



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais

*“Uso de Floculador Hidráulico de Manta de Lodo Acoplado a
Flotador Por Ar Dissolvido no Tratamento de Água de
Abastecimento”*

GILBERTO JOSÉ DA PAZ JÚNIOR

Ilha Solteira
Outubro – 2009



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais**

“Uso de Floculador Hidráulico de Manta de Lodo Acoplado a Flotador Por Ar Dissolvido no Tratamento de Água de Abastecimento”

GILBERTO JOSÉ DA PAZ JÚNIOR

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Edson Pereira Tangerino

Ilha Solteira
Outubro – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP – Ilha Solteira.

P348u Paz Júnior, Gilberto José da.
Uso de floculador hidráulico de manta de lodo acoplado a flotador por ar dissolvido no tratamento de água de abastecimento / Gilberto José da Paz Júnior. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009.
134 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2009

Orientador: Edson Pereira Tangerino
Bibliografia: p. 99-102

1. Água - Tratamento. 2. Flocação. 3. Manta de lodo. 4. Flotação. 5. Algas.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: USO DO FLOTADOR HIDRÁULICO DE MANTA DE LODO ACOPLADO A FLOTADOR
POR AR DISSOLVIDO NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

AUTOR: GILBERTO JOSE DA PAZ JUNIOR
ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON PEREIRA TANGERINO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA
CIVIL , Área: RECURSOS HIDRICOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS, pela Comissão
Examinadora:

Prof. Dr. EDSON PEREIRA TANGERINO
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. DIB GEBARA
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. CARLOS GOMES DA NAVE MENDES
Departamento de Saneamento e Ambiente / Universidade Estadual de Campinas

Data da realização: 09 de outubro de 2009.

DEDICATÓRIA

*Aos meus entes queridos, Gilberto, Elcy,
Diego e Flávia.
Ao amigo Silvio Rogério Sanitá Moreira,
(in memoriam).*

Agradecimentos

A DEUS por ter sempre iluminado meu caminho.

Ao professor Edson Tangerino pela amizade, paciência e principalmente pelo aprendizado.

Aos professores Dib Gebara, Rodrigo Moruzzi e outros que contribuíram de forma direta ou indireta na realização do projeto.

Aos técnicos dos Laboratórios de Saneamento e Central de Engenharia Civil da FEIS - UNESP.

Aos amigos que compartilhamos dúvidas, trabalhos, “banhos” e risadas: Rossim, Thassya, Priscila, Alberto, Muriel, Mariana, Noelle, Alessandro, Willian, Eduardo e outros.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Fluxograma com as etapas de flotação em FAD. FONTE: Di Bernardo, Di Bernardo (2002).	24
Figura 3.2	Desenho hipotético de aderência floco X bolhas, com flocos maiores que as bolhas de ar.FONTE: Di Bernardo, Di Bernardo (2002).	25
Figura 4.1	Fluxograma demonstrando etapas desenvolvidas na pesquisa.	30
Figura 4.2	Esquema da instalação experimental	32
Figura 4.3	Vista instalação inicial no laboratório de saneamento.	33
Figura 4.4	Suporte do modulo de pesquisa	34
Figura 4.5	Câmara de floculação, formação da manta de lodo.	34
Figura 4.6	Câmara de flotação externa, pirâmide do floculador.	34
Figura 4.7	Pirâmide externa, fase de construção	35
Figura 4.8	Pirâmide externa e interna na estrutura de suporte.	35
Figura 4.9	Pirâmide externa e interna na estrutura de suporte.	36
Figura 4.10	Câmara de flotação, fase de construção.	37
Figura 4.11	Câmara de flotação acoplada acima das pirâmides de floculação, fase de construção.	37
Figura 4.12	Projeto do flotador.	38
Figura 4.13	Projeto do sistema de despressurização e área de contato entre flocos e micro-bolhas	40
Figura 4.14	Desenho esquemático do projeto do filtro de fluxo descendente.	42
Figura 4.15	Desenho esquemático do modulo da pesquisa com a localização dos pontos de coleta.	45
Figura 4.16	Reservatório de 1.000 L com agitador mecânico para preparo da água.	49
Figura 5.1	Desenho das fases do desenvolvimento da ETAPA 1. .	50
Figura 5.2	Ensaio em bancada, flote teste, com água preparada em laboratório.	51
Figura 5.3	Formação de lodo flotado em ensaio de bancada, com água preparada em laboratório.	51
Figura 5.4	Valores de turbidez remanescente do primeiro ensaio com água preparada, DSA 80 mg/L, recirculação de 20 %.	52

Figura 5.5	Valores de turbidez remanescente do segundo ensaio com água preparada. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia, com turbidez da água bruta acima de 150 uT, com DSA de 60 mg/L, recirculação de 18 %.	53
Figura 5.6	Valores de turbidez remanescente do segundo ensaio com água preparada. Taxa de 180 m ³ /m ² .dia, com turbidez da água bruta acima de 150 uT, com DSA de 60 mg/L, recirculação de 18%.	53
Figura 5.7	Desenho das fases do desenvolvimento da ETAPA 2.	55
Figura 5.8	Valores de turbidez remanescente com variação da dosagem do coagulante. E valores do pH final em eixo secundário.	56
Figura 5.9	Valores de turbidez remanescente com variação da dosagem da cal hidratada. Dosagem do coagulante sulfato de alumínio fixa em 40 mg/L.	57
Figura 5.10	Valores de turbidez remanescente no primeiro ensaio da primeira bateria ETAPA 2. Taxa de aplicação de 120 m ³ /m ² .dia, recirculação de 15 % na unidade de FAD e variação na dosagem de coagulante.	59
Figura 5.11	Valores de cor aparente, primeiro ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Amostra 01 após 120 minutos de ensaio, amostra 02 após 240 minutos.	60
Figura 5.12	Valores de cor verdadeira, primeiro ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Amostra 01 após 120 minutos de ensaio, amostra 02 após 240 minutos.	60
Figura 5.14	Valores de turbidez remanescente no segundo ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Taxa de aplicação de 120 m ³ /m ² .dia, recirculação de 15% na unidade de FAD e variação na dosagem de coagulante e aplicação de cal.	62
Figura 5.15	Valores de turbidez remanescente no terceiro ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Taxa de aplicação de 120 m ³ /m ² .dia, recirculação de 15% na unidade de FAD e variação na dosagem de coagulante e aplicação de cal.	63
Figura 5.16	Valores de cor aparente remanescente no terceiro ensaio da primeira bateria, ETAPA 2. Amostra 01 após 90 minutos, 02 após 150 minutos e 03 após 240 minutos.	64
Figura 5.17	Valores de cor verdadeira remanescente do terceiro ensaio da primeira bateria, ETAPA 2. Amostra 01 após 90 minutos, 02 após 150 minutos e 03 após 240 minutos.	64
Figura 5.18	Valores de absorvância remanescente no terceiro dia de ensaio da primeira bateria ETAPA 2. Amostra 01 após 90 minutos, 02 após 150 minutos e 03 após 240 minutos.	65
Figura 5.19	Formação da manta de lodo no floculador.	65
Figura 5.20	Valores de turbidez remanescente do primeiro dia de ensaios da segunda bateria ETAPA 2. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia, DSA inicial de 55 mg/L final, recirculação de 15% na unidade de FAD.	66
Figura 5.21	Valores de turbidez remanescente do segundo ensaio da segunda bateria ETAPA 2. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia, DSA inicial de 55 mg/L final, recirculação de 15% na unidade de FAD.	68
Figura 5.22	Valores de absorvância do segundo ensaio da segunda bateria, ETAPA 2.	68
Figura 5.23	Valores de turbidez do terceiro ensaio, da segunda bateria, ETAPA 2. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia, DSA inicial de 55 mg/L final uso de cal, recirculação de 15 % na unidade de FAD.	70

Figura 5.24	Valores de cor aparente do terceiro ensaio, da segunda bateria, ETAPA 2.	70
Figura 5.25	Valores de turbidez do terceiro ensaio, segunda bateria, ETAPA 2.	71
Figura 5.26	Valores de absorvância do terceiro ensaio, segunda bateria, ETAPA 2.	71
Figura 5.27	Valores de turbidez remanescente do quarto ensaios da segunda bateria, ETAPA 2. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia, DSA inicial de 55 mg/L final uso de cal, recirculação de 15 a 20 % na unidade de FAD.	72
Figura 5.28	Valores de cor aparente do quarto ensaios da segunda bateria, ETAPA 2.	73
Figura 5.29	Valores de cor verdadeira do quarto ensaios da segunda bateria, ETAPA 2.	73
Figura 5.30	Valores de absorvância do quarto ensaios da segunda bateria, ETAPA 2.	73
Figura 5.31	Fluxograma da sequência de ensaios desenvolvidos na ETAPA 3.	74
Figura 5.32	Valores de turbidez remanescente. Ensaio 1, primeira bateria da ETAPA 3. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia, DSA de 30 mg/L.	76
Figura 5.33	Valores de cor aparente. Ensaio 1, primeira bateria da ETAPA 3.	77
Figura 5.34	Valores de cor verdadeira. Ensaio 1, primeira bateria da ETAPA 3.	77
Figura 5.35	Valores de absorvância. Ensaio 1, primeira bateria da ETAPA 3.	77
Figura 5.36	Valores de turbidez. Ensaio 2, primeira bateria da ETAPA 3. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia, DSA de 30 mg/L.	80
Figura 5.37	Valores de cor aparente. Ensaio 2, primeira bateria da ETAPA 3.	80
Figura 5.38	Valores de cor verdadeira. Ensaio 2, primeira bateria da ETAPA 3.	81
Figura 5.39	Valores de absorvância. Ensaio 2, primeira bateria da ETAPA 3.	81
Figura 5.40	Formação da manta na saída do sistema flotador.	82
Figura 5.41	Valores de turbidez. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia, DSA de 30 mg/L, Sem recirculação na unidade de FAD.	84
Figura 5.42	Valores de cor aparente. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 240 minutos e amostra 02 em 420 minutos.	85
Figura 5.43	Valores de cor verdadeira. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 240 minutos e amostra 02 em 420 minutos.	85
Figura 5.44	Valores de absorvância. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 240 minutos e amostra 02 em 420 minutos.	85
Figura 5.45	Valores de clorofila “a” e feofitina. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Coletada após 120 minutos do início do ensaio.	86
Figura 5.46	Valores de ensaio de contagem de organismos. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra coletada após 120 minutos do início do ensaio.	86
Figura 5.47	Valores de turbidez. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Taxa de 120 m ³ /m ² .dia; DSA de 30 mg/L; Recirculação de 20 % na FAD.	87

