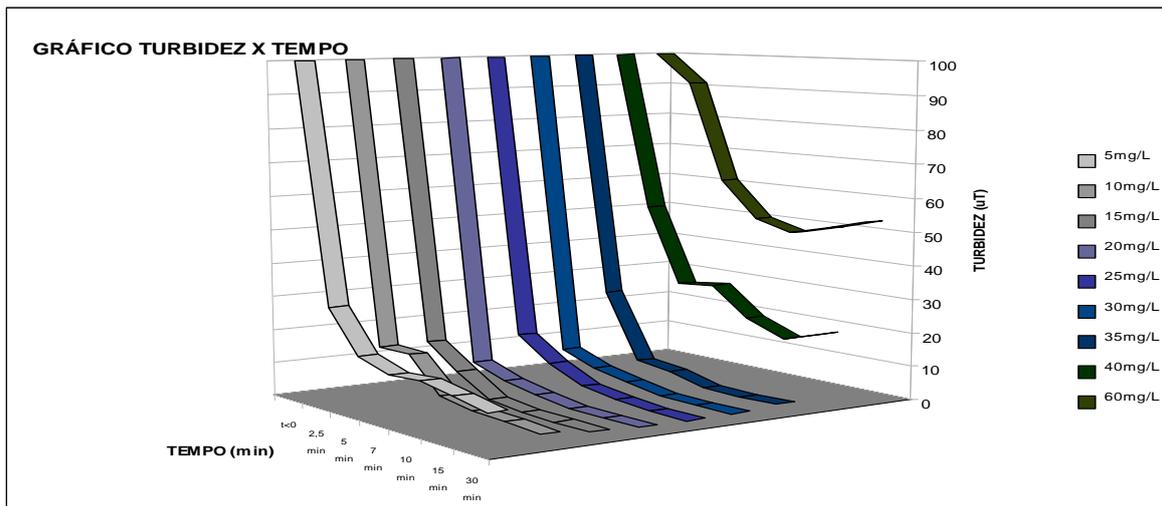
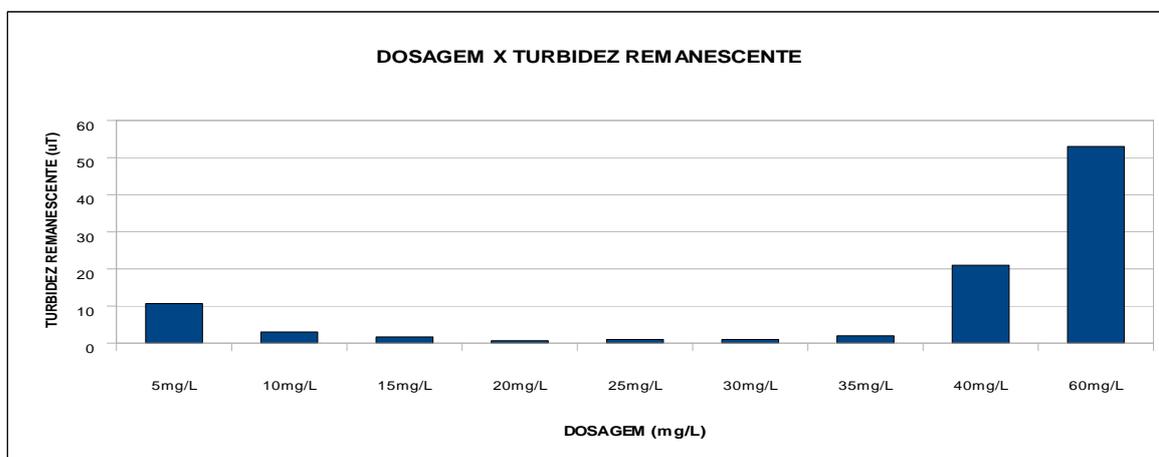


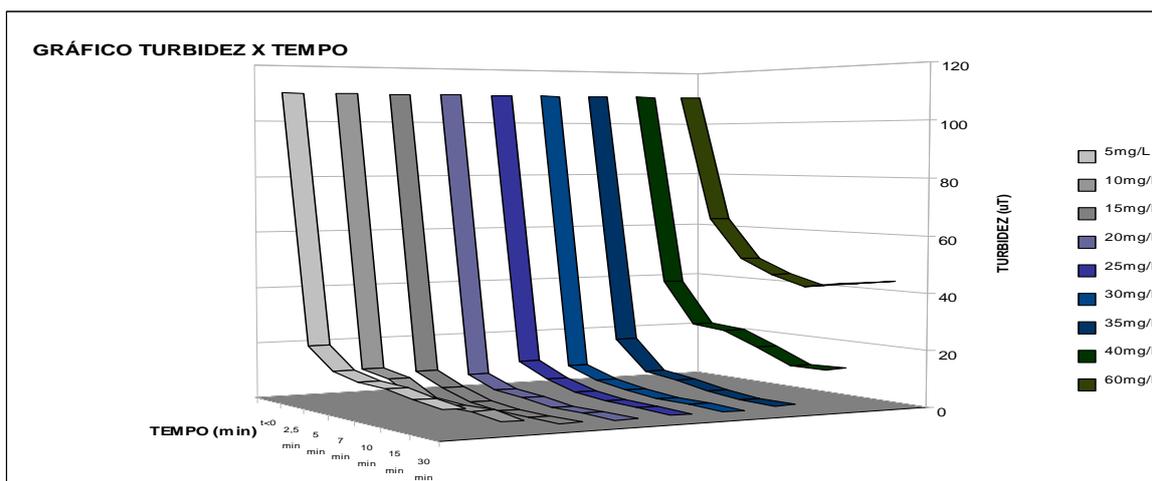
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 100 uT



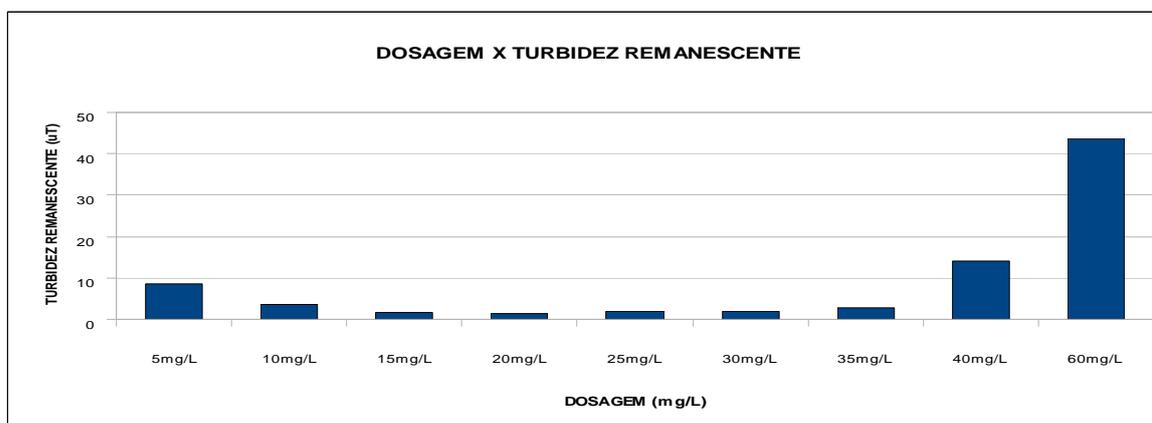
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 100uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:10/09/2008				Dosagem de melhor remoção: 20 mg/L				
	Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/l CaCO <sub>3</sub>				
100		7,72			29				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial(UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L )		
100		0			69,66		222		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	110	110	110	110	110	110	110	110	110
2,5 min	20,77	11,61	10,07	7,69	11,63	8,84	18,03	39,25	62,9
5 min	13,68	10,02	5,88	3,93	6,87	5,18	7,61	24,29	48,65
7 min	11,59	4,85	2,68	3,06	3,89	3,72	5,99	23,33	43,4
10 min	11,21	4,24	1,67	1,74	2,85	2,27	4,12	18,92	39,95
15 min	9,66	4,77	1,64	1,7	2,36	2,55	2,79	13,9	42,1
30 min	8,48	3,56	1,68	1,5	1,83	1,89	2,75	14,16	43,75
Cor Real	5	0	0	0	0	0	0	5	50
Cor Aparente	15	5	5	5	5	5	5	120	>250
pH final	7,71	7,64	7,6	7,51	7,45	7,3	7,21	7,01	6,9

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 100uT



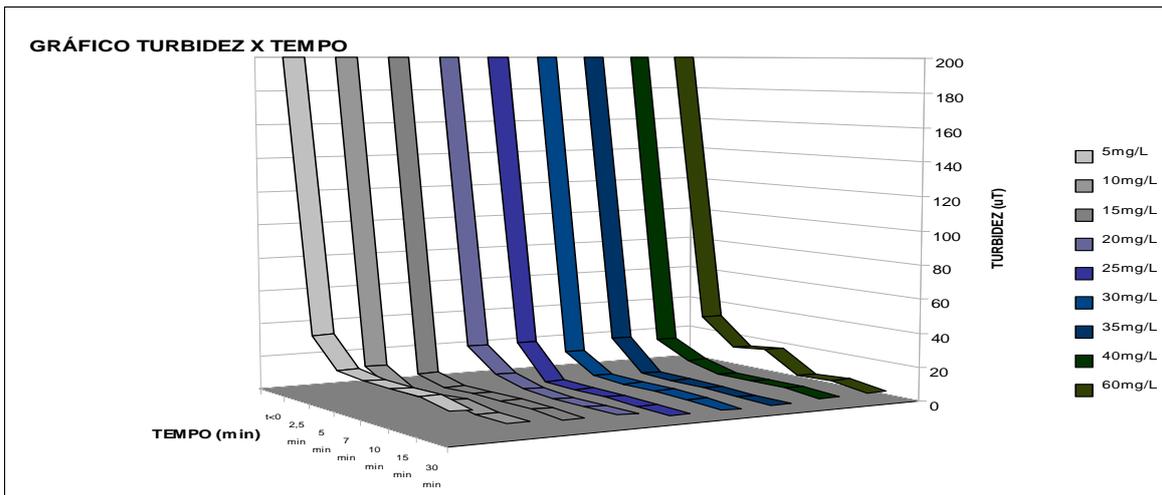
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENASCENTE PARA 100uT



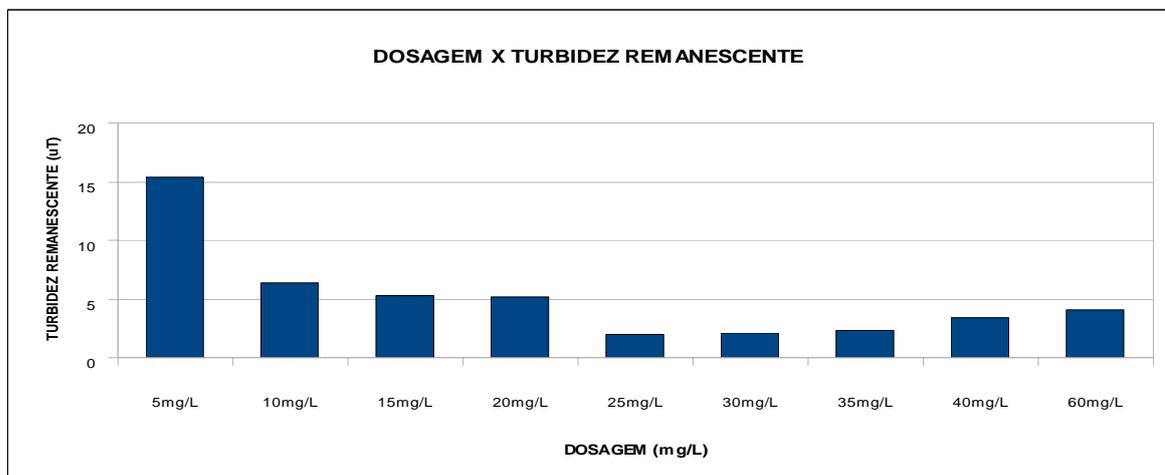
# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 200uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 13/09/2008			Dosagem de melhor remoção: 25 mg/L				
		Coagulante: Sulfato Aluminio			Mistura Rápida		Floculação		
Turbidez inicial (uT)		Temperatura: 25 ° C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
200		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
160		7,45			27				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
160		0			69,66		214		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t=0	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2,5 min	37,6	16,94	10	24,5	24,5	16,5	22,8	19,58	32,6
5 min	20,8	7,33	5,87	11,34	4,08	5,63	4,21	10,13	16,38
7 min	18,96	7,55	6,53	6,67	3,77	4,37	3,91	5,24	18,31
10 min	18,74	9,87	6,89	5,08	3,67	4,55	3,82	5,35	6,25
15 min	19,01	6,47	6,5	5,08	2,37	3,67	2,88	5,51	7,51
30 min	15,42	6,36	5,27	5,21	2	2,07	2,29	3,38	4,03
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	25	15	5	5	5	5	5	10	15
pH final	7,32	7,24	7,12	6,98	6,87	6,72	6,65	6,61	6,49

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 200uT



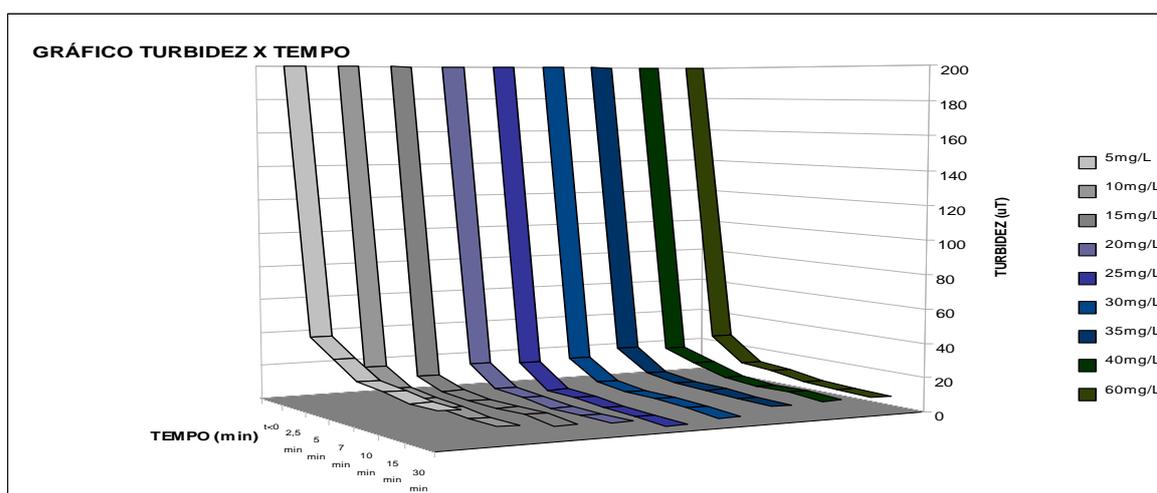
## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 200uT



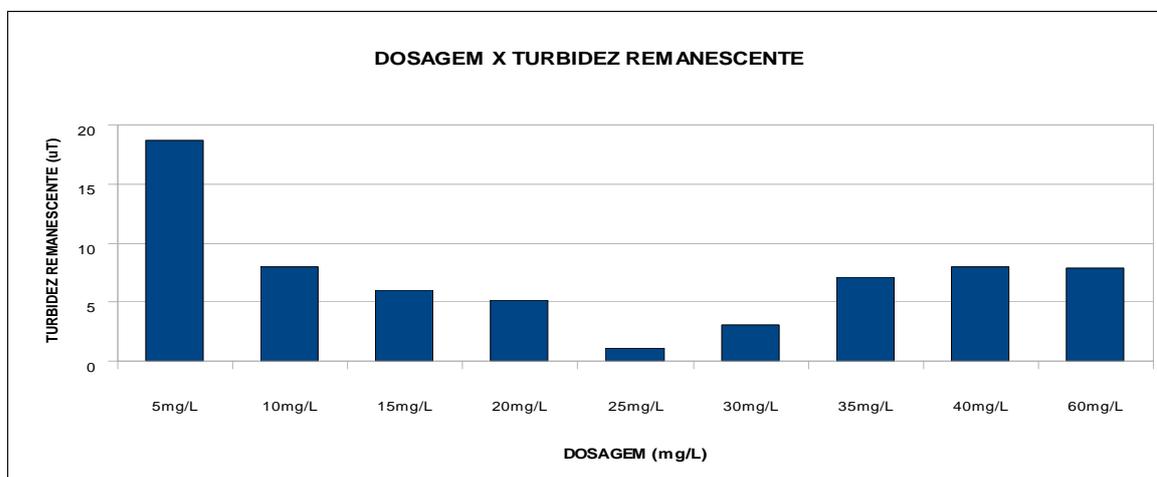
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 200uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>										
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 16/09/2008			Dosagem de melhor remoção: 25 mg/L					
		Coagulante: Sulfato Aluminio			Mistura Rápida		Floculação			
		Temperatura: 25 ° C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>					
200		7,55			31					
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)			
160		0			69,3		222			
Turbidez (uT)										
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L	
t<0	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
2,5 min	41,7	21,41	13,96	19,51	18,11	18,91	23,8	22,09	28,14	
5 min	31,54	12,56	8,91	8,51	5,19	8,19	11,51	15,91	14,11	
7 min	22,75	10,54	7,51	6,91	4,98	6,16	9,09	10,5	12,87	
10 min	21,03	9,56	7,16	4,98	3,11	5,98	8,81	8,76	9,64	
15 min	18,36	7,85	7,91	5,04	2,01	4,9	7,92	9,51	8,62	
30 min	18,65	7,96	6,02	5,12	1,05	3,05	7,12	8,01	7,92	
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cor Aparente	20	15	10	5	5	5	5	10	20	
pH final	7,21	7,15	7,09	6,98	6,81	6,75	6,69	6,6	6,39	

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 200uT



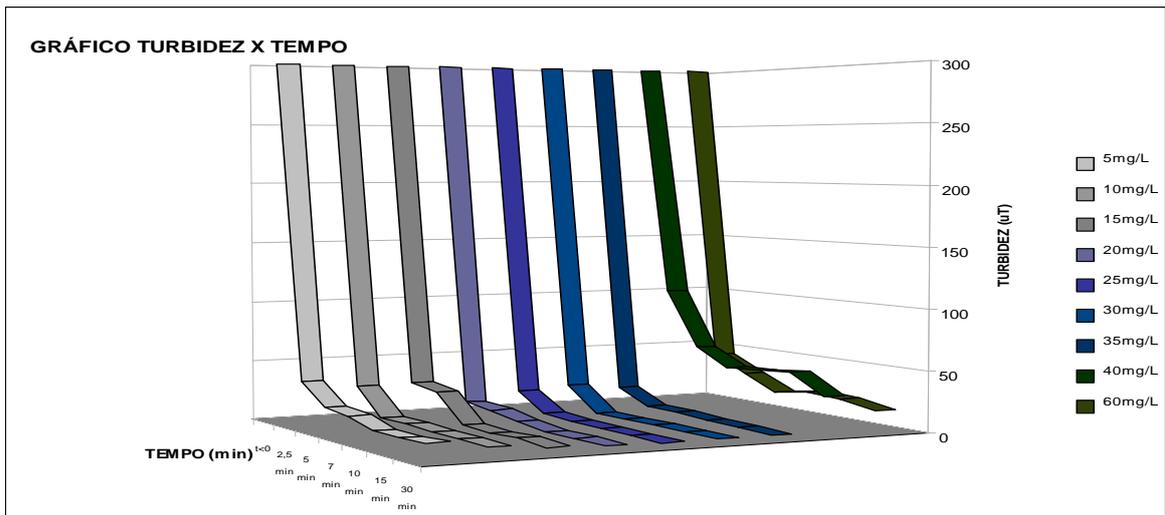
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 200uT



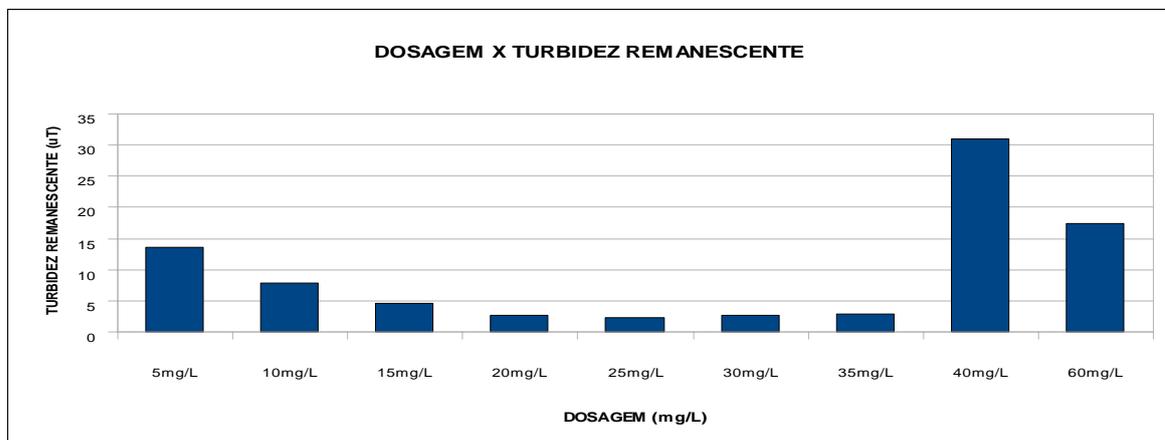
# 1º ENSAIO DE BANCADA (JART TEST) PARA 300uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 19/09/2008				Dosagem de melhor remoção: 25 mg/L			
		Coagulante: Sulfato Aluminio				Mistura Rápida		Floculação	
Turbidez inicial (uT)		Temperatura: 25 ° C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)
300		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
7,82		31				Cor Real Inicial (UC)		Fe (µg/L)	
>250		0				67,3		Mn (µg/L)	
208		Turbidez (uT)							
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2,5 min	37,5	31,6	32,4	13,32	20,06	23,2	18,88	103	44,4
5 min	20,77	10,3	28,9	11,1	6,39	3,18	6,66	56,5	31,5
7 min	18,94	10,27	6,81	6,66	4,07	3,21	6,59	42,2	19,4
10 min	12,64	8,91	5,02	3,19	3,17	3,2	5,07	44	23,5
15 min	12,65	8,69	6,41	3,43	2,65	3,09	3,61	46,2	21,6
30 min	13,62	7,88	4,59	2,67	2,21	2,73	2,86	30,9	17,4
Cor Real	0	0	0	0	0	0	10	30	>250
Cor Aparente	5	5	5	5	5	5	25	35	>250
pH final	7,8	7,79	7,55	7,49	7,3	7,15	7	6,9	6,81

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 300uT



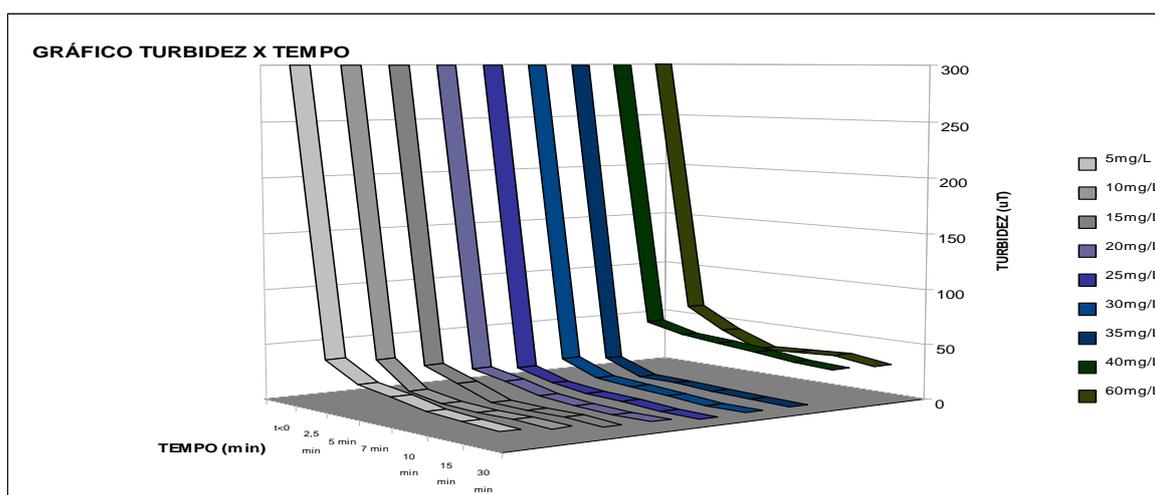
## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 300uT



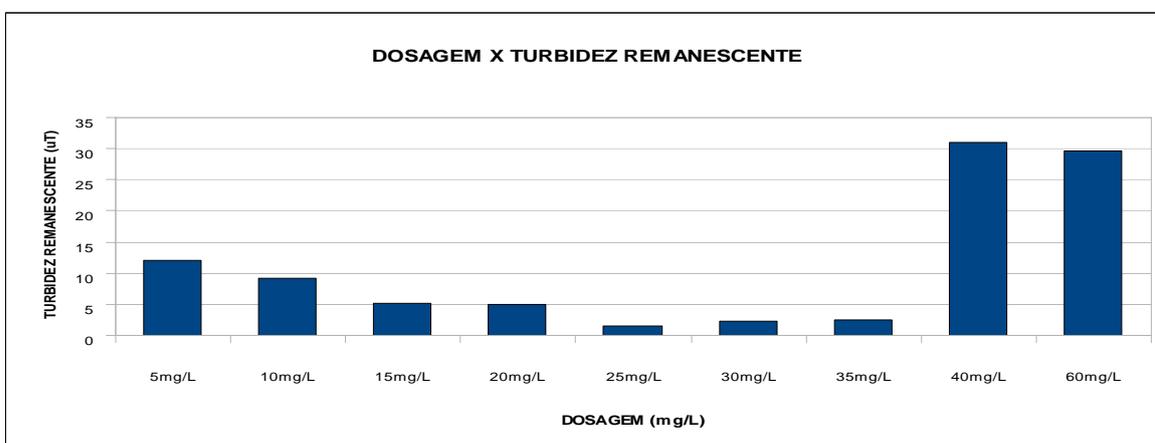
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 300uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>										
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 22/09/2008			Dosagem de melhor remoção: 25 mg/L					
		Coagulante: Sulfato Aluminio			Mistura Rápida		Floculação			
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Tmr: 10s		Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min		Gf: 20(s-1)
300		7,52			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>					
28		Cor Real Inicial (UC)		Fe (µg/L)		Mn (µg/L)				
>250		0		70,9		227				
Turbidez (uT)										
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L	
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	
2,5 min	42,6	38,2	29,13	21,51	18,52	22,54	18,88	51	62	
5 min	26,98	15,62	18,54	15,96	9,81	10,24	6,66	42,9	43,7	
7 min	22,15	11,54	7,8	8,54	5,6	7,25	6,59	39,8	30,6	
10 min	15,65	9,75	6,89	5,62	4,53	5,4	5,07	36,78	32,8	
15 min	13,98	10,25	7,41	4,58	2,01	2,65	3,61	32,47	34,6	
30 min	12,05	9,26	5,16	5,06	1,62	2,31	2,54	30,9	29,61	
Cor Real	10	5	0	0	0	0	10	30	30	
Cor Aparente	20	10	5	5	5	5	20	35	40	
pH final	7,34	7,27	7,21	7,15	7,08	6,94	6,86	6,79	6,65	

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 300uT



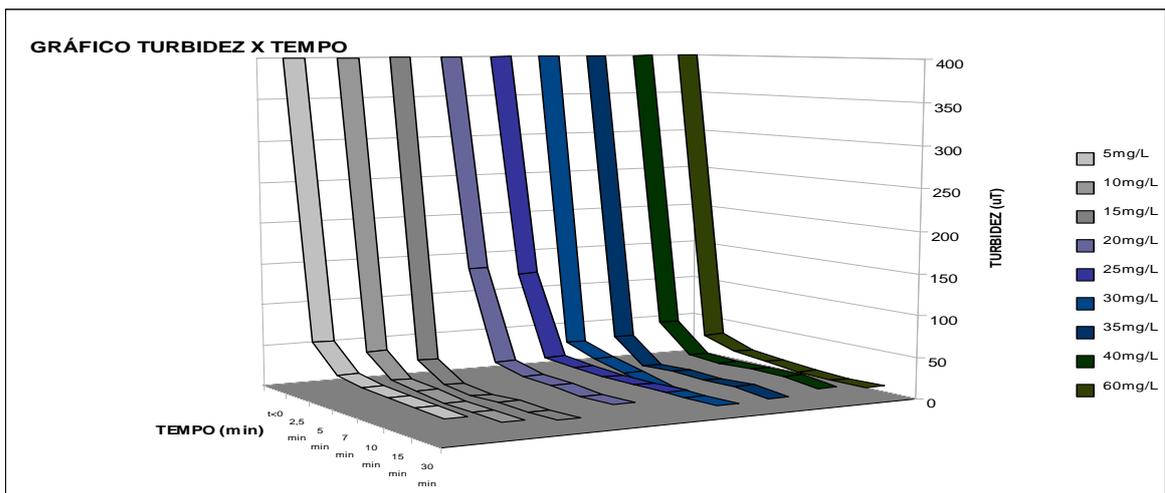
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 300uT



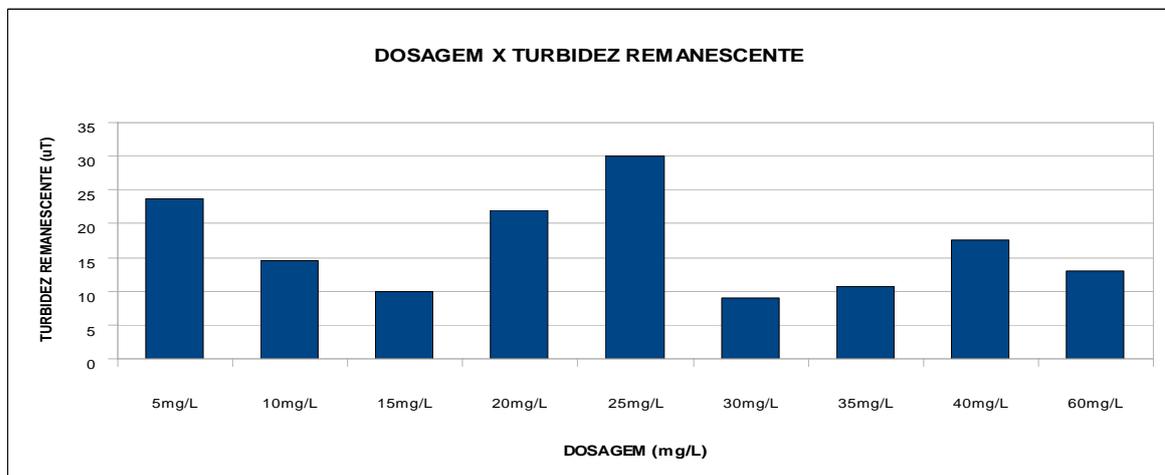
# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 400uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação:25/09/2008			Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L				
		Coagulante: Sulfato Alumínio			Mistura Rápida		Floculação		
		Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
400		7,51			28				
Cor Aparente (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			70,2		214		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	400	400	400	400	400	400	400	400	400
2,5 min	64,1	47,9	32,5	142	132	40	43,2	57,2	35,3
5 min	33,9	22,5	11,69	34,1	34,6	28	13,73	22,9	22,5
7 min	29,1	19,45	7,56	25,9	31,5	19,42	15,88	21,3	18,07
10 min	26,6	14,58	10,13	24,8	28,7	9,47	13,88	22,4	13,95
15 min	25,7	15,25	9,3	21,3	28,9	8,07	15,77	23	12,44
30 min	23,7	14,44	9,88	21,9	30,1	9,06	10,75	17,55	13,04
Cor Real	10	5	0	0	0	0	10	30	30
Cor Aparente	20	10	5	5	5	5	20	35	40
pH final	7,34	7,27	7,21	7,15	7,08	6,94	6,86	6,79	6,65

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 400uT



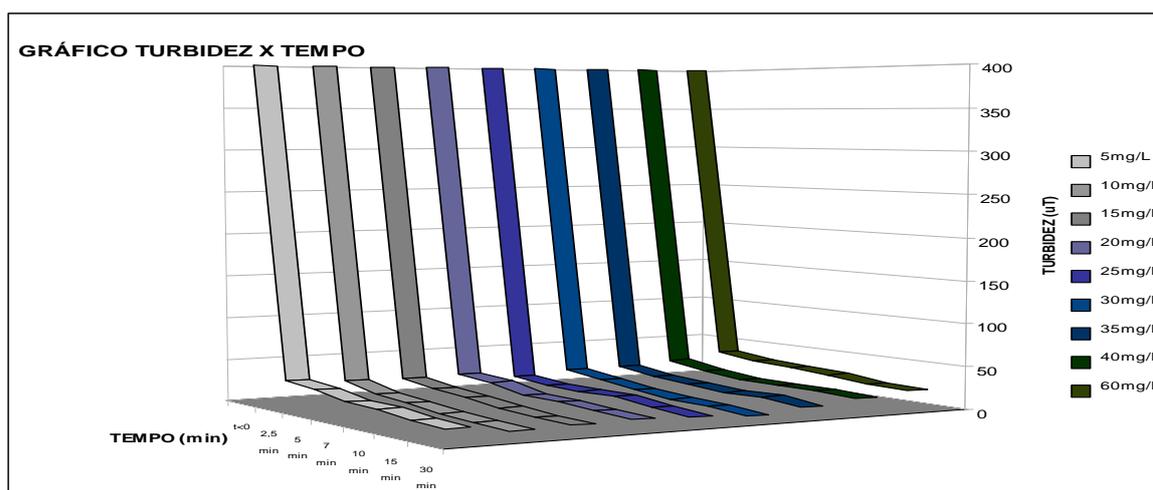
## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 400uT



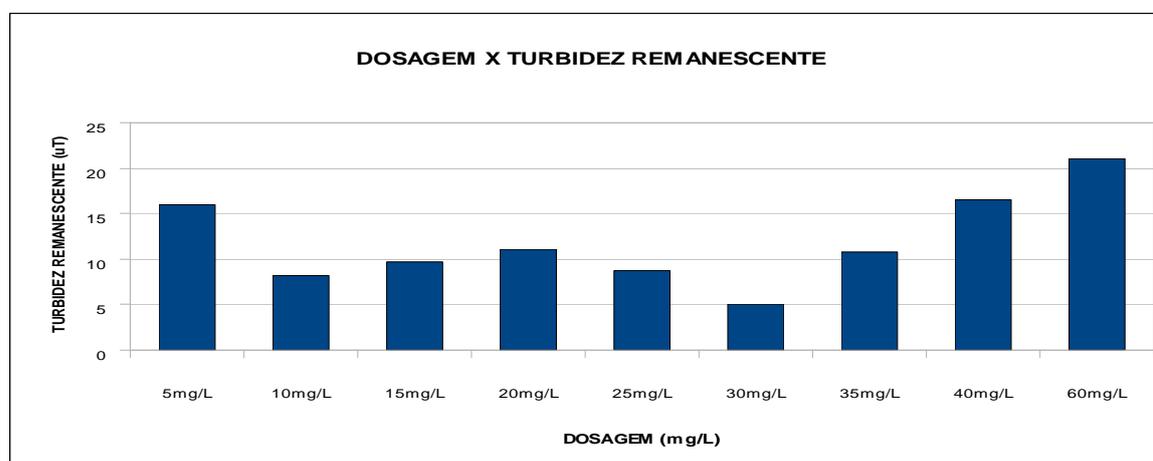
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 400uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 29/09/2009					Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L			
	Coagulante: Sulfato Aluminio					Mistura Rápida		Floculação	
	Temperatura: 25 ° C					Tmr: 10s	Gmr: 110s-1	Tf: 20min	Gf: 20s-1
Turbidez inicial (uT)	pH inicial					Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
400	7,45					30			
Cor Aparente Inicial (UC)	Cor Real Inicial (UC)					Fe(µg/L)		Mn(µg/L)	
>250	5					72,4		213	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	400	400	400	400	400	400	400	400	400
2,5 min	32,7	29	27,3	28,96	21,3	25,9	26,4	30,1	37,2
5 min	29,54	19,68	22,3	24,91	17,52	19,84	20,31	22,5	31,2
7 min	22,61	16,5	18,24	16,54	16,84	14,32	17,54	18,27	29,54
10 min	21,97	12,34	13,94	15,94	18,54	10,32	13,88	17,95	27,01
15 min	17,16	9,87	10,48	13,2	12,34	9,17	15,77	18,73	22,36
30 min	15,93	8,14	9,73	11,02	8,75	5,12	10,75	16,54	21,06
Cor Real	10	5	5	0	0	0	5	20	20
Cor Aparente	35	20	5	5	5	5	20	35	40
pH final	7,29	7,24	7,19	7,13	7,04	6,96	6,84	6,79	6,61

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 400uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 400uT



# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 500uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação:01/10/2008				Dosagem de melhor remoção: 35mg/L			
		Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação	
Turbidez inicial (uT)		Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20mm	Gf:20(s-1)
500		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
7,2		29							
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
>250		5				69,17		208	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2,5 min	41,7	17,26	25,2	58,8	29,9	33,6	29,8	35,8	35,2
5 min	38,2	20,7	9,31	9,55	7,55	7,08	6,09	9,21	25,71
7 min	34,7	11,63	6,35	7,23	5,05	3,55	3,12	4,55	12,95
10 min	35,5	7,8	4,38	6,12	5,12	3,82	2,85	5,82	12,74
15 min	36,5	6,63	3,85	4,35	4,68	4,68	4,07	5,85	9,58
30 min	35,4	5,08	3,63	1,64	1,94	1,05	0,75	1,31	8,87
Cor Real	5	5	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	50	25	5	5	5	5	5	5	30
pH final	6,82	6,62	6,58	6,54	6,37	6,27	6,18	5,98	5,39

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 500uT

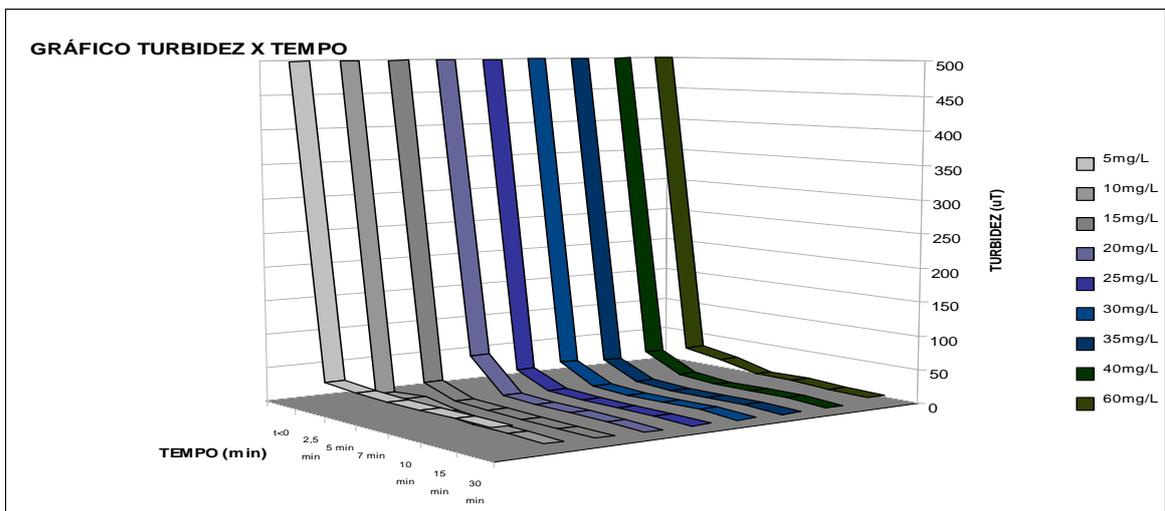
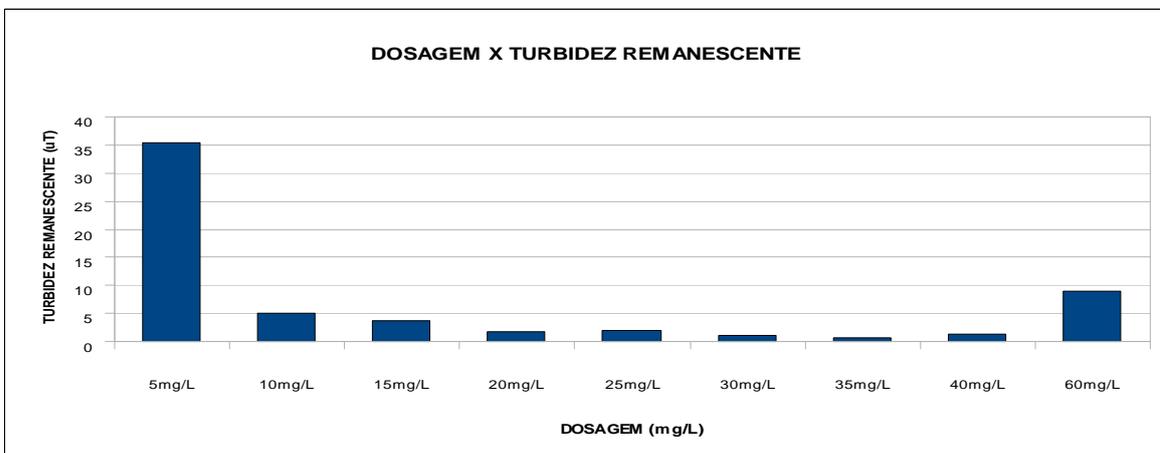


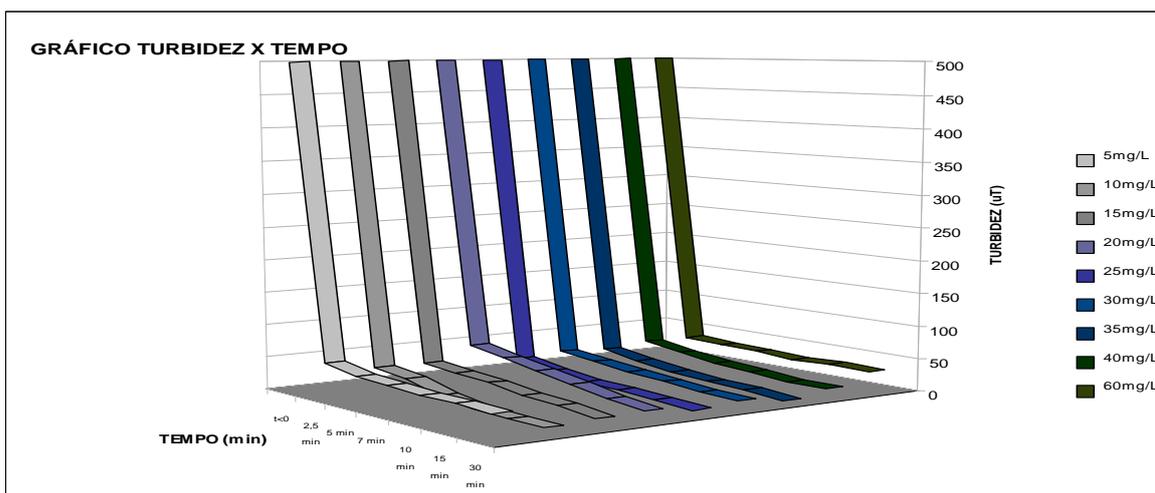
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 500uT



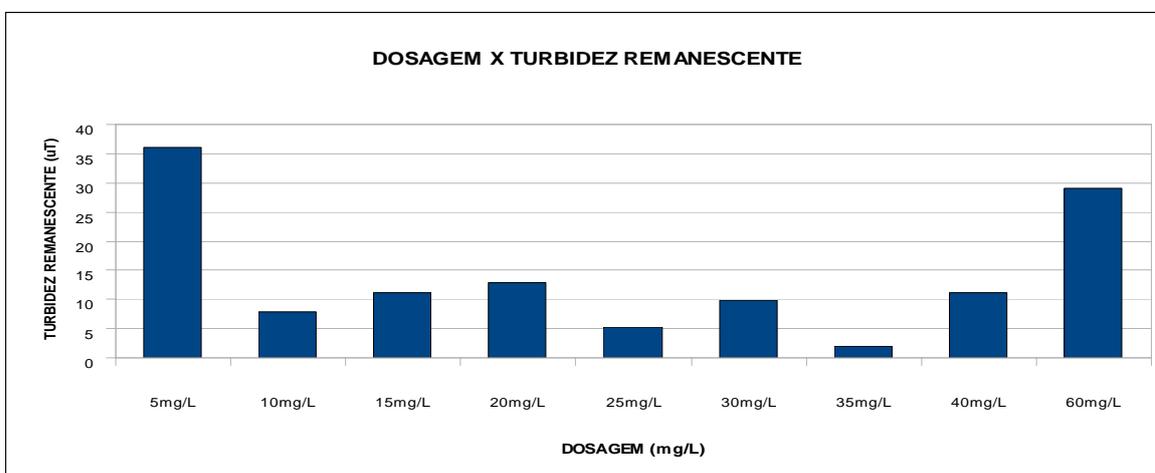
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 500uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
<b>Local de Origem: ETA Funil</b>	Identificação: 04/10/2008			Dosagem de melhor remoção: 35mg/L					
	Coagulante: Sulfato Alumínio			Mistura Rápida			Floculação		
	Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
500		7,3				32			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			68,3		214		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t=0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2,5 min	54,2	39,5	37,5	58,8	29,9	33,6	29,8	35,8	35,2
5 min	43,8	32,8	32,4	48,3	19,87	27,56	21	26,9	32,5
7 min	41,6	18,4	29,41	38,61	14,13	21,02	13,28	20,13	31,2
10 min	38,6	11,23	21,1	29,7	12,02	17,4	9,12	15,45	28,13
15 min	39,2	8,4	18,4	19,85	8,6	12,3	7,95	10,4	30,5
30 min	36,1	7,95	11,23	12,9	5,16	9,81	2,02	11,25	29,1
Cor Real	5	5	0	0	0	0	0	0	5
Cor Aparente	50	25	10	5	5	5	5	15	30
pH final	7,02	6,94	6,86	6,79	6,75	6,77	6,62	6,53	6,39

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 500uT



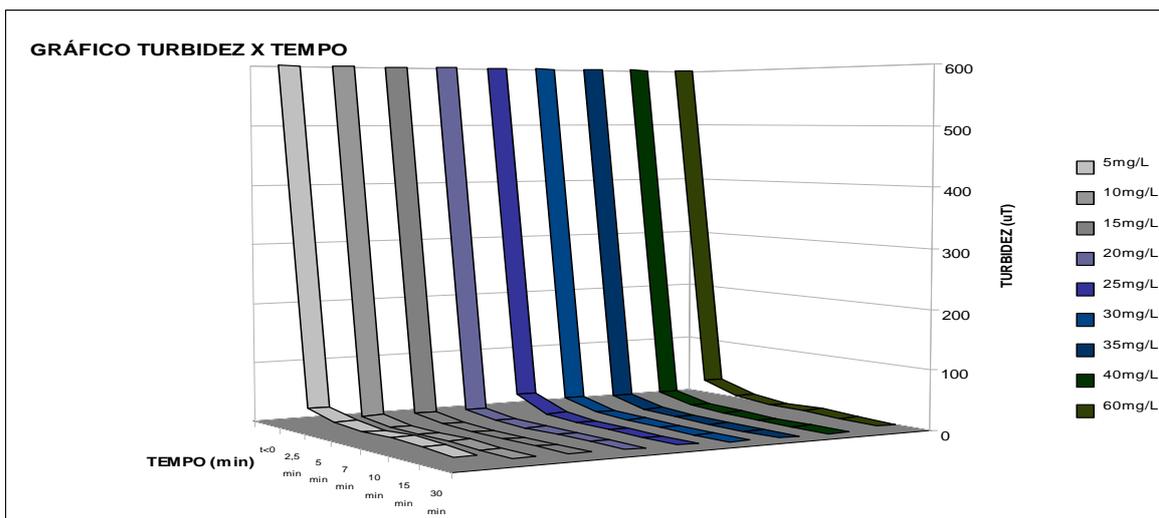
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 500uT



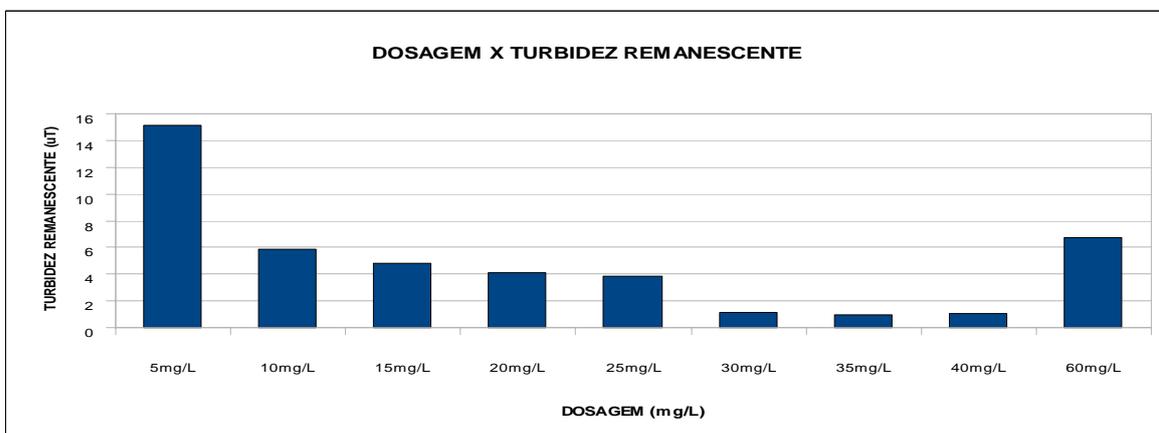
# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 600uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação:07/10/2008			Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L				
		Coagulante: Sulfato Aluminio			Mistura Rápida		Floculação		
		Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
600		7,29			30				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			74,2		254		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	600	600	600	600	600	600	600	600	600
2,5 min	35,8	16,14	15,03	14,87	35,01	23,04	19,8	21,14	35,5
5 min	23,8	8,13	7,75	6,98	11,12	8,13	6,54	7,14	17,8
7 min	19,13	7,75	5,14	4,95	6,83	5,13	3,14	4,08	11,09
10 min	21,14	8,98	5,03	5,55	5,64	3,18	1,04	1,37	12,03
15 min	18,19	6,14	4,93	5,01	4,18	1,03	0,63	1,25	8,14
30 min	15,13	5,86	4,78	4,15	3,82	1,12	0,93	1,01	6,75
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	20	20	15	10	10	10	10	15	20
pH final	7,11	7,06	7,04	6,96	6,87	6,81	6,74	6,62	6,42

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 600uT



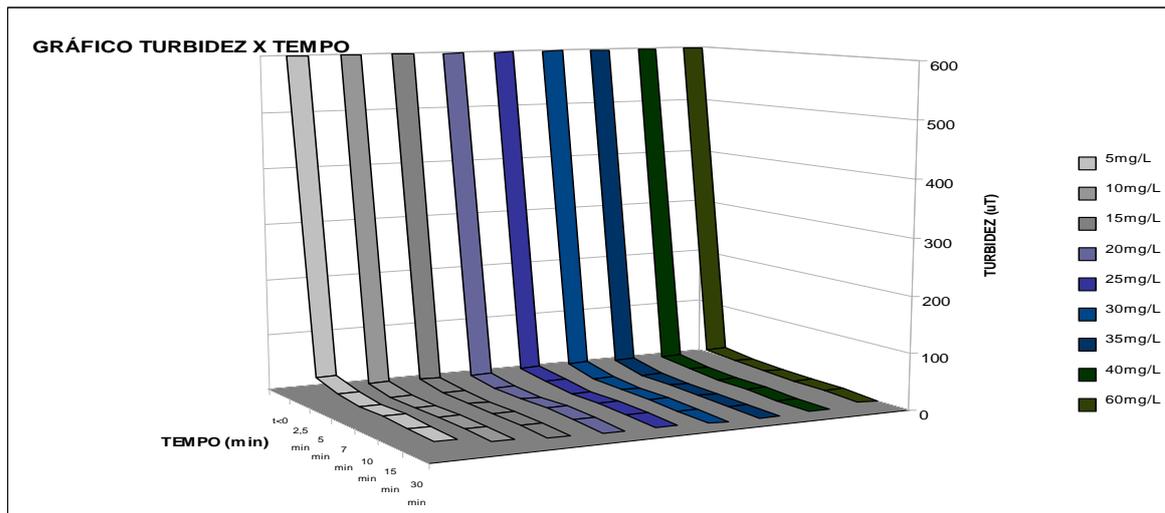
## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 600uT



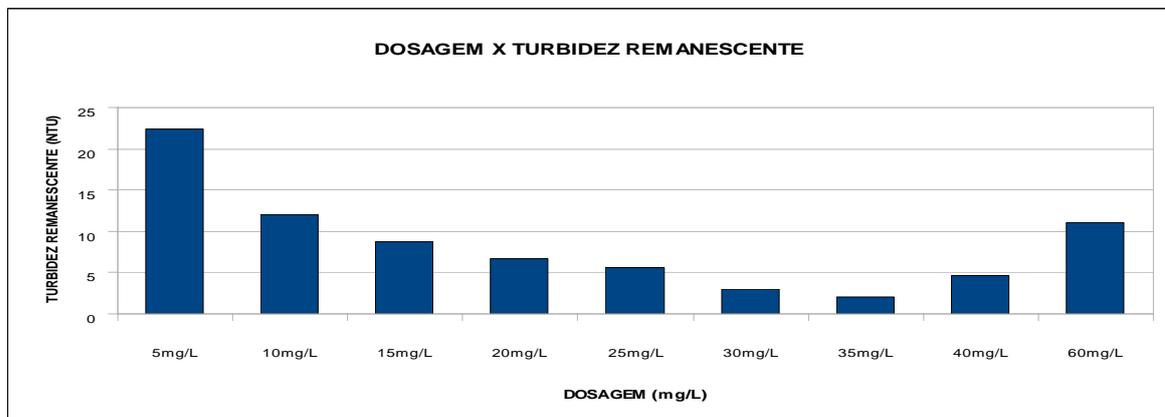
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 600uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 10/10/2008			Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L					
	Coagulante: Sulfato Aluminio			Mistura Rápida			Floculação		
Turbidez inicial (uT)			pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
600			7,42			30			
Cor Aparente Inicial (UC)			Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
>250			5			70,8		254	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	600	600	600	600	600	600	600	600	600
2,5 min	42,7	24,2	22,4	21,8	26,14	26,7	24,9	23,15	29
5 min	31,2	15,9	15,6	13,94	18,3	13,97	12,5	15,84	23,16
7 min	25,1	14,65	12,6	11,7	12,47	10,34	9,63	10,94	18,9
10 min	26,85	15,7	12,84	12,6	12,8	8,71	7,52	9,77	16,29
15 min	25,01	13,95	11,6	11,95	10,4	6,02	5,13	6,21	15,3
30 min	22,4	12,01	8,76	6,71	5,61	2,98	2,05	4,62	11,13
Cor Real.	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	20	15	15	10	10	10	10	10	20
pH final	7,18	7,11	7,01	6,92	6,84	6,79	6,73	6,67	6,43

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 600uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 600uT



1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 700uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 13/10/2008			Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L				
		Coagulante: Sulfato Alumínio			Mistura Rápida		Floculação		
		Temperatura: 25 °C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
700		7,5			31				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			76,9		244		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	700	700	700	700	700	700	700	700	700
2,5 min	30,4	18,81	17,81	19,91	49,01	22,8	9,8	9,94	11,43
5 min	11,72	9,66	7,2	9,27	7,51	6,63	5,16	2,88	4,81
7 min	8,9	5,69	7,8	9,25	6,5	1,57	0,67	0,89	2,05
10 min	8,41	3,79	5,06	2,25	2,78	2,88	0,57	0,85	1,75
15 min	11,73	5,55	8,07	2,18	3,19	2,23	1,2	1,04	1,22
30 min	8,24	3,81	4,67	4,65	3,6	8,56	0,96	4,14	3,75
Cor Real.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	20	10	10	10	10	5	5	5	5
pH final	7,2	7,12	7,08	7,06	6,96	6,9	6,89	6,81	6,73

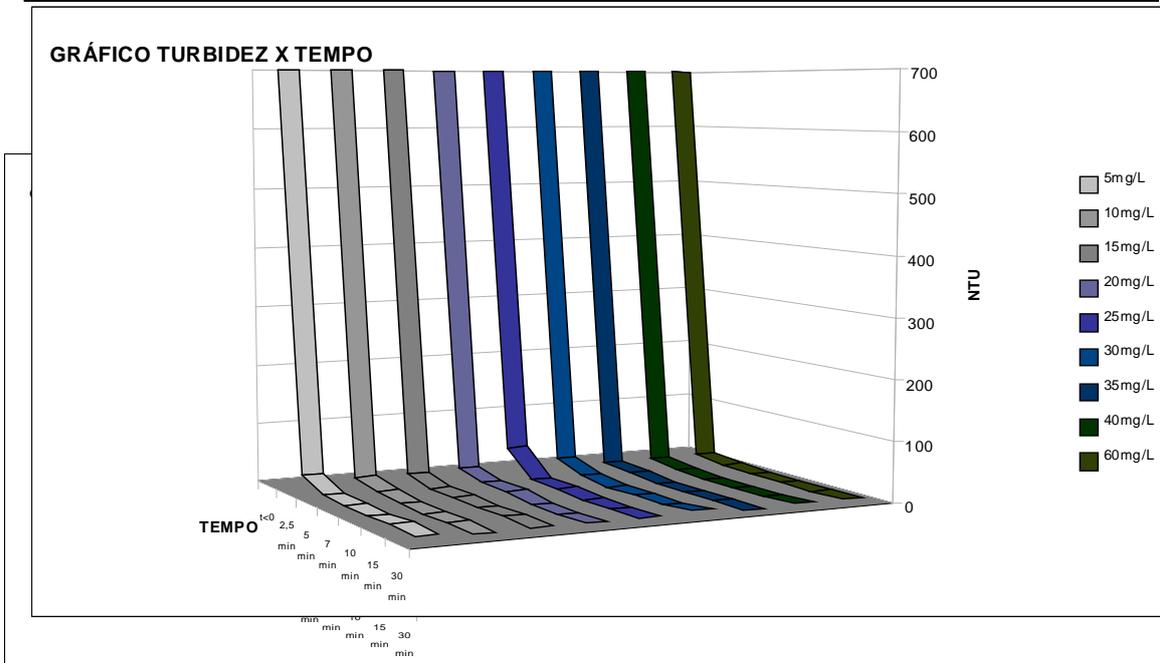
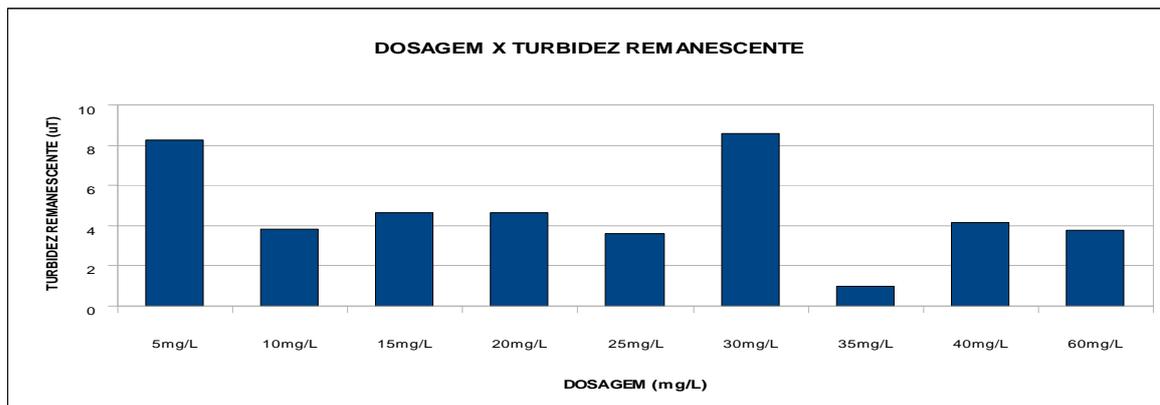


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENASCENTE PARA 700uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 700uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 16/10/2008				Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L			
		Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação	
		Temperatura: 25 ° C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
700		7,45				31			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
>250		5				79,4		252	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	700	700	700	700	700	700	700	700	700
2,5 min	40,8	25,6	24,82	25,64	27,8	25,31	19,22	21,5	25,1
5 min	22,6	16,8	16,91	16,8	15,74	16,9	11,3	15,94	14,22
7 min	14,16	12,46	15,02	15,5	12,9	9,12	7,65	9,88	10,24
10 min	9,8	10,26	12,67	9,6	9,12	8,71	5,6	8,76	9,5
15 min	13,4	12,95	12,7	9,98	7,61	9,12	2,15	8,12	7,64
30 min	12,37	10,14	11,16	8,16	6,88	6,31	1,68	5,45	6,55
Cor Real.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	20	10	10	10	10	10	5	5	5
pH final	7,13	7,04	7	6,96	6,91	6,84	6,79	6,71	6,55

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 700uT

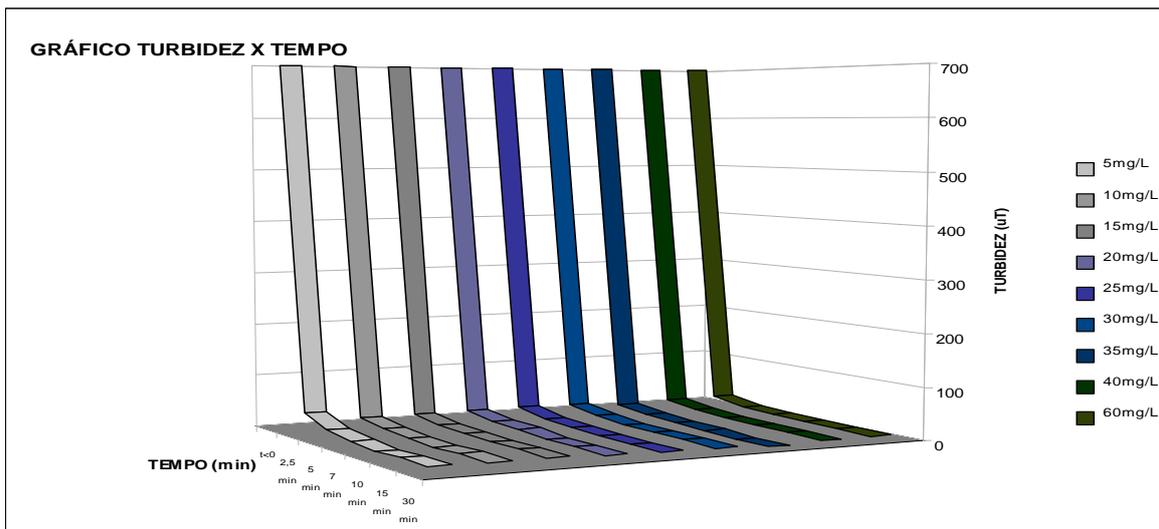
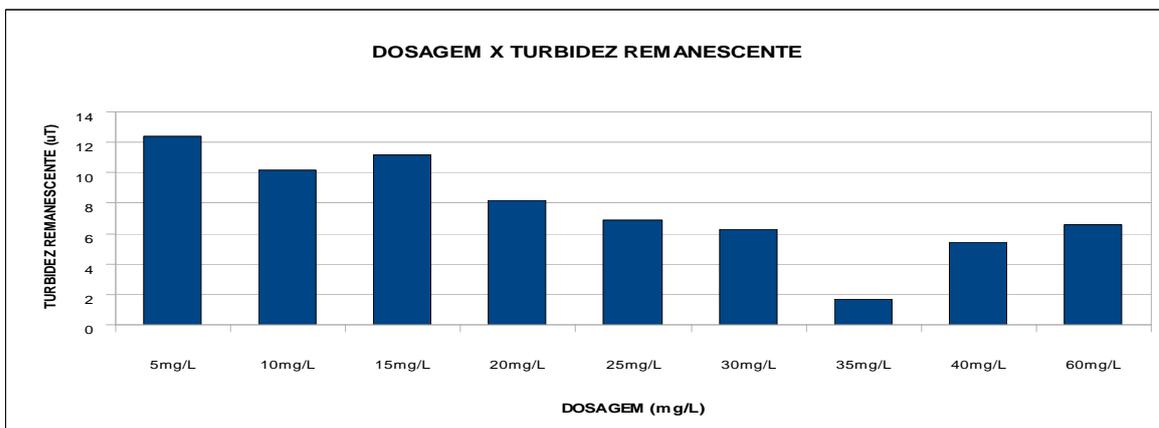


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 700uT



# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 800uT

Ensaio de bancada Jar-Test										
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 19/10/2008					Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L				
	Coagulante: Sulfato Alumínio					Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C					Tmr:10s	Gmr:110s-1	Tf:20min	Gf:20s-1	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial					Alcalinidade total mg/l CaCO <sub>3</sub>			
800		7,31					32			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)					Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
>250		5					80,4		252	
Turbidez (uT)										
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L	
t<0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	
2,5 min	80,9	35,4	29,4	39,5	31,3	34,4	41,7	34,6	31,5	
5 min	42,7	11,93	10,21	15,69	7,59	13,03	7,28	9,08	10,71	
7 min	38,7	9,67	10,01	11,52	6,93	5,34	4,29	4,91	5,15	
10 min	37,7	10,41	10,22	7,18	2,39	4,03	3,96	2,44	3,84	
15 min	36,3	10,22	7,59	4,46	3,09	2,24	1,67	2,95	5,22	
30 min	33,2	8,2	7,08	2,72	1,66	1,3	0,69	0,86	1,8	
pH ótimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cor Aparente	40	10	5	5	5	5	5	5	5	
pH final	7,17	7,15	7,14	7,08	7,01	6,96	6,88	6,81	6,62	

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 800uT

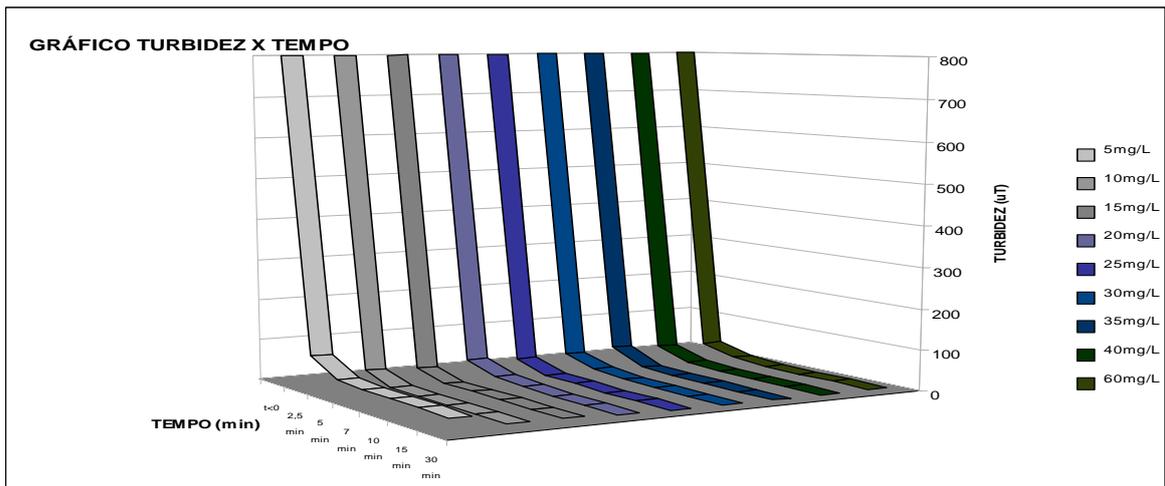
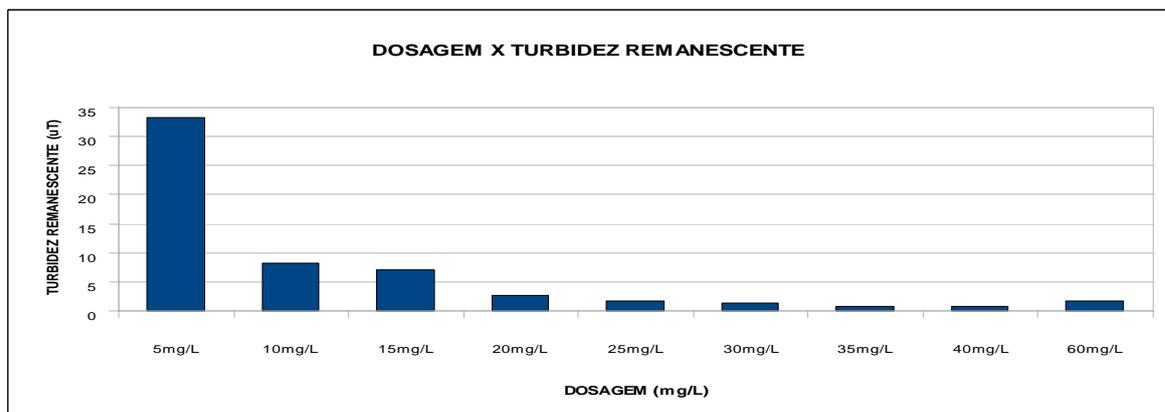


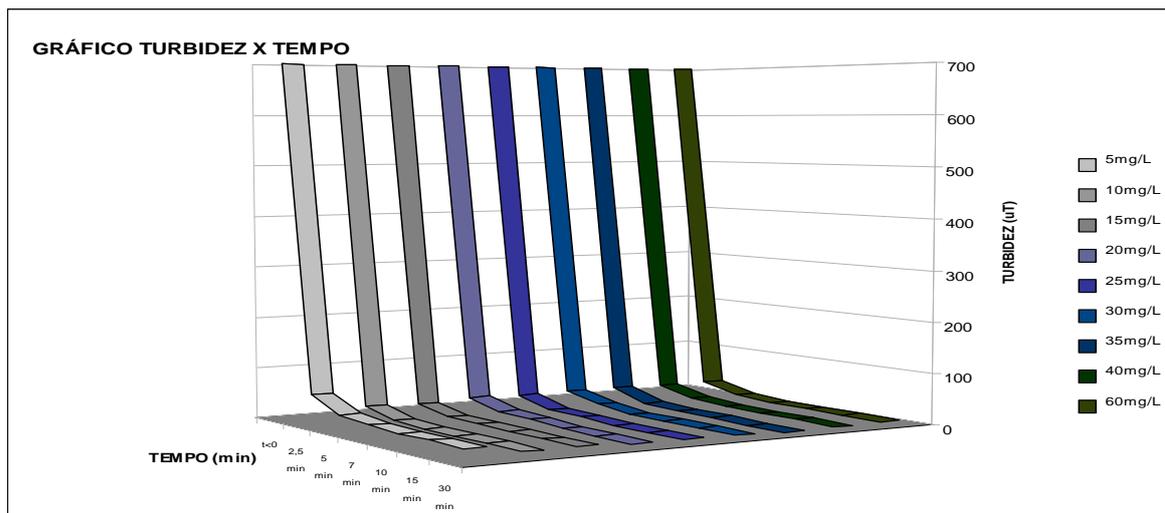
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 800uT



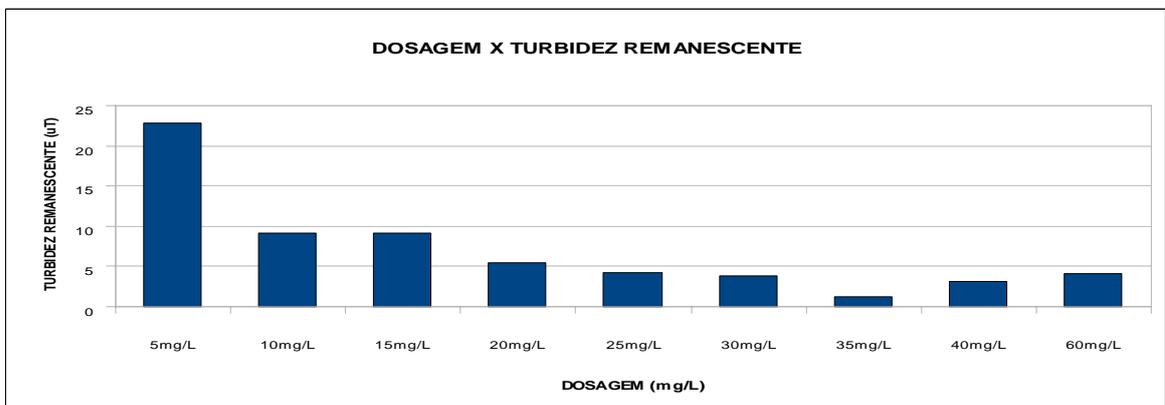
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 800uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 22/10/2008				Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L			
		Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação	
		Temperatura: 25 ° C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
700		7,45				29			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)		Fe (µg/L)		Mn (µg/L)			
>250		5		84,4		272			
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	700	700	700	700	700	700	700	700	700
2,5 min	60,85	30,5	27,11	32,57	29,55	29,86	30,46	28,05	28,3
5 min	32,65	14,36	13,56	16,26	11,67	14,97	9,29	12,51	12,47
7 min	26,43	11,07	12,52	13,51	9,92	7,23	5,97	7,38	7,64
10 min	23,75	10,34	11,45	8,39	5,76	6,37	4,78	5,6	6,67
15 min	24,85	11,59	10,16	7,22	5,35	5,68	1,91	5,56	6,43
30 min	22,78	9,17	9,12	5,44	4,27	3,81	1,19	3,14	4,13
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	50	35	10	10	5	5	5	5	10
pH final	7,21	7,15	7,07	6,98	6,8	6,74	6,65	6,6	6,42

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 800uT



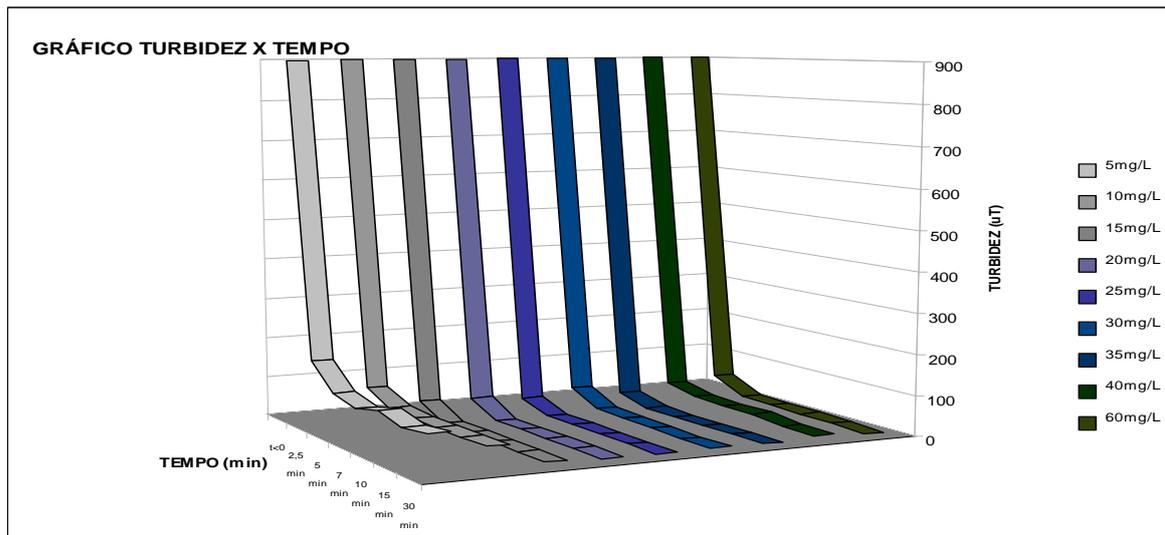
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 800uT



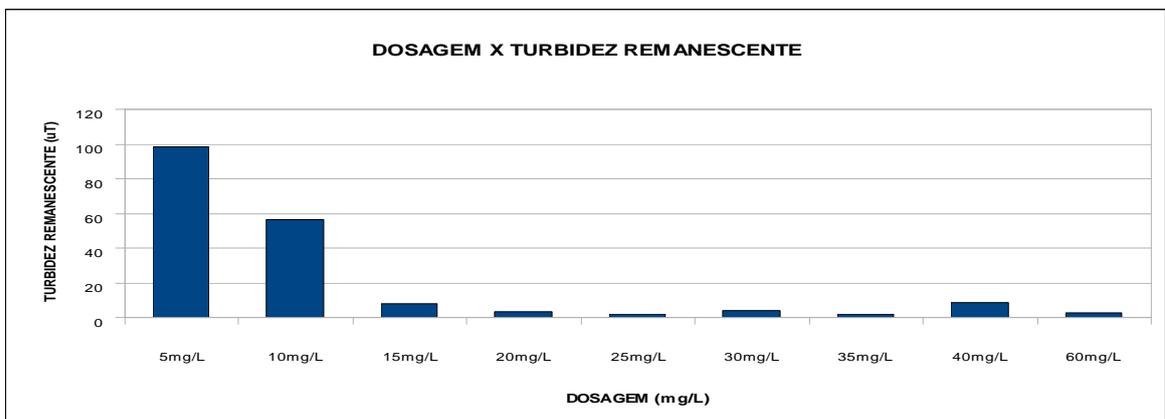
# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 900uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 25/10/2008		Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L						
	Coagulante: Sulfato Aluminio		Mistura Rápida	Floculação					
Turbidez inicial (uT)		pH inicial		Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>					
900		7,41		32					
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)		Fe (µg/L)					
>250		5		80,8					
				Mn (µg/L)					
				272					
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/l	10mg/l	15mg/l	20mg/l	25mg/l	30mg/l	35mg/l	40mg/l	60mg/l
t<0	900	900	900	900	900	900	900	900	900
2,5 min	164	87,8	42,6	39,9	29,1	45	22,2	38,8	47,4
5 min	104	57,5	8,01	3,82	3,48	11,91	2,82	21,8	13,01
7 min	88,6	54,3	7,52	4,26	4,18	9,55	1,56	18,85	10,73
10 min	106	54,8	8,71	4,08	2,83	6,33	1,64	19,05	7,46
15 min	88,5	55	7,82	3,4	2,11	2,98	1,99	10,87	7,04
30 min	98,1	56,4	7,81	3,11	2,27	3,74	2,05	8,67	2,39
Cor Real	20	20	15	10	0	0	0	0	10
Cor Aparente	140	110	20	20	10	10	10	10	10
pH final	7,39	7,25	7,21	7,15	7,04	6,97	6,95	6,85	6,8

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 900uT



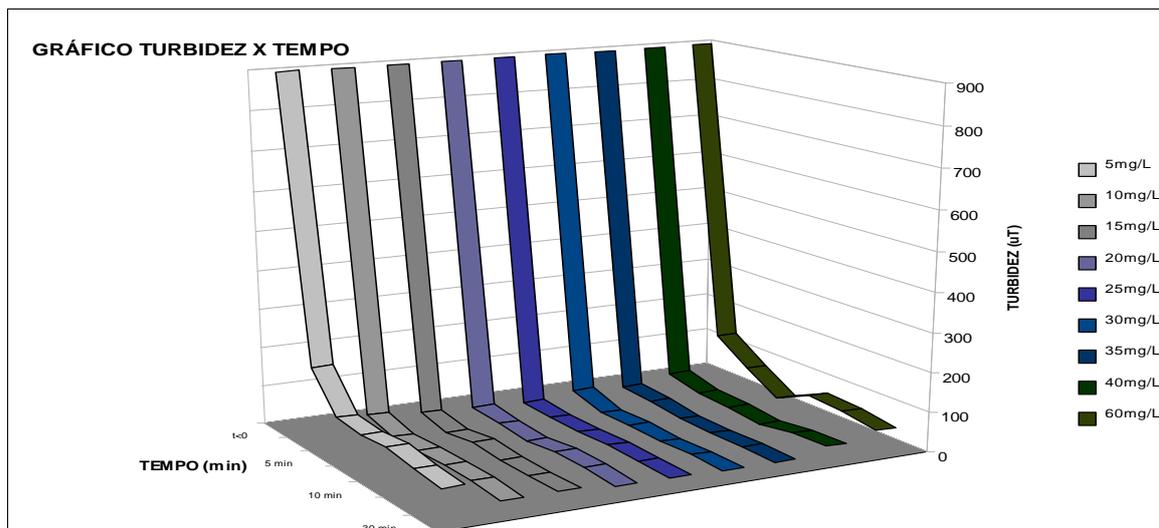
## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 900uT



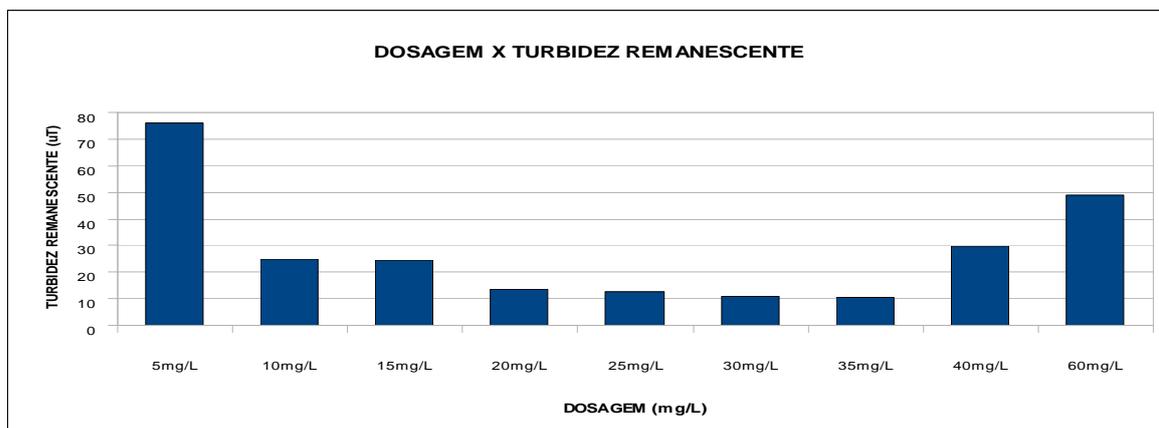
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 900uT