Figura 5.48	Valores de cor aparente. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada após 270 minutos de ensaio, amostra 2 após 420 minutos	88
Figura 5.49	Valores de cor verdadeira. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 420 minutos	88
Figura 5.50	Valores de absorvância. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 420 minutos	89
Figura 5.51	Valores de clorofila “a” e feoftina. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 480 minutos.	89
Figura 5.52	Lodo flotado em câmara de flotação sendo descartado durante terceiro ensaio com água misturada	90
Figura 5.53	Ressuspensão da manta de lodo durante terceiro ensaio com água misturada	90
Figura 5.54	Valores de turbidez. Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$; DSA de 30 mg/L; Recirculação de 20 % na FAD.	91
Figura 5.55	Valores de cor aparente. Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos do início, amostra 2 em 420 minutos.	92
Figura 5.56	Valores de cor verdadeiro. Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos do início, amostra 2 em 420 minutos.	92
Figura 5.57	Valores de absorvância . Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos do início, amostra 2 em 420 minutos	92
Figura 5.58	Valores de clorofila “a” e feoftina. Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos do início, amostra 2 em 420 minutos.	93
Figura 5.59	Valores de turbidez, quarto dia de ensaio, segunda bateria da terceira fase. Taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$; DSA de 30-40 mg/L. Recirculação de 15-25% na FAD.	94
Figura 5.60	Valores cor aparente. Ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 270 minutos do início, amostra 02 em 420 minutos.	95
Figura 5.61	Valores de cor verdadeira. Ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 270 minutos do início, amostra 02 em 420 minutos.	95
Figura 5.62	Valores de absorvância. Ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 270 minutos do início, amostra 02 em 420 minutos.	95
Figura 5.63	Valores de clorofila “a” e feoftina, ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 270 minutos do início, amostra 02 em 420 minutos.	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Sulfato de alumínio necessário em função da turbidez da água bruta.	17
Tabela 3.2	Quantidade de cal necessária em função do consumo de sulfato de alumínio.	18
Tabela 3.3	Parâmetros de projeto para filtros de escoamento descendente de camada simples.	29
Tabela 4.1	Quadro resumo dos parâmetros da água de estudo nos ensaios.	43
Tabela 4.2	Parâmetros e métodos de determinação.	46
Tabela 4.3	Condicionantes para realização dos ensaios de floteste e jarteste.	47
Tabela 5.1	Valores de eficiência na remoção de turbidez (E.R.T.) levando-se em consideração a variação dos valores de pH, da água bruta, para dosagem de coagulante de 30 e 40 mg/L de sulfato de alumínio.	51
Tabela 5.2	Valores médios de características da água natural no dia da coleta	58
Tabela 5.3	Valores de dosagem do coagulante, pH e de eficiência na remoção de turbidez (ERT) em amostra coletadas durante primeiro ensaio ETAPA 2.	59
Figura 5.4	Valores de dosagem do coagulante, pH e de eficiência na remoção de turbidez (ERT), entre AB e DF, em amostra coletadas durante segundo ensaio ETAPA 2 .	62
Figura 5.5	Valores de dosagem do coagulante, pH e de eficiência na remoção de turbidez (ERT), entre AB e DF, em amostra coletadas durante segundo ensaio ETAPA 2 .	64
Tabela 5.6	Valores do ensaio de contagem, comparando AB e DF, com porcentagem de remoção em amostras coletadas durante operação.	67
Tabela 5.7	Valores do ensaio de contagem, comparando AB e DF, com porcentagem de remoção em amostras coletadas durante segundo ensaio da segunda bateria, ETAPA 2.	67
Tabela 5.8	Valores médios de características da água preparada para a primeira bateria de Ensaios, ETAPA 3.	75
Tabela 5.9	Valores de contagem de organismos e porcentagem de remoção (R), primeiro ensaio, primeira bateria ETAPA 3.	79
Tabela 5.10	Valores de contagem de organismos e porcentagem de remoção (R), segundo ensaio, primeira bateria ETAPA 3.	82
Tabela 5.11	Valores médios de características da água utilizada na segunda bateria, ETAPA 3.	83
Tabela 5.12	Valores de contagem de organismos por ml e eficiência de remoção (R). Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 480 minutos.	88
Tabela 5.13	Valores de contagem de organismos por ml e eficiência de remoção (R). Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 420 minutos.	91
Tabela 5.14	Valores de contagem de organismos por ml e eficiência de remoção (R). Ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 420 minutos.	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETA	-	Estação de tratamento de água
FAD	-	Flotação por ar dissolvido
FDD	-	Filtração direta descendente
FDA	-	Filtração direta ascendente
DF	-	Dupla filtração
TAS_{AP}	-	Taxa de aplicação superficial aparente
DSA	-	Dosagem de sulfato de alumino
ERT	-	Eficiência de remoção de turbidez
AB	-	Água bruta
DF	-	Água decantada e flotada
FIL	-	Água filtrada (Saída do Módulo)
LF	-	Lodo flotado (Descarte do flotador)
SM	-	Saída da manta (área de descarte da manta)

LISTA DE SÍMBOLOS

%	-	Porcentagem
°C	-	Grau Celsius
pH	-	Potencial Hidrogeniônico
uH	-	Unidade Hanzen de cor
uT	-	Unidade Nefelométrica de turbidez

USO DE FLOCULADOR HIDRÁULICO DE MANTA DE LODO ACOPLADO A FLOTADOR POR AR DISSOLVIDO NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Gilberto José da Paz Júnior

RESUMO

Novas tecnologias para o tratamento de água vêm sendo desenvolvidas e suas combinações podem apresentar bons resultados principalmente quando submetidas a variações sazonais de origem natural e antropicas. A crescente poluição dos corpos d'água causa florescimentos de algas e cianobactérias nos mananciais, com aparecimento de sabor e odor na água bruta, podendo ocorrer também a liberação de toxinas pelas cianobactérias. Os processos de tratamento de água convencionais têm apresentado deficiências quanto à remoção de cianobactérias e cianotoxinas, principalmente quanto ao aspecto de remoção das células viáveis e na capacidade de remover as toxinas extracelulares. As cianobactérias retidas no lodo dos decantadores representam riscos à qualidade final da água tratada. O presente projeto de pesquisa consistiu em experiência com floco-decantador de manta de lodo acoplado a flotador por ar dissolvido, formando um conjunto composto pelos dois tipos de equipamentos ou tecnologias e ainda com dispositivo limitador de manta. O objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho da instalação proposta quando submetida a variações da qualidade da água bruta, principalmente quando submetido à sobrecarga de algas e cianobactérias, simulando possíveis florações nos mananciais. Os resultados dos ensaios no modulo experimental com água natural apresentaram remoção satisfatória de turbidez, com valores abaixo de 3,0 uT da água floco-floto-decantada e em torno de 0,1 uT da água filtrada. Os ensaios realizados com água natural com presença elevada de algas e cianobactérias, evidenciaram a importância da unidade de flotação, com remoção de clorofila_a de 82% na água decantada/flotada e próximo de 99% na água filtrada, em relação à água bruta, sendo que a turbidez manteve-se abaixo de 3 uT na saída do modulo floco-floto-decantador e a turbidez da água filtrada ficou abaixo de 0,6 uT. O dispositivo limitador da manta e de remoção periódica de lodo, diminuiu o tempo de detenção das células retidas no lodo o que pode ter evitado a liberação de toxinas para a água. Portanto, a instalação experimental proposta é versátil, podendo tratar águas com grande variação de qualidade ao longo do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água, floculação manta de lodo, flotação por ar dissolvido e remoção de algas

USE OF HYDRAULIC FLOCCULATION SLUDGE BLANKET COUPLED THE BY AIR DISSOLVED AIR FLOTATION IN THE TREATMENT OF WATER SUPPLY

Gilberto José da Paz Júnior

ABSTRACT

New technologies for water treatment have been developed and their combinations can produce good results especially when subjected to seasonal variations of natural and anthropogenic. The increasing pollution of water bodies causes blooms of algae and cyanobacteria in water sources, with the appearance of taste and odor in raw water, but may also occur the release of toxins by cyanobacteria. The processes of conventional water treatment have shown deficiencies in the removal of cyanobacteria and cyanotoxins, especially on the aspect of removal of viable cells and the ability to remove extracellular toxins. Cyanobacteria retained in the sludge of the sedimentation tanks pose to the final quality of treated water. This research project was to experiment with floc-settling sludge blanket coupled to dissolved air flotation, forming a group composed of two types of equipment or technology, and with relief device blanket. The research aimed to evaluate the performance of the proposed development when subjected to variations in raw water quality, especially when subjected to the overload of algae and cyanobacteria to simulate possible blooms in the springs. The results of tests on an experimental module with natural water showed satisfactory removal of turbidity, with values below 3 uT decanted and around 0,1 uT filtered water. Tests conducted with water with high presence of algae and cyanobacteria, have highlighted the importance of unity flotation Chlorophyll "a" with removal of 82% in the decanted water / rappel and around 99% in filtered water compared to raw water, and the turbidity remained below 3 uT the output of modulo-flake-floto sedimentation and turbidity of filtered water was below 0,6 uT. The limiting device of the ground and periodic removal of sludge, decreased the retention time of the cells retained in the sludge which may have prevented the release of toxins into the water. Therefore, the proposed experimental setup is versatile and can treat water with great variation in quality over time.