Ensaio de bancada Jar Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 28/10/2008			Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L				
		Coagulante: Sulfato Alumínio			Mistura Rápida		Floculação		
Turbidez inicial (uT)		Temperatura: 25 ° C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
900		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
>250		7,84			27				
Cor aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			87,1		274		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t=0	900	900	900	900	900	900	900	900	900
2,5 min	191	49,3	36,2	31,5	25,7	39	30,3	48,9	136
5 min	98,3	29,3	20,9	24,5	19,39	14,03	24,9	29,3	77,1
7 min	91,3	30,8	32,1	14,89	17,24	14,56	13,37	24,5	28,6
10 min	98,3	32,3	24,3	24,4	20,6	9,08	10,95	15,14	70,1
15 min	83,8	32,7	23,4	23,6	15,7	12,59	10,83	27	63,6
30 min	76	24,9	24,4	13,4	12,61	10,81	10,37	29,7	49,1
Cor Real	15	5	5	0	0	0	0	5	10
Cor aparente	110	20	20	15	15	15	15	20	35
pH final	7,51	7,38	7,27	7,18	7,09	6,99	6,87	6,78	6,69

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 900uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENASCENTE PARA 900uT



# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 1000uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:31/10/2008			Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L					
	Coagulante: Sulfato Alumínio			Mistura Rápida		Floculação			
	Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Smr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
1000		7,3			29				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			90		286		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2,5 min	613	570	91	93	62,4	163	124	126	140
5 min	610	550,3	39,9	39	38	26,7	27,3	31,3	29,7
7 min	561	493	37,8	38	25,63	18,38	16,95	15,76	38,7
10 min	550,1	480,7	33	31	19,96	16,72	17,61	18,9	21,8
15 min	510	471,8	34,7	38	10,89	13,36	9,24	10,71	19,84
30 min	501,1	481	20,1	23,1	3,15	2,31	1,96	10,26	13,91
Cor Real	15	5	5	0	0	0	0	15	20
Cor Aparente	>120	100	20	15	15	15	15	20	60
pH final	6,89	6,84	6,81	6,79	6,76	6,71	6,69	6,6	6,5

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 1000uT

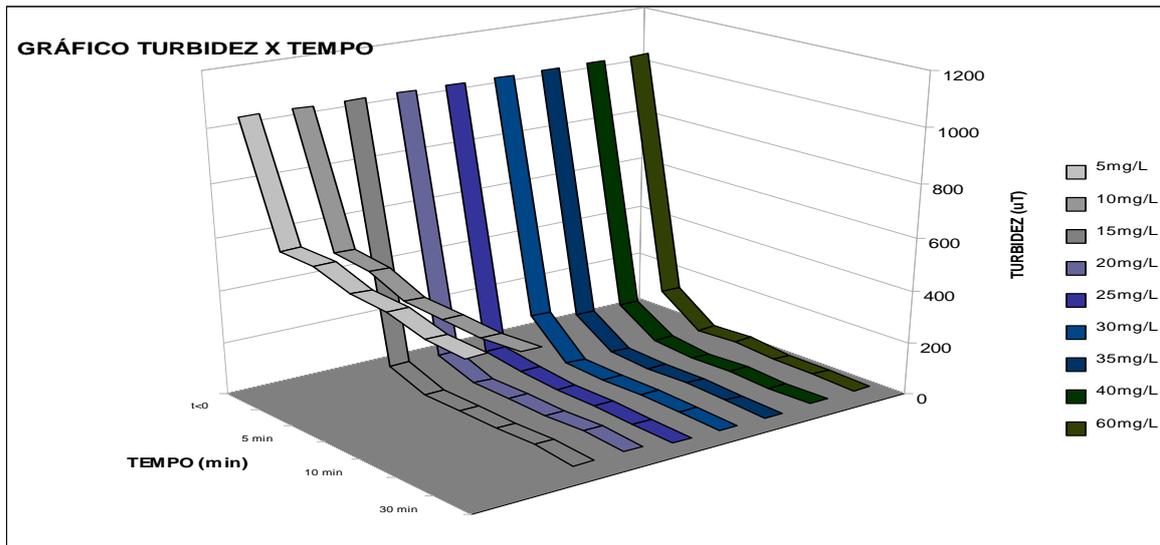
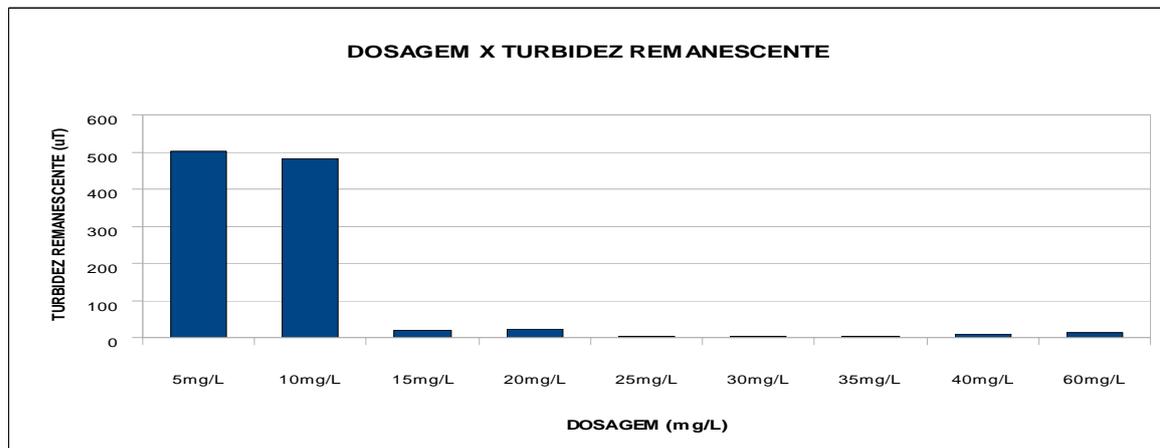


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 1000uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 1000uT

<b>Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i></b>									
<b>Local de Origem: ETA Funil</b>	<b>Identificação: 03/11/2008</b>			<b>Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L</b>					
	<b>Coagulante: Sulfato Alumínio</b>			<b>Mistura Rápida</b>		<b>Floculação</b>			
<b>Turbidez inicial (uT)</b>			<b>pH inicial</b>			<b>Alcalinidade total mg/L CaCO<sub>3</sub></b>			
1000			7,55			29			
<b>Cor Aparente Inicial (UC)</b>			<b>Cor Real Inicial (UC)</b>			<b>Fe (µg/L)</b>		<b>Mn (µg/L)</b>	
>250			5			89,5		282	
<b>Turbidez (uT)</b>									
Dosagem/Tempo	5mg/l	10mg/l	15mg/l	20mg/l	25mg/l	30mg/l	35mg/l	40mg/l	60mg/l
<b>t&lt;0</b>	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2,5 min	600	591	51,2	40	33	31	24,4	38,7	87,7
5 min	652	553	31,9	23,7	16,17	16,52	21,3	38,7	32,5
7 min	569	493	11,32	17,25	19,21	17,6	19,2	34,5	33,5
10 min	566	488	32,3	22,3	26,8	14,6	11,69	15,96	20,9
15 min	529	474	34	20,5	17,89	12,52	7,78	10,08	9,31
30 min	441	410	26,34	16,97	11,92	9,59	2,58	9,32	8,32
<b>Cor Real</b>	50	50	15	15	15	5	5	0	0
<b>Cor Aparente</b>	130	60	25	25	20	5	5	5	5
<b>pH final</b>	7,13	7,04	6,96	6,94	6,94	6,92	6,83	6,78	6,63

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 1000uT

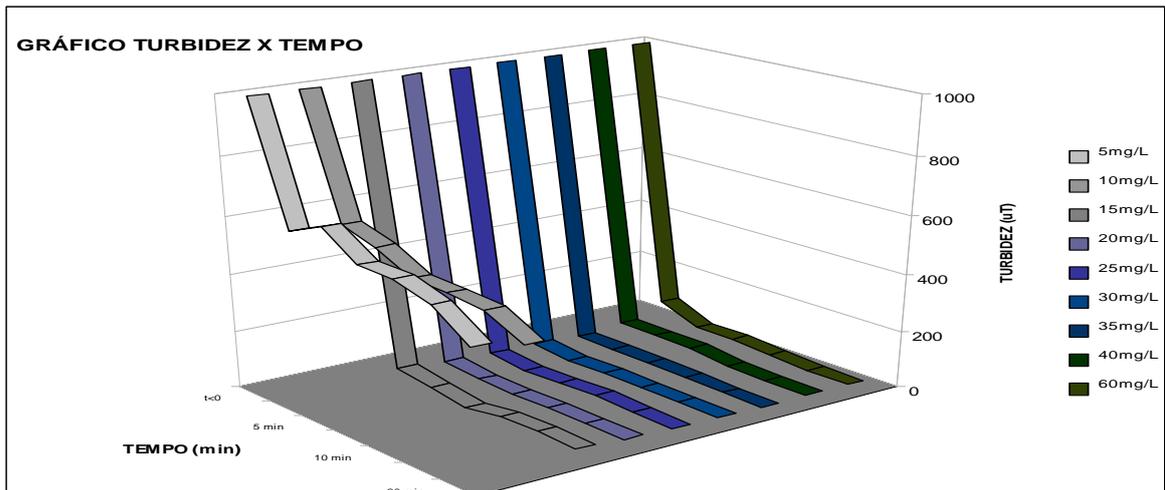
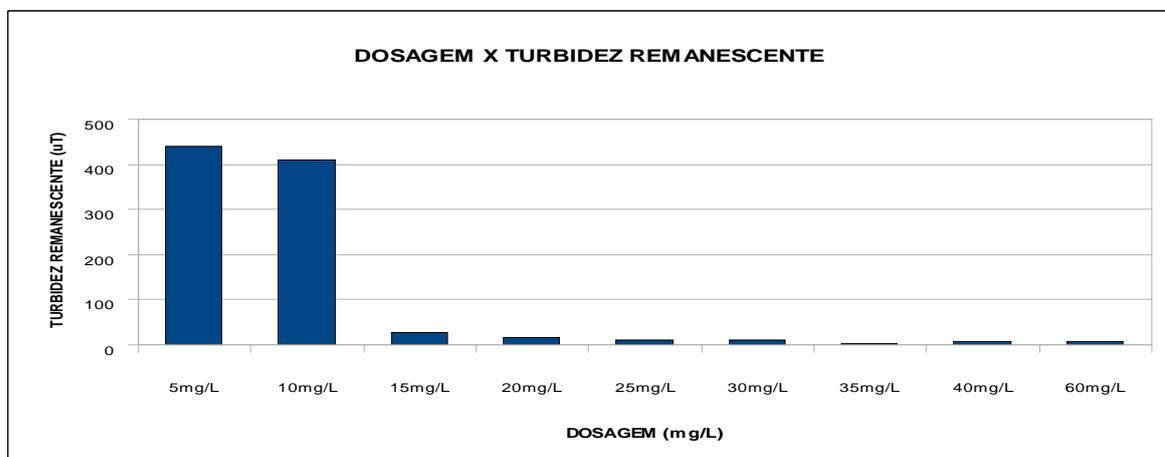


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 1000uT



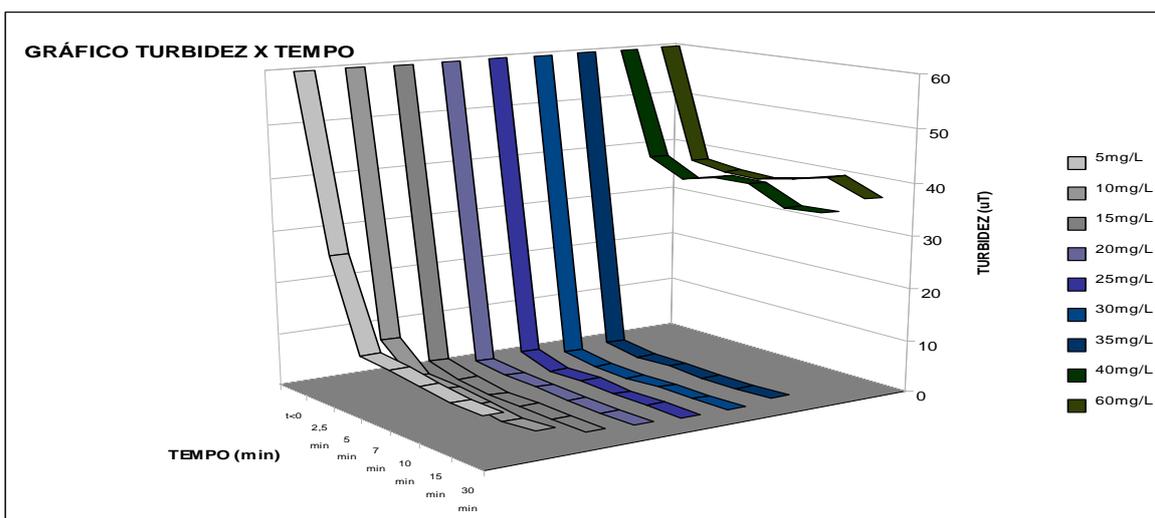
## ANEXO B

Ensaio utilizando coagulante cloreto férrico e  
água bruta da ETA Funil

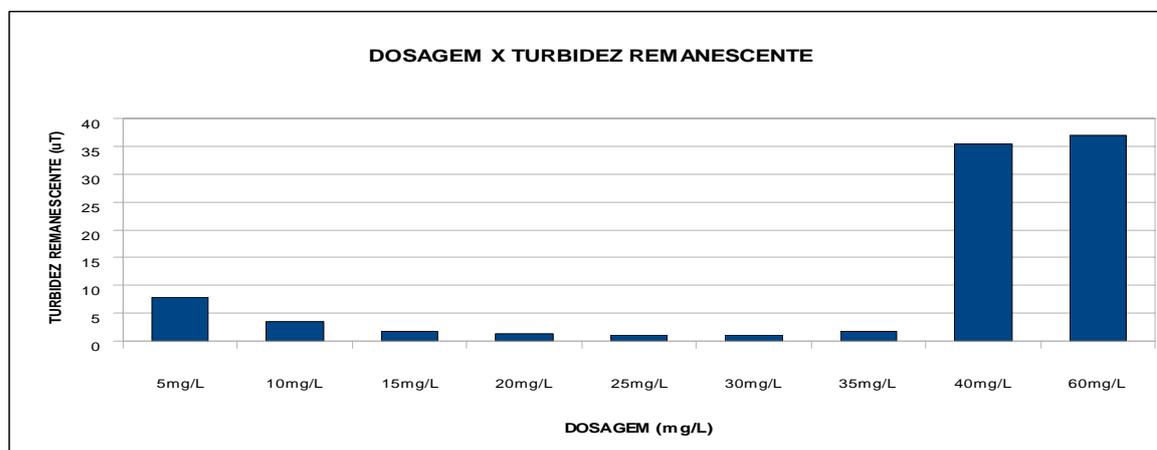
# 1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 50uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação:06/11/2008				Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L			
		Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação	
Turbidez inicial (uT)		Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)
50		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
40		7,45				29			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
40		0				54,7		150	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	50	50	50	50	50	50	50	50	50
2,5 min	27,2	9,8	4,24	2,81	3,36	1,84	2,41	39,6	38
5 min	10,26	4,87	2,72	2,09	1,4	0,97	1,43	36,4	37
7 min	9,65	4,53	1,84	1,9	1,66	0,71	1,72	38	36,8
10 min	8,67	3,76	2,01	1,44	1,21	1,09	1,28	38,1	38,1
15 min	7,99	3,07	1,87	1,22	1,18	0,94	1,33	35	39,8
30 min	7,96	3,58	1,77	1,4	1,17	1,01	1,77	35,4	37
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	20	40
Cor Aparente	10	5	5	5	5	5	10	160	>250
pH final	7,26	7,19	7,12	7	6,93	6,87	6,76	6,7	6,21

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 50uT



## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 50uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 50uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>										
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 07/11/2009			Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L					
		Coagulante: Cloreto Férrico			Mistura Rápida		Floculação			
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Tmr: 10s		Gmr: 110s-1	Tf: 20min		Gf: 20s-1
60		7,45			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>					
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial(UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)			
40		0			65,5		150			
Turbidez (uT)										
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L	
t<0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
2,5 min	27,2	9,8	4,24	2,81	3,36	1,84	2,41	39,6	38	
5 min	10,26	4,87	2,72	2,09	1,4	0,97	1,43	36,4	37	
7 min	9,65	4,53	1,84	1,9	1,66	0,71	1,72	38	36,8	
10 min	8,67	3,76	2,01	1,44	1,21	1,09	1,28	38,1	38,1	
15 min	7,99	3,07	1,87	1,22	1,18	0,94	1,33	35	39,8	
30 min	7,96	3,58	1,77	1,4	1,17	1,01	1,77	35,4	37	
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	20	40	
Cor Aparente	10	5	5	5	5	5	10	160	>250	
pH final	7,26	7,19	7,12	7	6,93	6,87	6,76	6,7	6,21	

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 50uT

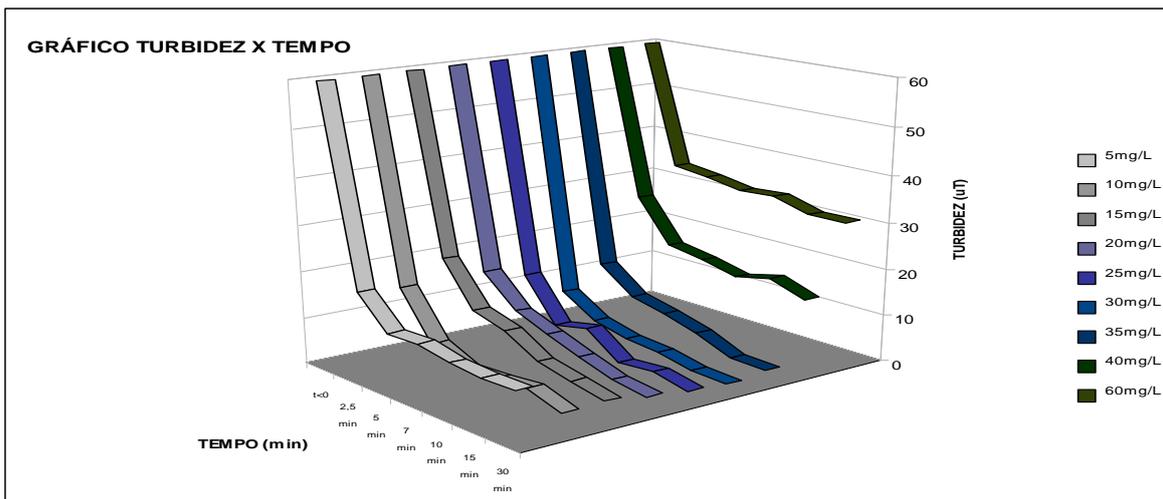
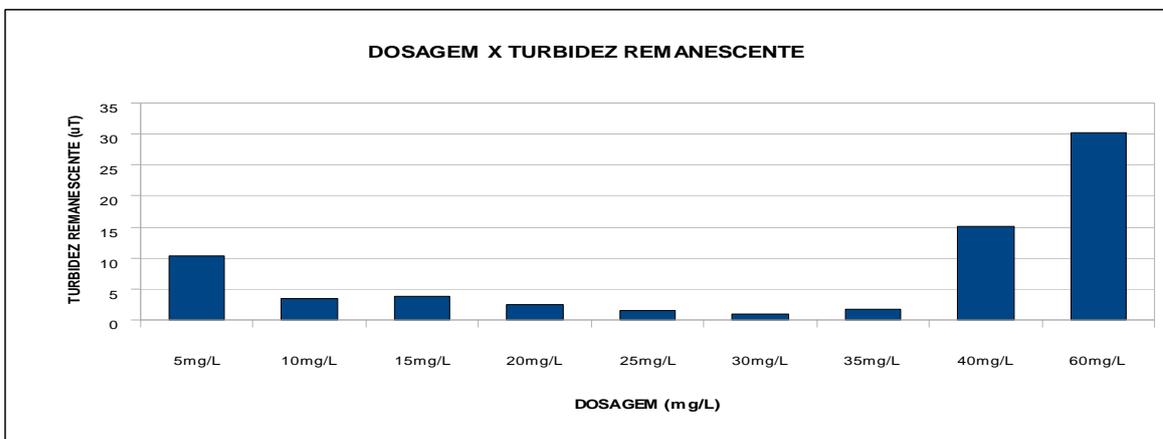


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 50uT



1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 100uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>										
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:12/11/2008					Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico					Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C					Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial					Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
100		7,64					33			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial(UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)			
100		0			69,8		161			
Turbidez (uT)										
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L	
t<0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
2,5 min	21,9	15,3	8,39	10,77	11,7	3,98	2,5	14,8	63,6	
5 min	16	7,25	4,52	1,25	0,75	1,12	1,03	15,21	60,6	
7 min	11,78	5,32	1,64	0,99	0,57	2	0,75	5,66	60,3	
10 min	9,68	3,93	1,61	1,6	0,65	0,98	0,61	5,13	54,2	
15 min	7,63	4,5	1,8	1,07	0,55	0,55	0,93	6,17	50,4	
30 min	7,16	4,37	1,57	1,05	0,65	0,63	0,72	4,88	41,2	
Cor Real	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cor Aparente	25	10	10	10	5	5	5	5	35	
pH final	7,32	7,24	7,12	7,01	6,95	6,85	6,76	6,71	6,58	

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 100uT

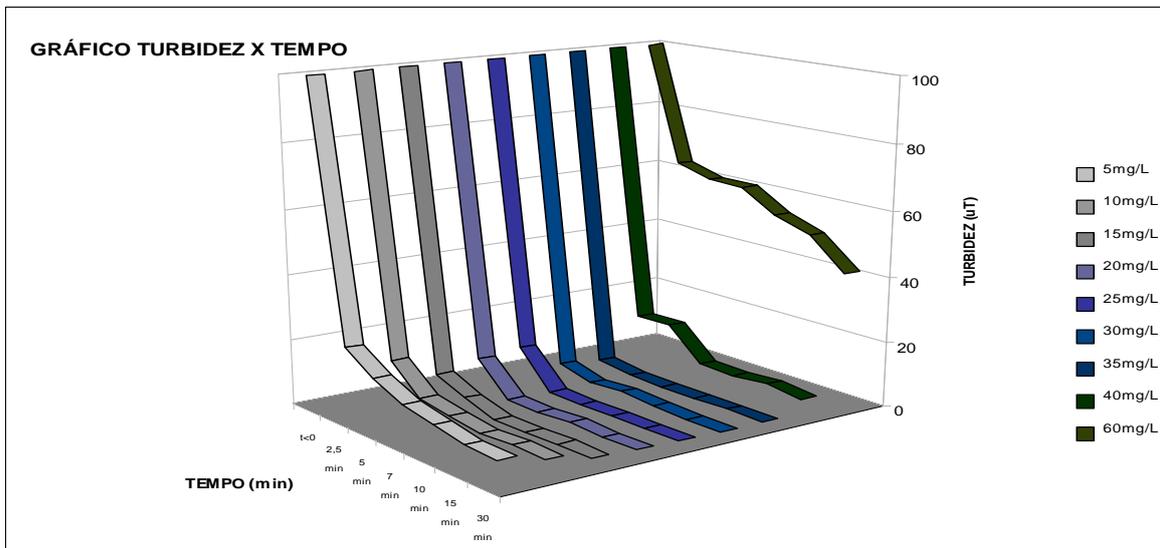
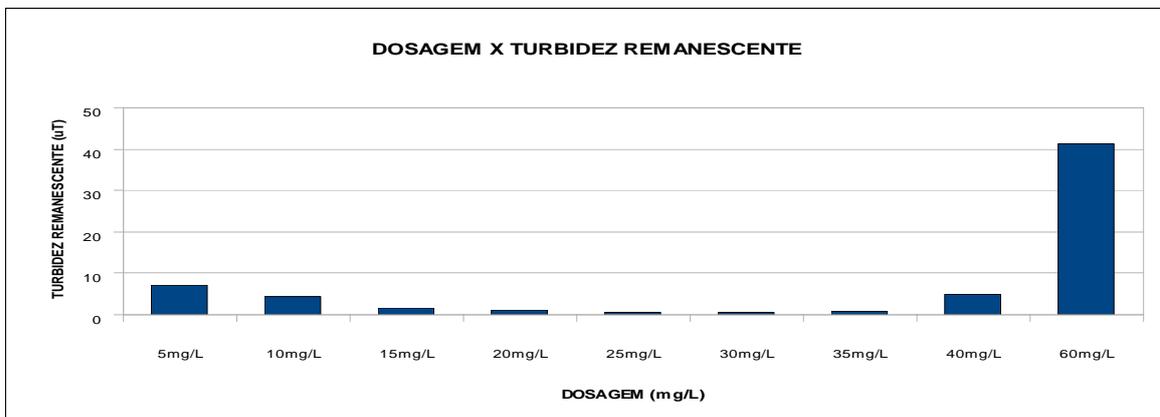


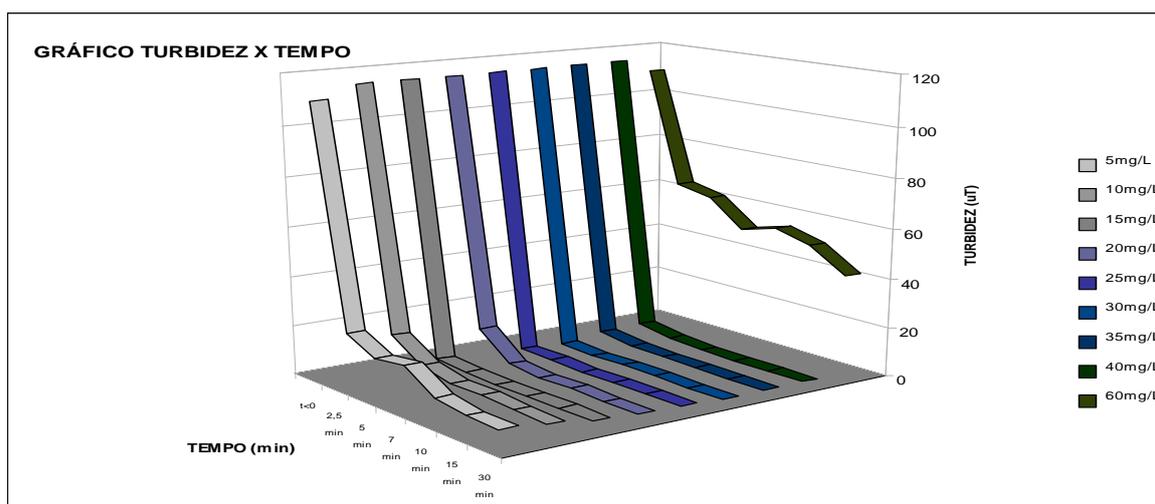
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENASCENTE PARA 100uT



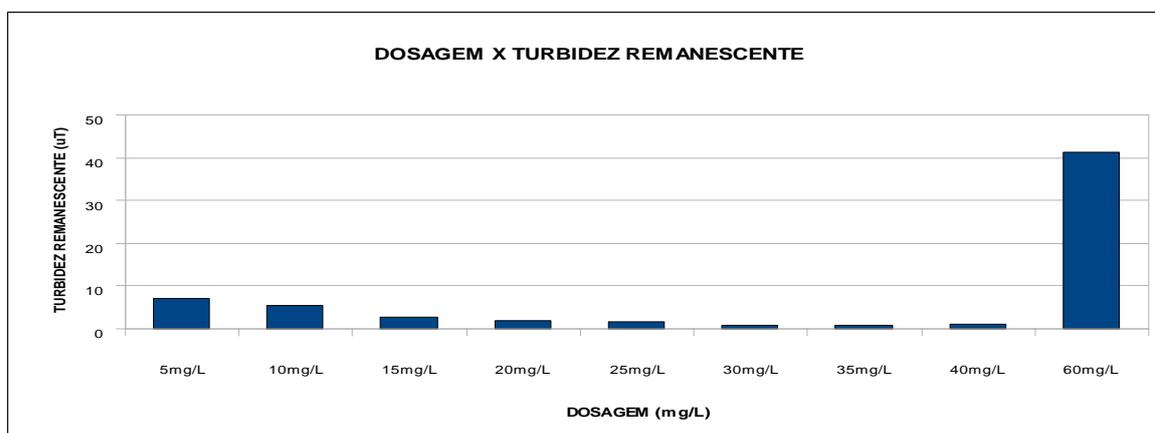
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 100uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
<b>Local de Origem:</b> ETA Funil	<b>Identificação:</b> 15/11/2009				<b>Dosagem de melhor remoção:</b> 20 mg/L				
	<b>Coagulante:</b> Cloreto Férrico				<b>Mistura Rápida</b>		<b>Floculação</b>		
	<b>Temperatura:</b> 25 ° C				<b>Tmr:</b> 10s	<b>Gmr:</b> 110(s-1)	<b>Tf:</b> 20min	<b>Gf:</b> 20(s-1)	
<b>Turbidez inicial (uT)</b>		<b>pH inicial</b>			<b>Alcalinidade total mg/L CaCO<sub>3</sub></b>				
100		7,49			29				
<b>Cor Aparente Inicial (UC)</b>		<b>Cor Real Inicial (UC)</b>			<b>Fe (µg/L)</b>		<b>Mn (µg/L)</b>		
100		0			69,66		222		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
<b>t&lt;0</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2,5 min	29,1	16,02	15,95	8,2	15,1	9,02	25,8	52	91
5 min	16,9	15,82	9,28	4,52	8,41	5,21	5,98	29	61
7 min	13,69	6,12	3,17	2,75	3,7	3,3	4,71	30,2	50,2
10 min	14,51	4,01	2,07	1,27	2,18	1,41	1,97	21,9	47
15 min	12,55	3,82	1,65	1,09	1,17	1,09	1,55	17,56	50
30 min	10,55	2,88	1,52	0,83	0,86	0,96	2,1	21	53
<b>Cor Real</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cor Aparente</b>	15	10	5	5	5	5	5	10	25
<b>pH final</b>	7,23	7,18	7,09	6,98	6,89	6,71	6,7	6,63	6,58

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 100uT



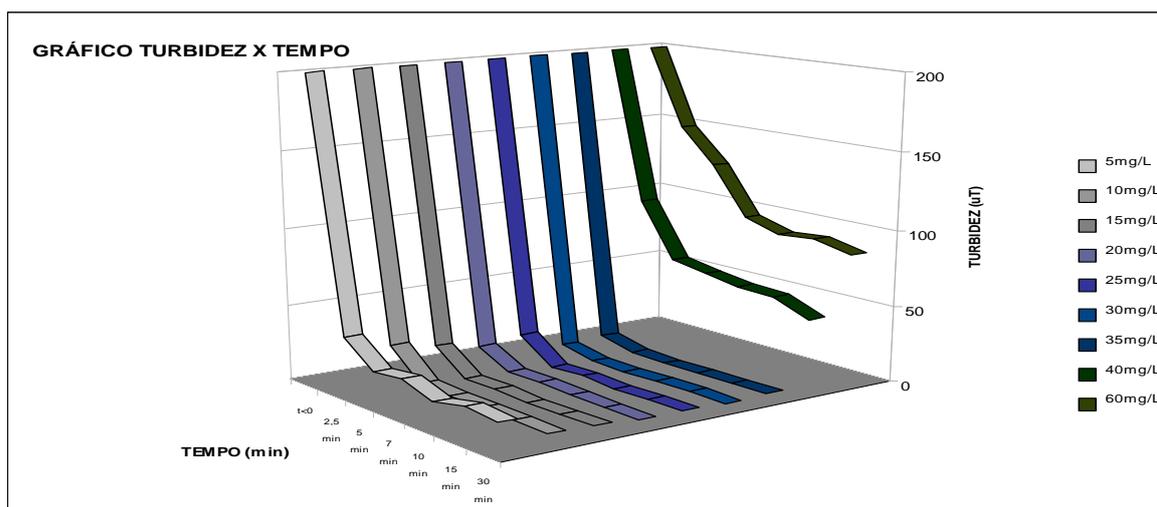
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 100uT



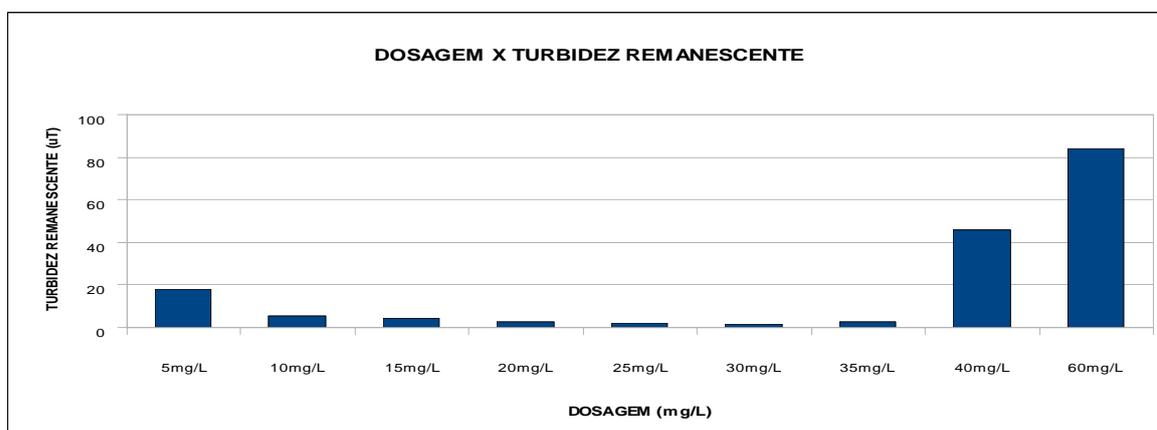
## 1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 200uT

<b>Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i></b>									
<b>Local de Origem: ETA Funil</b>	Identificação: 21/11/2008					Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L			
	Coagulante: Cloreto Férrico					Mistura Rápida		Floculação	
	Temperatura: 25 ° C					Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
200		7,5			30				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe(µg/L)		Mn(µg/L)		
160		0			69,66		214		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2,5 min	36,5	26,2	21	15,61	18,82	6,91	8,94	100	148
5 min	20,7	8,34	5,8	5,39	3,19	2,43	3,28	63,6	126
7 min	23,61	6,72	5,69	5,09	4,08	1,83	2,34	59,7	94,4
10 min	16,4	6,71	4,19	3,81	2,29	2,17	2,57	56,4	87,4
15 min	20,76	6,51	4,58	2,79	2,7	2,45	2,57	55,2	90
30 min	18,2	5,53	4,53	2,68	2,4	1,62	2,98	46	84,3
<b>Cor Real</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cor Aparente</b>	20	10	10	5	5	5	5	5	50
<b>pH final</b>	7,31	7,26	7,15	6,95	6,85	6,71	6,67	6,6	6,44

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 200uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 200uT



2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 200uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>										
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:24/11/2008					Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico					Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C					Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial					Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
200		7,36					29			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)					Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
160		0					69,3		222	
Turbidez (uT)										
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L	
t<0	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
2,5 min	33,95	20,91	18,66	11,25	13,03	5,01	8,35	54,03	149,5	
5 min	18,12	8,26	5,56	4,49	3,31	2,86	3,86	36,46	123,5	
7 min	17,47	7,37	5,01	3,85	3,23	1,81	2,52	33,77	95,8	
10 min	13,07	7,19	5,55	3,29	2,66	1,99	2,74	29,35	88,45	
15 min	17,04	6,38	4,76	2,68	2,67	2,16	2,91	29,12	92,65	
30 min	14,73	6,12	4,38	2,82	2,51	1,37	2,42	24,01	89	
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cor Aparente	20	15	10	5	5	5	5	5	50	
pH final	7,11	7,05	6,98	6,91	6,82	6,75	6,7	6,64	6,42	

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 200uT

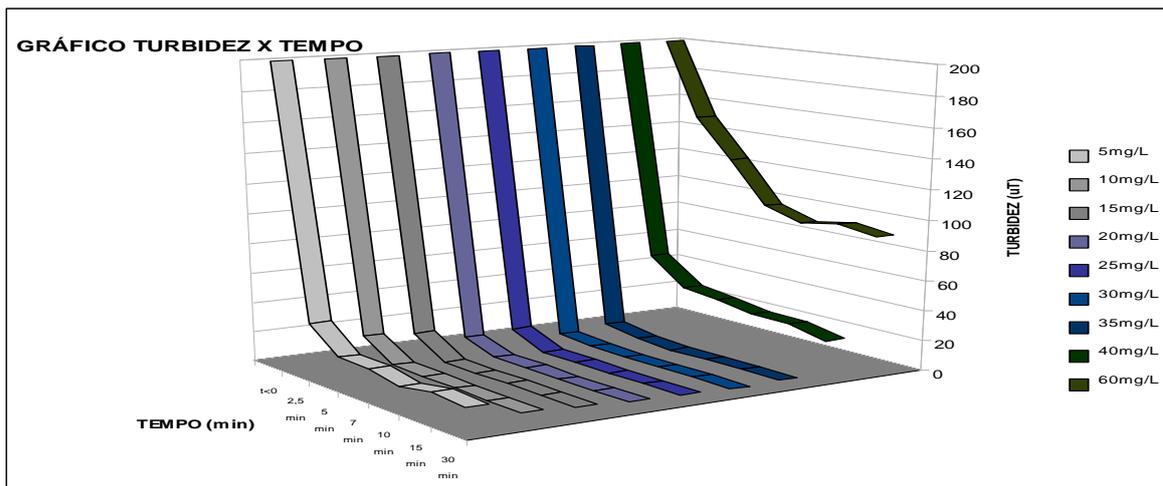
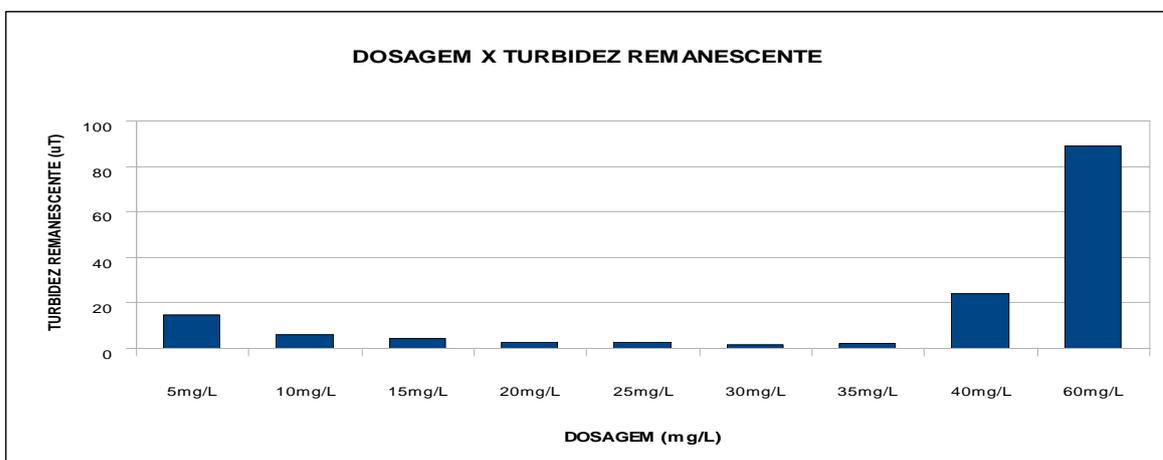


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 200uT



1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 300uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação:27/11/2008				Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L			
		Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação	
		Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
300		7,5				28			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
>250		0				67,3		208	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2,5 min	29,4	15,61	16,31	6,89	7,24	3,11	7,75	8,06	151
5 min	15,53	8,11	5,35	3,58	3,43	3,28	4,43	9,31	121
7 min	11,32	8,01	4,32	2,61	2,37	1,78	2,7	7,83	97,2
10 min	9,74	7,66	6,91	2,77	3,02	1,8	2,9	2,3	89,5
15 min	13,32	6,24	4,93	2,57	2,63	1,87	3,25	3,01	95,3
30 min	11,26	6,71	4,23	2,95	2,62	1,11	1,85	2,13	93,7
Cor Real	10	5	0	0	0	0	0	0	10
Cor Aparente	35	20	15	10	10	10	10	10	>250
pH final	7,25	7,19	7,11	7,05	6,96	6,88	6,84	6,74	6,65

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 300uT

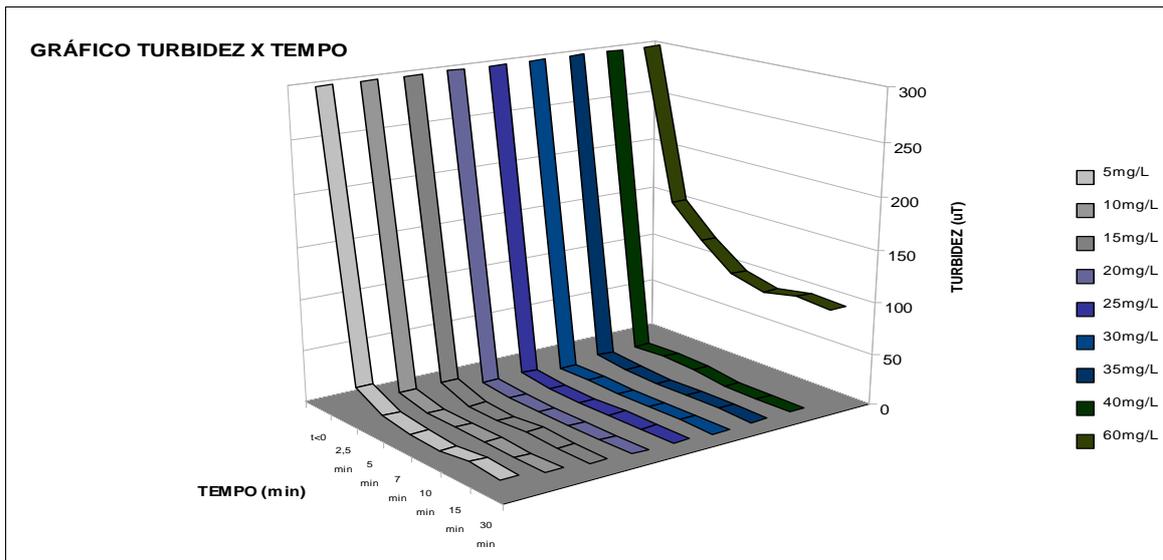
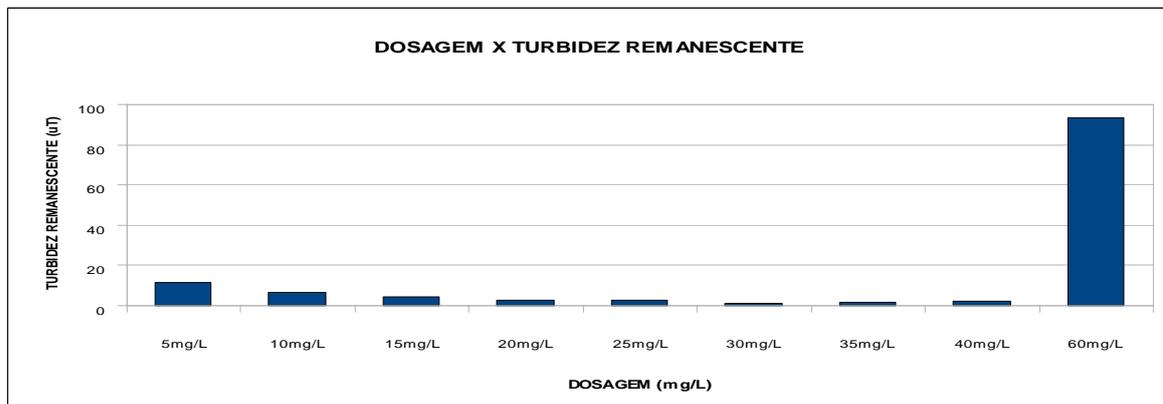


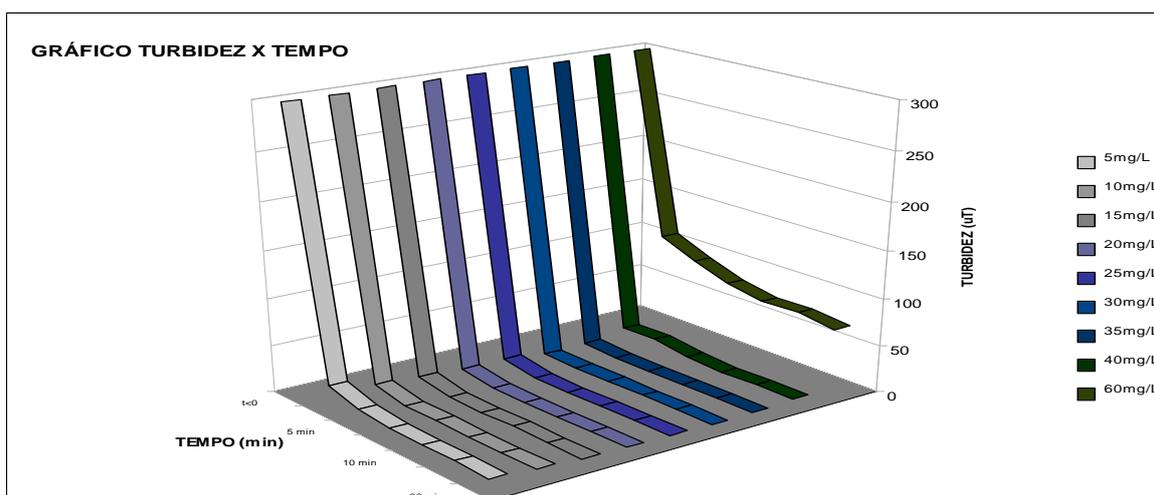
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 300uT



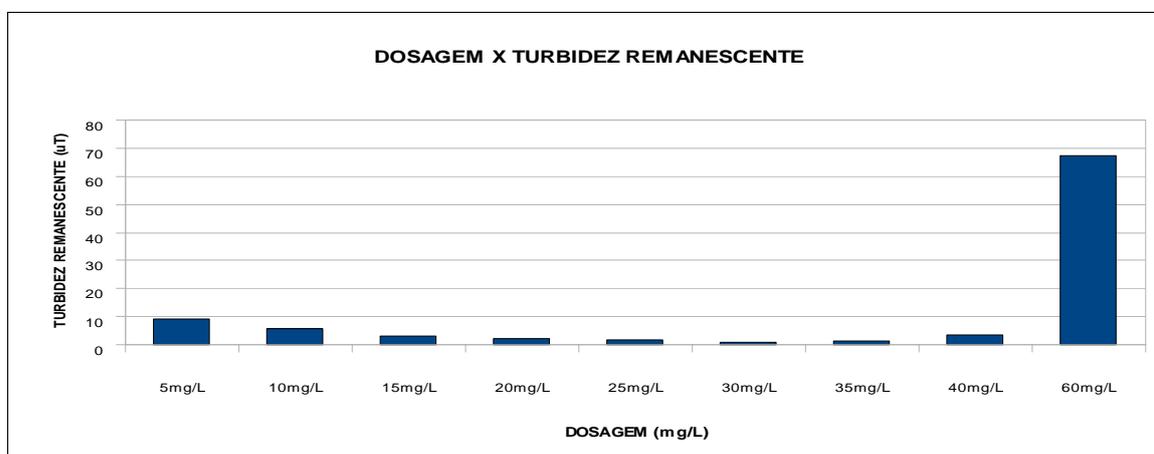
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 300uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:30/11/2008				Dosagem de melhor remoção: 30 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
300		7,46			28				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		0			70,9		227		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2,5 min	25,65	15,45	12,35	8,83	9,47	3,54	5,12	11,43	107,3
5 min	15,77	7,68	4,93	2,41	2,09	2,2	2,73	12,26	90,8
7 min	11,55	6,66	2,98	1,8	1,47	1,89	1,72	6,74	78,75
10 min	9,71	5,79	4,26	2,18	1,83	1,39	1,75	3,71	71,85
15 min	10,48	5,37	3,36	1,82	1,59	1,21	2,09	4,59	72,85
30 min	9,21	5,54	2,9	2	1,63	0,87	1,28	3,5	67,45
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Cor Aparente	10	10	5	5	5	5	5	5	>250
pH final	7,15	7,05	6,94	6,86	6,78	6,66	6,57	6,51	6,41

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 300uT



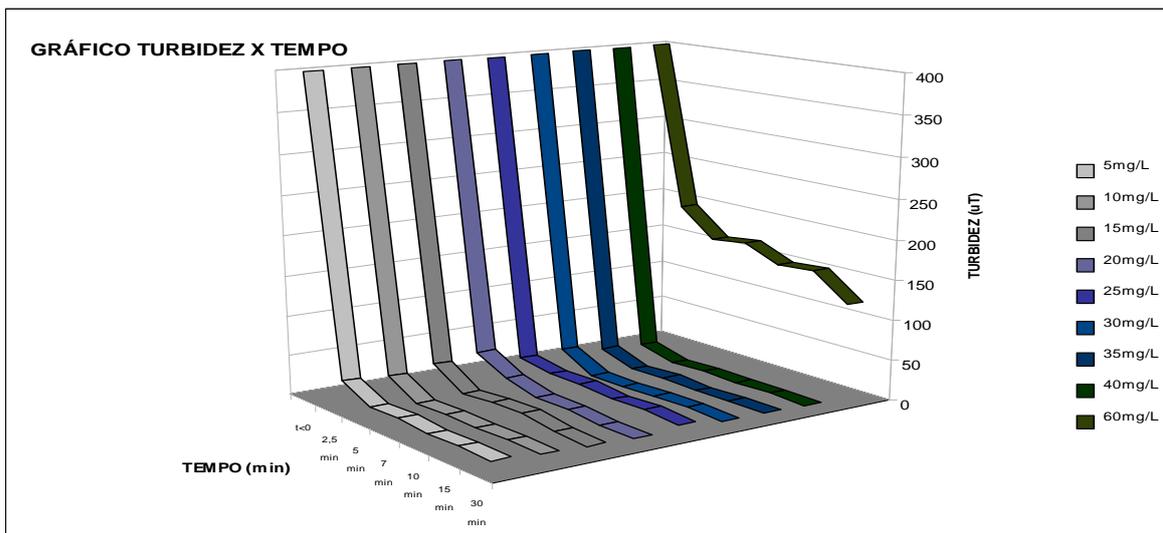
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 300uT



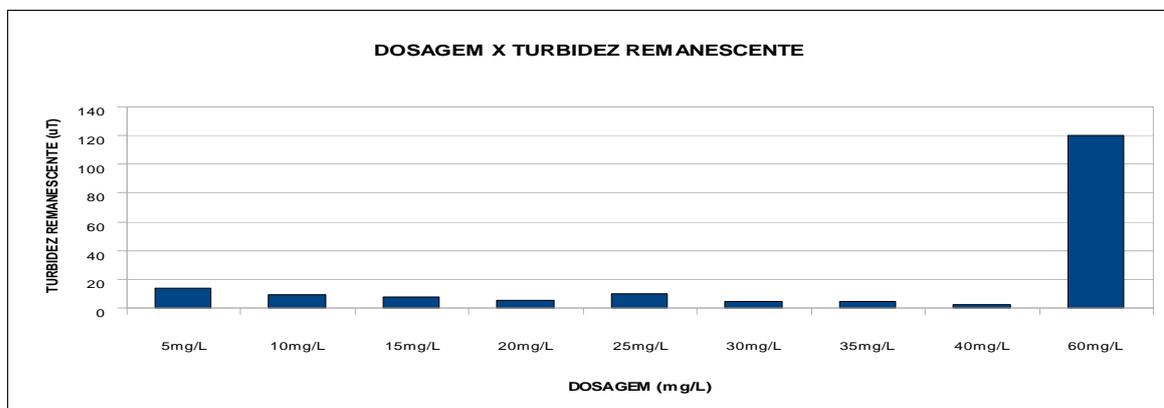
## 1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 400uT

<b>Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i></b>									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 03/12/2008			Dosagem de melhor remoção: 40 mg/L					
	Coagulante: Cloreto Férrico			Mistura Rápida			Floculação		
	Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)		
<b>Turbidez inicial (uT)</b>	pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>					
400	7,34			29					
<b>Cor Aparente Inicial (UC)</b>	<b>Cor Real Inicial (UC)</b>			<b>Fe (µg/L)</b>			<b>Mn (µg/L)</b>		
>250	5			70,2			214		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	400	400	400	400	400	400	400	400	400
2,5 min	35,1	31,1	37	42	25,9	27,4	18,58	14,48	194
5 min	16,87	10,84	12,66	22,9	18,57	6,03	4,58	2,92	161
7 min	17,92	11,81	16,83	12,21	18,31	5,89	6,53	5,55	166
10 min	13,91	10,92	17,17	10,85	13,59	7,59	4,03	3,97	148
15 min	15,01	10,84	10,19	6,65	14,94	7,67	5,08	4,63	152
30 min	13,55	9,54	7,74	5,65	10,2	4,88	4,55	2,41	120
<b>Cor Real</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cor Aparente</b>	15	5	5	5	5	5	5	5	>250
<b>pH final</b>	7,31	7,26	7,15	6,95	6,85	6,71	6,67	6,6	6,44

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 400uT



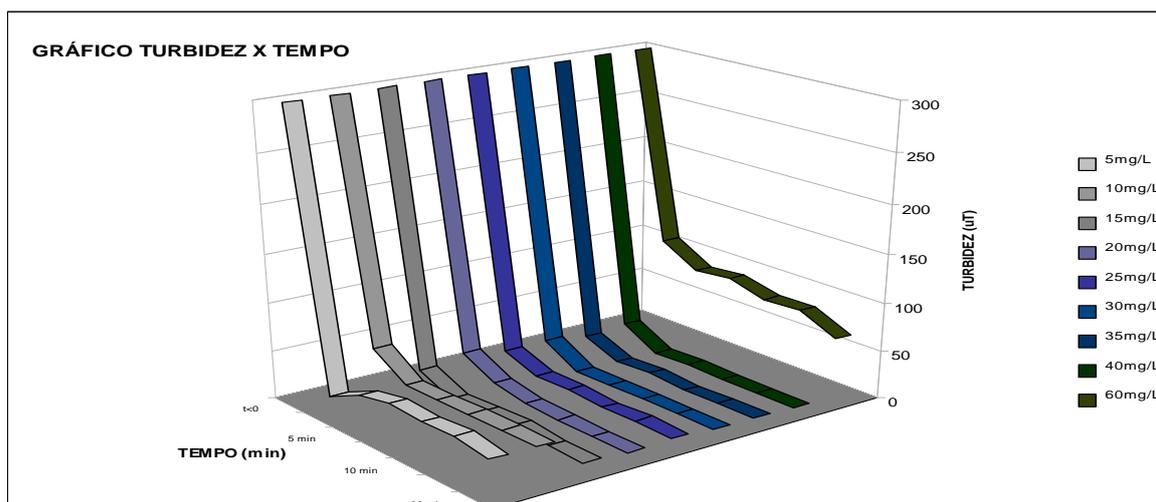
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENASCENTE PARA 400uT



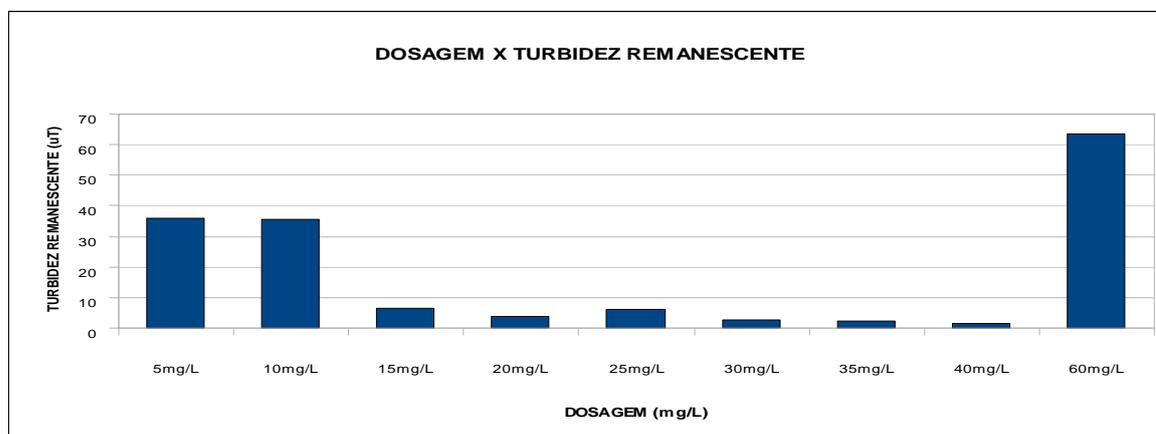
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 400uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação:06/12/2208				Dosagem de melhor remoção: 40 mg/L			
		Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação	
		Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO3			
400		7,42				25			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
>250		5				72,4		213	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2,5 min	20,59	59,4	25,85	33,05	24,37	25	18,99	22,04	106,43
5 min	36,635	35,62	9,38	14,95	11,42	4,7	4,58	2,9	85,54
7 min	44,21	36	11,48	8,44	10,89	4,19	6,14	4,47	88,43
10 min	41,2	36,41	13,24	6,09	7,29	4,04	2,16	2,22	78,43
15 min	42,75	35,92	7,77	4,23	8,27	4,15	2,65	2,49	79,98
30 min	36,12	35,72	6,56	3,73	5,93	2,69	2,33	1,45	63,46
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	20	10	10	5	5	5	5	5	50
pH final	7,3	7,21	7,14	6,92	6,83	6,74	6,68	6,61	6,43

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 400uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 400uT



# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 500uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:09/12/2008				Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
500		7,2			28				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			69,17		208		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2,5 min	86,4	87,7	14,7	24,1	22,85	22,6	19,4	29,6	18,86
5 min	56,4	60,4	6,11	7,01	4,27	3,37	4,58	2,88	10,09
7 min	70,5	60,2	6,13	4,67	3,47	2,5	5,75	3,4	10,86
10 min	68,5	61,9	9,31	1,34	1	0,5	0,29	0,47	8,87
15 min	70,5	61	5,35	1,82	1,61	0,63	0,23	0,36	7,97
30 min	58,7	61,9	5,39	1,81	1,67	0,51	0,11	0,5	6,93
Cor Real	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	110	110	10	25	20	5	5	10	50
pH final	6,54	6,5	6,38	6,36	6,3	6,17	6,15	6	5,54

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 500uT

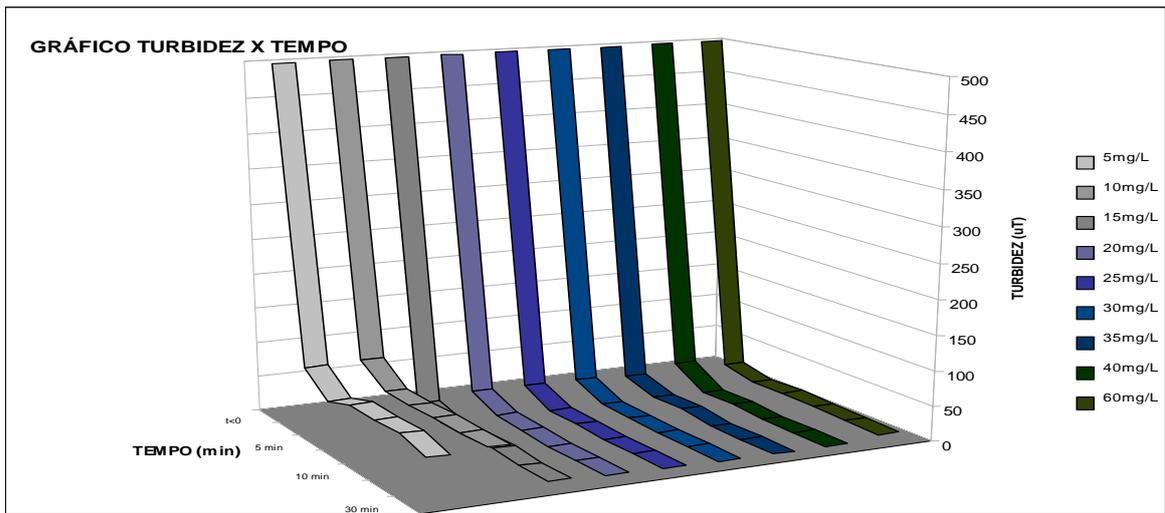
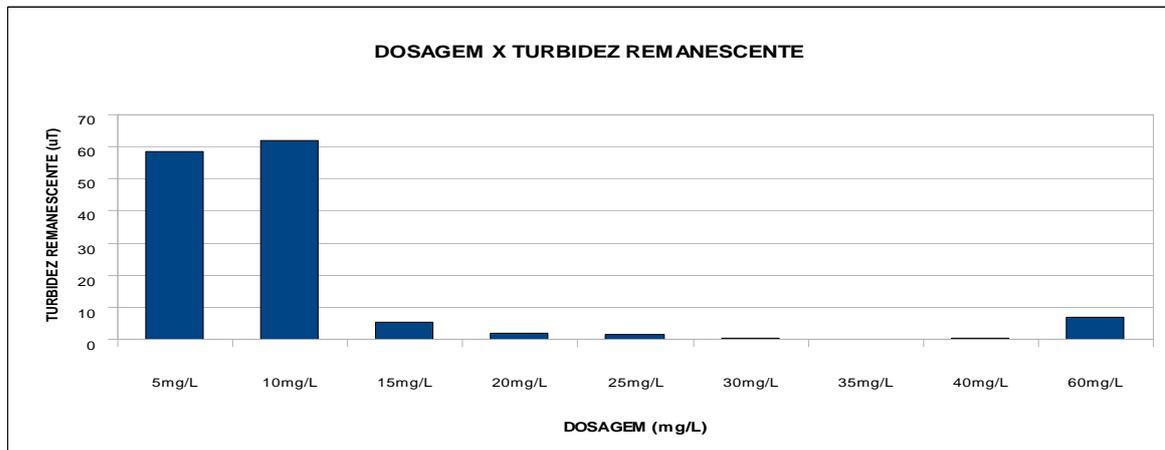


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 500uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 500uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 12/12/2008				Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
500		7,55				23			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)		Fe (µg/L)		Mn (µg/L)			
>250		5		68,3		214			
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	700	700	700	700	700	700	700	700	700
2,5 min	137,2	62,6	21,85	28,9	20,79	18,4	12,29	17,32	11,66
5 min	76,65	42,1	9,55	5,44	3,27	2,36	2,64	1,65	5,24
7 min	81,25	40,5	8,26	4,07	2,64	1,75	3,12	1,94	5,48
10 min	76,4	39,6	7,5	2,38	1,06	0,59	0,37	0,29	4,48
15 min	74,75	39	7,12	2,77	1,45	0,86	0,58	0,35	4,46
30 min	67,2	39,97	6,71	2,79	1,735	0,69	0,29	0,38	3,58
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	150	20	20	15	10	10	10	10	10
pH final	7,32	7,26	7,23	7,22	7,03	6,85	6,75	6,62	6,19

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 500uT

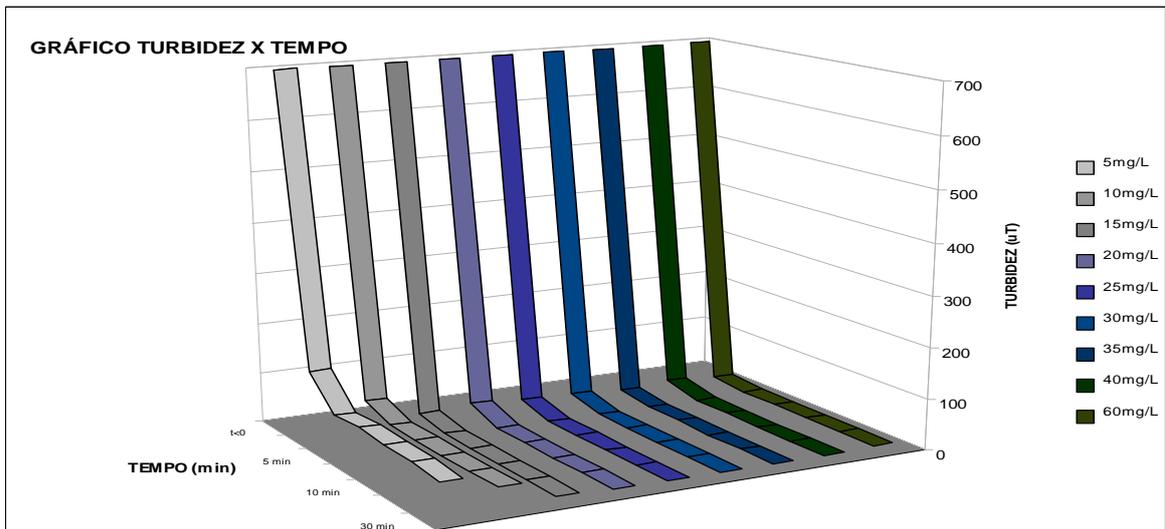
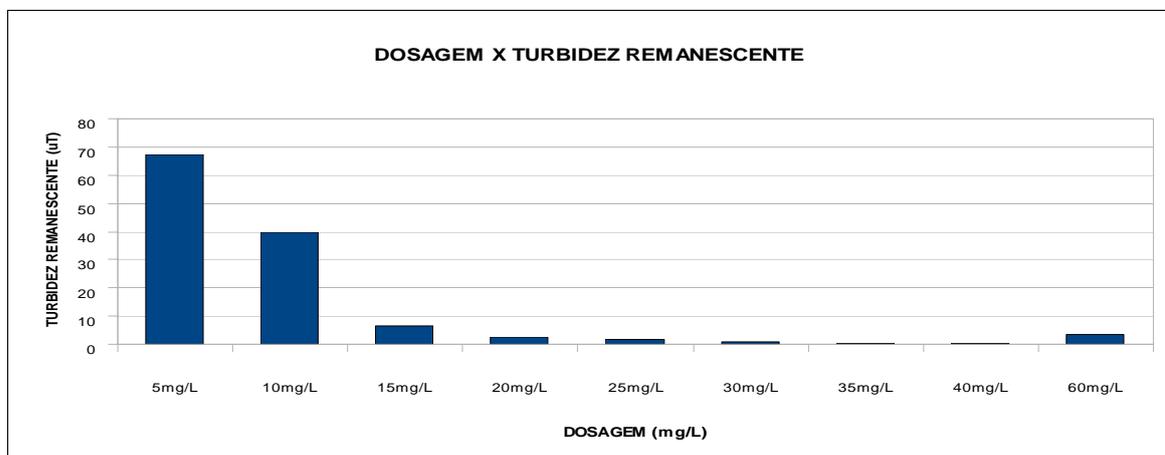


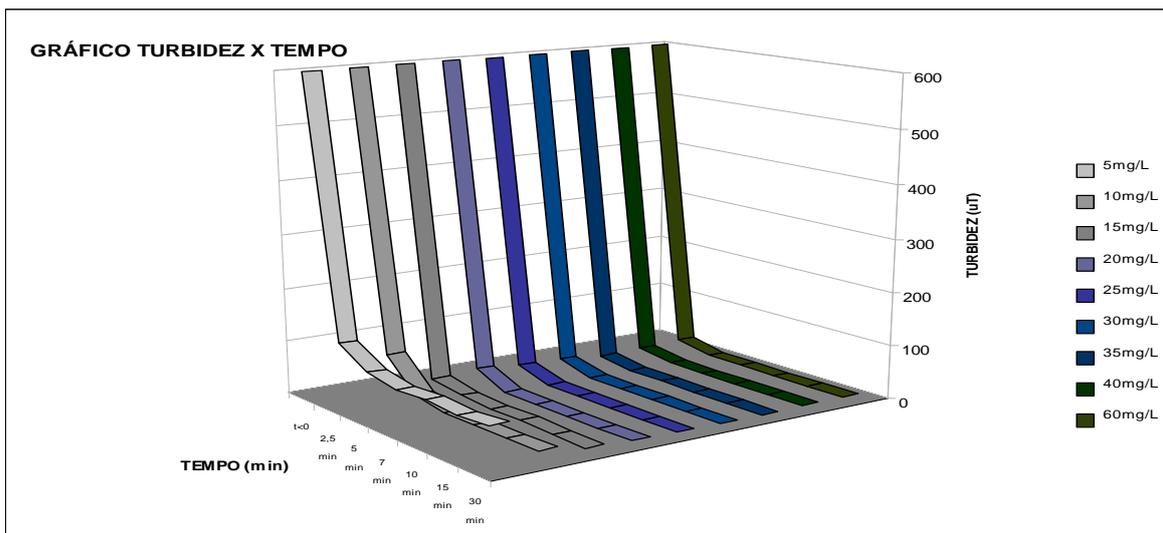
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 500uT



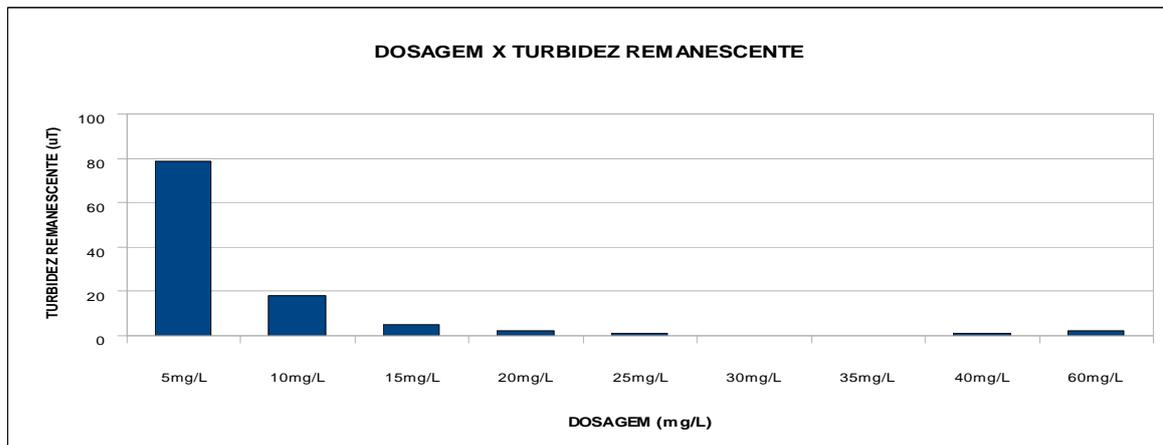
# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 600uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:15/12/2008				Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
600		7,29			30				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			74,2		254		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	600	600	600	600	600	600	600	600	600
2,5 min	121	84,7	23,8	28,85	21,14	18,91	11,04	12,05	15,81
5 min	86,7	29,3	13	3,96	2,85	1,93	1,84	2,01	2,13
7 min	76,3	18,13	7,81	1,92	1,73	0,83	0,87	1,13	3,01
10 min	78,93	18,15	10,15	1	1,03	0,68	0,53	0,93	2,14
15 min	74,5	16,8	6,18	1,5	0,96	0,34	0,33	0,78	2,02
30 min	78,7	18,07	5,14	2,13	0,91	0,26	0,14	0,91	2,13
Cor Real	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	150	100	20	20	15	10	10	10	15
pH final	7,21	7,14	7,08	7,02	6,93	6,84	6,78	6,75	6,52

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 600uT



## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 600uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 600uT

<b>Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i></b>									
<b>Local de Origem: ETA Funil</b>	<b>Identificação: 18/12/2008</b>				<b>Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L</b>				
	<b>Coagulante: Cloreto Férrico</b>				<b>Mistura Rápida</b>		<b>Floculação</b>		
	<b>Temperatura: 25 ° C</b>				<b>Tmr: 10s</b>	<b>Gmr: 110(s-1)</b>	<b>Tf: 20min</b>	<b>Gf: 20(s-1)</b>	
<b>Turbidez inicial (uT)</b>		<b>pH inicial</b>			<b>Alcalinidade total mg/L CaCO<sub>3</sub></b>				
600		7,49			30				
<b>Cor Aparente Inicial (UC)</b>		<b>Cor Real Inicial (UC)</b>			<b>Fe (µg/L)</b>		<b>Mn (µg/L)</b>		
>250		5			70,8		254		
<b>Turbidez (uT)</b>									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
<b>t&lt;0</b>	700	700	700	700	700	700	700	700	700
2,5 min	129,1	73,65	22,82	28,87	20,96	18,65	14,18	12,17	13,73
5 min	81,67	35,7	11,25	4,7	3,06	2,14	1,74	2,32	3,68
7 min	78,77	29,31	8,03	2,9	2,18	1,29	1,4	2,12	4,24
10 min	77,65	28,87	8,82	1,69	1,045	0,63	0,41	0,65	3,31
15 min	74,62	27,9	6,6	2,13	1,2	0,6	0,34	0,68	3,24
30 min	72,95	29	5,92	2,46	1,32	0,47	0,26	0,6	2,85
<b>Cor Real</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cor Aparente</b>	150	20	20	15	10	10	10	10	10
<b>pH final</b>	7,32	7,26	7,23	7,22	7,03	6,85	6,75	6,62	6,19

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 600uT

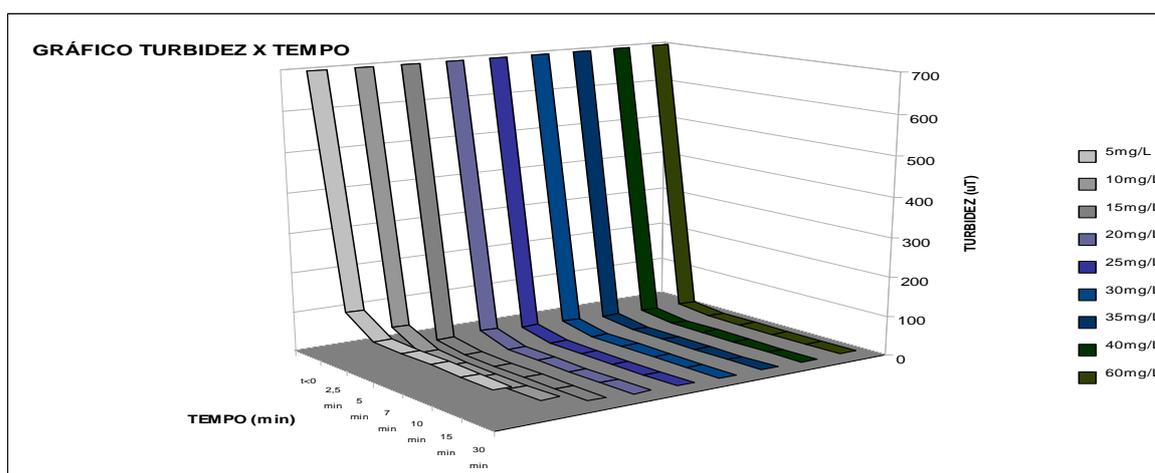
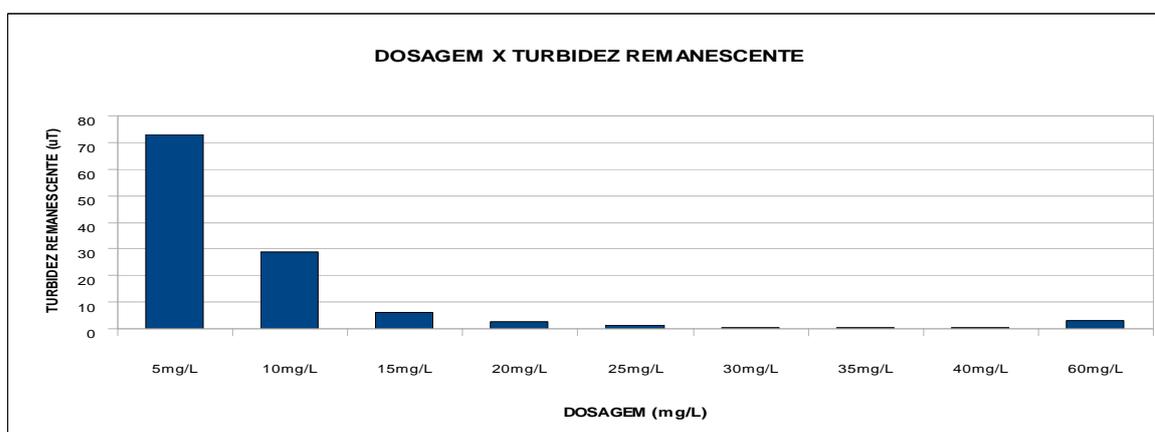


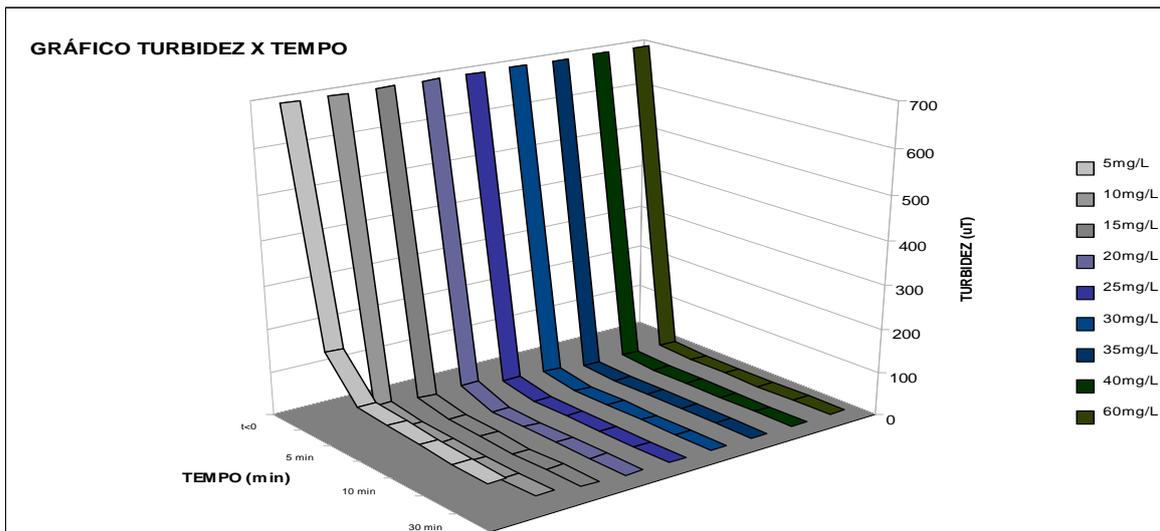
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 600uT



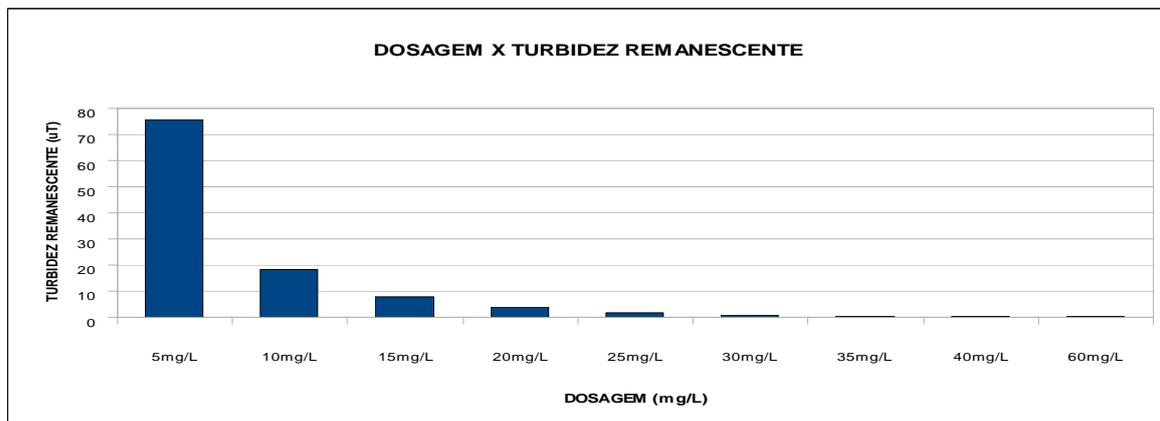
# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 700uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 21/12/2008				Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
700		7,5			31				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe(µg/L)		Mn(µg/L)		
>250		5			76,9		244		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	700	700	700	700	700	700	700	700	700
2,5 min	188	37,5	29	33,7	18,73	14,2	5,04	5,19	4,47
5 min	96,9	23,8	13	3,87	2,27	1,36	0,42	0,71	0,39
7 min	92	20,8	10,39	3,48	1,81	1	0,48	0,5	0,1
10 min	84,3	17,31	5,69	3,43	1,12	0,68	0,11	0,46	0,1
15 min	79	17,01	8,9	3,72	1,3	1,1	0,35	0,93	0,95
30 min	75,7	18,05	8,04	3,77	1,8	0,87	0,26	0,47	0,24
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	150	20	20	15	10	10	10	10	10
pH final	7,32	7,26	7,23	7,22	7,03	6,85	6,75	6,62	6,19

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 700uT



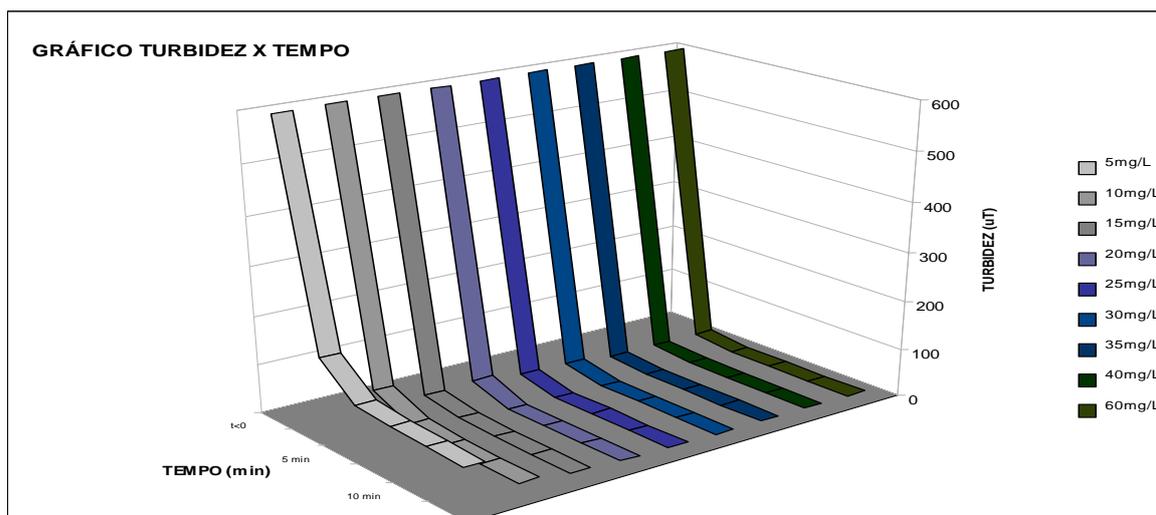
## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 700uT