Key words: water treatment, hydraulic flocculation sluge blanket, dissolved air flotation, removal algae.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVO	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	17
3.1.	COAGULAÇÃO	17
3.2.	FLOCULAÇÃO	19
3.3.	FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	21
3.4.	FILTRAÇÃO DESCENDENTE	28
4.	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1.	MODULO EXPERIMENTAL	31
4.1.1.	Floco Decantador de Manta de Lodo	35
4.1.2.	Flotador Por Ar Dissolvido	37
4.1.3.	Filtro Descendente	41
4.2.	REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS	43
5.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	50
5.1	Resultados ETAPA 1	50
5.2	Resultados ETAPA 2	55
5.3	Resultados ETAPA 3	74
6.	CONCLUSÕES	97
7.	RECOMENDAÇÕES	98
8.	REFERÊNCIAS	99
9.	ANEXOS	104

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a tecnologia devem estar associados em sua essência com a sustentabilidade do homem no meio natural. Dentre as necessidades básicas da sobrevivência humana está a água.

A água utilizada pela população é fornecida pelo abastecimento público e pode ser captada em manancial superficial ou subterrâneo. Em ambos os casos ela precisa passar por um processo de adequação das suas características aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

Problemas para atingir os padrões de potabilidade estão surgindo, dentre os quais Libânio (2005) destaca a presença de novos contaminantes (orgânicos, inorgânicos e até subprodutos de processos de tratamentos). Um indicativo são as novas tendências internacionais de regulamentação dos padrões de potabilidade da água. No âmbito nacional espera-se uma provável revisão dos padrões apresentados pela Portaria 518.

Um adequado sistema de tratamento de água, de acordo com Di Bernardo (1995), deve embasar-se em três requisitos básicos obedecidos simultaneamente: qualidade da água bruta, tecnologia de tratamento e capacidade de sustentação do sistema.

Interferências antrópicas – poluição e contaminação – resultam em processo de eutrofização dos mananciais, o que provoca a degradação da qualidade da água para a vida aquática, devido ao aumento na quantidade de algas e diminuição do oxigênio disponível. A utilização das águas eutrofizadas para o consumo humano tem como consequência a elevação dos custos no tratamento da água.

Em estações de tratamento de água (ETA), água bruta de baixa qualidade, ocasiona redução do tempo da carreira de filtração, aumento da dosagem de coagulantes, geração de odores e sabores na água tratada, dificuldade de remoção das impurezas, ocasiona problemas

na unidade de sedimentação, e aumento da demanda de cloro na desinfecção e conseqüente formação de subprodutos nocivos à saúde humana.

Modificações no sistema de tratamento de água, que captam água bruta proveniente de lagoas ou reservatórios eutrofizados, são necessárias para atingir os padrões de qualidade requeridos pela legislação.

Lobato, Faitanin e Moreschi (1997), citam em seu trabalho, que a Estação de Tratamento de Água de Mantenópolis - ES não mantinha uma eficiência satisfatória na clarificação da água em períodos de cheias. Para solucionar esse problema foi efetuada a substituição do decantador de alta taxa por flotador, propiciando o restabelecimento dos padrões de qualidade, aumento das carreiras de filtração e diminuição de descargas totais entre lavagens do filtro.

Atualmente, são utilizados vários processos ou tecnologias de tratamento de água para atingir padrões de potabilidade que dependem da qualidade e da quantidade da água a ser tratada. A maioria das ETAs em operação, são convencionais de ciclo completo, compreendendo as seguintes etapas do tratamento: coagulação, floculação, decantação, filtração rápida, desinfecção e fluoretação.

A presente pesquisa propõe um arranjo dos dispositivos de tratamento de água, utilizando um flotador por ar dissolvido (FAD) acoplado a um floco decantador de manta de lodo contendo dispositivo limitador da manta.

2. OBJETIVOS

O objetivo foi avaliar a associação da flotação por ar dissolvido como etapa de clarificação após um floculador de manta de lodo para tratamento de água nas seguintes circunstâncias:

- água bruta preparada em laboratório com variações de turbidez;
- água bruta em condições naturais;
- água bruta preparada com águas naturais com presença de algas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O sistema de tratamento, para obter água potável, considerado convencional é constituído por etapas, as quais cada uma tem uma função específica para o resultado final. Temos as unidades de coagulação e floculação, que correspondem à formação dos flocos; sedimentação e filtração, remoção dos flocos e contaminantes; e desinfecção para eliminações de patogênicos e prevenções contra contaminações na rede.

3.1 Coagulação

Azevedo Netto et al. (1977) afirma, que qualquer problema nesta fase do tratamento pode acarretar prejuízo à qualidade da água final. Apresenta em seu trabalho tabela com dosagem de coagulante em relação a turbidez (Tabela 3.1), e o uso da cal virgem para ajuste de pH e melhor eficiência do coagulante Sulfato de Alumínio (Tabela 3.2).

Tabela 3.1 – Sulfato de alumínio necessário em função da turbidez da água bruta.

Turbidez da água bruta	Sulfato de Alumínio mg/L			Turbidez da água bruta	Sulfato de Alumínio mg/L		
	min.	máx.	méd.		min.	máx.	méd.
10	5	17	10	100	16	32	24
15	8	20	14	150	18	37	27
20	11	22	17	200	19	42	30
40	13	25	19	300	21	51	36
60	14	28	21	400	22	62	39
80	15	30	22	500	23	70	42

Fonte: Azevedo Netto et al. (1977).

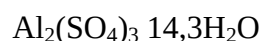
Tabela 3.2 – Quantidade de cal necessária em função do consumo de sulfato de alumínio.

Consumo de Sulfato de Alumínio (mg/L)	Alcalinidade teoricamente necessária (CaCO ₃) (mg/L)	Alcalinidade natural desejável (CaCO ₃) (mg/L)	Quantidade teórica de cal (mg/L)	Quantidade cal desejável (mg/L)
10	5	7	3	4
15	7	10	4	6
20	9	14	5	8
25	12	17	7	10
30	14	20	8	12
40	18	27	10	15
50	25	34	13	19

Fonte: Azevedo Netto et al. (1977).

Atualmente, os coagulantes mais utilizados nas estações de tratamento de água são: o sulfato de alumínio e cloreto férrico (AZEVEDO NETTO et al., 1977).

O sulfato de alumínio sólido é obtido através da secagem da solução resultante ao ataque da bauxita pelo ácido sulfúrico. Comercialmente é encontrado com até 17% de alumina (Al₂O₃ solúvel em água) o que representa um produto de boa qualidade, representado pela fórmula abaixo:



A aplicação pode ser feita com dosadores a seco, desde que britado com diâmetros menores que 5 mm. Segundo Azevedo Netto et al.(1977) deve ser evitada devido a problemas com a liberação de ácido sulfúrico que ataca os aparelhos na presença de umidade.

Dosagem por via úmida ocorre através da dissolução do sulfato seco em um meio líquido, água. Azevedo Netto et al. (1977) adota soluções preparadas de até 10% de sulfato, dissolução de 100 kg para 1 m³ de solução, para utilização em estações de tratamento de água.

O sulfato de alumínio tem apresentado alguns inconvenientes tais como: limitada faixa de valores de pH para aplicação; baixa qualidade dos sais de alumínio encontrados no mercado; e suspeita de provocar algumas afecções de ordem neurológica em consumidores de água quando dosado de forma incorreta.

Assis (2006), em sua pesquisa de ensaios utilizando sulfato de alumínio e cloreto férrico, avaliou a influência do valor do pH de coagulação de forma marcante para remoção de células de *Microcystis aeruginosa*, pelo processo de flotação concluindo maior eficiência quando em torno de 5.

A cal hidratada é utilizada para ajuste de pH para maior eficiência do sulfato de alumínio como coagulante. É produzida através de hidratação da cal virgem. Sua dosagem pode ser realizada por meio seco ou úmido, no caso da cal virgem seguida de extinção.

Para dosagem por via úmida, a cal hidratada será posta em suspensão em água formando um leite de cal. Esta solução alimentará o dosador. (AZEVEDO NETTO et al., 1977).

3.2. Flocculação

Através da coagulação e flocculação a estação de tratamento transforma impurezas presentes na água em partículas maiores denominadas flocos para facilitar sua remoção.

a) Flocculador

Os flocculadores podem ser mecânicos ou hidráulicos, são responsáveis pela realização de flocculação da água coagulada, que consta do contato entre partículas presentes na água para formação de partículas maiores (flocos) que devem ser removidos em uma ETA.

Os floculadores hidráulicos são dispositivos que utilizam a energia hidráulica dissipada em forma de perda de carga no fluxo da água através de um tanque, canal ou canalização para promover a formação dos flocos.

b) Floculador de Manta de Lodo

O floculador de manta de lodo utiliza energia hidráulica. Tem-se mostrado como alternativa de reduções da área física, de custos de implantação e operação. O processo se dá pela formação de uma manta de flocos de impurezas agregadas pelo coagulante, os quais são retidos na parte inferior desta unidade.

Na manta de lodo ocorre a aproximação dos flocos dispersos facilitando a aglutinação dos mesmos, provocando um aumento no tamanho e no peso. A formação dos flocos dá-se através de combinações de gradientes de velocidade médios no cone invertido. Devido a essa forma de cone invertido os flocos ao atingirem determinada dimensão e peso, tendem a sedimentar na região de menor velocidade ascensional, ocorrendo a decantação da água, por isso ficou conhecido como floco-decantador.

O bom funcionamento do mesmo dependerá de uma adequada mistura rápida, normalmente realizada em ressaltos provocados ou na saída do medidor Parshall, zonas de altas turbulências.

Em estudo realizado por Tangerino, Matsumoto e Dall'Aglio Sobrinho (1998), foi observado que a taxa de formação da manta no módulo aumentava conforme se aumentava a turbidez da água bruta.

Segundo Cavazzana (2006), a manta forma-se com maior intensidade para turbidez maior que 30 uT, conforme observado nos estudos em Módulo Floco-Decantador de Manta de Lodo (MFDML), em que o mecanismo de coagulação foi, predominantemente, a varredura.