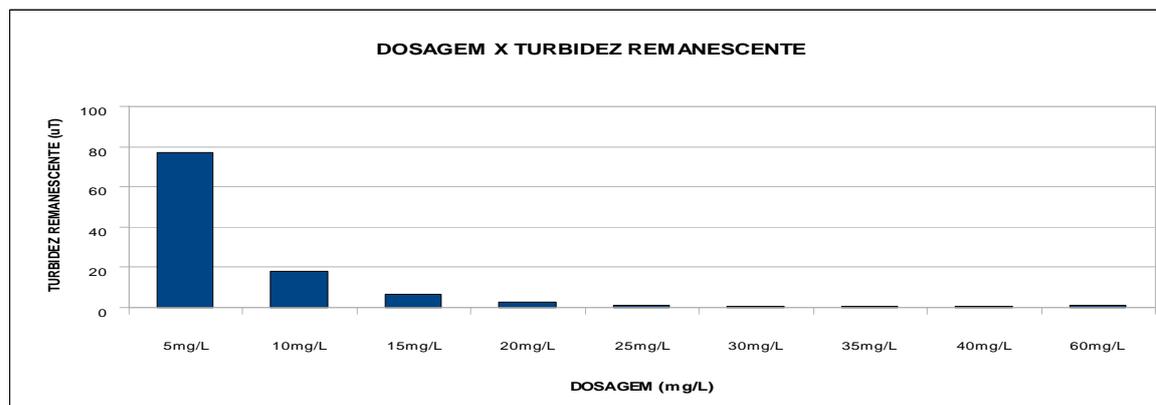
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 700uT

<b>Ensaio de bancada Jar-Test</b>									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 24/12/2008				Dosagem de melhor remoção: 35 mg/L			
		Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação	
		Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
700		7,42				31			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe(µg/L)		Mn(µg/L)	
>250		5				79,4		252	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	700	700	700	700	700	700	700	700	700
2,5 min	154,5	61,1	26,4	31,27	19,93	16,55	8,11	8,54	10,14
5 min	91,8	26,55	13	3,915	2,56	1,64	1,27	1,21	1,26
7 min	84,15	19,46	9,1	2,7	1,77	0,91	0,68	0,8	1,55
10 min	81,61	17,73	7,92	2,21	1,07	0,68	0,49	0,52	1,12
15 min	76,75	16,9	7,54	2,61	1,13	0,72	0,63	0,56	1,48
30 min	77,2	18,06	6,59	2,95	1,35	0,56	0,3	0,58	1,18
<b>Cor Real</b>	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cor Aparente</b>	150	100	20	20	15	10	10	10	15
<b>pH final</b>	7,21	7,14	7,08	7,02	6,93	6,84	6,78	6,75	6,52

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 700uT



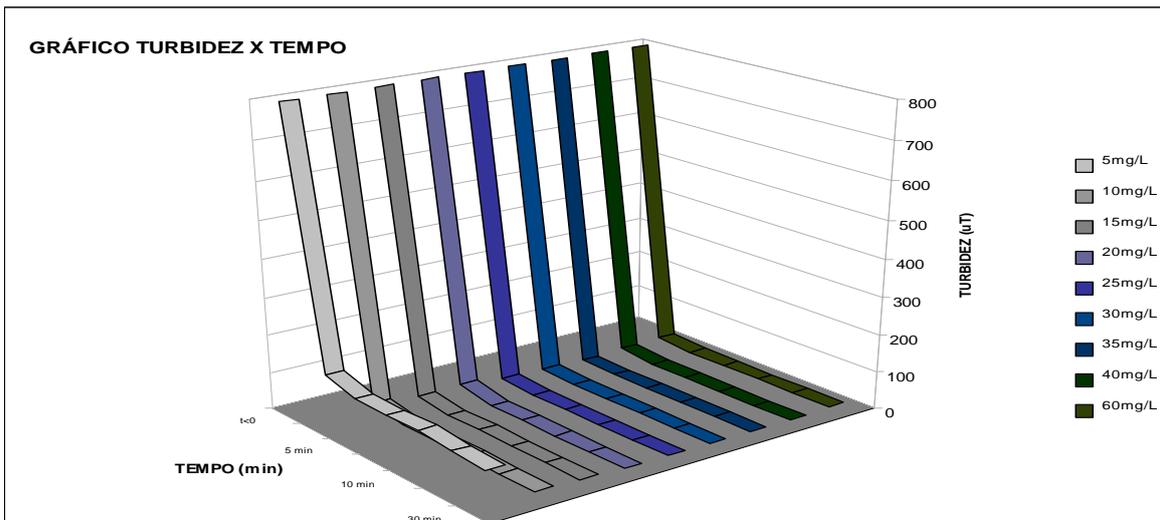
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 700uT



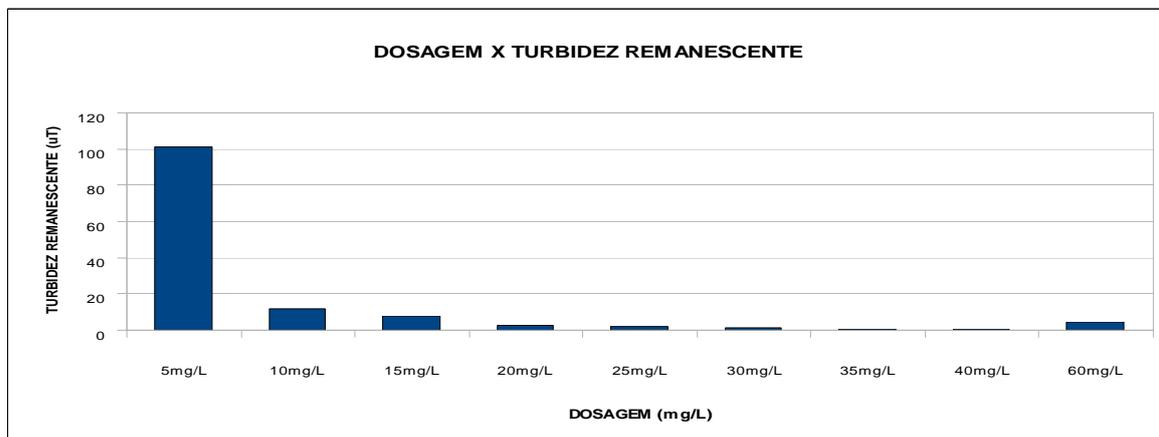
## 1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 800uT

<b>Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i></b>									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:05/01/2009				Dosagem de melhor remoção: 40 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)	pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
800	7,31				29				
Cor Aparente Inicial (UC)	Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250	5				80,4		252		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	800	800	800	800	800	800	800	800	800
2,5 min	140	33,2	21,6	24,1	10,39	8,23	5,63	9,72	12,34
5 min	118	16,94	10,41	4,8	4,05	3,04	1,55	1,17	6,76
7 min	114	17,07	12,13	5,1	4,54	2,27	1	1,16	5,57
10 min	117	16	10,25	3,44	2,49	1,17	0,76	0,29	4,85
15 min	106	13,91	8,28	2,7	2,3	0,91	0,52	0,17	4,47
30 min	101	12,04	7,58	2,82	2,17	1,1	0,63	0,42	4,51
Cor Real	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	130	20	25	5	5	5	5	5	70
pH final	7,19	7,13	7,06	7,02	6,95	6,8	6,68	6,6	6,21

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 800uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 800uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 800uT

<b>Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i></b>									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 08/01/2009				Dosagem de melhor remoção: 40 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
800		7,41			29				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			84,4		272		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	800	800	800	800	800	800	800	800	800
2,5 min	148,25	58,65	37,97	28,75	11,87	10,36	5,94	9,09	11,61
5 min	131	45,45	29,75	6,73	3,81	3,54	1,55	1,44	6,04
7 min	127,5	46,05	31,4	6,05	3,92	3,15	1,067	1,13	5,13
10 min	129,25	42	28,16	4,21	2,57	2,75	1,31	0,46	4,34
15 min	119	39,18	26,26	4,14	2,28	1,5	0,86	0,37	3,7
30 min	110,25	36,53	24,61	3,57	2,07	1,16	0,68	0,52	3,8
<b>Cor Real</b>	140	120	30	10	0	0	0	0	15
<b>Cor Aparente</b>	>250	>250	120	40	20	20	15	10	30
<b>pH final</b>	7,12	7,08	7,03	6,84	6,83	6,82	6,7	6,68	6,17

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 800uT

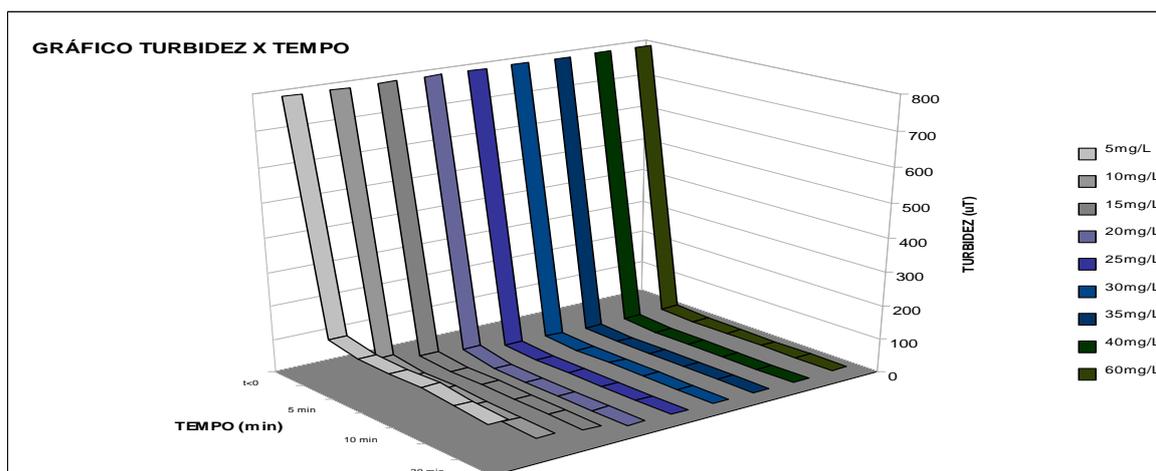
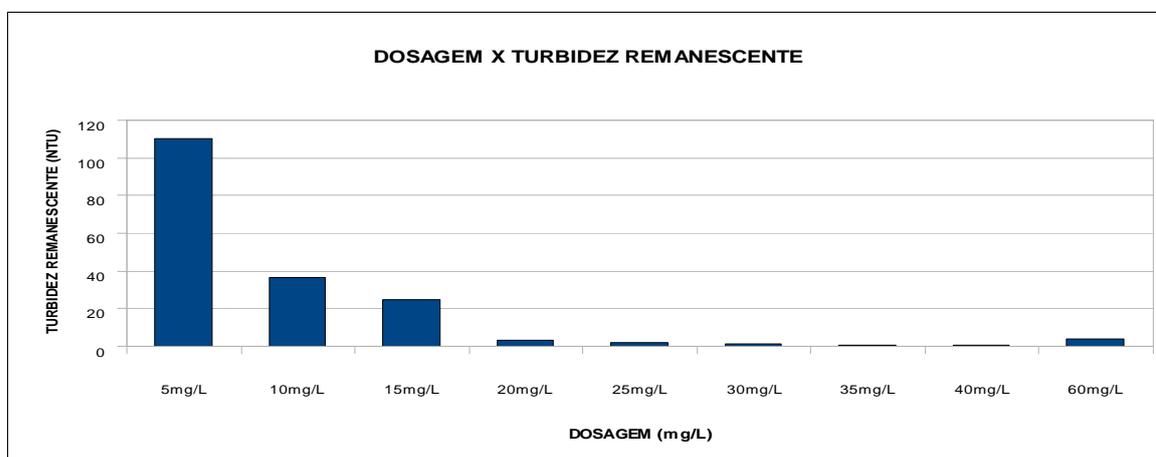


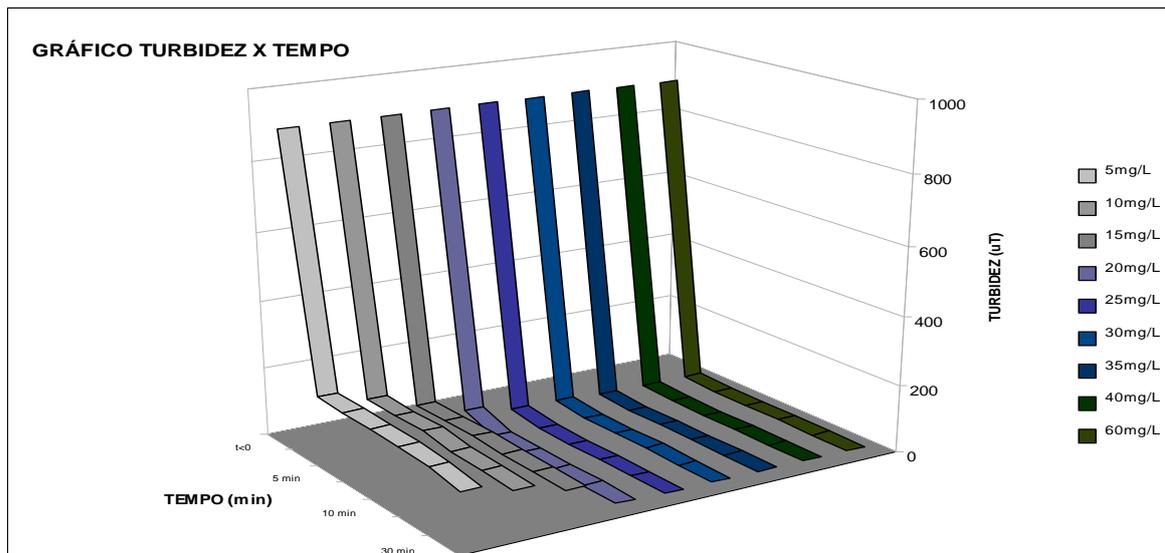
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 800uT



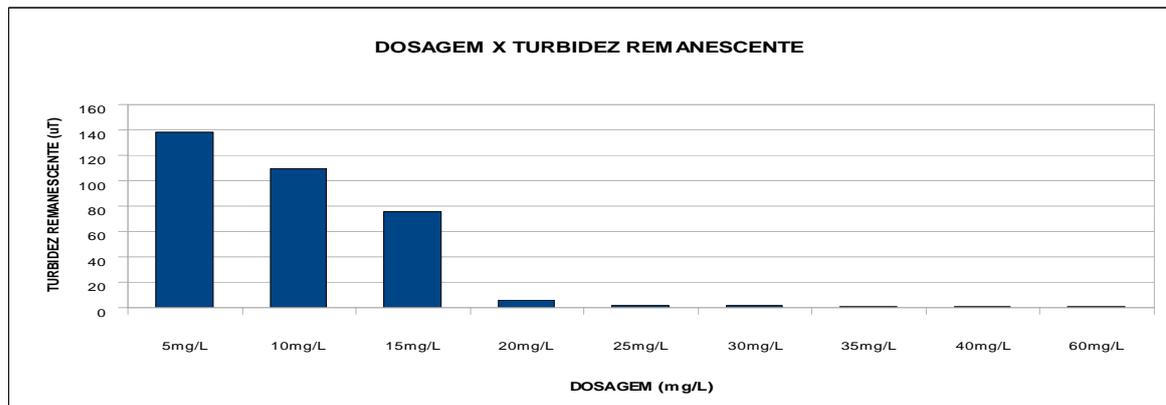
## 1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 900uT

<b>Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i></b>									
Local de Origem: ETA Funil		Identificação: 11/01/2009				Dosagem de melhor remoção: 40 mg/L			
		Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação	
		Temperatura: 25 ° C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
900		7,41				27			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
>250		5				80,8		272	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	900	900	900	900	900	900	900	900	900
2,5 min	173	135	87,1	42,7	16,31	16,76	6,89	7,2	9,45
5 min	170	131	87,8	12,55	3,09	5,04	1,55	2,25	3,88
7 min	168	133	89,4	8,73	2,07	5,81	1,27	1,05	3,82
10 min	166	120	81,9	6,54	2,84	7,51	2,96	0,97	2,83
15 min	158	115	80,2	8,46	2,24	3,29	1,88	0,98	1,39
30 min	138	110	75,7	5,84	1,78	1,36	0,86	0,85	1,28
<b>Cor Real</b>	140	120	30	10	0	0	0	0	15
<b>Cor Aparente</b>	>250	>250	120	40	20	20	15	10	30
<b>pH final</b>	7,12	7,08	7,03	6,84	6,83	6,82	6,7	6,68	6,17

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 900uT



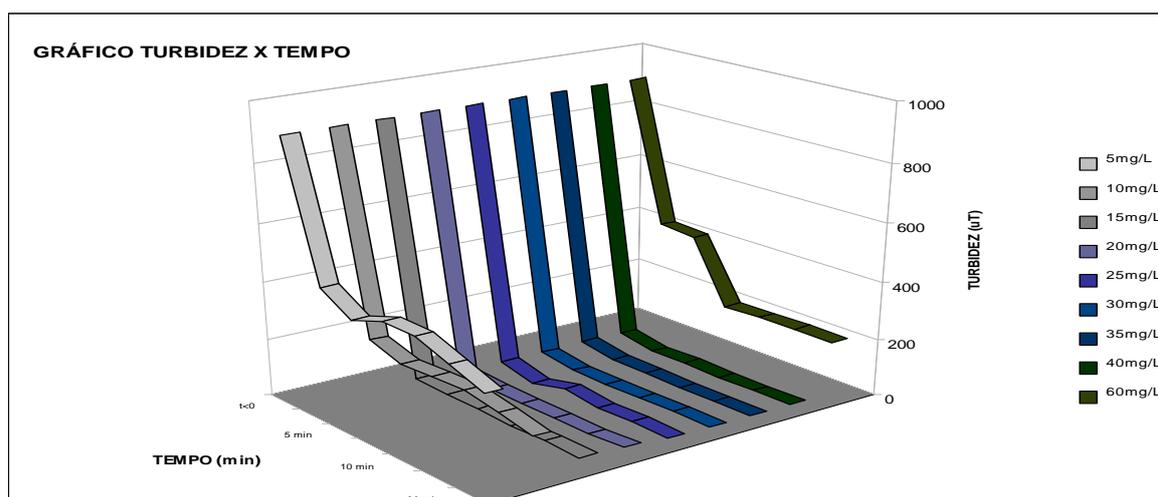
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 900uT



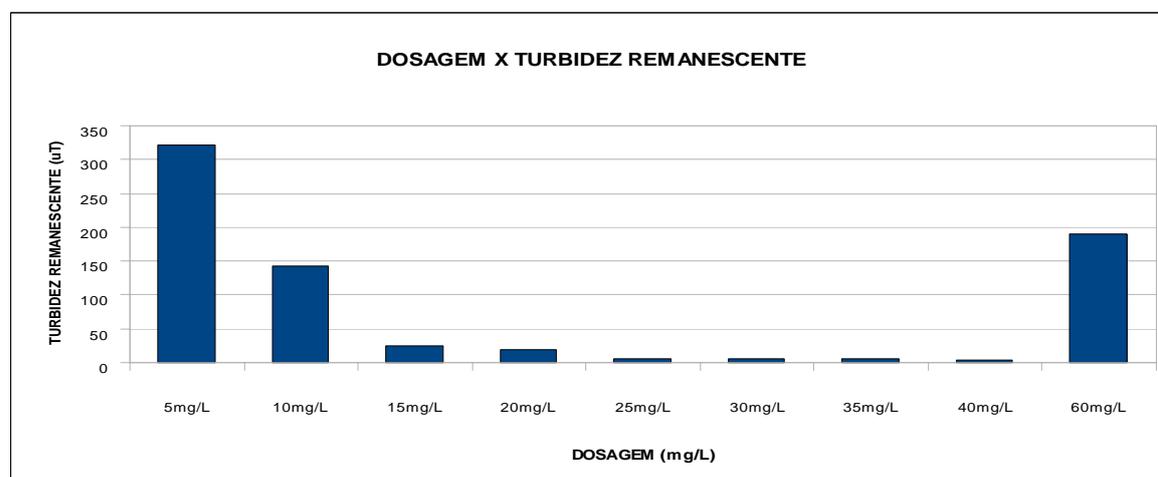
## 2º ENSAIO DE BANCADA (JART TEST) PARA 900uT

Local de Origem: ETA Funil	Identificação:12/01/2009		Dosagem de melhor remoção: 40 mg/L						
	Coagulante: Cloreto Férrico		Mistura Rápida		Floculação				
	Temperatura: 25 ° C		Tmr:10s	pmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)			
Turbidez inicial (uT)	pH inicial		Alcalinidade total mg/l CaCO <sub>3</sub>						
900	7,41		27						
Cor Aparente Inicial (UC)	Cor Real Inicial (UC)		Fe (µg/L)		Mn (µg/L)				
>250	5		87,1		274				
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	900	900	900	900	900	900	900	900	900
2,5 min	435	220	45,2	25,8	30,8	29	34,3	29,9	410
5 min	369	183	34,9	16,55	30,,5	9,73	12,28	8,55	399
7 min	411	190	37	15,92	28,9	7,14	9,4	10,1	185
10 min	407	191	26,9	13,13	11,79	6,46	4,71	4,17	191
15 min	364	168	30,5	12,57	15,35	7,72	6,93	5,59	192
30 min	321	142	24,44	19,46	6,33	5,53	5,11	3,87	190
Cor Real	140	120	30	10	0	0	0	0	15
Cor Aparente	>250	>250	120	40	20	20	15	10	30
pH final	7,19	7,09	7,04	7,01	6,9	6,84	6,77	6,65	6,13

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 900uT



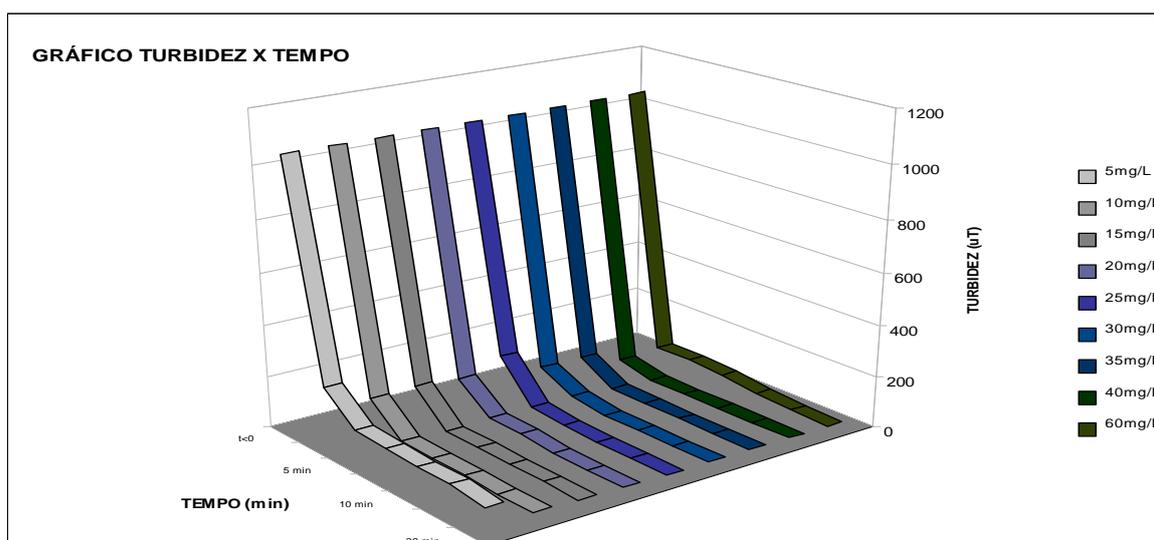
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 900uT



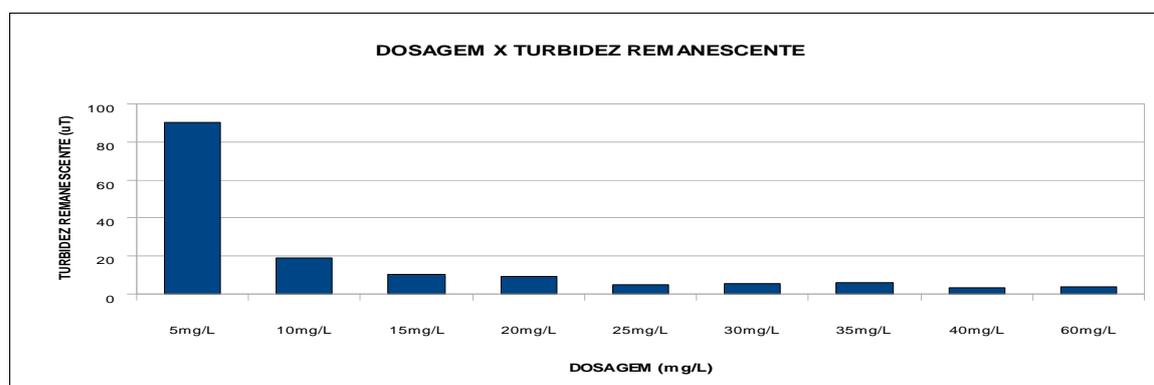
# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 1000uT

Ensaio de bancada Jar-Test										
Local de Origem: ETA Funil	Identificação: 17/01/2009					Dosagem de melhor remoção: 40 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico					Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C					Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH ótimo					Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
1000		7,3					31			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial(UC)					Fe(µg/L)		Mn(µg/L)	
>250		5					90		286	
Turbidez (uT)										
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L	
t<0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
2,5 min	230	141	145	131	180	92	91	36,7	46	
5 min	122	33,9	26,1	30,4	30,8	28,9	14,1	6,77	47	
7 min	116	29,4	21,4	27,1	14,1	7,8	10,9	3,85	40	
10 min	110	27,1	19,4	10,1	7,9	7,8	8,1	3,57	20	
15 min	110,1	20,1	17,1	9,1	6,1	6,8	6,9	3,1	10	
30 min	90,1	19,1	10,1	9	5,1	5,7	5,8	3,15	3,7	
Cor Real	20	20	5	0	0	0	0	0	0	
Cor Aparente	110	100	100	60	60	60	60	5	30	
pH final	6,7	6,51	6,41	6,2	6,09	5,9	5,71	5,61	5,6	

## GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 1000uT



## GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 1000uT



2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 1000uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Funil	Identificação:20/01/2009			Dosagem de melhor remoção: 40 mg/L					
	Coagulante: Cloreto Férrico			Mistura Rápida		Floculação			
	Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
1000		7,41			30				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial(UC)			Fe(µg/L)		Mn(µg/L)		
>250		5			89,5		282		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2,5 min	147	63,6	45,7	38,2	28,6	27,6	23,7	28,5	175
5 min	122	33,2	23,8	14,51	9,79	14,99	19,47	25,42	148
7 min	116	29,6	22,3	11,29	8,71	8,95	15,64	16,4	142
10 min	113	30,09	16,97	10,21	6,6	7,32	10,3	11,23	138
15 min	96,7	30,4	16,9	8,57	6,61	7,78	8,42	8,82	142
30 min	96,5	31,7	16,87	8,94	6,58	6,56	8,15	6,38	150
Cor Real	5	0	0	0	0	0	0	0	5
Cor Aparente	120	50	25	20	20	20	20	20	>250
pH final	7,49	7,36	7,24	7,09	6,96	6,76	6,71	6,49	6,39

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 1000uT

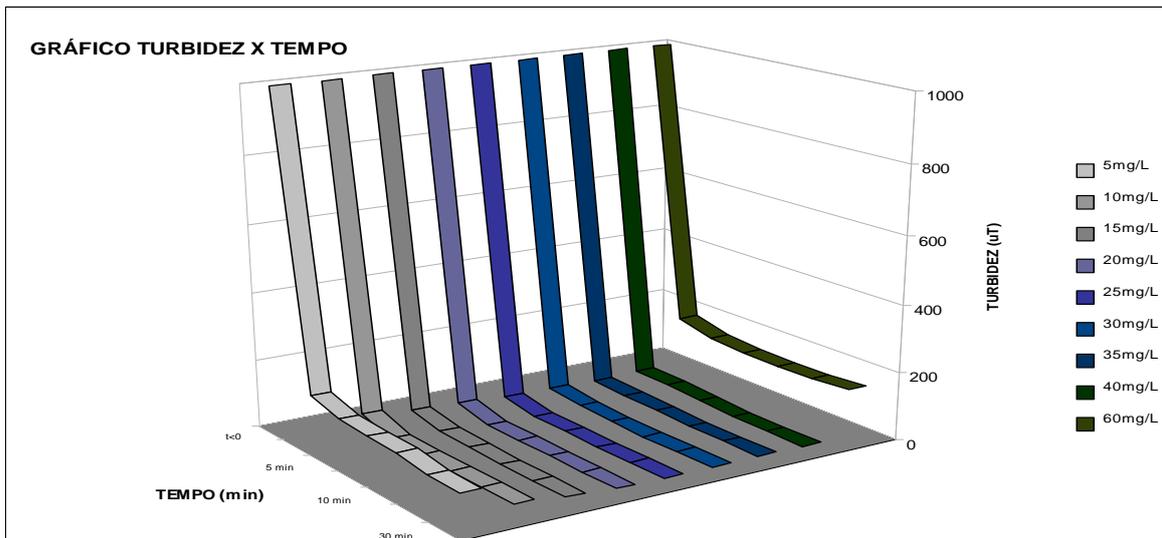
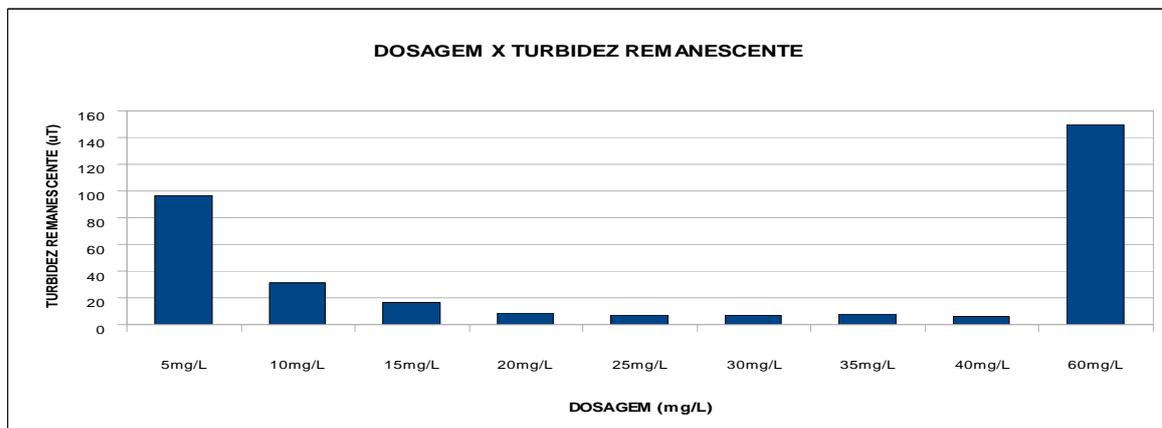


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 1000uT



## ANEXO C

Ensaio utilizando coagulante sulfato de alumínio  
e água bruta da ETA Mata do Seminário

# 1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 50uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 22/02/2009				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L				
	Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
50		7,65			17				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
50		0			55		16,8		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	50	50	50	50	50	50	50	50	50
2,5 min	44,1	48,2	46,8	49,5	46,8	50,3	48,3	42	47,9
5 min	23,3	46,9	50,3	50,1	45,7	51,3	45,5	47,5	43,2
7 min	16,8	45,9	41,8	45,4	47,1	42,9	43,7	45,2	45,6
10 min	12,7	49,5	48,8	40,7	43,7	50	50,1	50,8	41,3
15 min	9,09	39,9	36,9	39,7	34,2	39,9	39,1	46	44,6
30 min	7,88	33,2	31,7	34,1	32,3	32,2	38,1	37,1	41,7
Cor Real	0	0	0	5	5	5	5	10	10
Cor Aparente	15	35	35	35	35	35	35	35	115
pH final	7,25	6,88	6,52	5,92	5,25	5,11	5	4,91	4,71

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 50uT

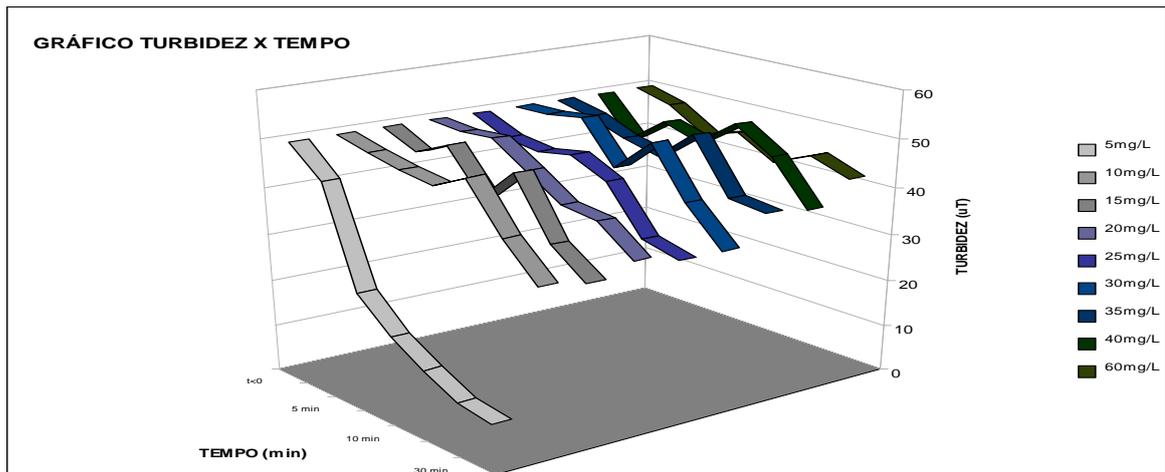
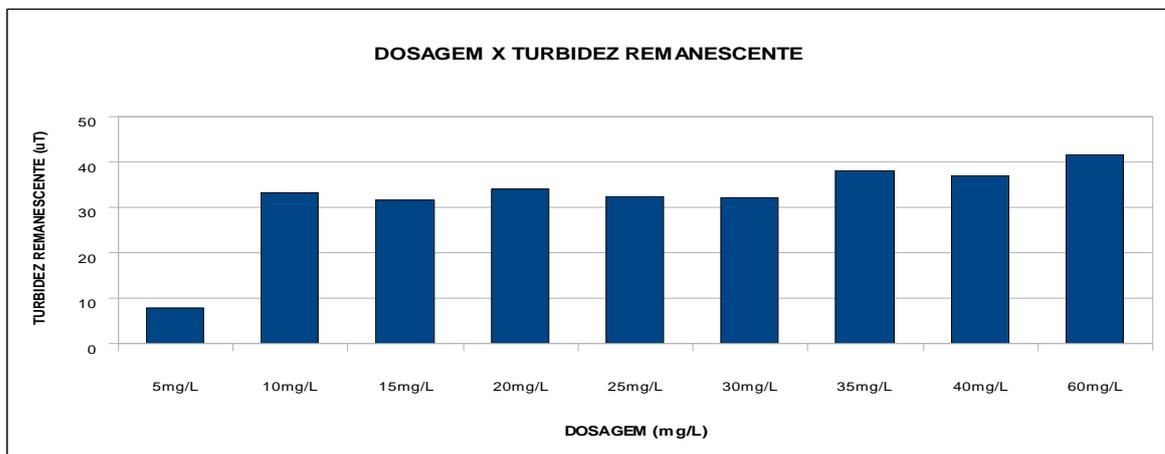


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 50uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 50uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 25/02/2009			Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L					
	Coagulante: Sulfato Alumínio			Mistura Rápida			Floculação		
	Temperatura: 25 ° C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
50		7,68			17				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
50		0			56		17,2		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	50	50	50	50	50	50	50	50	50
2,5 min	30,4	30,86	30,56	35,15	42,9	32,43	34,55	31,35	57,1
5 min	14,9	26,77	27,79	27,74	27,65	30,15	28,05	28,55	53,5
7 min	11,01	25,19	24,61	25,35	28,45	25,25	25,41	25,85	54,55
10 min	8,08	27,42	26,51	22,5	24,95	29,42	29,71	28,48	51,7
15 min	7,42	22,28	20,14	22	19,94	24,25	23,25	26,54	53,15
30 min	5,36	18,24	17,91	18,85	18,25	19	22,7	22,07	51
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	15	35	35	35	35	35	50	50	>250
pH final	7,63	7,44	7,06	7,03	6,95	6,84	6,62	6,54	5,97

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 50uT

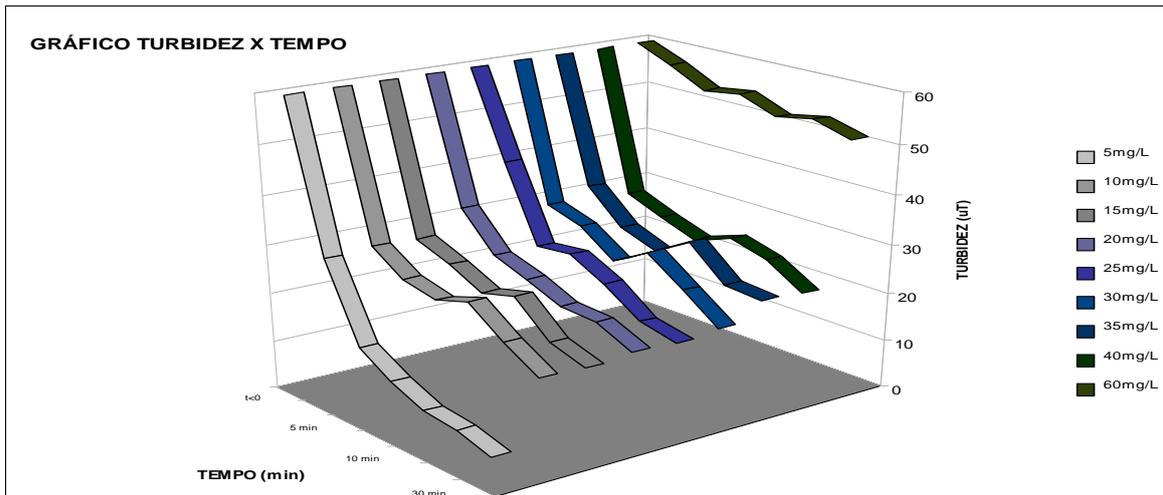
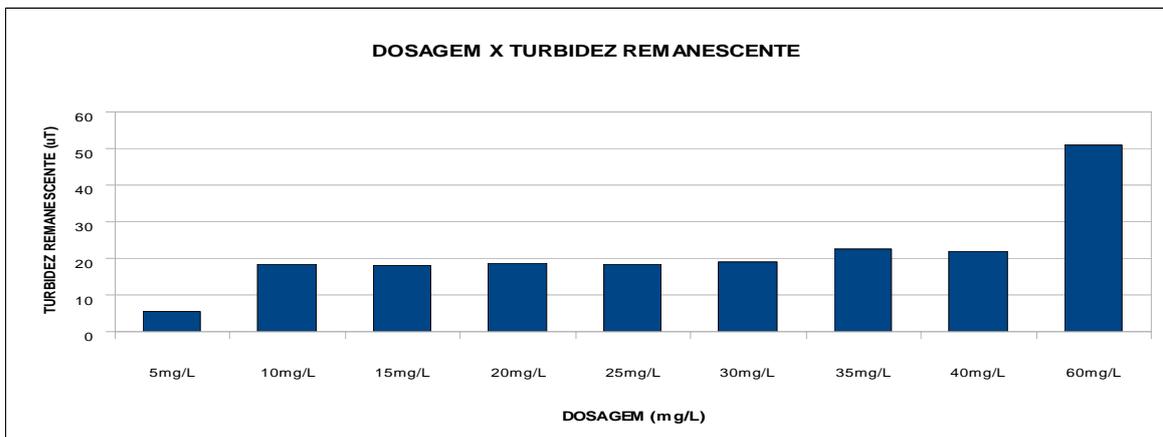


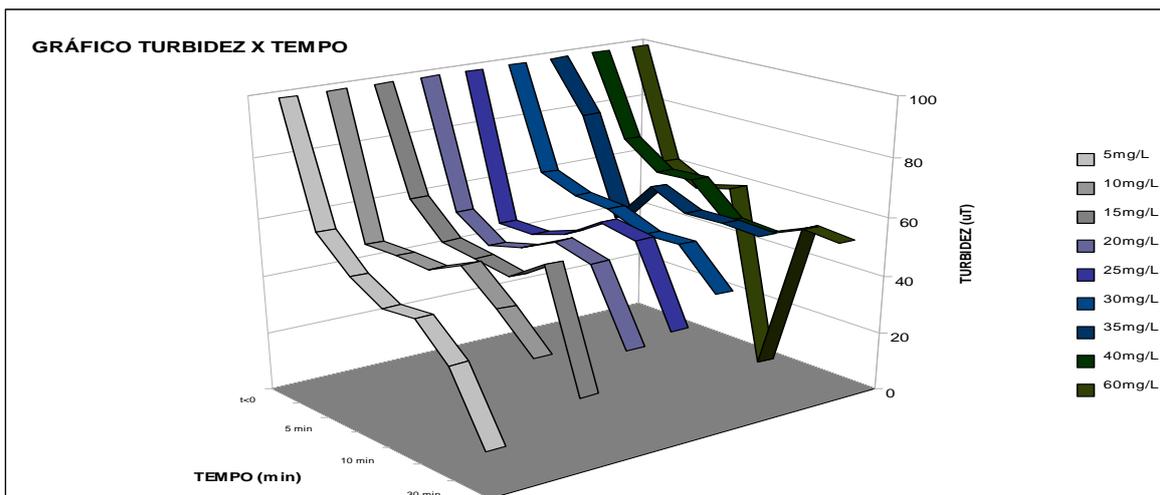
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 50uT



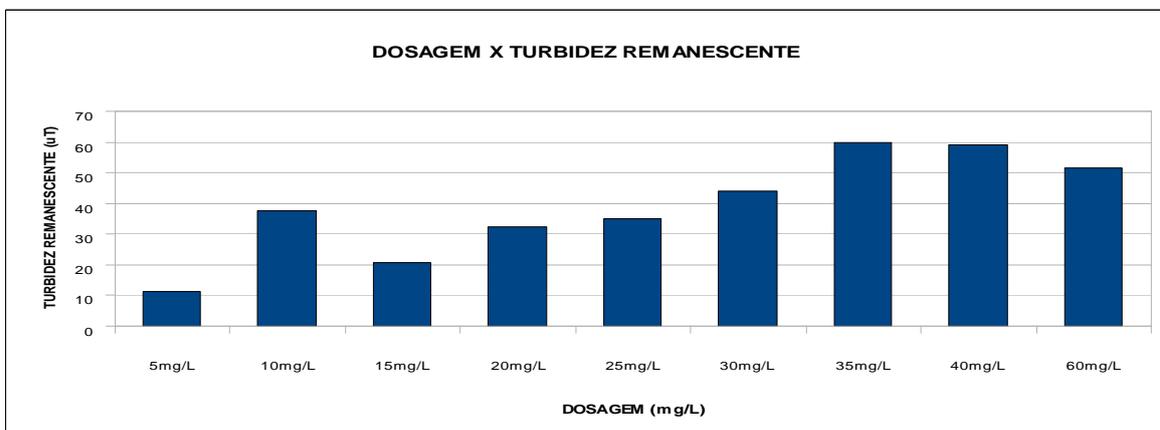
## 1º ENSAIO DE BANCADA (JART TEST) PARA 100uT

<b>Ensaio de bancada Jar-Test</b>									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 28/02/2009				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L				
	Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
100		7,45				22			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
100		0				56,6		17,1	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2,5 min	60,3	53,1	65,5	57,9	51,2	66,2	83,4	72,7	62,2
5 min	49,5	53,3	54,9	50,6	51,4	61,7	51,1	64,5	56,2
7 min	43,4	52,8	53,3	53,6	55,3	60,9	65,4	65,1	59,2
10 min	44,7	58,4	51,4	59,6	63	56	60,1	54,5	47,3
15 min	34	48,6	59,4	56,4	60,9	56,6	60,6	53,7	52,7
30 min	11,21	37,5	20,6	32,5	35	44	60	59,1	51,5
Cor Real	5	0	0	0	0	0	5	5	5
Cor Aparente	15	110	35	50	50	110	>250	>250	>250
pH final	7,14	6,93	6,45	5,61	5,29	5,1	5,09	4,91	4,75

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 100uT



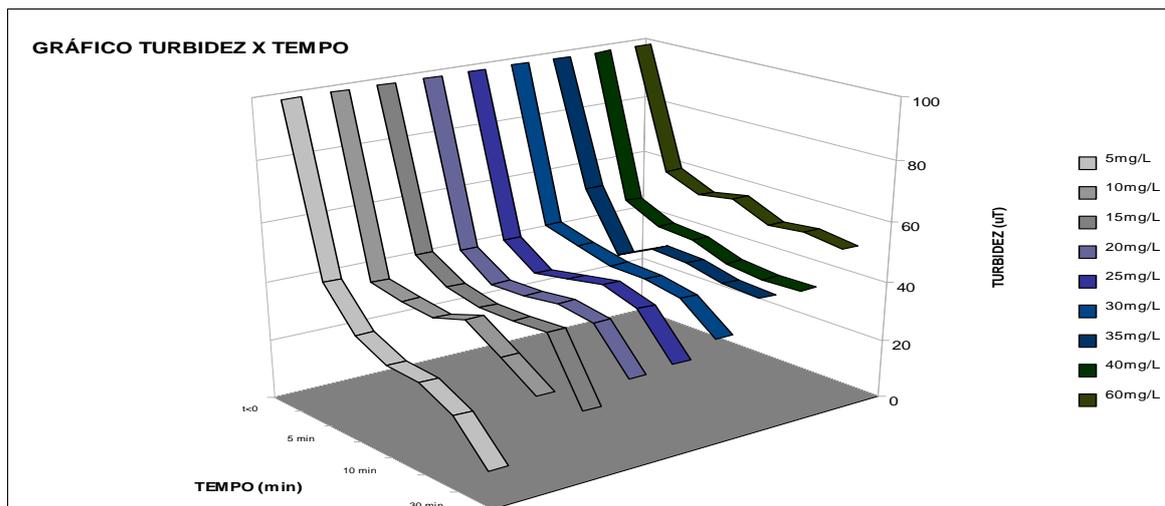
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 100uT



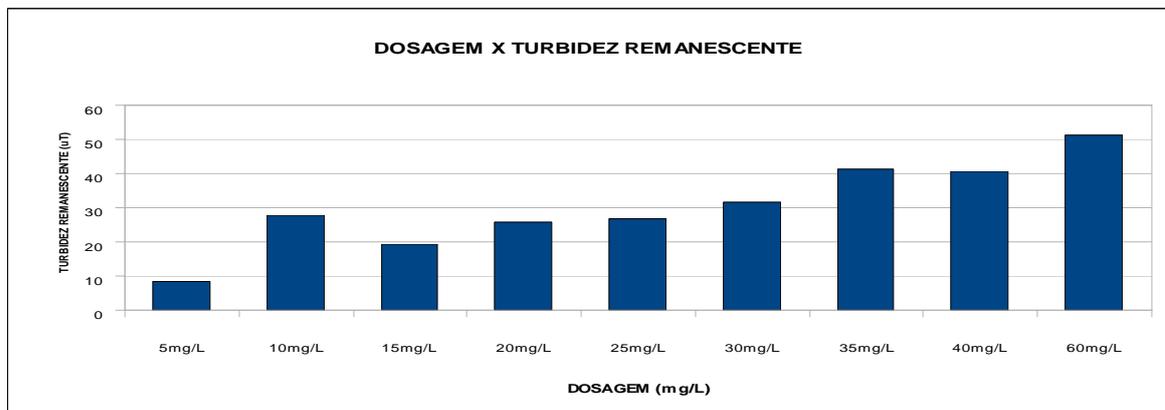
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 100uT

<b>Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i></b>									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação:02/03/2009			melhor remoção: 5 mg/L					
	Coagulante: Sulfato Alumínio			Mistura Rápida			Floculação		
	Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)		
<b>Turbidez inicial (uT)</b>	pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>					
100	7,56			15					
<b>Cor Aparente Inicial (UC)</b>	<b>Cor Real Inicial (UC)</b>			<b>Fe(µg/L)</b>		<b>Mn(µg/L)</b>			
200	5			68,3		18,1			
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2,5 min	45,35	41,98	48,03	46,52	47,05	49,31	58,95	52,02	59,65
5 min	32,2	40,05	41,35	39,17	39,52	45,95	39,55	46,52	54,85
7 min	27,2	38,95	38,95	39,47	41,85	43,05	45,45	45,47	56,85
10 min	26,39	42,91	38,95	41,05	43,95	42,71	44,95	41,49	51,7
15 min	20,71	35,44	39,77	39,2	40,42	40,45	41,95	40,12	52,95
30 min	8,28	27,87	19,25	25,67	26,65	31,5	41,35	40,58	51,25
<b>Cor Real</b>	0	0	0	0	0	0	0	5	5
<b>Cor Aparente</b>	25	35	35	35	35	50	110	110	>250
<b>pH final</b>	7,45	7,23	7,08	6,83	6,6	6,11	5,31	5,3	4,73

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 100uT



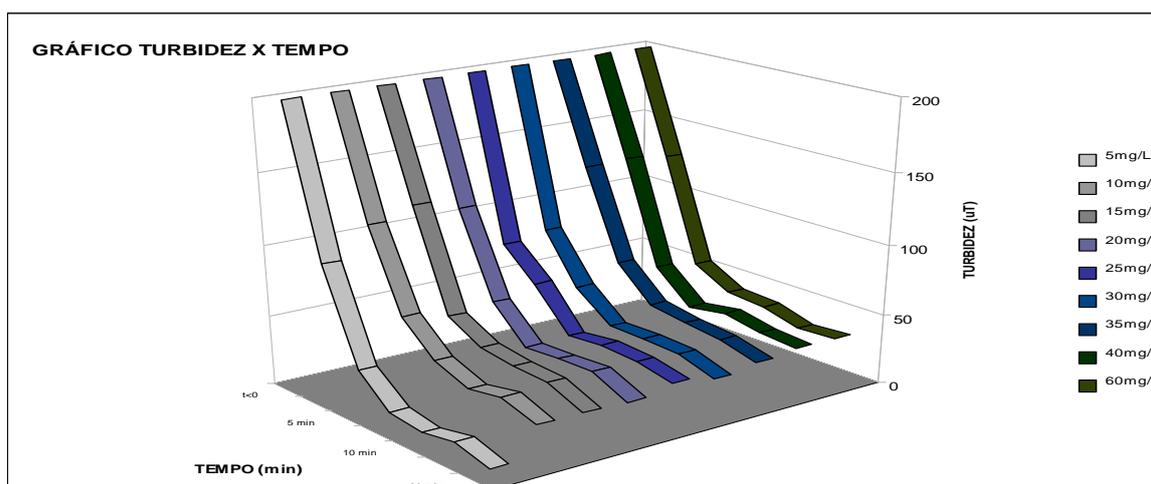
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 100uT



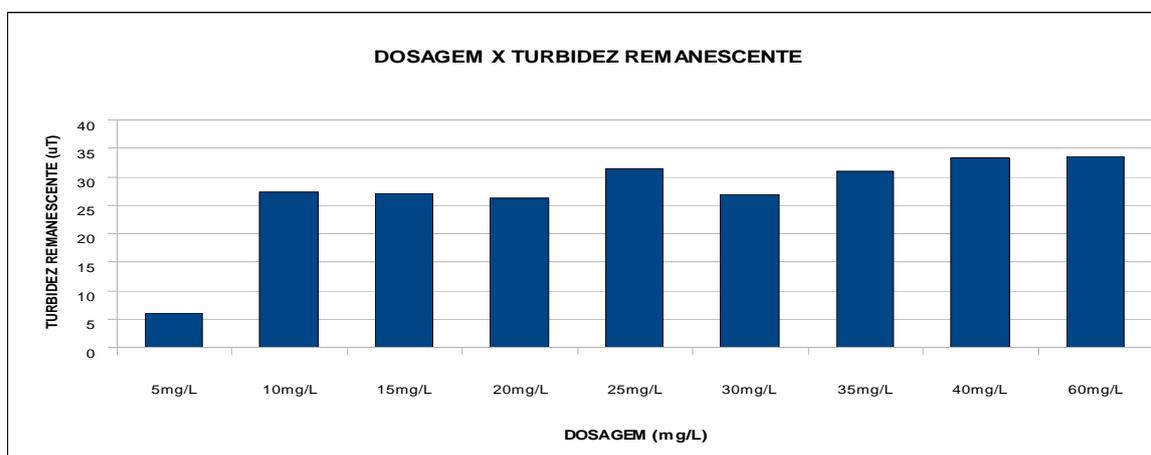
## 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 200uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário		Identificação: 06/03/2009				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L			
		Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação	
		Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
200		7,8				19			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
200		5				67,3		17,2	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2,5 min	97,52	118,05	126	117,8	86,35	90,35	130,75	131,35	127,75
5 min	31,92	62,6	55,9	59,05	65,25	56,3	67,75	58,55	54,35
7 min	12,46	41,45	42,65	35,75	36,58	36,45	45,1	36,54	41,175
10 min	8,95	31,32	39,65	36,88	38,86	36,64	41,05	40,55	38,66
15 min	13,32	35,91	38,02	37,68	36,75	34,9	37,59	35,6	31,78
30 min	5,95	27,36	27,09	26,18	31,49	26,98	31,05	33,24	33,49
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	10	25	110	110	110	130	160	160	220
pH final	6,91	6,82	6,63	6,32	6,17	5,74	5,41	5,35	5,04

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 200uT



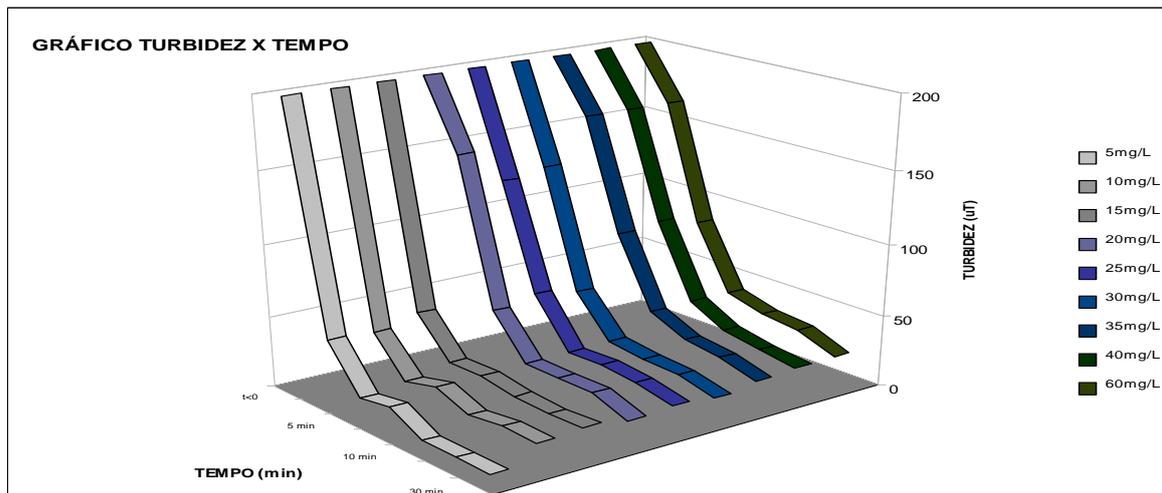
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 200uT



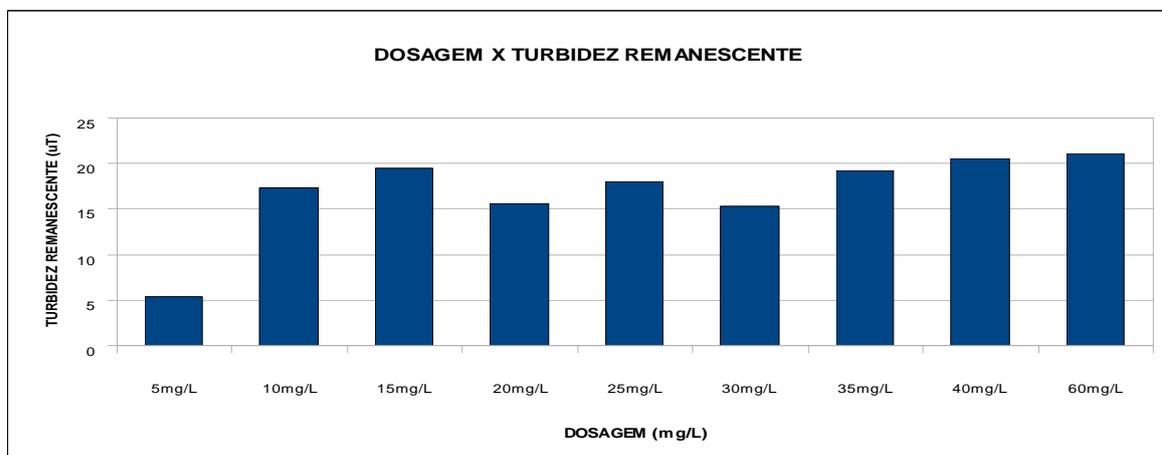
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 200uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação:09/03/2009				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L				
	Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
200		7,75			20				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
200		5			63,9		17,2		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2,5 min	44,85	43,35	50	153,4	130,17	134,15	164,35	164,17	164,35
5 min	14,37	18,02	24,06	53,67	58,75	53,7	88,85	91,25	85,15
7 min	18,04	23,9	23,9	25,31	25,56	26,41	40,55	41,67	40,73
10 min	5,85	15,3	19,79	24,47	26,55	22,92	29,65	29,34	33,93
15 min	5,45	18,01	18,03	24,8	23,55	21,49	26,21	24,45	31,49
30 min	5,42	17,3	19,44	15,6	17,985	15,265	19,24	20,5	21,08
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	10,2	25,3	110	111	110,8	131	159,8	160,6	221
pH final	6,95	6,88	6,59	6,31	6,15	5,72	5,4	5,37	5,05

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 200uT



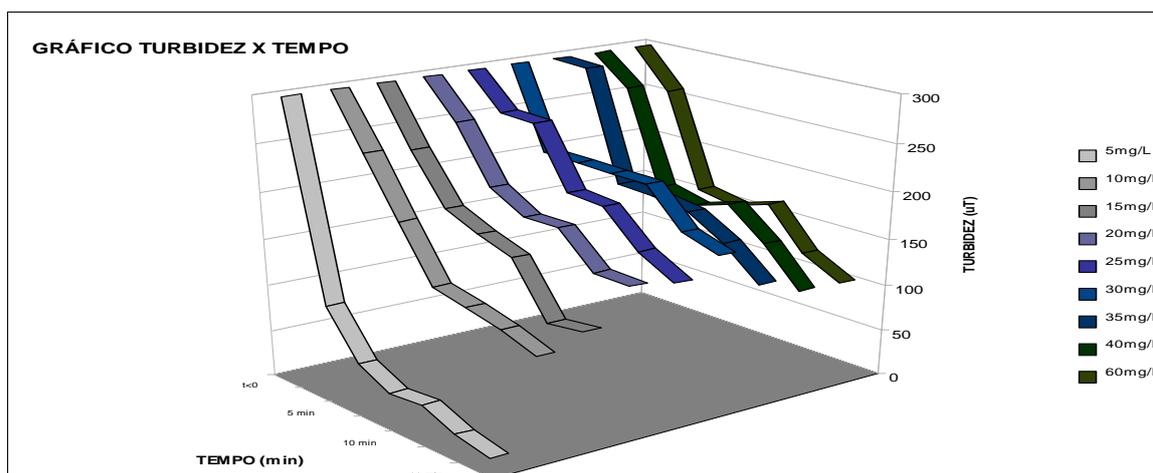
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 200uT



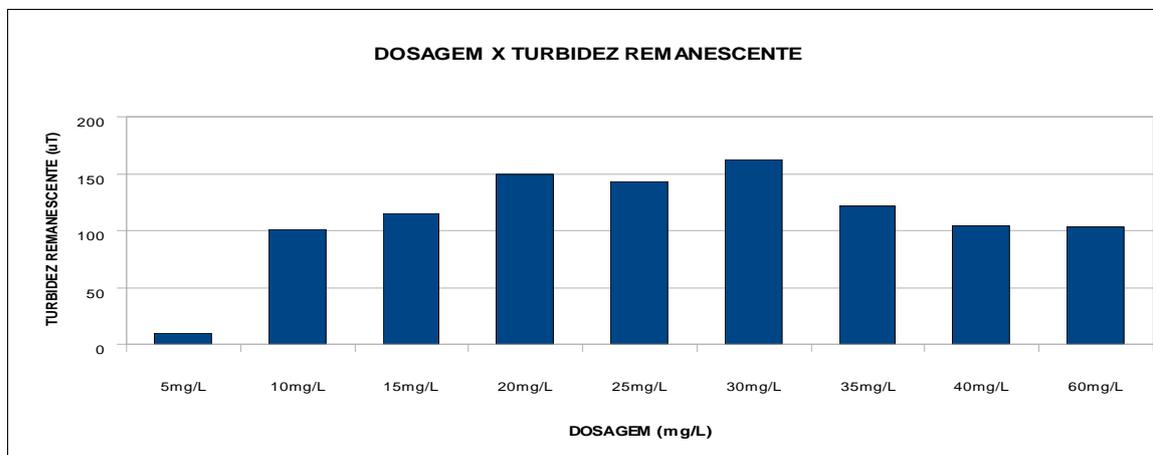
## 1º ENSAIO DE BANCADA (JART TEST) PARA 300uT

Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 12/03/2009		Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L						
	Coagulante: Sulfato Aluminio		Mistura Rápida		Floculação				
	Temperatura: 25 ° C		Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)			
Turbidez inicial (uT)	pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>					
300	7,39			18					
Cor Aparente Inicial (UC)	Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)			
>250	5			67,8		18,8			
<b>Turbidez (uT)</b>									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2,5 min	94,4	245	241	262	265	215	298	270	260
5 min	46	186	191	204	263	214	183	171	160
7 min	29	131	176	184	201	213	181	162	153
10 min	32	123	164	185	198	213	175	174	165
15 min	17,43	114	110	151	163	174	153	143	123
30 min	9,23	101	115	150	143	162	121	104	103
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	110	50	>250	>250	>250	>250	>250	>250	>250
pH final	6,71	6,67	6,52	6,5	5,9	5,6	5,4	5,23	4,16

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 300uT



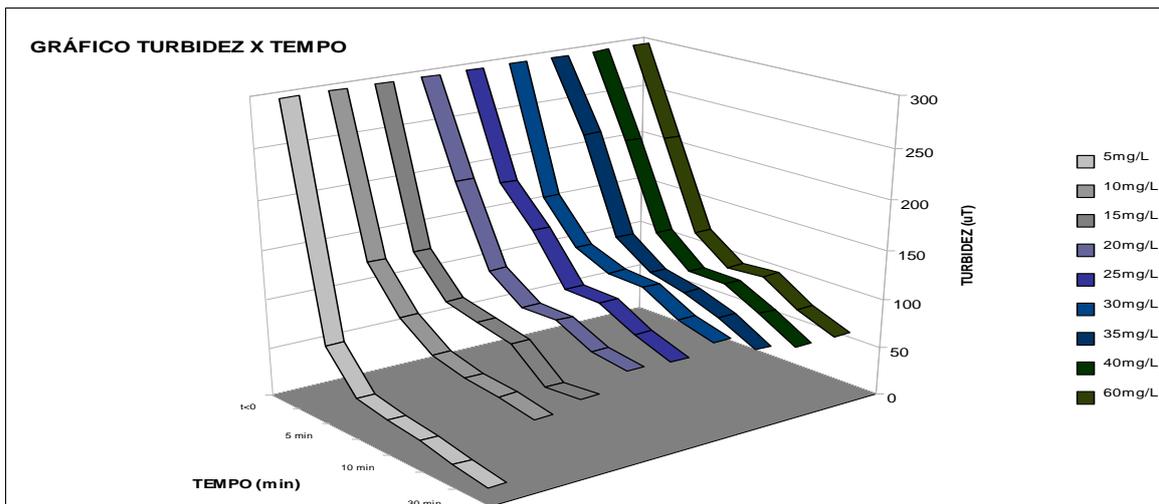
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 300uT



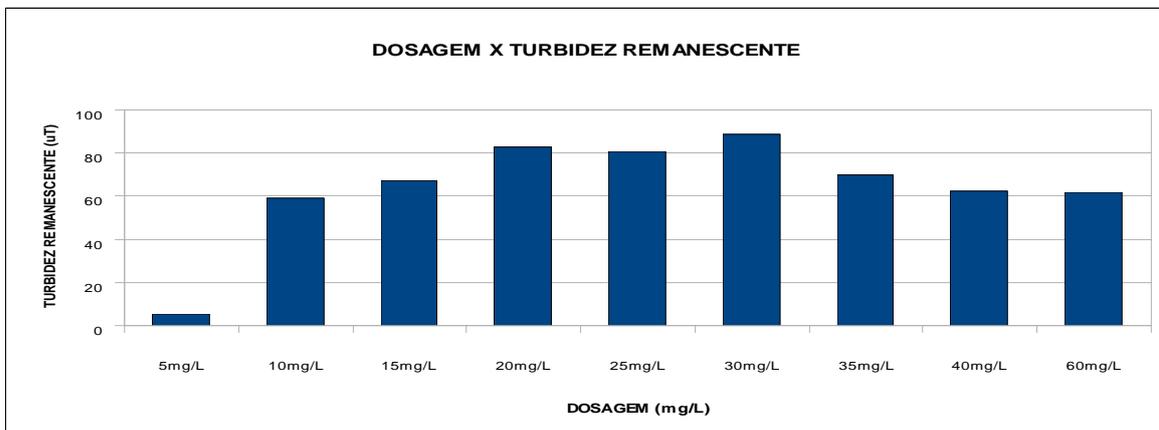
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 300uT

Ensaio de bancada Jar-Test												
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação:				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L							
	Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação					
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)				
Turbidez inicial (uT)	300				pH inicial	7,39				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>	18	
Cor Aparente Inicial (UC)	>250				Cor Real Inicial (UC)	5		Fe (µg/L)	68		Mn (µg/L)	16
Turbidez (uT)												
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L			
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300			
2,5 min	94,4	245	241	262	265	215	298	270	260			
5 min	46	186	191	204	263	214	183	171	160			
7 min	29	131	176	184	201	213	181	162	153			
10 min	32	123	164	185	198	213	175	174	165			
15 min	17,43	114	110	151	163	174	153	143	123			
30 min	9,23	101	115	150	143	162	121	104	103			
Cor Real	0											
Cor Aparente	110											
pH final	6,71	6,67	6,52	6,5	5,9	5,6	5,39	5,25	4,14			

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 300uT



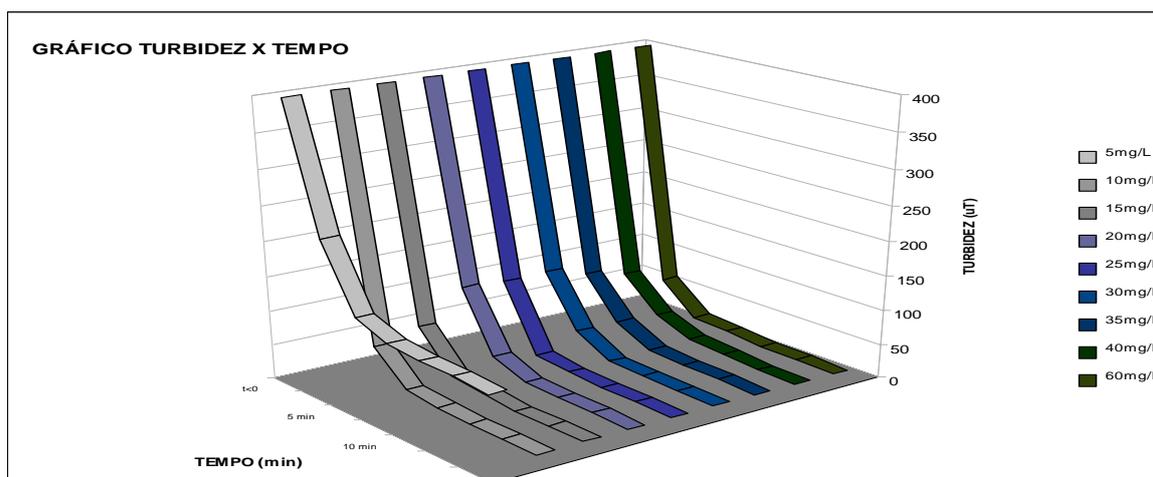
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 300uT



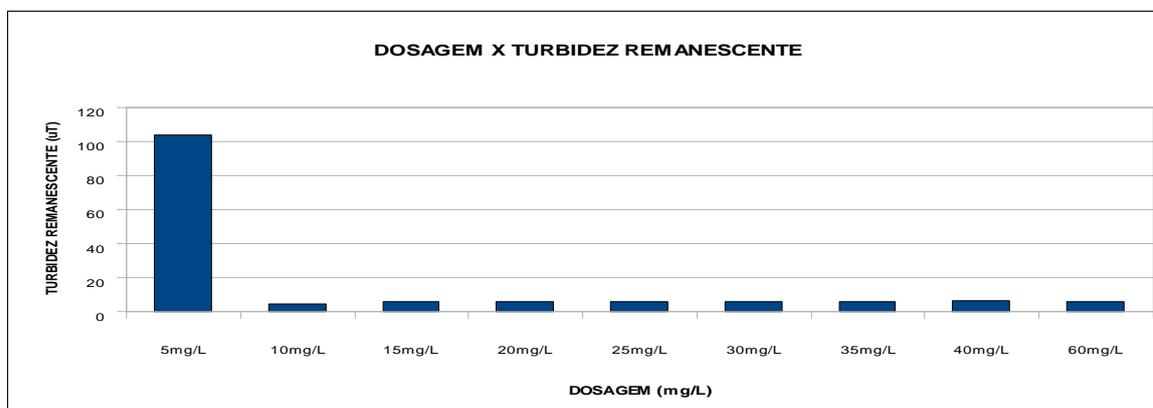
## 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 400uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 18/03/2009				Dosagem de melhor remoção: 10 mg/L				
	Coagulante: Sulfato Aluminio				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
400		7,24			20				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe(µg/L)		Mn(µg/L)		
>250		5			73,6		17,6		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	400	400	400	400	400	400	400	400	400
2,5 min	224	56,1	71,3	116	111	112	96,2	83	60,4
5 min	132	12,34	16,75	31,1	16,97	40	39,4	35,7	17,55
7 min	114	6,84	11,59	11,31	11,58	12,42	14,67	16,94	14,25
10 min	109	4,63	6,39	10,63	8,25	9,96	11,33	12,02	9,21
15 min	109	4,99	6,33	8,43	8,15	8,23	10,05	7,94	7,76
30 min	104	4,22	6,01	5,87	5,8	6,08	5,57	6,33	5,88
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	>250	50	110	110	110	110	110	110	50
pH final	6,1	5,5	5,11	4,88	4,78	4,71	4,65	4,62	4,54

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 400uT



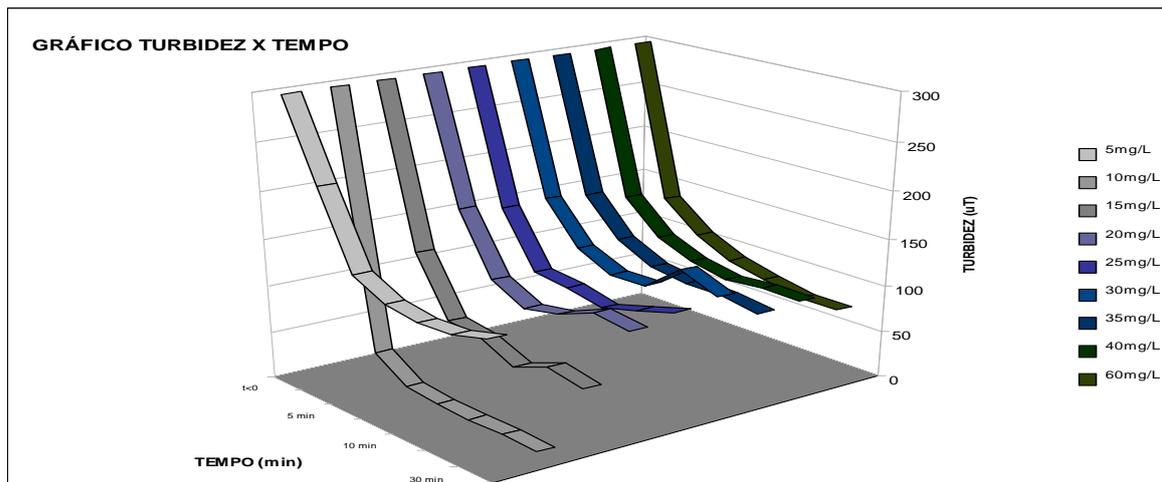
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 400uT



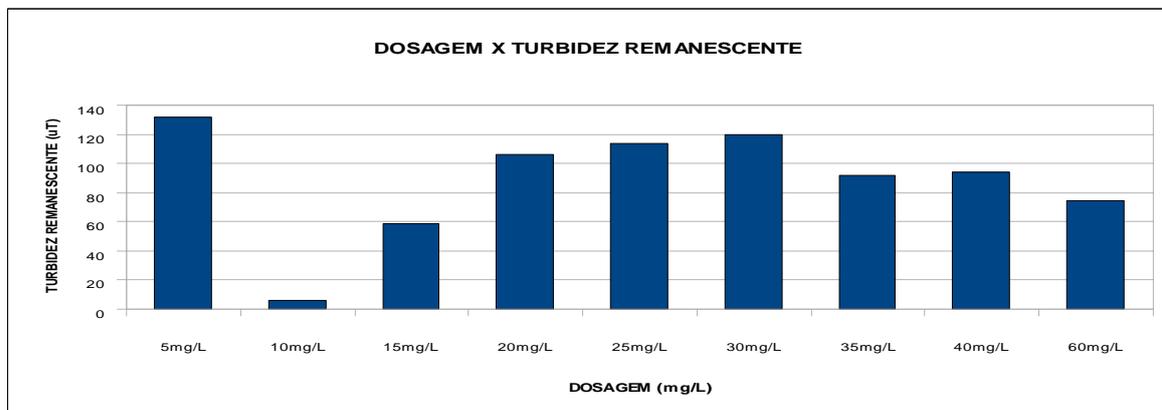
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 400uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário		Identificação: 21/03/2009				Dosagem de melhor remoção: 10 mg/L			
		Coagulante: Sulfato Alumínio				Mistura Rápida		Floculação	
		Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
400		7,32				15			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe(µg/L)		Mn(µg/L)	
>250		5				68,1		26	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2,5 min	219	34,26	132,65	170	162,5	163,5	159,1	148	137,7
5 min	141,5	11,85	71,85	106,05	104,95	121	121,2	114,85	107,75
7 min	124,5	8,43	67,25	88,65	100,29	104,21	103,35	99,97	90,65
10 min	119,5	6,81	51,445	95,815	92,15	105,48	97,65	91,51	82,15
15 min	122	7,55	65,65	110,71	102,57	135,15	97,05	95,47	74,38
30 min	131,5	6,03	59,05	106,43	113,9	119,54	91,75	94,16	74,44
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	>250	25	110	>250	>250	>250	>250	>250	110
pH final	6,9	6,5	6,21	5,78	5,42	5,31	4,92	4,73	4,54

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 400uT



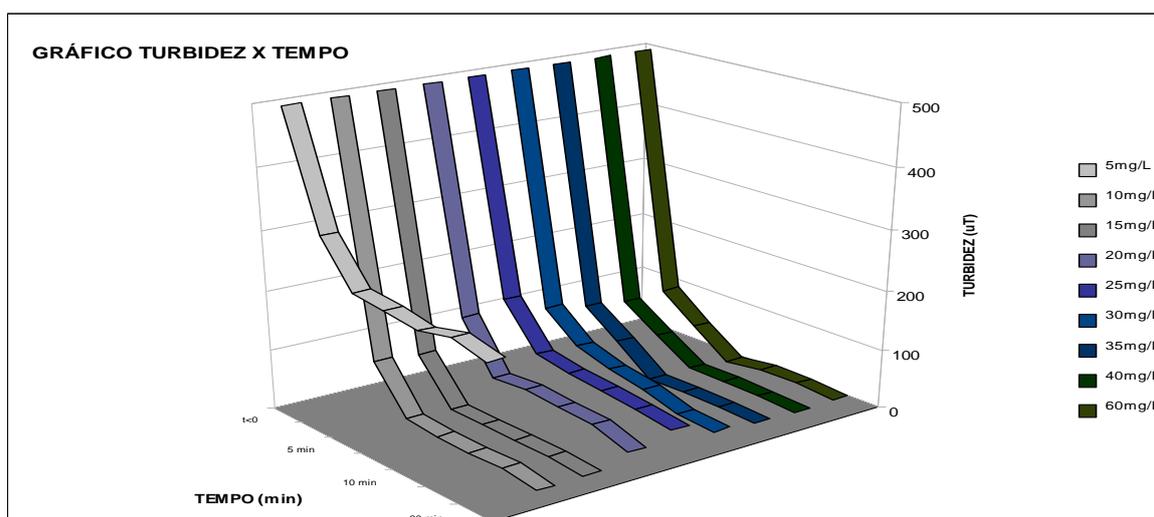
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENASCENTE PARA 400uT



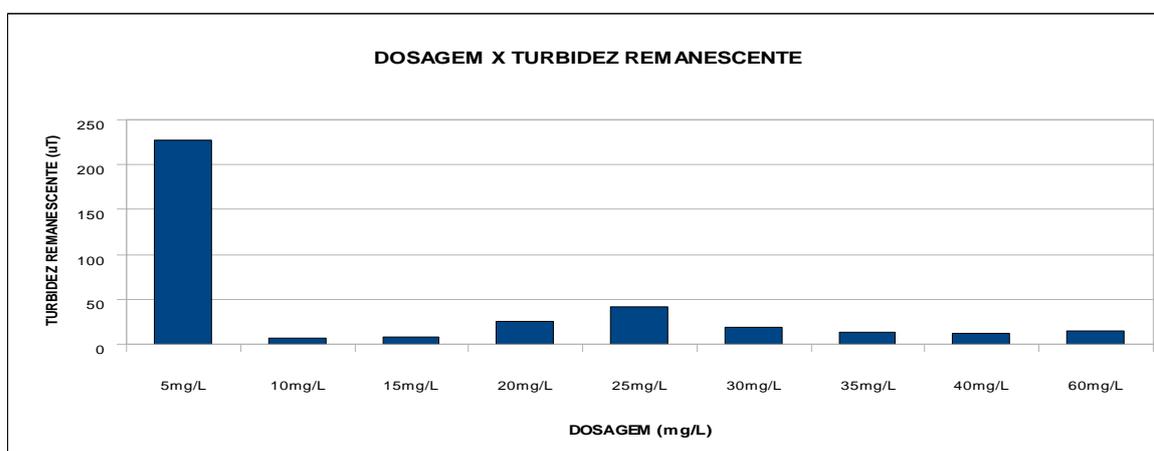
## 1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 500uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 24/09/2009			Dosagem de melhor remoção: 10 mg/L					
	Coagulante: Sulfato Alumínio			Mistura Rápida		Floculação			
	Temperatura: 25 ° C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
500		7,3			23				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			76,1		25,2		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2,5 min	316	91,7	86,2	133	147	115	101	93	97
5 min	245	18,69	16,14	51,12	74	70,1	61	54	53
7 min	238	14,44	14,3	54,8	63,8	52,9	15,91	17,8	11,01
10 min	229	13,53	14,18	51,1	57,6	40,6	18,3	17,9	20
15 min	241	15,39	13,59	46,9	52,4	24	17,08	16,04	19,81
30 min	227	6,23	8,61	25,7	42	18,94	13,81	12,13	14,15
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	>250	30	30	110	110	110	110	110	110
pH final	6,96	6,71	6,58	6,26	5,8	5,7	5,09	4,79	4,55

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 500uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENASCENTE PARA 500uT



## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 500uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
<b>Local de Origem:</b> ETA Mata Seminário	<b>Identificação:</b> 27/09/2009				<b>Dosagem de melhor remoção:</b> 10 mg/L				
	<b>Coagulante:</b> Sulfato Alumínio				<b>Mistura Rápida</b>		<b>Floculação</b>		
	<b>Temperatura:</b> 25 ° C				<b>Tmr:</b> 10s	<b>Gmr:</b> 110(s-1)	<b>Tf:</b> 20min	<b>Gf:</b> 20(s-1)	
<b>Turbidez inicial (uT)</b>		<b>pH inicial</b>			<b>Alcalinidade total mg/L CaCO<sub>3</sub></b>				
500		7,39			16				
<b>Cor Aparente Inicial (uC)</b>		<b>Cor Real Inicial (uC)</b>			<b>Fe (µg/L)</b>		<b>Mn (µg/L)</b>		
>250		5			76,8		26,8		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
<b>t&lt;0</b>	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2,5 min	267,5	62,98	109,45	151,5	154,75	139,25	130,05	120,5	117,35
5 min	193,25	15,27	43,95	78,58	89,45	95,55	91,1	84,45	80,37
7 min	181,25	11,45	40,75	71,72	82,05	78,55	59,63	58,85	50,83
10 min	174,25	10,17	32,85	73,45	74,85	73,04	57,97	54,05	51,05
15 min	181,5	11,47	39,62	78,8	77,45	79,57	57,05	55,75	47,05
30 min	179,25	5,13	33,83	66	77,95	69,24	52,78	53,45	44,25
<b>Cor Real</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cor Aparente</b>	>250	25	50	110	110	110	110	110	110
<b>pH final</b>	6,86	6,79	6,69	6,61	6,28	5,98	5,59	5,32	4,76