Gregory, citado por Head e Graham (1997), obteve, em extensivo trabalho de revisão bibliográfica sobre o assunto, algumas conclusões qualitativas, entre elas a de que a concentração de sólidos da manta de lodo assim como a velocidade do fluxo ascendente da água são fatores de extrema importância para a eficiência do sistema e propôs que a concentração dos flocos na manta deveria ser medida pela porcentagem ocupada por uma amostra de 100 mL da manta em um frasco cilíndrico após decantação de 30 minutos, sendo de 14 a 18 % a concentração apropriada.

Na mesma linha de investigação, Tesarik (1967) realizou várias experiências, nas quais avaliou alguns aspectos da floculação em manta de lodo, tal como a variação de remoção de turbidez em função da variação da velocidade da água através da manta.

Na pesquisa realizada por Tangerino, Matsumoto e Dall'Aglio Sobrinho (1998) foi mostrada a viabilidade da utilização de floculador em manta de lodo acoplado a decantador laminar de placas paralelas, com bons resultados em relação ao tempo de detenção da água no floculador.

3.3 Flotação por ar dissolvido

O processo do flotação consiste na mistura da água floculada com uma corrente de água super saturada com ar dissolvido. Fenômenos naturais de aderência provocam a ligação das micro-bolhas às partículas, produzindo uma baixa densidade aparente que as fazem ascenderem rapidamente à superfície da lâmina de água.

Os principais tipos de flotação por ar dissolvido são: flotação a vácuo, micro flotação e flotação pressurizada (DI BERNARDO, 2005), sendo a flotação por ar dissolvido pressurizado o mais difundido para uso em ETA.

Segundo Coelho (1990), a tecnologia de flotação por ar dissolvido, é a que apresenta menor turbulência em sua aplicação, fato esse que contribui para o processo de tratamento de água, tendo em vista a fragilidade dos flocos, que não suportam grandes esforços de cisalhamento.

Em histórico apresentado por Moruzzi (2005) em seu trabalho, a FAD é utilizada a mais de 80 anos como processo de clarificação de água destinada ao abastecimento público. Apresenta as mudanças ocorridas nas unidades, dividindo-as em gerações:

Nas unidades de primeira geração o foco era a recuperação das partículas para reutilização industrial em processos de exploração de matéria prima mineral. Os tanques de flotação possuíam dimensões bastantes distintas das atuais eram longas, estreitas e rasas. Possuindo zona de reação e zona de flotação com taxas de 2 a 3 m/h.

As unidades de segunda geração (ou convencional) são empregadas até hoje, em relação aos de primeira geração tornaram-se tanques mais largos, mais profundos e com menor comprimento para atingir taxas de 5 a 7 m/h.

Unidades de FAD associadas com filtração, floto-filtro, em um único tanque é hidraulicamente ideal pode atingir taxas de 20 a 25 m/h.

As unidades de terceira geração surgiram através da observação dos reatores de floto-filtro, para atingir taxas maiores de 25 a 40 m/h, nessas unidades a profundidade foi aumentada.

Segundo Lobato, Faitanin e Moreschi (1997) a água bruta, com elevada concentração de algas, apresenta condições mais favoráveis de tratamento com uso da flotação, após a coagulação/floculação, devido à baixa velocidade de sedimentação dos flocos formados.

Segundo Di Bernardo (2005), em sistemas de flotação por ar dissolvido devem ser considerados os seguintes parâmetros:

- Concentração de partículas suspensas;
- Quantidade de ar pressurizado;
- Velocidade ascensional das partículas;
- Taxa de aplicação superficial; e
- Tratamento químico (dosagem de coagulante a ser utilizada).

Em outro estudo, Moruzzi (2005) cita como principais parâmetros para a unidade de FAD:

- Tempo de detenção;
- Taxa de aplicação superficial na zona de reação;
- Taxa de aplicação superficial na zona de clarificação;
- Fornecimento de ar em termos da razão de recirculação;
- Condições de floculação, tamanho de flocos.

No sistema de flotação, o lodo é extraído pela superfície, não ocorrendo entupimento de tubulações e não havendo necessidade de limpeza, diminuindo assim, a perda de água por meio do lodo descartado. Os requisitos de floculação são menores para o processo de flotação quando comparado com a decantação.

Zabel (1985), citado por Di Bernado et al. (2002), afirma que a flotação por ar dissolvido, como pré-tratamento na produção de água potável é indicada para águas contendo alta concentração de algas ou com turbidez relativamente baixa e cor relativamente alta.

Grande parte das fontes naturais de água, segundo Moruzzi e Reali (2008), principalmente aquelas oriundas de barragens naturais ou artificiais, apresentam valores moderados de cor e baixos de turbidez. Dependendo da frequência de ocorrência de picos e variabilidade sazonal da fonte natural, águas com estas características poderiam ser tratadas

por tecnologias que empregam a filtração direta descendente (FDD), filtração direta ascendente (FDA), dupla filtração (DF) ou mesmo por sistema composto por FAD seguido de filtração rápida descendente.

As principais etapas da flotação, apresentadas na Figura 3.1, são: geração de bolhas de gás no sistema, contato dos agregados com as bolhas em ascensão.

A formação de micro-bolhas no sistema é realizada pela redução de pressão da água saturada, vinda da câmara de saturação com pressão superior a 400 kPa, para a pressão atmosférica.

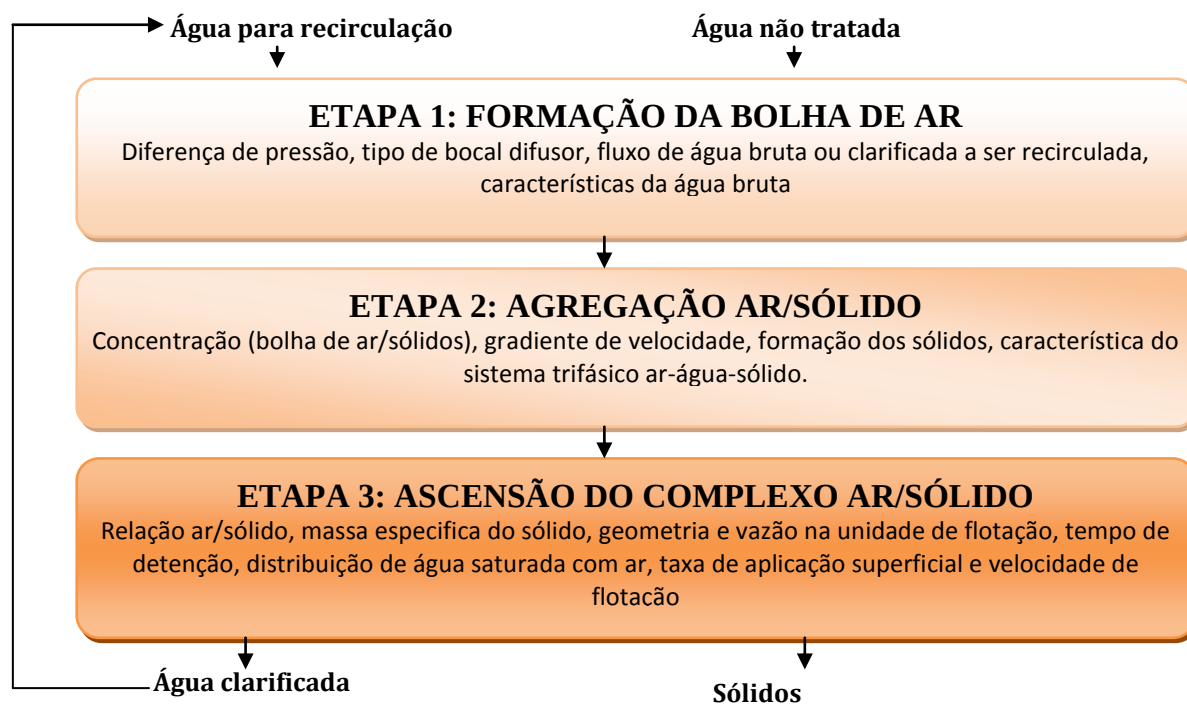


Figura 3.1 – Fluxograma com as etapas de flotação em FAD.
FONTE: Di Bernardo, Di Bernardo (2002).

Segundo Hahn (1982), citado por Di Bernado (2002), a formação de agregado estável entre uma ou mais bolhas de gás e uma partícula ou floco, requer a colisão entre ambos e a subsequente aderência permanente entre as fases gasosas e sólidas.

Os mecanismos de contato entre as bolhas de ar e as partículas podem resultar das seguintes ações:

a) colisão da bolha com a partícula decorrente da turbulência ou da atração entre ambas e aderência;

b) aprisionamento das bolhas nos flocos ou contato entre flocos sedimentáveis e bolhas de ar em ascensão; e

c) crescimento das bolhas de ar entre os flocos.

Segundo Hahn (1982), citado por Di Bernardo (2002), a aderência ou contato permanente entre partículas (flocos) e as bolhas de gás depende das forças resultantes da interface gás-água-sólidos, as quais resultam das forças físicas de atração e físico-químicas de repulsão presentes. Na Figura 3.2 temos a demonstração de hipóteses da formação das bolhas aderidas aos flocos.

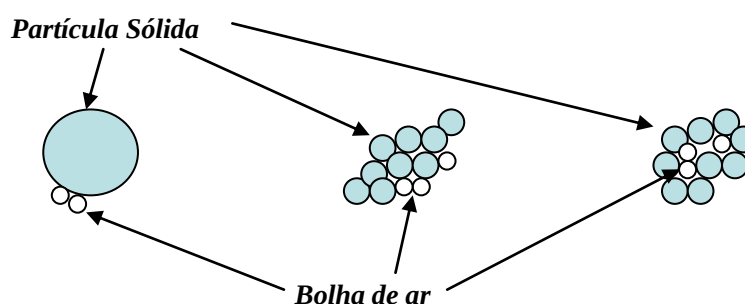


Figura 3.2 – Desenho hipotético de aderência floco X bolhas, com flocos maiores que as bolhas de ar.

FONTE: Di Bernardo e Di Bernardo (2002).

O tamanho das bolhas de ar é muito importante na flotação, pois bolhas pequenas, além de apresentarem maior superfície específica para uma mesma quantidade de ar, necessitam deslocar menor quantidade de água da superfície das partículas onde vão aderir. Há relação entre o diâmetro médio da bolha e a pressão de saturação, sendo que, em geral, o diâmetro da bolha é maior quanto menor for a pressão, dependendo do tipo de difusor.