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 500uT

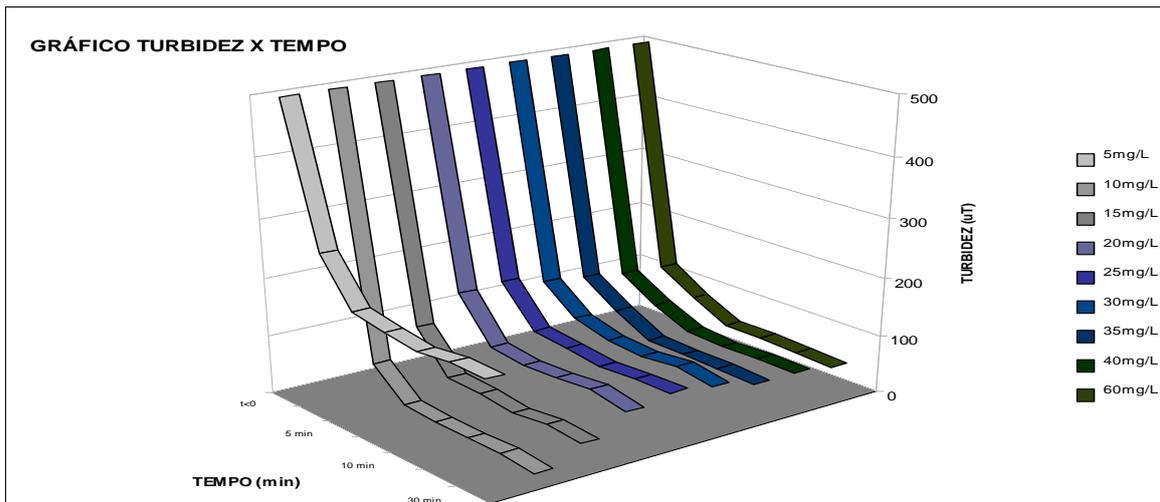
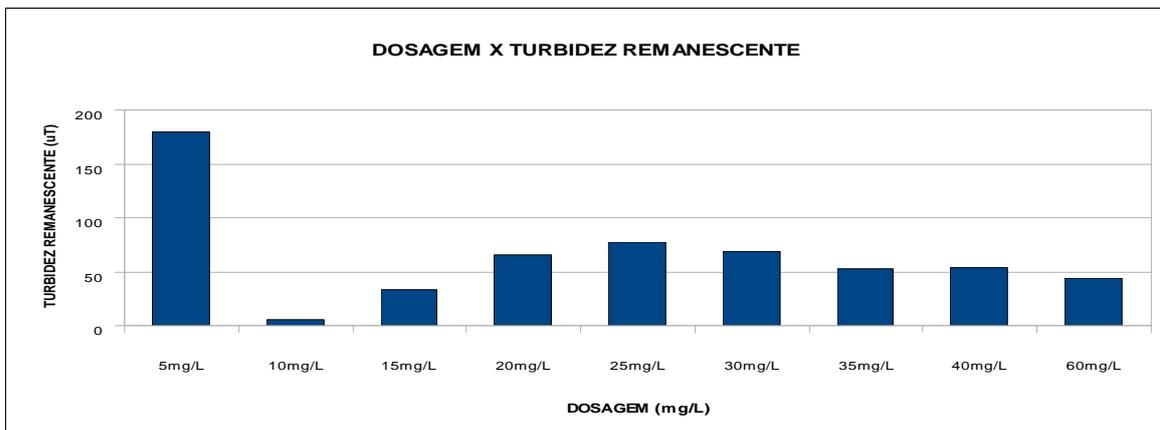


GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 500uT



## ANEXO D

Ensaio utilizando coagulante cloreto férrico e  
água bruta da ETA Mata de Seminário

# 1º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 50uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 27/03/2009			Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L					
	Coagulante: Cloreto Férrico			Mistura Rápida			Floculação		
	Temperatura: 25 ° C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
50		7,66			17				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
50		0			55		16,8		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	50	50	50	50	50	50	50	50	50
2,5 min	37,5	45,3	42,9	45,1	44,6	46,8	49,7	45,8	54,9
5 min	9,27	43,2	39,4	40,7	41,3	44,3	41,1	54,8	50,9
7 min	8,04	40,3	37,3	40,4	40,5	45,6	40	41,9	49,7
10 min	6,78	35,8	32,1	46,6	43,7	43,4	40,8	39,9	53,6
15 min	4,29	40,6	38,9	38,8	37,8	41,9	40,8	45,9	44,9
30 min	4,03	41,6	42,3	41,5	40,5	48,5	48,9	42,3	44,7
Cor Real	0	5	30	35	35	35	35	40	60
Cor Aparente	0	5	110	110	110	130	160	160	220
pH final	7,29	6,49	5,5	4,52	4,09	3,88	3,75	3,64	3,36

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 50uT

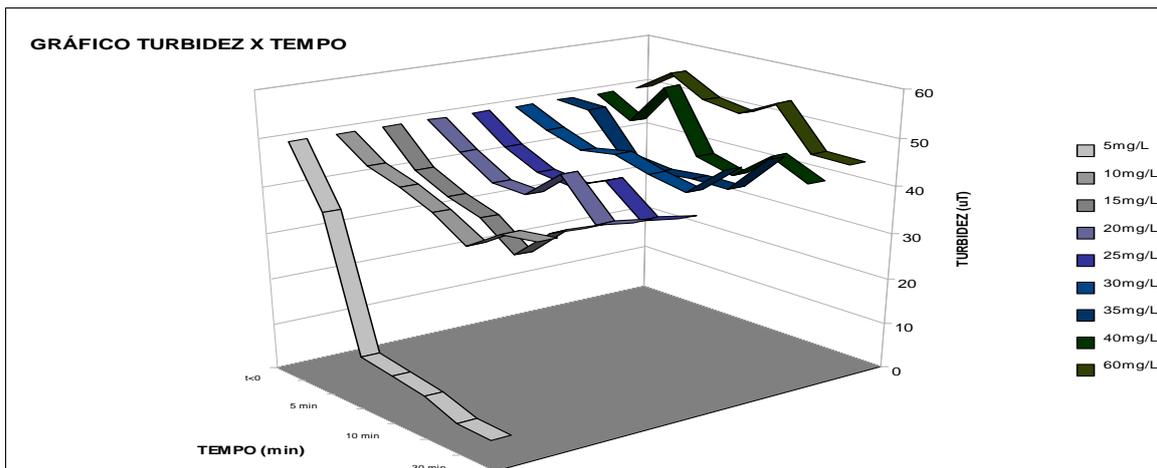
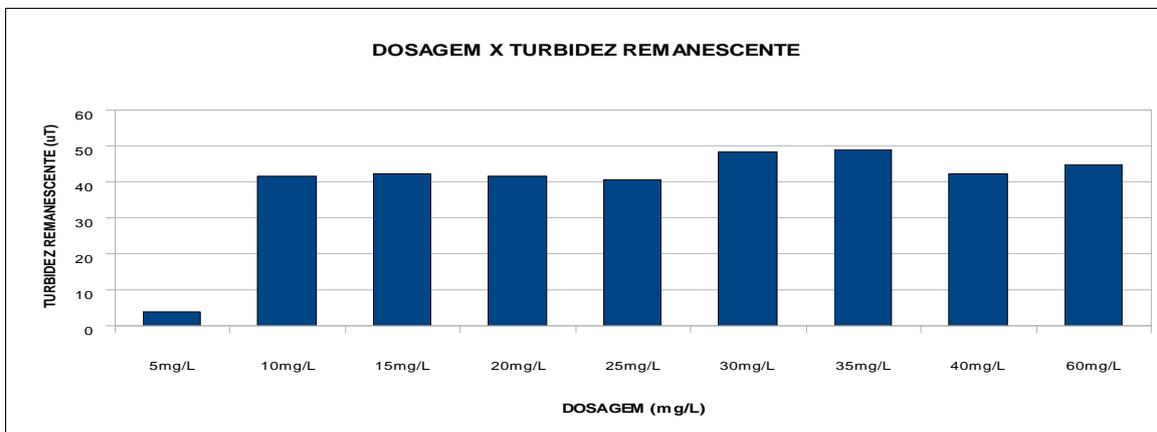


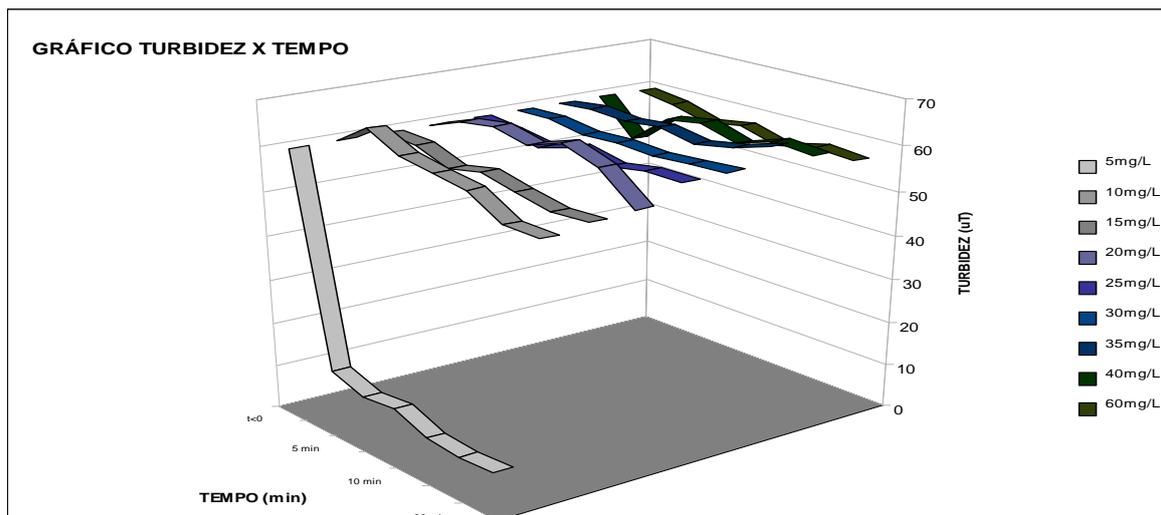
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 50uT



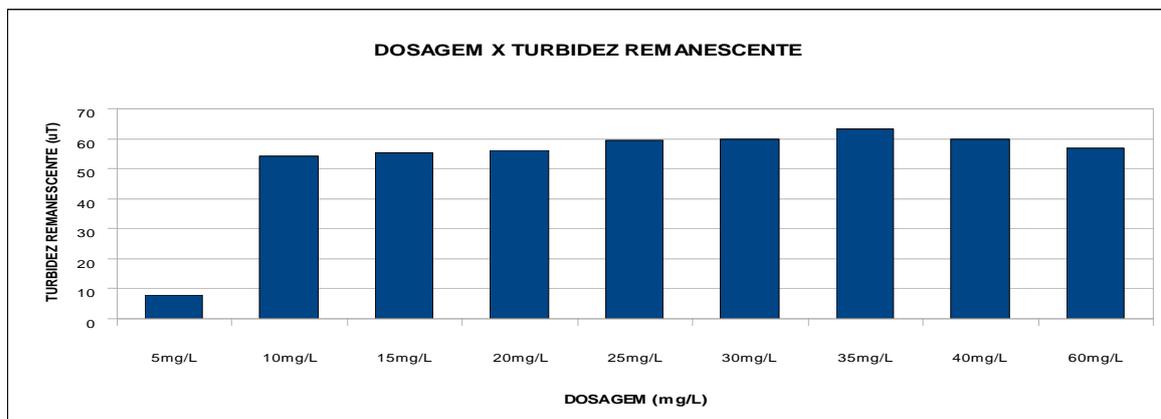
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 50uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação:30/03/2009			Dosagem de melhor remoção: 5 mg/l					
	Coagulante: Cloreto Férrico			Mistura Rápida			Floculação		
	Temperatura: 25 ° C			Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/l CaCO <sub>3</sub>				
60		7,3			17				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe(µg/L)		Mn(µg/L)		
50		0			56		17,2		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	60	60	60	60	60	60	60	60	60
2,5 min	12,67	64,9	59,6	62,9	59,3	60,3	60,9	52,3	58,7
5 min	10,16	61,3	56,7	64,1	57,7	58,8	60,2	58,9	56,6
7 min	10,99	60	58,4	62,3	60	59,2	61,01	60,3	58
10 min	7,86	58,9	56,6	64,9	58,3	58,7	59,6	57,9	55,6
15 min	7,32	54,4	55	62,1	59,6	59,2	61,01	60,5	57,5
30 min	7,77	54,2	55,5	55,9	59,6	59,8	63,4	59,7	56,8
Cor Real	0	5	5	25	25	30	30	30	30
Cor Aparente	15	110	110	110	130	130	160	160	160
pH final	6,6	6	5,62	5,45	5,6	5,17	4,87	4,81	4,67

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 50uT



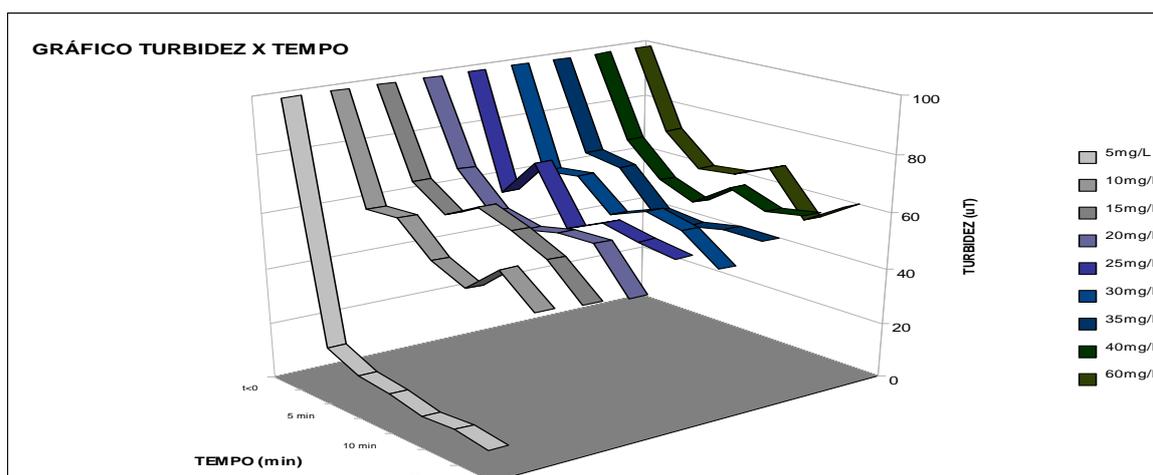
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 50uT



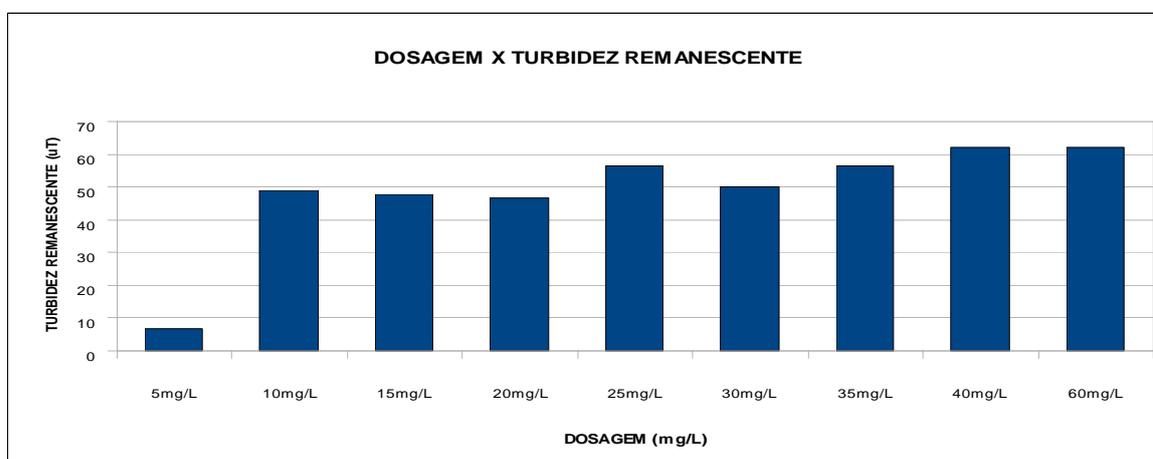
## 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 100uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação:02/04/2009				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
100		7,45			20				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial(UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
110		0			56,6		17,1		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2,5 min	17,04	63,1	70	71,6	60,7	65,7	69,5	71,7	72,5
5 min	11,85	63,9	62,2	60,2	74,3	67,1	67,5	60,4	61,8
7 min	10,15	53,4	68,3	57,9	55,2	57,2	55,3	55,7	63,3
10 min	7,43	48,1	64,4	60,5	60,7	61,9	53,9	64,4	68,8
15 min	8,43	58,5	58,7	60,9	58,3	59,2	56,4	59,8	53,7
30 min	6,7	49	47,9	46,6	56,6	49,9	56,3	62	62,14
Cor Real	0	5	30	30	35	35	35	40	60
Cor Aparente	0	5	110	110	110	130	160	160	220
pH final	6,78	6,45	6,1	4,43	4,09	3,96	3,77	3,67	3,37

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 100uT



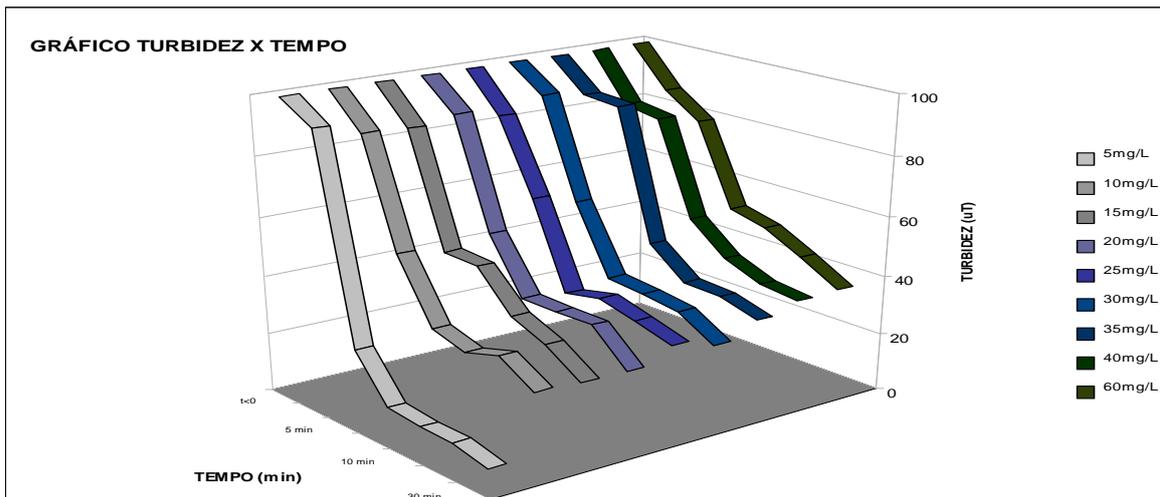
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 100uT



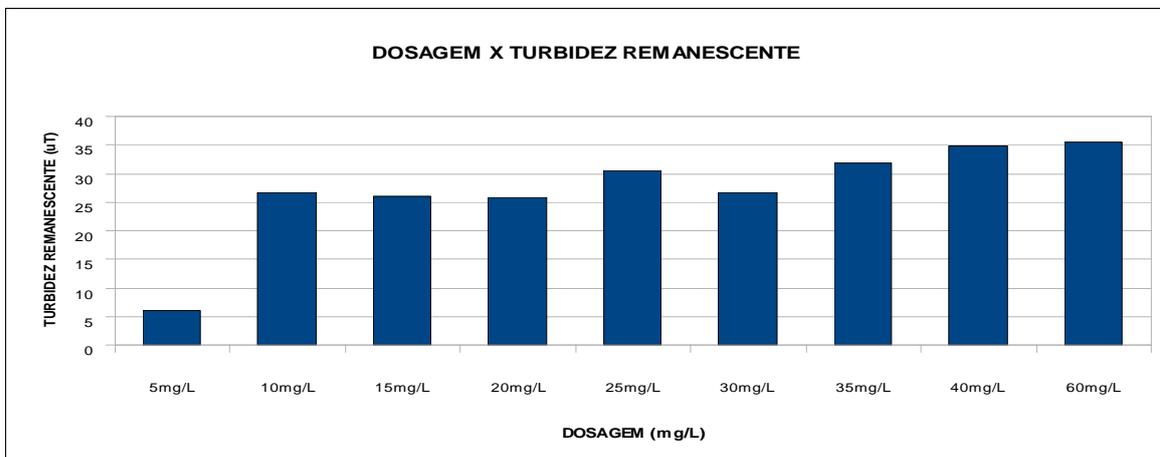
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 100uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 05/04/2009				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 °C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
100		7,56			22				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
110		0			68,3		18,1		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2,5 min	93,02	89,05	88,1	90,3	87,35	91,85	89,75	84,35	86,75
5 min	24,85	53,65	51,1	54,25	63,25	59,1	88,75	82,2	78,9
7 min	10,35	33,15	50,55	36,39	34,87	36,79	45,65	51,25	51,8
10 min	9,1	30,05	38,15	36,28	37,46	35,55	36,05	41,25	49
15 min	8,98	33,52	33,46	36,41	34,34	33,64	35,61	36,55	42,45
30 min	5,93	26,68	25,95	25,81	30,54	26,72	31,86	34,88	35,45
Cor Real	5	5	0	0	0	0	0	0	5
Cor Aparente	25	50	50	50	50	60	110	110	110
pH final	7,2	6,94	6,64	6,38	5,74	5,06	4,47	4,19	3,6

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 100uT



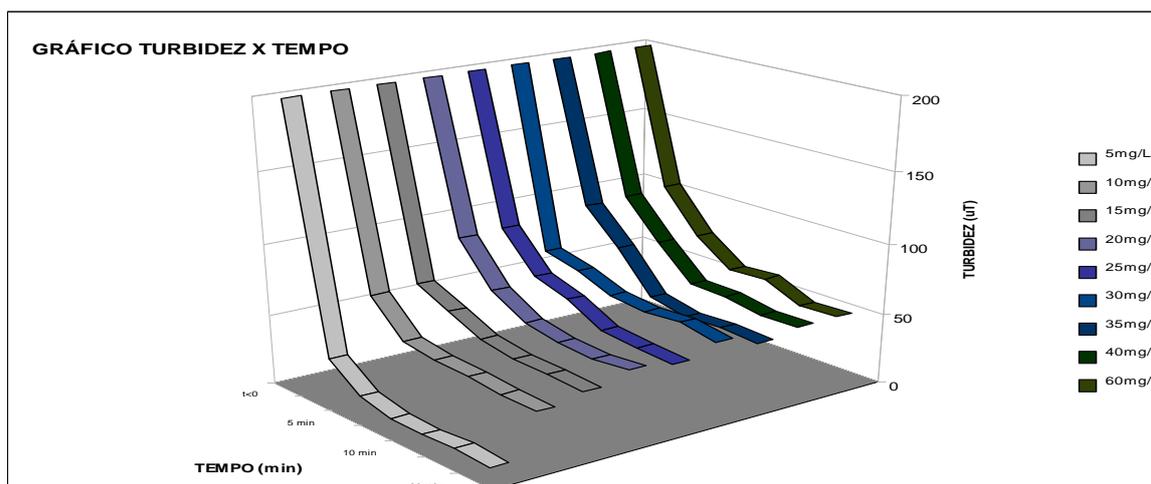
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 100uT



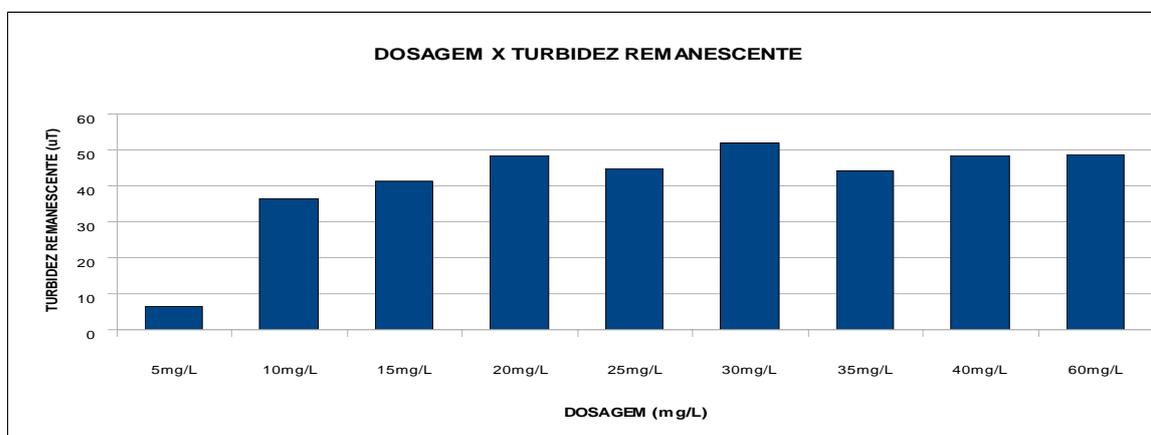
## 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 200uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação:08/04/2009				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
200		7,8			17				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
200		5			67,3		17,2		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2,5 min	30,2	68,2	69,6	96,1	97,1	74,5	101,6	103	104,6
5 min	13,64	44,7	58,9	66,8	70,7	67,7	78,1	76,3	75,35
7 min	7,73	41,3	48,6	52,9	62,7	58,4	50,45	53,47	57,55
10 min	7,32	39,9	44,4	47,8	49,1	55,5	44,9	52,8	58,9
15 min	8,91	37,3	43,5	46,5	46,1	57,2	46	48,1	48,05
30 min	6,53	36,3	41,4	48,4	44,8	51,9	44,08	48,4	48,75
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	15	35	50	50	50	60	50	60	60
pH final	6,6	6,18	5,61	5,25	4,97	4,55	4,3	3,86	3,65

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 200uT



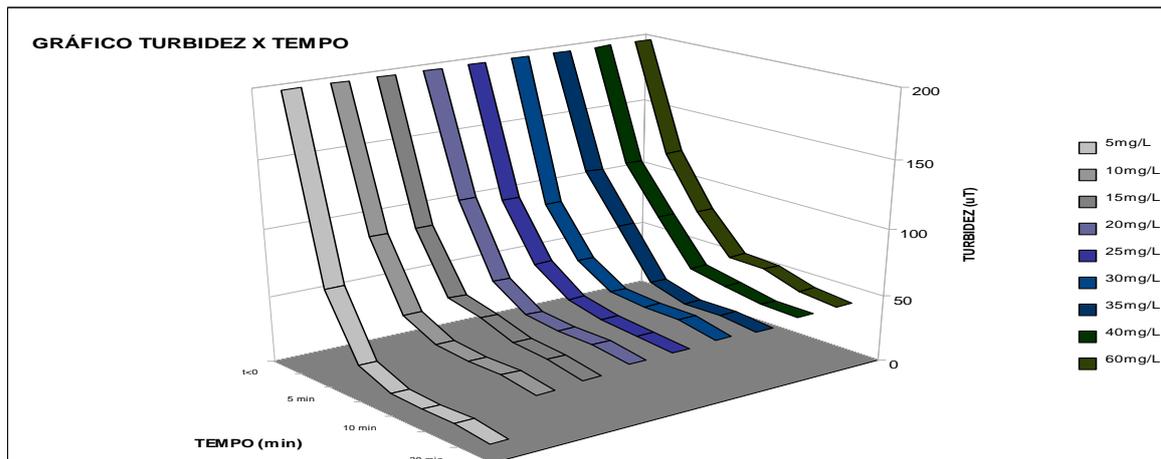
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 200uT



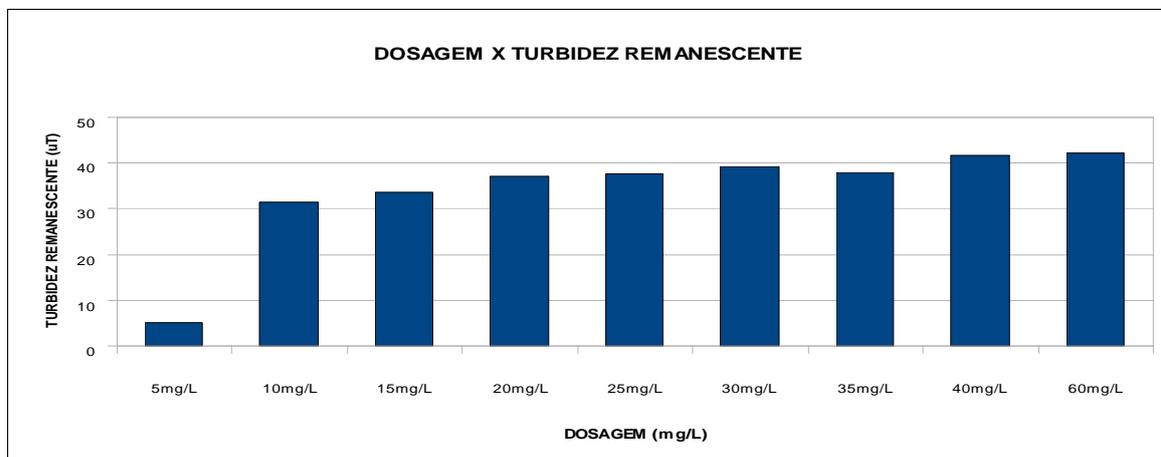
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 200uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 11/04/2009				Dosagem de melhor remoção: 5 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
200		7,8				20			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
200		5				63,9		17,2	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2,5 min	66,6	98,6	98,3	113,05	107,3	98,15	117,6	118,65	120,65
5 min	19,24	49,15	55	60,5	66,9	63,4	83,45	84,25	82,15
7 min	9,04	37,22	49,55	44,6	48,7	47,55	48,05	52,36	54,65
10 min	8,21	34,97	41,25	42,04	43,28	45,5	40,4	47,05	53,9
15 min	8,945	35,41	38,48	41,4	40,2	45,4	40,8	42,25	45,2
30 min	5,23	31,49	33,6	37,1	37,67	39,31	37,9	41,6	42,1
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	10	40	40	50	60	60	60	60	60
pH final	7,45	7,04	6,77	6,49	6,1	5,8	5,53	5,26	4,99

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 200uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 200uT



# 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 300uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação:14/04/2009					Dosagem de melhor remoção: 10 mg/L			
	Coagulante: Cloreto Férrico					Mistura Rápida		Floculação	
	Temperatura: 25 ° C					Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
300		7,45			18				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			67,8		18,8		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/l	10mg/l	15mg/l	20mg/l	25mg/l	30mg/l	35mg/l	40mg/l	60mg/l
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2,5 min	188	82,1	187	223,5	211	214,5	226	211,5	211
5 min	124,8	25,27	114,5	161	164	159	179,5	168	169,5
7 min	112,3	12,8	106,5	129,2	138,6	150	127,6	123,5	132,6
10 min	114,2	8,5	84,1	140,2	137,3	151	123,4	115,4	113,5
15 min	113,5	9,4	98,5	152,25	144,5	176,25	128,1	128,6	102,5
30 min	122,9	7,46	89,5	140,55	145,5	154,9	119,4	120,8	102,2
Cor Real	5	0	0	0	0	0	0	5	5
Cor Aparente	>250	25	110	>250	>250	>250	>250	>250	>250
pH final	7,13	6,98	6,82	6,71	6,22	5,85	5,53	5,02	4,22

GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 300uT

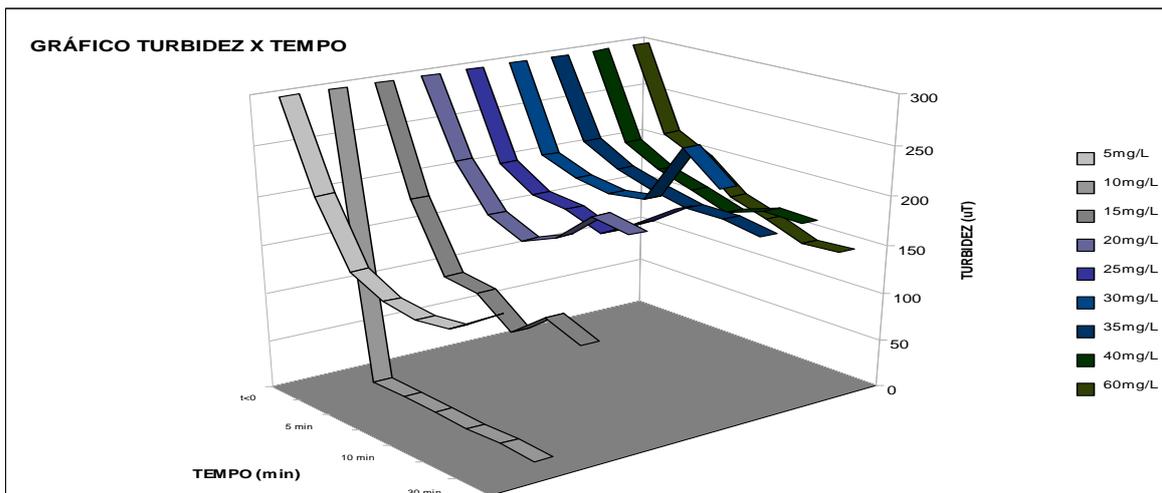
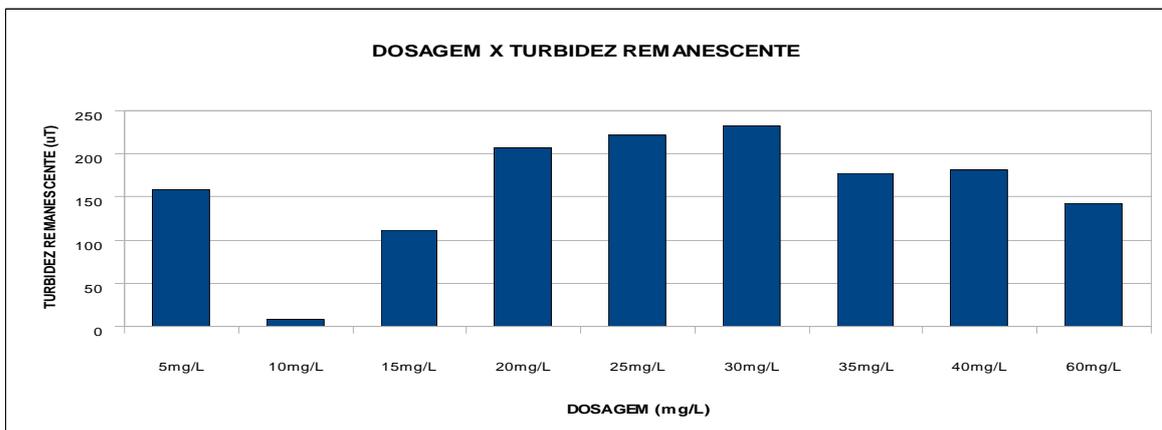


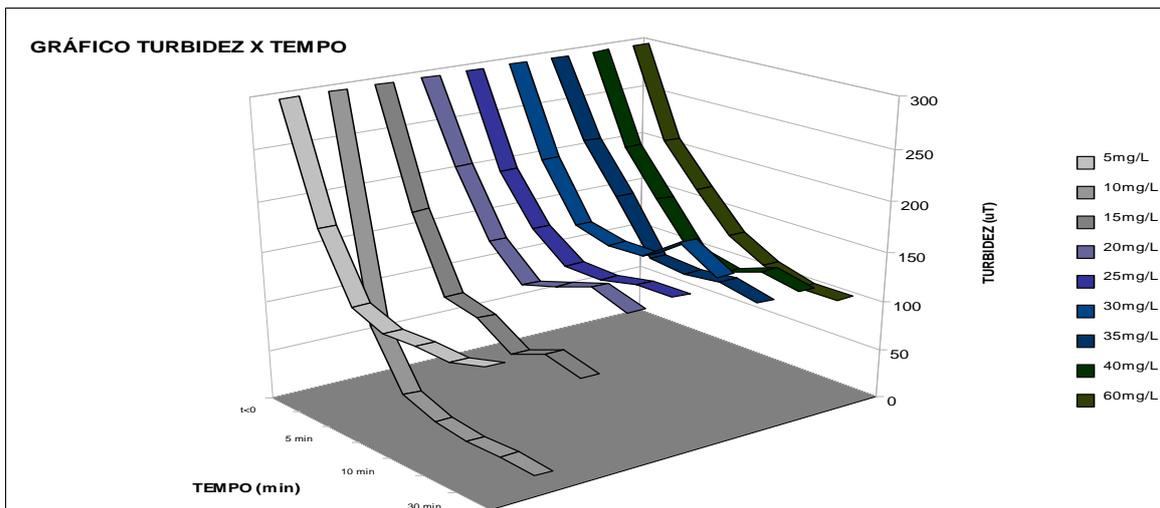
GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 300uT



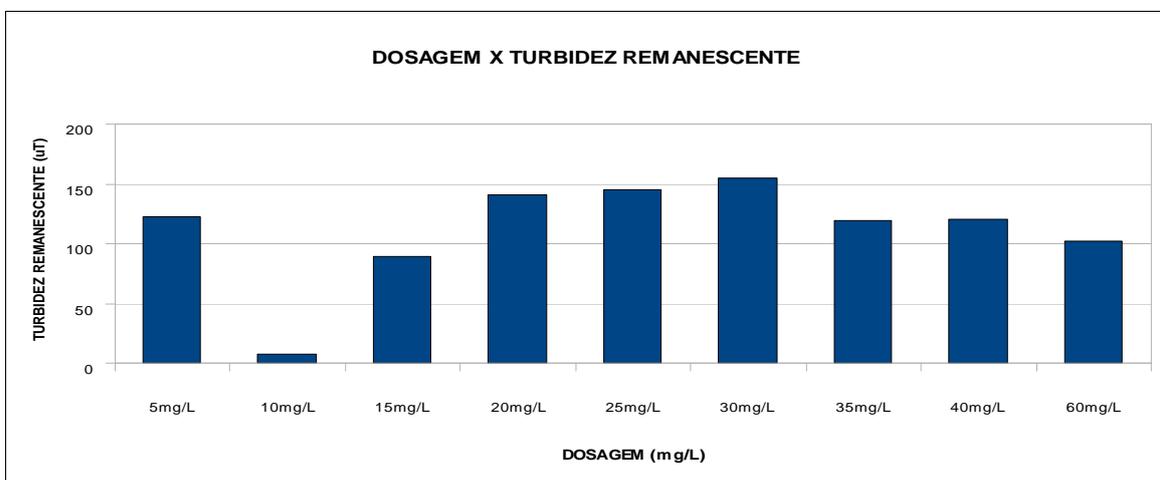
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 300uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 17/04/2009				Dosagem de melhor remoção: 10 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
300		7,45				18			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			68		16		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2,5 min	188	82,1	187	223,5	211	214,5	226	211,5	211
5 min	124,8	25,27	114,5	161	164	159	179,5	168	169,5
7 min	112,3	12,8	106,5	129,2	138,6	150	127,6	123,5	132,6
10 min	114,2	8,5	84,1	140,2	137,3	151	123,4	115,4	113,5
15 min	113,5	9,4	98,5	152,25	144,5	176,25	128,1	128,6	102,5
30 min	122,9	7,46	89,5	140,55	145,5	154,9	119,4	120,8	102,2
Cor Real	5	0	0	0	0	0	0	5	5
Cor Aparente	>250	25	110	>250	>250	>250	>250	>250	>250
pH final	7,13	6,98	6,82	6,71	6,22	5,85	5,53	5,02	4,22

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 300uT



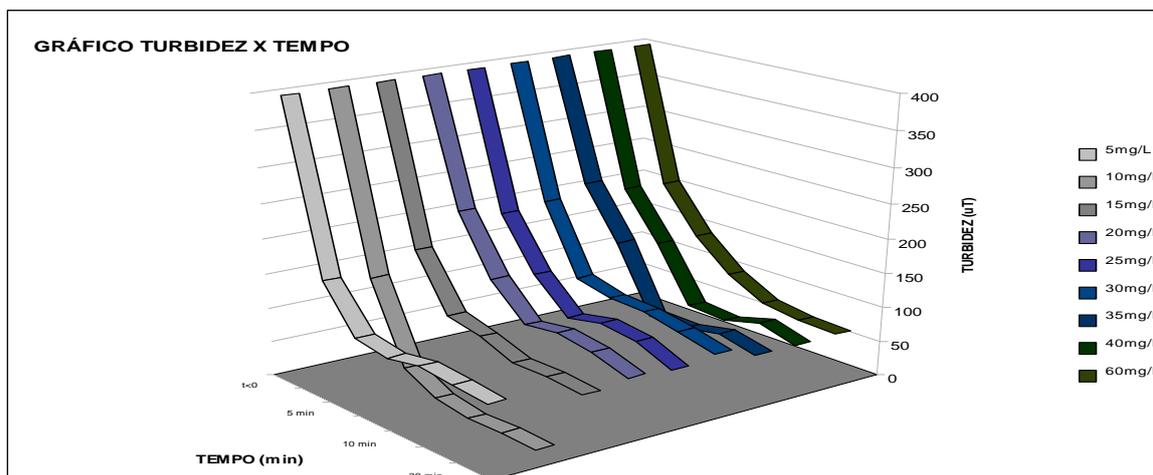
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 300uT



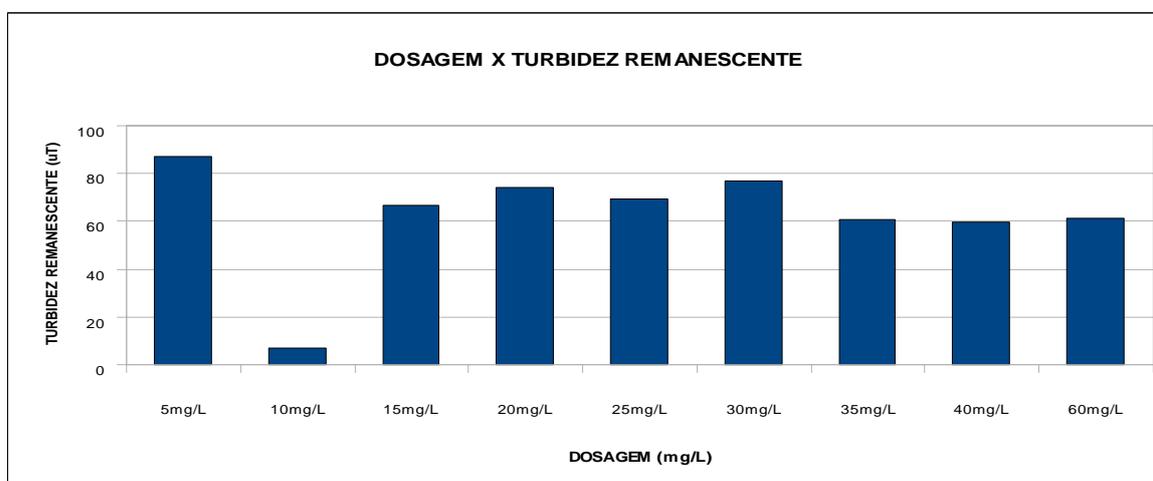
## 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 400uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 20/04/2009			Dosagem de melhor remoção: 10 mg/L					
	Coagulante: Cloreto Férrico			Mistura Rápida			Floculação		
	Temperatura: 25 ° C			Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)		
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
400		7,33			19				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			73,6		17,6		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	400	400	400	400	400	400	400	400	400
2,5 min	162	152	180	223	208	214	230	210	207
5 min	98,6	39,2	102	141	135	116	156	142	141
7 min	89,6	15,58	90,08	92,4	88,2	104	63,2	64,9	98,3
10 min	98,5	8,07	71,7	99,4	98,6	101	62,8	59,8	71,5
15 min	92,3	8,85	72,3	91,5	92	90,5	72,2	74,2	64
30 min	86,9	7,08	66,5	74,1	69,1	76,8	60,8	59,6	61,4
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	110	15	110	45	50	45	>250	>250	>250
pH final	6,06	5,78	4,81	4,25	3,97	3,84	3,79	3,62	3,39

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 400uT



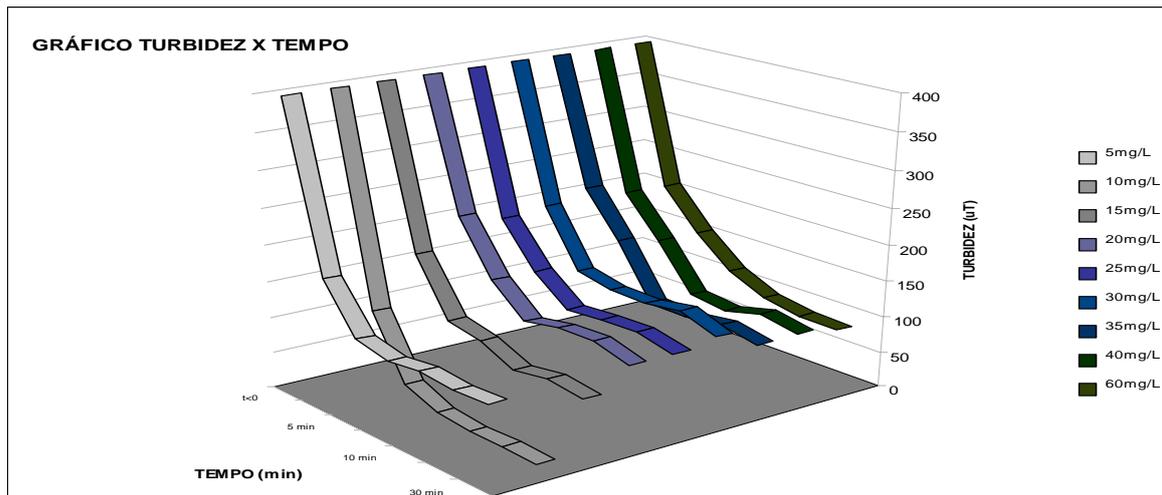
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 400uT



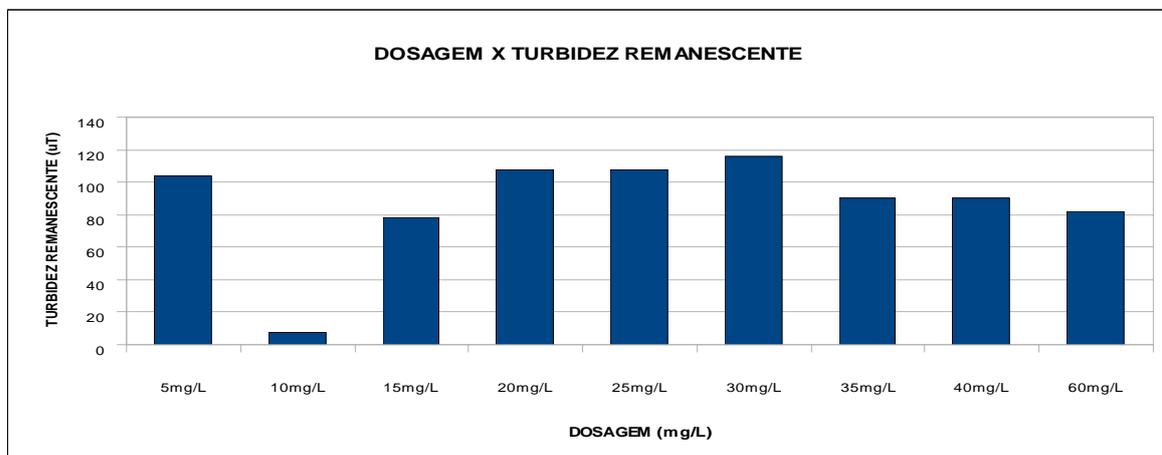
## 2º ENSAIO DE BANCADA (*Jar-Test*) PARA 400uT

Ensaio de bancada <i>Jar-Test</i>									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 23/04/2009				Dosagem de melhor remoção: 10 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr: 10s	Gmr: 110(s-1)	Tf: 20min	Gf: 20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>			
400		7,29				18			
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)	
>250		5				68,1		26	
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	400	400	400	400	400	400	400	400	400
2,5 min	175	117	183,5	223	209	214	228	210	209
5 min	111	32,25	108,2	151	149,5	137,5	167,5	155	155
7 min	100,5	14,1	98,29	110,8	113,4	127	95,4	94,2	115,5
10 min	106	8,2	77,9	119,8	117,5	126	93,1	87,6	92,5
15 min	102	9,15	85,4	121,5	118,5	133,75	100	101	83,5
30 min	104	7,27	78	107,5	107,3	115,85	90,1	90,2	81,8
Cor Real	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	>250	15	110	>250	>250	>250	>250	>250	>250
pH final	6,87	6,52	6,01	5,89	5,62	5,21	4,85	4,66	3,92

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 400uT



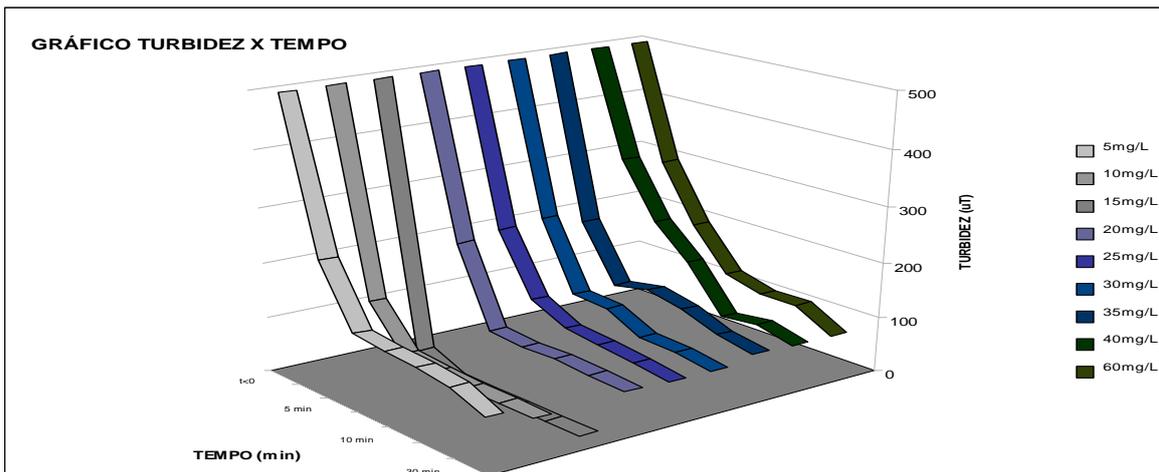
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 400uT



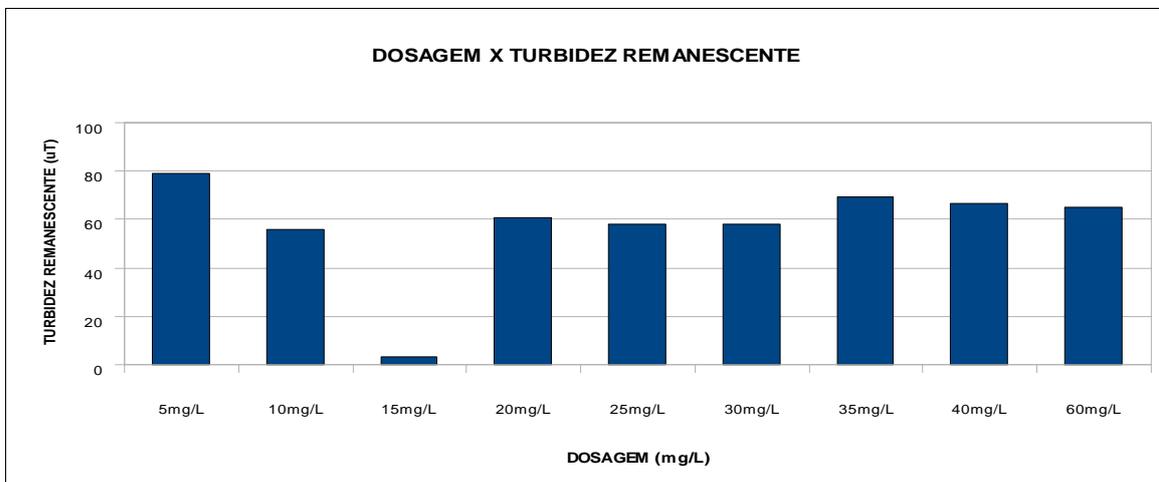
## 1º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 500uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação: 26/04/2009				Dosagem de melhor remoção: 15 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)		pH inicial			Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
500		7,5			16				
Cor Aparente Inicial (UC)		Cor Real Inicial (UC)			Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250		5			76,1		25,2		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2,5 min	232	141	30,5	214	224	229	208	312	294
5 min	124	67	4,91	73,7	115	108	108	212	191
7 min	117	61,1	4,04	67	83,7	103	121	156	117
10 min	114	56,7	4,52	71	77,4	71,4	107	74,5	99,3
15 min	105	56,1	2,87	65,2	67,1	67,5	81,8	82,2	101
30 min	79,1	55,7	3,01	61	58,3	57,9	69,5	66,9	65,1
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	>250	>250	10	>250	>250	>250	>250	>250	>250
pH final	6,96	6,62	6,06	5,01	4,41	4,09	3,91	3,77	3,47

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 500uT



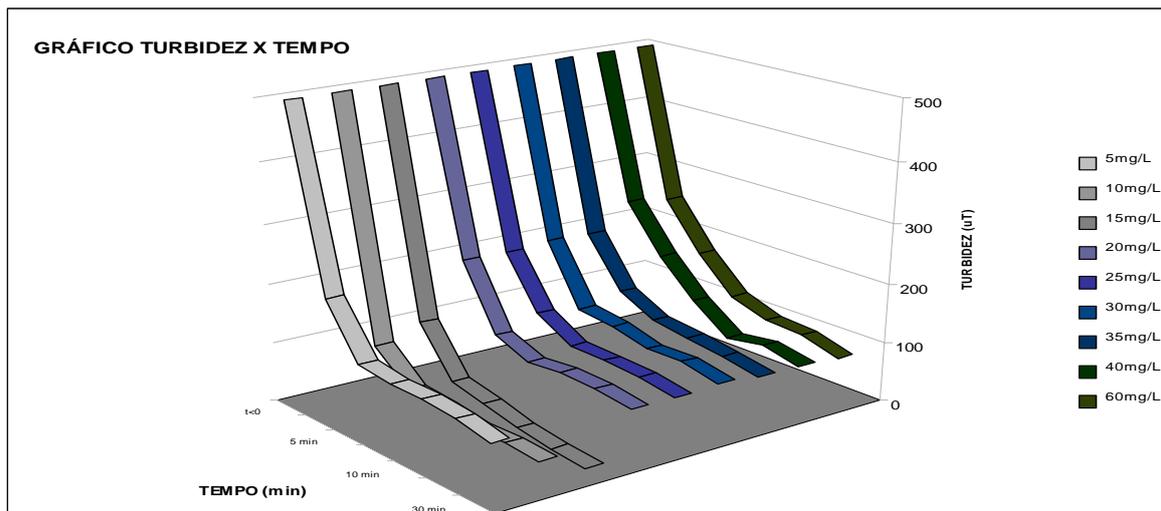
### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ REMANESCENTE PARA 500uT



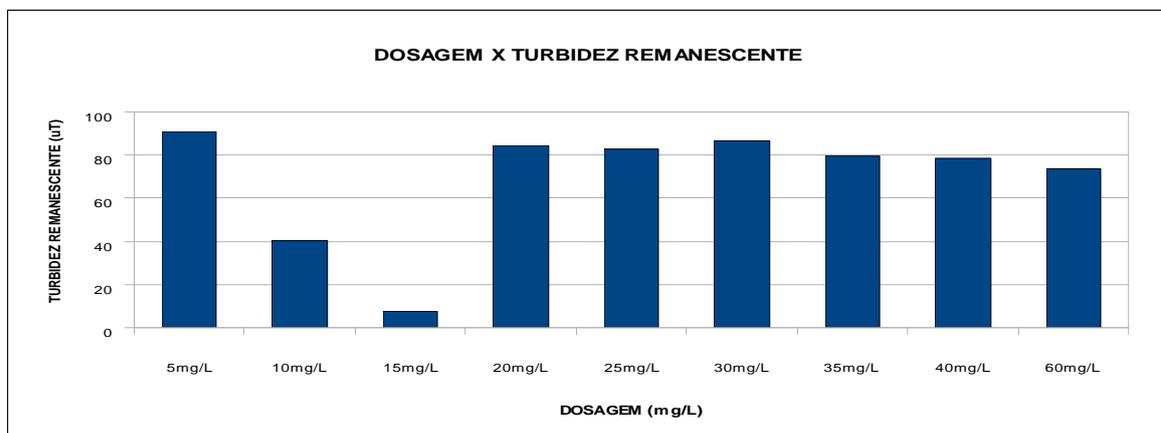
## 2º ENSAIO DE BANCADA (Jar-Test) PARA 500uT

Ensaio de bancada Jar-Test									
Local de Origem: ETA Mata Seminário	Identificação:29/04/2009				Dosagem de melhor remoção: 15 mg/L				
	Coagulante: Cloreto Férrico				Mistura Rápida		Floculação		
	Temperatura: 25 ° C				Tmr:10s	Gmr:110(s-1)	Tf:20min	Gf:20(s-1)	
Turbidez inicial (uT)	pH inicial				Alcalinidade total mg/L CaCO <sub>3</sub>				
500	7,45				16				
Cor Aparente Inicial (UC)	Cor Real Inicial (UC)				Fe (µg/L)		Mn (µg/L)		
>250	5				76,8		26,8		
Turbidez (uT)									
Dosagem/Tempo	5mg/L	10mg/L	15mg/L	20mg/L	25mg/L	30mg/L	35mg/L	40mg/L	60mg/L
t<0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2,5 min	203,5	107	129	218,5	216,5	221,5	218	261	251,5
5 min	117,5	56,5	49,5	112,5	132,25	122,5	137,7	183,5	173
7 min	108,75	51,15	37,6	88,9	98,55	115	108,2	125,1	116,2
10 min	110	41,21	22,45	95,4	97,45	98,7	100	81,5	95,9
15 min	103,5	44,1	12,6	93,35	92,8	100,5	90,9	91,6	92,2
30 min	91	40,5	7,4	84,25	82,8	86,7	79,8	78,5	73,45
Cor Real	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cor Aparente	>250	50	15	>250	>250	>250	110	110	110
pH final	6,92	6,72	6,26	5,87	5,24	4,89	4,56	4,12	3,51

### GRÁFICO TURBIDEZ X TEMPO PARA 500uT



### GRÁFICO DOSAGEM X TURBIDEZ RENANESCENTE PARA 500uT



## ANEXO E

### Resultados das análises de sólidos da ETA FUNIL

Sólidos Totais

Sólidos Suspensos Totais

Sólidos Dissolvidos Totais

Sólidos Fixos Totais

Sólidos Voláteis Totais

Sólidos Totais do Sobrenadante

**Tabela 1: Sólidos Totais (Água Bruta (STAB), Água coagulada com sulfato de alumínio (STAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico (STAC<sub>Fe</sub>))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT	600uT	700uT	800uT	900uT	1000uT
<b>Cadinho</b>											
<b>STAB (g/2L)</b>	0,120	0,200	0,400	0,680	0,840	0,880	1,080	1,120	1,320	1,760	2,00
<b>STAB (g/2L)</b>	0,160	0,160	0,320	0,640	0,680	0,880	1,280	1,200	1,320	1,800	1,920
<b>STAB (g/2L)</b>	0,200	0,240	0,360	0,680	0,840	0,960	1,080	1,240	1,280	1,840	1,840
<b>STAB (g/2L)</b>	0,160	0,200	0,360	0,520	0,800	0,920	1,000	1,200	1,320	1,760	2,000
<b>STAB (g/2L)</b>	0,200	0,160	0,400	0,480	0,720	0,880	1,000	1,200	1,280	1,800	1,920
<b>STAB (g/2L)</b>	0,160	0,200	0,320	0,520	0,840	0,960	1,040	1,280	1,320	1,840	1,840
<b>Média (g/2L)</b>	0,16668	0,19332	0,360	0,58668	0,78668	0,920	1,080	1,20668	1,30668	1,800	1,920
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,204	0,462	0,468	0,792	1,014	1,140	1,338	1,842	2,190	2,556
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,198	0,468	0,540	0,726	1,008	1,098	1,314	1,800	2,358	2,484
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,192	0,462	0,534	0,792	1,200	1,194	1,362	1,878	2,244	2,436
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,192	0,204	0,468	0,522	0,792	0,954	0,972	1,320	1,800	2,202	2,358
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,198	0,462	0,528	0,834	1,014	1,038	1,290	1,878	2,358	2,604
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,192	0,204	0,462	0,522	0,792	1,164	1,158	1,332	1,842	2,184	
<b>Média (g/2L)</b>	0,186	0,199998	0,46399	0,519	0,78799	1,062	1,098	1,326	1,840	2,2560	2,48760
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,204	0,234	0,462	0,504	0,774	1,014	1,038	1,200	1,836	2,184	2,448
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,234	0,456	0,504	0,774	0,984	1,026	1,236	1,812	2,202	2,574
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,192	0,240	0,516	0,540	0,822	1,014	1,074	1,374	1,752	2,34	2,604
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,192	0,234	0,516	0,546	0,954	1,014	1,038	1,212	1,812	2,172	2,568
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,198	0,234	0,462	0,528	0,774	0,984	1,02	1,248	1,836	2,202	2,496
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,240	0,228	0,456	0,534	0,756	0,990	1,086	1,362	1,752	2,340	2,538
<b>Média (g/2L)</b>	0,2020	0,2340	0,47800	0,5260	0,80899	1,002	1,050	1,2720	1,800	2,240	2,5380

**Tabela 2: Sólidos Suspensos Totais (Água bruta (SSTAB), Água coagulada com sulfato de alumínio (SSTAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico (SSTAC<sub>Fe</sub>))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT	600uT	700uT	800uT	900uT	1000uT
<b>Cadinho</b>											
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,120	0,160	0,360	0,560	0,640	0,840	0,920	1,120	1,200	1,680	1,640
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,160	0,160	0,280	0,560	0,680	0,840	1,000	1,040	1,160	1,720	2,040
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,160	0,160	0,320	0,520	0,760	0,840	0,960	1,080	1,160	1,760	1,680
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,160	0,160	0,280	0,600	0,720	0,800	1,000	1,080	1,200	1,680	1,720
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,160	0,200	0,360	0,520	0,760	0,800	1,000	1,040	1,160	1,680	1,680
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,160	0,160	0,320	0,560	0,800	0,800	1,040	1,080	1,160	1,720	1,680
<b>Média (g/2L)</b>	0,15332	0,16668	0,320	0,55332	0,72668	0,50	1,00	1,07332	1,17332	1,70668	1,740
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,162	0,204	0,438	0,528	0,732	1,020	1,038	1,296	1,806	2,364	2,406
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,174	0,180	0,468	0,516	0,828	0,930	1,008	1,320	1,140	2,274	2,446
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,138	0,174	0,444	0,528	0,726	0,942	0,960	1,314	1,848	1,734	2,514
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,204	0,468	0,522	0,732	1,014	1,038	1,302	1,806	2,328	2,400
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,186	0,438	0,444	0,816	0,936	0,972	1,314	1,848	1,620	2,466
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,180	0,174	0,444	0,498	0,720	0,942	0,960	1,164	1,140	2,370	2,446
<b>Média (g/2L)</b>	0,1740	0,1870	0,450	0,5059	0,7590	0,9660	0,9960	1,2840	1,5979	2,1150	2,4465
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,174	0,204	0,444	0,528	0,816	0,900	0,936	1,134	1,824	2,184	2,406
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,150	0,198	0,438	0,522	0,792	1,128	1,146	1,254	1,758	2,256	2,484
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,162	0,186	0,516	0,522	0,786	0,858	0,894	1,200	1,740	1,974	2,388
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,204	0,204	0,516	0,516	0,816	1,134	1,152	1,152	1,740	2,268	2,394
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,162	0,210	0,444	0,486	0,756	0,864	0,912	1,260	1,824	2,220	2,346
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,216	0,186	0,438	0,516	0,786	0,900	0,954	1,368	1,758	2,310	
<b>Média (g/2L)</b>	0,1780	0,1980	0,4660	0,514998	0,7920	0,9660	1,002	1,2280	1,7740	2,2020	2,4036

Tabela 3: Sólidos Dissolvidos Totais (Água bruta (SDTAB), Água coagulada com sulfato de alumínio (SDTAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico (SDTAC<sub>Fe</sub>))

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT	600uT	700uT	800uT	900uT	1000uT
<b>Cadinho</b>											
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0	0	0,040	0,040	0,040	0,080	0,080	0,08	0,08	0,120	0,120
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,08	0,08	0,120	0,120
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0	0,040	0	0,040	0,040	0,080	0,040	0,08	0,08	0,040	0,040
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0,040	0	0,040	0,040	0,040	0,040	0	0,080	0,08	0,040	0,040
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0	0	0	0	0,040	0,040	0,080	0,080	0,08	0,080	0,120
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0,000	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,080	0,080	0,08	0,120	0,120
<b>Média (g/2L)</b>	0,01332	0,020	0,02668	0,03332	0,040	0,040	0,040	0,08	0,08	0,08668	0,09332
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,030	0,030	0,024	0,030	0,018	0,042
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,012	0,012	0,006	0,018	0,030	0,042	0,030	0,030	0,018	0,0330
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,012	0,012	0,012	0,030	0,030	0,024	0,030	0,018	0,024
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,012	0,012	0,018	0,018	0,042	0,030	0,030	0,024	0,036
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,012	0,012	0,012	0,018	0,030	0,030	0,030	0,024	0,030
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,012	0,018	0,018	0,030	0,030	0,030	0,030	0,018	0,0330
<b>Média (g/2L)</b>	0,0060	0,0120	0,0120	0,0120	0,0150	0,0240	0,0360	0,0300	0,0300	0,01999	0,0330
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,012	0,024	0,012	0,012	0,030	0,030	0,018	0,024	0,024	0,030
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,006	0	0,006	0,018	0,018	0,030	0,024	0,024	0,024	0,030
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,012	0,006	0,012	0,024	0,030	0,030	0,024	0,024	0,024	0,030
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,018	0,018	0,024	0,024	0,024	0,018
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,012	0,024	0,024	0	0,030	0,030	0,018	0,024	0,030	0,030
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,006	0	0,006	0,006	0,018	0,018	0,036	0,024	0,024	0,027
<b>Média (g/2L)</b>	0,009	0,009	0,0100	0,01099	0,01099	0,0240	0,0240	0,0240	0,0240	0,0250	0,02760

**Tabela 4: Sólidos Fixos Totais (Água Bruta (SFTAB), Água coagulada com sulfato de alumínio(SFTAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico(SFTAC<sub>Fe</sub>))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT	600uT	700uT	800uT	900uT	1000uT
<b>Cadinho</b>											
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,120	0,160	0,320	0,600	0,720	0,760	0,960	1,040	1,200	1,6	1,760
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,120	0,120	0,240	0,560	0,560	0,800	1,160	1,040	1,200	1,72	1,760
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,160	0,240	0,320	0,560	0,760	0,880	1,000	1,120	1,160	1,64	1,680
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,160	0,200	0,320	0,440	0,680	0,760	0,800	1,000	1,200	1,64	1,840
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,200	0,120	0,320	0,400	0,640	0,800	0,880	1,120	1,160	1,6	1,760
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,160	0,160	0,240	0,440	0,800	0,880	0,920	1,120	1,200	1,68	1,680
<b>Média (g/2L)</b>	0,15332	0,16668	0,29332	0,500	0,69332	0,800	0,960	1,07332	1,18668	1,64668	1,74668
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,180	0,186	0,438	0,444	0,756	0,972	1,098	1,278	1,758	2,112	2,454
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,180	0,174	0,444	0,516	0,696	0,966	1,050	1,260	1,722	2,274	2,382
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,174	0,180	0,444	0,510	0,762	1,140	1,152	1,290	1,812	2,160	2,328
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,186	0,444	0,500	0,768	0,906	0,900	1,236	1,758	2,124	2,244
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,174	0,186	0,438	0,498	0,810	0,966	0,990	1,212	1,812	2,268	2,502
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,186	0,192	0,444	0,504	0,762	1,128	1,116	1,230	1,722	2,100	2,382
<b>Média (g/2L)</b>	0,180	0,184	0,442	0,496	0,7590	1,014	1,050	1,2540	1,7640	2,1730	2,3820
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,192	0,222	0,438	0,480	0,720	0,966	0,990	1,134	1,758	2,088	2,310
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,180	0,222	0,432	0,480	0,732	0,930	0,972	1,182	1,728	2,112	2,436
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,174	0,222	0,498	0,522	0,774	0,966	1,026	1,308	1,662	2,232	2,454
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,162	0,210	0,432	0,516	0,918	0,966	0,996	1,134	1,728	2,076	2,418
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,180	0,210	0,498	0,504	0,738	0,930	0,972	1,176	1,758	2,112	2,358
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,234	0,198	0,438	0,510	0,726	0,960	1,032	1,296	1,662	2,232	2,406
<b>Média (g/2L)</b>	0,1870	0,21400	0,4560	0,5020	0,7680	0,9540	0,9960	1,20499	1,71600	2,1420	2,3970

**Tabela 5: Sólidos Voláteis Totais (Água bruta (SVTAB), Água coagulada com sulfato de alumínio (SVTAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico (SVTAC<sub>Fe</sub>))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT	600uT	700uT	800uT	900uT	1000uT
<b>Cadinho</b>											
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0	0,040	0,080	0,080	0,120	0,120	0,120	0,080	0,200	0,16	0,240
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0,040	0,040	0,080	0,080	0,120	0,080	0,120	0,160	0,120	0,16	0,160
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0,040	0	0,040	0,120	0,080	0,080	0,080	0,120	0,120	0,16	0,160
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0	0	0,080	0,012	0,120	0,160	0,20	0,200	0,120	0,12	0,160
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0	0,006	0,040	0,012	0,080	0,080	0,120	0,080	0,200	0,16	0,160
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0	0,006	0,080	0,012	0,040	0,080	0,120	0,160	0,120	0,16	0,160
Média (g/2L)	0,01332	0,02668	0,06668	0,08668	0,09332	0,100	0,12668	0,13332	0,14668	0,15332	0,17332
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,006	0,018	0,024	0,024	0,036	0,042	0,042	0,060	0,084	0,078	0,102
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,006	0,024	0,024	0,024	0,030	0,042	0,048	0,054	0,078	0,084	0,102
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,012	0,012	0,018	0,024	0,030	0,060	0,042	0,072	0,066	0,084	0,108
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,006	0,018	0,024	0,018	0,024	0,048	0,072	0,084	0,066	0,078	0,114
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,012	0,012	0,018	0,030	0,024	0,048	0,048	0,078	0,078	0,090	0,102
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,006	0,012	0,024	0,018	0,030	0,036	0,042	0,102	0,084	0,084	0,105
Média (g/2L)	0,007998	0,01600	0,0220	0,02299	0,02899	0,0460	0,0490	0,0750	0,0760	0,08299	0,1056
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,012	0,024	0,024	0,054	0,048	0,048	0,066	0,078	0,096	0,138
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,024	0,024	0,042	0,054	0,054	0,054	0,084	0,090	0,138
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,018	0,018	0,018	0,018	0,048	0,048	0,048	0,066	0,090	0,108	0,150
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,030	0,024	0,024	0,030	0,036	0,048	0,042	0,078	0,090	0,096	0,150
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,018	0,024	0,024	0,024	0,036	0,054	0,048	0,072	0,078	0,090	0,138
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,030	0,018	0,024	0,030	0,030	0,054	0,066	0,084	0,108	0,132
Média (g/2L)	0,015	0,0199	0,0220	0,0240	0,04099	0,04699	0,0490	0,06700	0,0840	0,09799	0,1410

**Tabela 6: Sólidos Totais do Sobrenadante (Água coagulada com sulfato de alumínio ( $ST_{SOB\ Al}$ ) e Água coagulada com cloreto férrico ( $ST_{SOB\ Fe}$ ))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT	600uT	700uT	800uT	900uT	1000uT
<b>Cadinho</b>											
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Média (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Média (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,001002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001002

## ANEXO F

### Resultados das análises de sólidos da ETA Mata do Seminário

Sólidos Totais

Sólidos Suspensos Totais

Sólidos Dissolvidos Totais

Sólidos Fixos Totais

Sólidos Voláteis Totais

Sólidos Totais do Sobrenadante

**Tabela 1: Sólidos Totais (Água Bruta (STAB), Água coagulada com sulfato de alumínio (STAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico (STAC<sub>Fe</sub>))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT
<b>Cadinho</b>						
<b>STAB (g/2L)</b>	0,08	0,2	0,52	0,68	0,92	1,2
<b>STAB (g/2L)</b>	0,08	0,24	0,48	0,68	0,88	1,36
<b>STAB (g/2L)</b>	0,08	0,16	0,64	0,64	1	1,28
<b>STAB (g/2L)</b>	0,16	0,16	0,52	0,68	1,16	1,28
<b>STAB (g/2L)</b>	0,16	0,2	0,52	0,72	1,28	1,2
<b>STAB (g/2L)</b>	0,16	0,2	0,48	0,52	1,16	1,36
<b>Média (g/2L)</b>	0,120	0,19332	0,52668	0,65332	1,06668	1,280
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,138	0,18	0,606	0,702	1,164	2,352
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,15	0,198	0,558	0,696	1,314	2,364
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,144	0,162	0,606	0,684	1,284	2,322
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,096	0,18	0,558	0,738	1,188	2,322
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,084	0,198	0,552	0,708	1,08	2,364
<b>STAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,096	0,162	0,612	0,696	1,242	2,352
<b>Média (g/2L)</b>	0,1180	0,1800	0,5820	0,70399	1,2120	2,3460
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,192	0,192	0,564	0,672	0,978	1,83
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,144	0,222	0,6	0,726	1,974	1,716
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,21	0,204	0,432	0,714	0,882	2,016
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,096	0,234	0,606	0,762	1,032	2,016
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,09	0,234	0,57	0,714	1,224	1,83
<b>STAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,096	0,228	0,588	0,768	1,266	1,716
<b>Média (g/2L)</b>	0,1380	0,2190	0,5599	0,7260	1,22599	1,8540

**Tabela 2: Sólidos Suspensos Totais (Água bruta (SSTAB), Água coagulada com sulfato de alumínio (SSTAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico (SSTAC<sub>Fe</sub>))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT
<b>Cadinho</b>						
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,08	0,16	0,48	0,64	0,84	0,92
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,08	0,16	0,4	0,68	1,28	1,08
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,04	0,16	0,44	0,64	0,88	1,16
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,16	0,16	0,44	0,56	1,04	0,92
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,08	0,16	0,36	0,36	0,84	1,16
<b>SSTAB (g/2L)</b>	0,08	0,2	0,52	0,52	1,08	1,08
<b>Média (g/2L)</b>	0,08668	0,16668	0,44	0,56668	0,99332	1,05332
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,09	0,204	0,606	0,702	1,158	2,292
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,12	0,18	0,528	0,636	1,254	2,304
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,096	0,168	0,486	0,684	1,284	2,262
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,09	0,15	0,498	0,618	1,128	2,304
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,12	0,174	0,57	0,708	1,02	2,292
<b>SSTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,096	0,072	0,51	0,696	1,182	2,262
<b>Média (g/2L)</b>	0,1020	0,15799	0,532998	0,67399	1,17100	2,2860
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,09	0,204	0,558	0,672	1,104	1,758
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,114	0,198	0,6	0,726	1,164	1,644
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,09	0,186	0,522	0,714	1,086	1,938
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,15	0,21	0,51	0,678	0,972	1,938
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,15	0,21	0,57	0,714	1,224	1,758
<b>SSTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,198	0,18	0,528	0,768	1,176	1,644
<b>Média (g/2L)</b>	0,1320	0,1980	0,54798	0,71200	1,12099	1,7800

**Tabela 3: Sólidos Dissolvidos Totais (Água bruta (SDTAB), Água coagulada com sulfato de alumínio (SDTAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico (SDTAC<sub>Fe</sub>))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT
<b>Cadinho</b>						
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0	0	0,04	0,04	0,12	0,08
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0,04	0,04	0,08	0,08	0,08	0,12
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0	0,04	0,08	0,08	0,04	0,08
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0,04	0	0,04	0,08	0,04	0,12
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0	0	0,08	0,08	0,08	0,08
<b>SDTAB (g/2L)</b>	0	0,04	0,04	0,04	0,08	0,12
<b>Média (g/2L)</b>	0,01332	0,0200	0,0600	0,06668	0,07332	0,120
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,012	0,012	0,018	0,024	0,03
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,018	0,018	0,018	0,018	0,03
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,012	0,012	0,018	0,03
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,018	0,024	0,024	0,018	0,018
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,012	0,012	0,024	0,024
<b>SDTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,018	0,018	0,018	0,018	0,03
<b>Média (g/2L)</b>	0,0060	0,0150	0,0160	0,0169	0,01999	0,0300
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,012	0,012	0,012	0,03
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,006	0,006	0,012	0,018	0,018
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,012	0,012	0,024	0,03
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,006	0,006	0,012	0,024	0,03
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,024	0,024	0,012	0,03
<b>SDTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,006	0,006	0,006	0,018	0,018
<b>Média (g/2L)</b>	0,0060	0,00900	0,01099	0,01300	0,0180	0,0240

Tabela 4: Sólidos Fixos Totais (Água Bruta (SFTAB), Água coagulada com sulfato de alumínio(SFTAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico(SFTAC<sub>Fe</sub>))

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT
<b>Cadinho</b>						
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,04	0,16	0,44	0,64	0,8	0,96
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,08	0,16	0,44	0,64	0,8	1,24
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,04	0,16	0,64	0,52	0,84	1,16
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,12	0,12	0,44	0,6	1,04	1,24
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,12	0,16	0,48	0,56	1,04	1,16
<b>SFTAB (g/2L)</b>	0,16	0,12	0,4	0,48	1	0,96
<b>Média (g/2L)</b>	0,09332	0,14668	0,47332	0,5732	0,920	1,120
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,102	0,162	0,588	0,672	1,14	2,292
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,126	0,192	0,534	0,66	1,278	2,268
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,12	0,15	0,582	0,66	1,26	2,232
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,096	0,162	0,54	0,714	1,146	2,268
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,096	0,186	0,528	0,678	1,038	2,292
<b>SFTAC<sub>Al</sub> (g/2L)</b>	0,09	0,138	0,594	0,678	1,188	2,232
<b>Média (g/2L)</b>	0,1050	0,1650	0,5610	0,67699	1,17499	2,2640
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,114	0,174	0,528	0,648	1,044	1,764
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,138	0,204	0,57	0,684	1,146	1,644
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,114	0,18	0,414	0,678	1,122	1,932
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,102	0,216	0,57	0,738	1,128	1,644
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,132	0,216	0,54	0,672	1,182	1,932
<b>SFTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,15	0,216	0,57	0,732	1,17	1,764
<b>Média (g/2L)</b>	0,12499	0,2010	0,53200	0,69199	1,1320	1,7800

Tabela 5: Sólidos Voláteis Totais (Água bruta (SVTAB), Água coagulada com sulfato de alumínio (SVTAC<sub>Al</sub>) e Água coagulada com cloreto férrico (SVTAC<sub>Fe</sub>))

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT
<b>Cadinho</b>						
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0,04	0,04	0,08	0,04	0,12	0,24
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0	0,08	0,04	0,04	0,16	0,12
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0,04	0	0	0,12	0,16	0,12
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0,04	0,04	0,08	0,08	0,12	0,12
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0,04	0,04	0,04	0,12	0,16	0,24
<b>SVTAB (g/2L)</b>	0	0,08	0,08	0,08	0,16	0,12
<b>Média (g/2L)</b>	0,02668	0,04668	0,05332	0,080	0,14668	0,160
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,012	0,018	0,018	0,03	0,024	0,06
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,006	0,006	0,024	0,036	0,036	0,096
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,006	0,012	0,024	0,024	0,024	0,09
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,018	0,018	0,018	0,024	0,042	0,06
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,012	0,012	0,024	0,03	0,042	0,09
<b>SVTAC<sub>Al</sub>(g/2L)</b>	0,024	0,024	0,018	0,018	0,054	0,096
<b>Média (g/2L)</b>	0,007998	0,0150	0,0210	0,0270	0,0370	0,0820
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,018	0,018	0,036	0,024	0,054	0,066
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,018	0,03	0,042	0,048	0,072
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,012	0,024	0,018	0,036	0,06	0,084
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,018	0,018	0,036	0,024	0,024	0,084
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,018	0,018	0,03	0,042	0,042	0,072
<b>SVTAC<sub>Fe</sub> (g/2L)</b>	0,006	0,012	0,018	0,036	0,036	0,066
<b>Média (g/2L)</b>	0,0130	0,0180	0,0280	0,0340	0,04399	0,07399

**Tabela 6: Sólidos Totais do Sobrenadante (Água coagulada com sulfato de alumínio ( $ST_{SOB\ Al}$ ) e Água coagulada com cloreto férrico ( $ST_{SOB\ Fe}$ ))**

	50uT	100uT	200uT	300uT	400uT	500uT
<b>Cadinho</b>						
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Al}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
Média (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,001002	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$ST_{SOB\ Fe}$ (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000
Média (g/2L)	0,000	0,000	0,000	0,001002	0,000	0,000

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)