Segundo Moruzzi (2005), o tamanho das micro-bolhas formadas depende da pressão de saturação, temperatura, pH, dispositivo de despressurização, tensão superficial do líquido e a razão de recirculação. No entanto, a aglutinação das micro-bolhas após a sua formação também pode interferir na eficiência global do processo.

Moruzzi (2005), ainda afirma que a literatura reporta a faixa usual de tamanho de micro-bolhas para FAD de 10 a 120 μm sendo o tamanho médio na faixa de 40 a 60 μm .

Segundo Zabel (1982), citado por Di Bernado (2002), é importante que a introdução da água saturada com ar seja o mais próximo possível do fluxo de água floculada, a fim de minimizar os efeitos de aglutinação das bolhas. Uma boa distribuição das bolhas de ar com a água floculada é importante para facilitar o contato bolha-floco.

Coelho (1990), em sua tese, descreve resultados obtidos por Hyde et al (1979) em que a mistura do ar dissolvido apresenta melhor eficiência se aplicada em flocos pré-formados do que se aplicada na coagulação.

Segundo Zabel (1982), citado por Di Bernado (2002), em experimentos em que foram estudadas diferentes pressões de saturação a quantidade total de água de recirculação adicionadas, foi constatado que a qualidade da água flotada dependia da quantidade total de ar introduzido no sistema e não de valores individuais de pressão ou volume de água de recirculação.

Em investigações realizadas por Takahashi, Miyaha e Mochizuki (1979), citadas por Moruzzi (2005), concluíram que maiores pressão de saturação e vazão de recirculação produzem menores diâmetros médios e que o tipo de bocal de despressurização influencia no tamanho médio das micro-bolhas.

Segundo Di Bernado (2002), é importante minimizar a formação de bolhas muito grandes, uma vez que ocorre a perda de um grande número de micro-bolhas. Entretanto, em todos os dispositivos empregados até o desenvolvimento do bocal desenvolvido pelo Water Reserch Center, Inglaterra, ocorreu a formação de certa quantidade de bolhas grandes indesejáveis.

Realí e Santos (1996) em estudo de flotação por ar dissolvido, apresentaram melhor desempenho com o fornecimento de ar na faixa de 2,7 a 4,7 g/m^3 , para valores da taxa de

aplicação superficial aparente, TAS_{AP} , de 220, 365 e 1020 $m^3/m^2 \cdot dia$, apresentando eficiência de remoção de clorofila-a entre 94 a 98 %. Ressalvam ainda, que existe um valor apropriado de fornecimento de quantidade de ar e sua variação acarreta queda na eficiência da flotação.

A zona de reação, segundo Moruzzi (2005), desempenha um papel fundamental na eficiência da FAD, pois defini as condições de mistura e tempo de detenção determinante no contato das micro-bolhas com a fase sólida.

Reali, citado por Moruzzi (2005), diz que o aumento do gradiente médio de velocidade na zona de liberação de micro-bolhas aumenta a taxa de aglutinação das mesmas.

Estudos realizados por Centurione Filho e Di Bernardo (2002) avaliaram a aplicação do processo de flotação por ar dissolvido para remoção de algas em águas de cor verdadeira e turbidez relativamente baixa. Concluíram que, devido à sua baixa densidade relativa, a flotação é uma alternativa atrativa e conveniente para remoção de algas.

Em pesquisa realizada por Moruzzi e Reali (2008), para água com cor aparente moderada e turbidez baixa, a FAD, operada com sulfato de alumínio como coagulante, apresentou os menores valores de cor aparente e turbidez residuais, correspondentes a 2 uH e 0,24 uT, respectivamente, para a dosagem de 25 $mg.L^{-1}$ em pH em torno de 6,5.

Estudo realizado por Reali e Dombroski (1996) investigaram a influência das condições de floculação de uma água preparada, com cor moderadamente elevada de 90 uH com turbidez de 7 uT, com vistas à clarificação por flotação. Usando sulfato de alumínio como coagulante, a flotação opera bem com flocos menores, que os requeridos para a sedimentação, apresentando boa eficiência na remoção de cor aparente (93%) para 12 min. de floculação com $G_{\text{ót}}$ de 80 s^{-1} e V_f de 150 m/d.

Segundo Lobato, Faitanin e Moreschi (1997), com a entrada em operação das unidades de flotação na ETA de Mantenópolis o consumo de cloro foi reduzido. Ainda demonstra que a utilização da FAD em substituição a sedimentação convencional de alta taxa tornou-se mais

vantajosa, sendo confirmado pelos excelentes resultados obtidos. Os mesmos realizaram a descarga do lodo flotado em seu trabalho através de transbordamento com duração de 5 min. cada 12 h.

Além do uso comum para tratamento de águas de abastecimento e residuárias, pesquisa desenvolvida por Oliveira (2001) demonstrou eficiência da flotação por ar dissolvido na melhora da qualidade de mananciais com aspectos físicos e bióticos comprometidos. Apresentando remoção acima de 90% nos valores de turbidez, coliformes, fosfato e outros.

3.4 FILTRAÇÃO DESCENDENTE

A filtração consiste na remoção em meio granular de partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes em águas, (Di BERNARDO; Di BERNARDO; CENTURIONE FILHO, 2002).

A filtração direta descendente, segundo Di Bernardo (2003), pode ser projetada para trabalhar ora com tratamento completo (coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração), ora com filtração direta, dependendo da sazonalidade da qualidade da água a ser tratada.

Segundo Di Bernardo, Di Bernardo e Centurione Filho (2002), a retenção de impurezas se dá através de dois mecanismos distintos, complementares: transporte e aderência. As partículas devem aproximar-se da superfície dos grãos e permanecerem aderidas, resistindo às forças de cisalhamento.

Os mecanismos de aderência são garantidos através: da força de Van der Waals, forças eletrostáticas e pontes químicas, (VALENCIA, 1992).

Dentre os fatores que influenciam no processo de filtração, temos: tipo de meio filtrante, velocidade de filtração, material suspenso, influência da temperatura e floco formado.

Na filtração direta o mecanismo de coagulação utilizado é de adsorção-neutralização de cargas para evitar a produção de hidróxidos, cujo grande volume acarreta a obstrução do meio filtrante rapidamente e aumento na quantidade de lodo produzido pela estação, (VALENCIA, 1992).

Libânio (2005), cita que no Brasil os meios filtrantes mais utilizados são constituídos de areia, denominados de filtros de areia ou camada simples. Também filtros de camada dupla com o uso de areia e antracito ou carvão ativado para remoção de odor e sabor. Já em países como o Estados Unidos da América é comum o uso de filtros com meios triplos, com a inserção de camada de granada ou ilmenita.

A Tabela 3.3 abaixo apresenta parâmetros, para projeto de filtro.

Tabela 3.3 – Parâmetros de projeto para filtros de escoamento descendente de camada simples.

Parâmetros de projeto	NBR 12216	Great Lakes (2003)	AWWA e ASCE (1998)
Taxa de filtração ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$)	180	-	-
Espessura da camada	45	61 – 76	60 – 90
Coefficiente de desuniformidade	1,4 – 1,6	< 1,65	1,3 – 1,8
Tamanho efetivo (mm)	0,45 – 0,55	0,45 – 0,55	0,35 – 0,60

Fonte: Libânio, 2005

Em sua obra Valencia (1992), apresenta como vantagens na utilização da filtração direta, a diminuição em 50% do custo de construção da estação de tratamento, redução do custo operacional com diminuição quantitativa de coagulante e menor quantidade de lodo proveniente do tratamento quando comparada a uma ETA convencional. Ainda como desvantagens na presença de algas, a necessidade de dosagem química, carreiras de filtração curtas exigindo medidas rápidas no processo de tratamento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa consistiu em experiência com floculador de manta de lodo acoplado a flotador, formando um conjunto composto pelos dois tipos de tecnologias e ainda com dispositivo limitador da altura da manta de lodo expandida. A pesquisa foi realizada em três etapas.

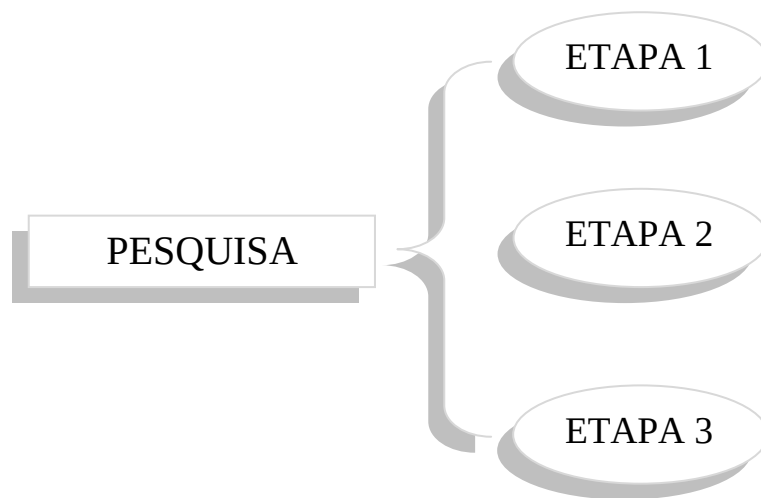


Figura 4.1 – Fluxograma demonstrando etapas desenvolvidas na pesquisa.

Etapa 1, foram realizados ensaios preliminares e em instalação experimental com água preparada em laboratório.

Etapa 2, foram realizados ensaios preliminares e em instalação experimental com água natural captada em córrego natural localizado na cidade de Ilha Solteira.

Etapa 3, ensaios com água do mesmo manancial misturada com água proveniente de represa artificial, utilizada como tanque de piscicultura. Contendo elevada quantidade de algas e de outros produtos oriundos da atividade de criação dos peixes.

Os resultados foram analisados baseados na determinação de parâmetros das amostras coletadas de água bruta, decantada, flotada, filtrada, descarte da flotação e em zona de descarte da manta em tempos regulares.

4.1 Modulo experimental

A instalação experimental para a realização da pesquisa foi constituída de um floculador de manta de lodo com dispositivo limitador da manta e um sistema de flotação por ar dissolvido, acoplado à sua parte superior. O esquema construído está apresentado na Figura 4.2 e 4.3. Composta de:

- Tanque de preparo da água bruta;
- Sistema de recalque de água bruta;
- Caixa de nível constante;
- Sistema para preparo, dosagem e mistura de coagulantes;
- Floculador de manta de lodo com dispositivo limitador da altura da manta;
- Sistema de flotação com câmara de saturação;
- Dispositivo de distribuição da água saturada;
- Filtro rápido de areia, descendente com taxa constante.

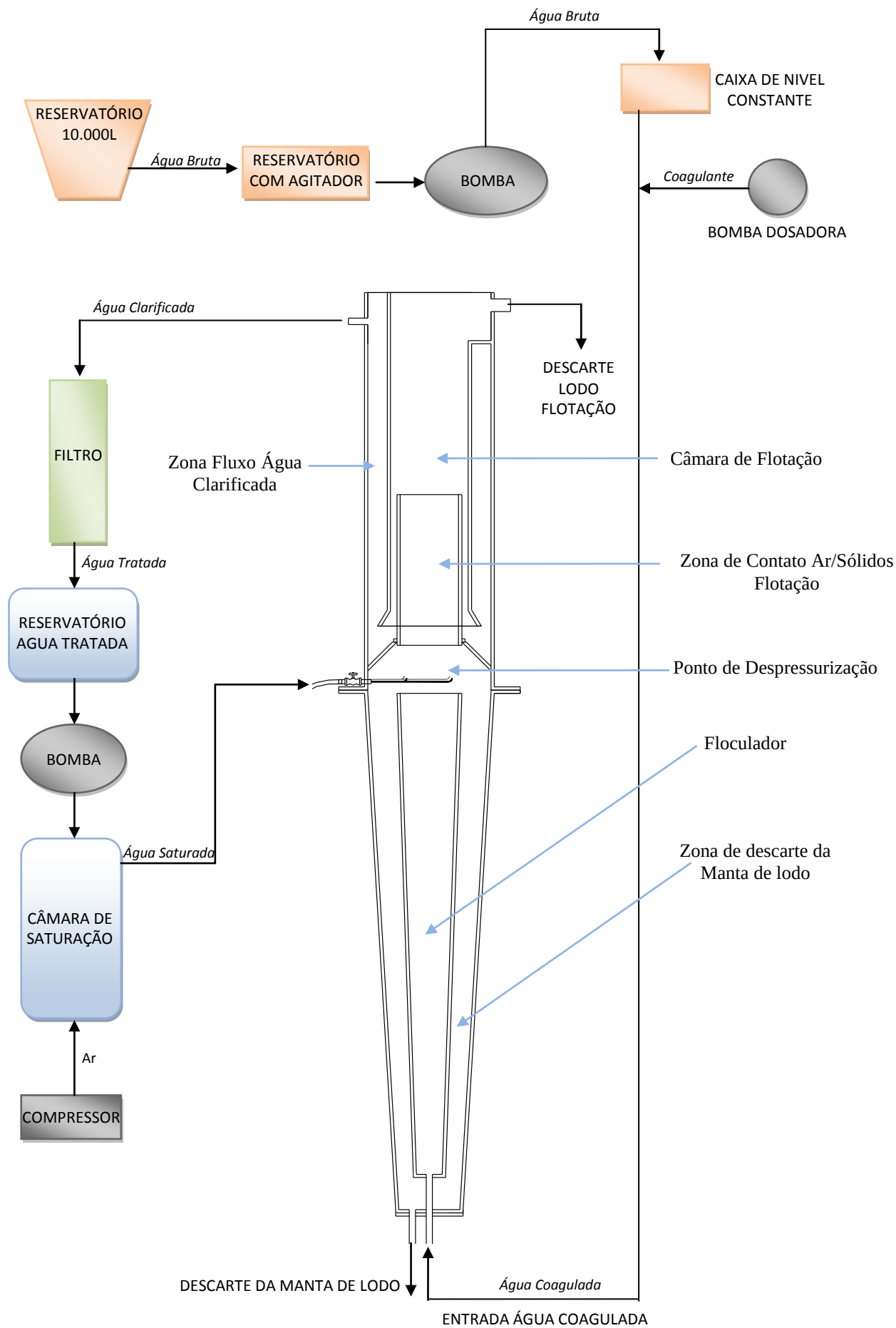


Figura 4.2 – Esquema da instalação experimental

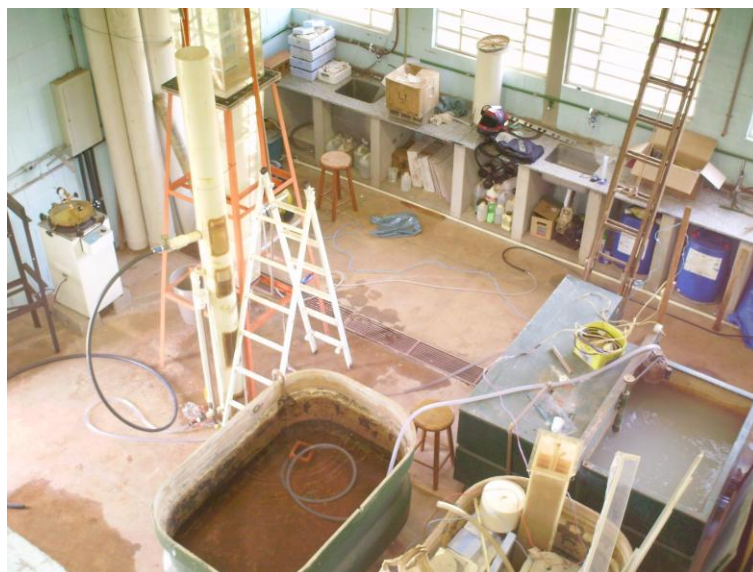


Figura 4.3 – Vista instalação inicial no laboratório de saneamento.

A água para ensaio foi reservada em compartimento com dez mil litros, o qual abastece reservatório de mil litros onde é mantida sobre agitação. Deste ultimo é recalçada para reservatório de nível constante, cuja saída, era feita por dispositivo com orifício de altura regulável, para obtenção da vazão de projeto da instalação.

A aplicação do coagulante foi realizada na entrada da tubulação de alimentação do floculador de manta de lodo. A mistura rápida foi efetuada no vórtice formado na entrada deste. A água, previamente coagulada, alimentava o floculador pela parte inferior.

Para suporte do modulo foi construída estrutura em cantoneira de aço conforme pode ser observado na Figura 4.4.



Figura 4.4 – Suporte do módulo de pesquisa



Figura 4.5 – Câmara de floculação, formação da manta de lodo.



Figura 4.6 – Câmara de flotação externa, pirâmide do floculador.

No interior do floculador de manta de lodo foi instalado um dispositivo limitador da manta, dispondo de registro de descarga de fundo para remoção do lodo.

A coleta de água clarificada foi realizada próxima a superfície da instalação piloto como mostra a Figura 4.2. A câmara de saturação foi abastecida com água tratada, por meio de bomba da água.

Para determinação das melhores condições de flotação, visando a otimização da coagulação, da floculação e da flotação, foram realizados ensaios em reatores estáticos tipo *floteste*.

4.1.1. Floco Decantador de Manta de Lodo

A unidade experimental do floculador de manta de lodo, mostrada na Figura 4.9, possui as seguintes características:

Material: acrílico;

Tronco de pirâmide invertido externo com volume de 143,20 litros;

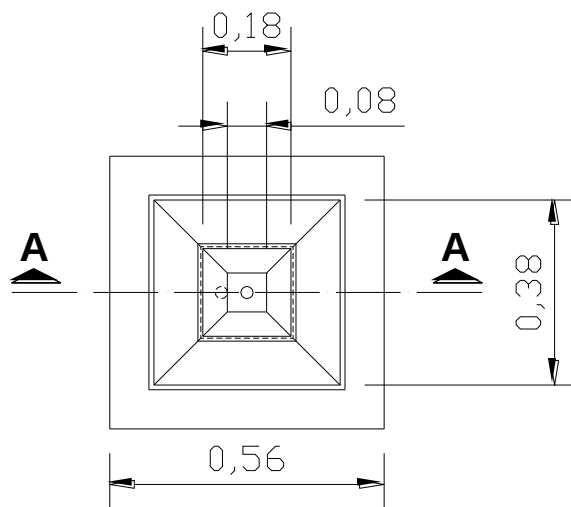
Tronco de pirâmide invertido interno com volume de 29 litros;



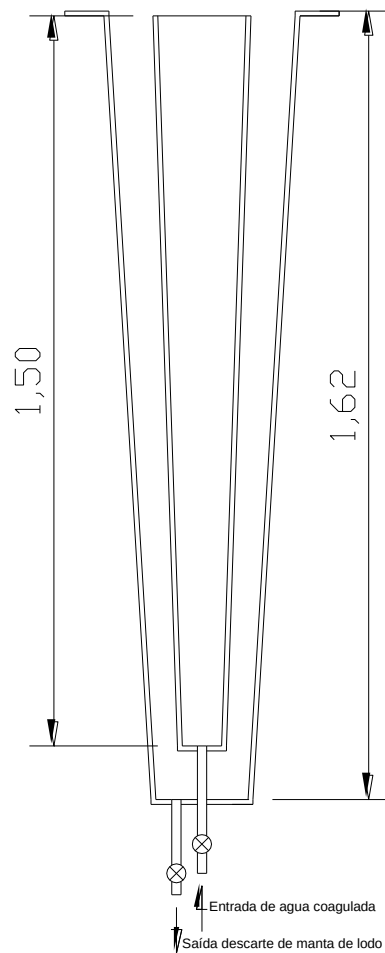
Figura 4.7 – Pirâmide externa, fase de construção



Figura 4.8 – Pirâmide externa e interna na estrutura de suporte.



Planta Baixa
(Sem escala)



Corte AA
(Sem escala)

Figura 4.9 – Pirâmide externa e interna na estrutura de suporte.

4.1.2. Flotador por Ar Dissolvido

A unidade experimental do flotador, mostrada na Figura 4.12, possui as seguintes características:

Câmara de flotação externa com volume de 198,4 litros;

Câmara de flotação interna com volume de 67,6 litros

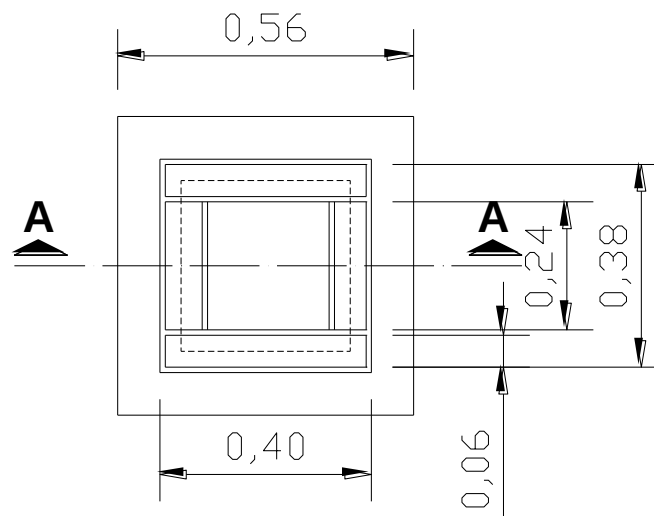
Volume total: 352,40 litros.



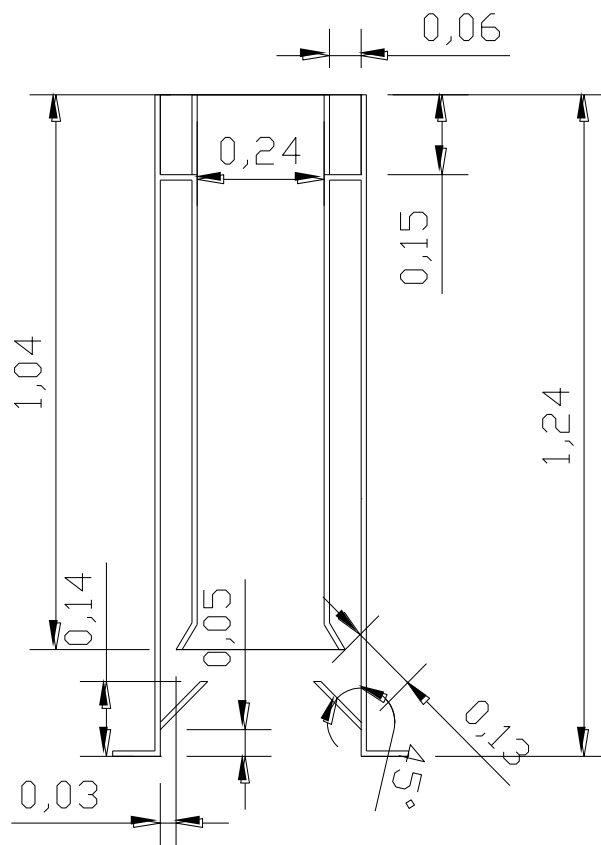
Figura 4.10 – Câmara de flotação, fase de construção.



Figura 4.11 – Câmara de flotação acoplada acima das pirâmides de floculação, fase de construção.



Planta Baixa
(Sem escala)



Corte AA
(Sem escala)

Figura 4.12 – Projeto do flutador.

Sistema de despressurização

A incorporação de micro-bolhas se dá através da redução da pressão do líquido em confinamento, esta redução se dá com a utilização de orifício necessário para promover a vazão de recirculação proporcionando valores de 10, 15 e 20% da vazão afluyente.

A despressurização será promovida por um registro agulha, que ficará na parte externa do módulo experimental, sendo distribuídas as micro-bolhas por pequenos tubos de reduzido diâmetro, conforme Figura 4.13:

A vazão da recirculação foi controlada utilizando-se um rotâmetro e um registro agulha. Assim foi possível verificar a exata taxa de recirculação.

A câmara de mistura ou zona de reação foi construída com seção quadrada de 18x18cm com área de $0,0324 \text{ m}^2$, comprimento de 47 cm. Na parte externa dessa seção de mistura ficava a zona de fluxo descendente é de $0,0176 \text{ m}^2$.

A taxa de aplicação superficial na câmara de flotação era de $220 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ quando era empregada vazão no módulo correspondente à taxa no filtro de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

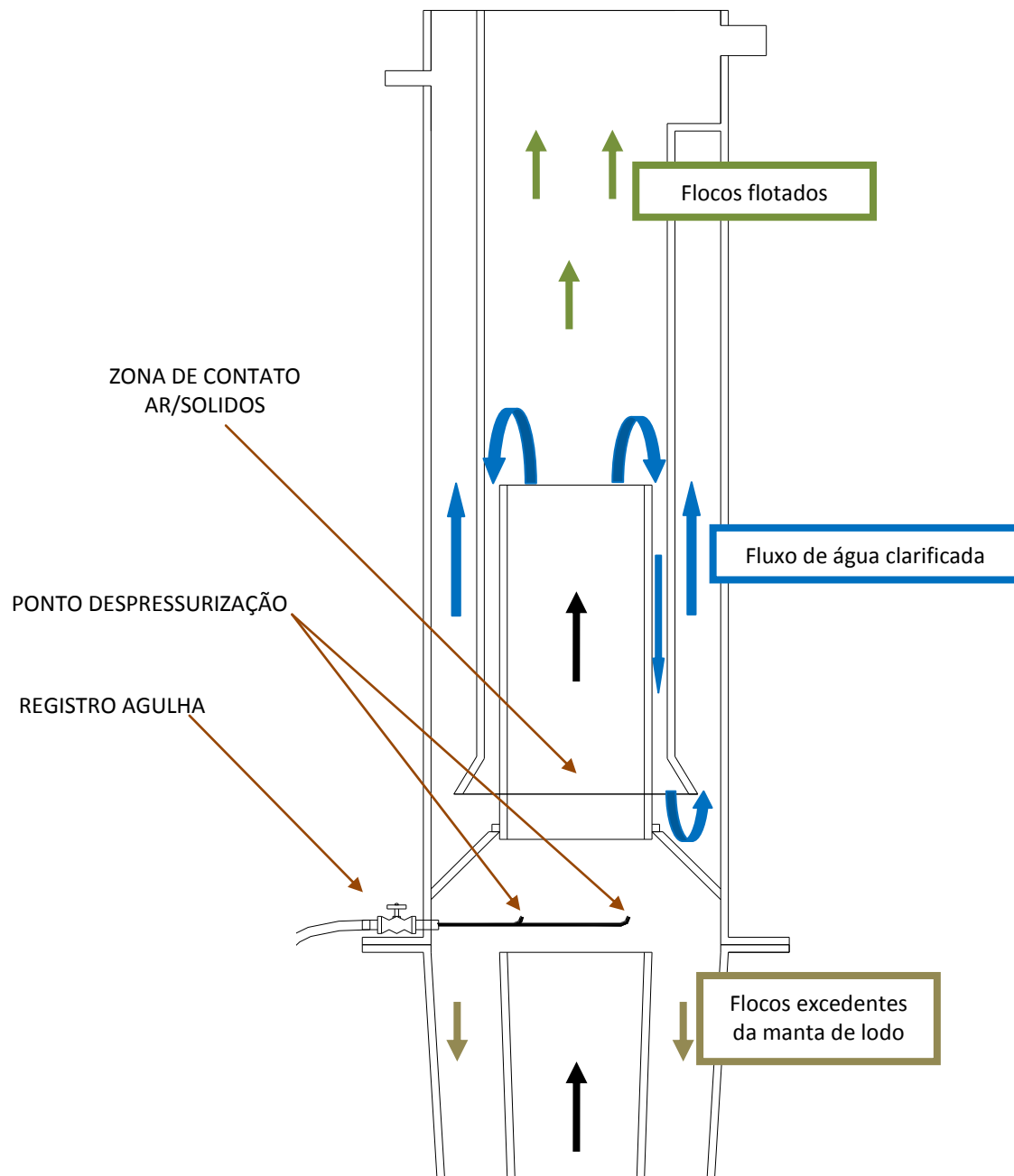


Figura 4.13 - Projeto do sistema de despressurização e área de contato entre flocos e micro-bolhas

4.1.3. Filtro Descendente

Foi construído filtro descendente, esquema mostrado na Figura 4.14. Composto de tubo de PVC de 200mm, com camada filtrante em areia com as seguintes características:

- espessura da camada: 0,60 m;
- coeficiente de desuniformidade: 1,6 (D_{60}/D_{10});
- camada suporte: espessura de 45 cm, com diâmetros variando entre 75 mm a 2,4 mm;
- saída de água filtrada a 15 cm acima da camada filtrante;
- a taxa superficial de aplicação constante foi de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

A lavagem do filtro era efetuada com água em sentido contracorrente em taxa suficiente para promover a expansão de 30 % da camada filtrante, com duração de 8 minutos.

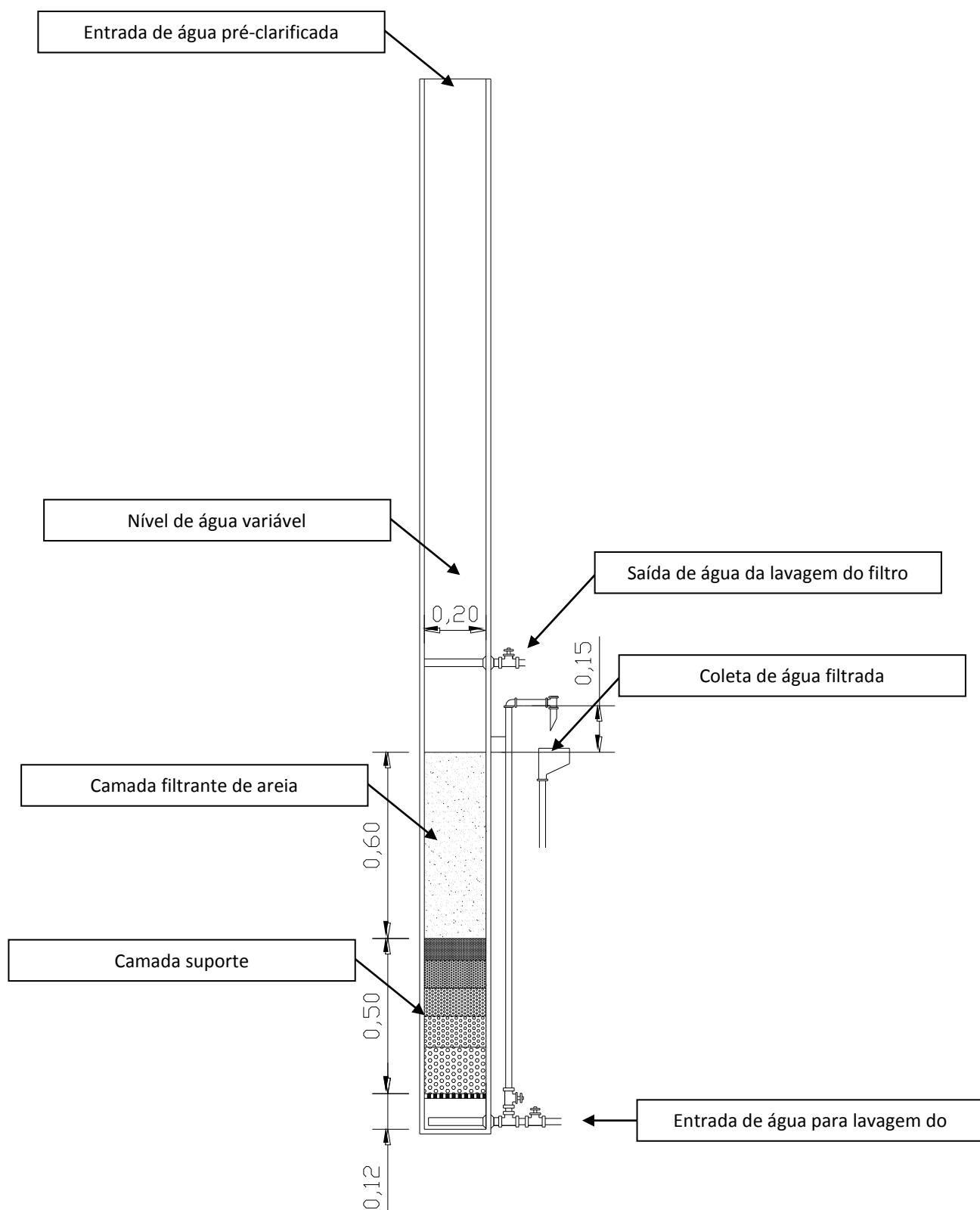


Figura 4.14 – Desenho esquemático do projeto do filtro de fluxo descendente.

4.2. REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

4.2.1 Metodologia dos ensaios

Foram utilizados três tipos de água de estudo na pesquisa. O trabalho foi desenvolvido em etapas experimentais como segue:

Etapas 1

- Realização de ensaios preliminares em reatores de bancada;
- Ensaios preliminares na instalação piloto;
- Ensaios com água bruta preparada, sendo utilizada água de poço com adição de argila, com turbidez em torno de 100 uT;

Etapas 2

- Ensaios com água natural proveniente de curso d'água;

Etapas 3

- Ensaios com água natural proveniente de curso d'água, mas com adição de água com elevada concentração de algas e cianobactérias, proveniente de lago de piscicultura.

Tabela 4.1 – Quadro resumo dos parâmetros da água de estudo nos ensaios.

Etapa	Água	Turbidez	Cor	Algas
1	Preparada	Alta	Baixa	Ausência
2	Natural	Alta	Variável	Pequena
3	Natural/modificada	Alta	Variável	Alta

O módulo foi operado com taxa de filtração e do floculador de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. A taxa de recirculação na flotação variou entre 15% e 20%.

Dosagem e aplicação de coagulante

O coagulante utilizado na pesquisa foi o Sulfato de Alumínio, devido sua grande abrangência no Brasil.

Coleta de amostras e análise dos resultados

A coleta de água clarificada foi feita por tubulação instalada na parte superior do módulo ligada a zona de saída da água clarificada, sem contato com área de descarte do lodo flotado. Coletas regulares de amostras de água bruta, água clarificada e água filtrada, foram efetuadas para ensaios. Na parte superior do flotador, ligado a zona de flotação dos flocos, foi instalada calha para coletar lodo através de vazão de descarte continua.

Na figura 4.15 estão indicados os pontos de coleta de amostras. Foram coletadas em intervalos regulares, nos seguintes pontos:

Ponto 1 – AB - Água bruta;

Ponto 2 – DF - Água Decantada/Flotada;

Ponto 3 – FIL - Água filtrada;

Ponto 4 – LF - Água de descarte da flotação, lodo flotado;

Ponto 5 – SM - Amostra retirada próxima ao termino do cone interno de formação da manta de lodo.

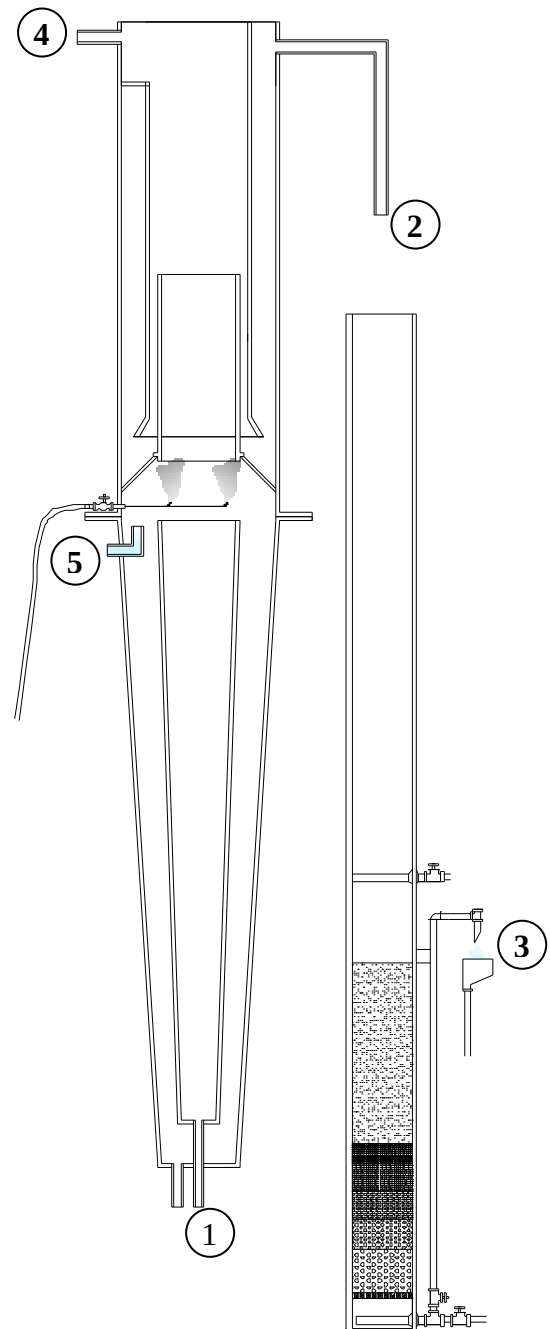


Figura 4.15 – Desenho esquemático do módulo da pesquisa com a localização dos pontos de coleta.

Os parâmetros de qualidade de água monitorados, os métodos de determinação utilizados estão apresentados na Tabela 4.3. da coagulação, da floculação e da flotação, foram

Tabela 4.2 – Parâmetros e métodos de determinação.

PARÂMETRO	MÉTODO	EQUIPAMENTO
pH	<i>Electrometric</i> (APHA, AWWA, WEF, 1998) n° 4.500-H+ B	pHmetro
Temperatura (°C)	<i>Temperature</i> (APHA, AWWA, WEF, 1998) n° 2550	Termômetro
Cor aparente (uH)	<i>Spectrophotometric-Multi-Wavelength</i> (APHA, AWWA, WEF, 1998) n° 2120-D	Espectrofotômetro DR5000 da HACH
Turbidez (uT)	<i>Nephelometric</i> (APHA, AWWA, WEF, 1998) n° 2130-A	Turbidímetro 2100 A da HACH
Cor verdadeira (uH)	<i>Spectrophotometric-Multi-Wavelength</i> (APHA, AWWA, WEF, 1998) n° 2120-D (utilização de membrana 0,45µm)	Espectrofotômetro DR5000 da HACH
Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	Espectrofotométrico com extração preliminar do pigmento utilizando-se etanol 80% a quente sem maceração (NUSCH, 1980)	Espectrofotômetro DR5000
Alcalinidade	Titulométrico	Reagentes e vidrarias e potenciômetro
Contagem de células e cianobactérias	Identificação e contagem em câmara de Sedgewick Rafter	Microscópio trinocular e câmara de Sedgewick Rafter

4.2.2 Metodologia para realização de ensaios de flotação

Os ensaios de Jartest e Flotest seguiram metodologia desenvolvida por Di Bernardo, Di Bernardo e Centurione Filho (2002).

Os ensaios foram realizados para cada variação condicionante de entrada da água bruta na instalação piloto. Parâmetros para realização do ensaio em bancada estão apresentados na

Tabela 4.3, calculados levando em consideração a divisão do floculador em 3 zonas através dos gradientes e tempo para cada seção.

Tabela 4.3 – Condicionantes para realização dos ensaios de floteste e jarteste.

Ensaio com taxa de 120 m³/m².dia		
Etapas	Velocidade	Tempo
Mistura rápida	425 rpm	15 seg.
Floculação	77 / 20 / 15 rpm	42 / 114 / 436 seg.

4.2.3 Ensaios no modulo com água preparada

Para avaliar o funcionamento do modelo experimental inicialmente foram realizados ensaios com água preparada. Usando água de poço adicionando argila para atingir a turbidez dos ensaios.

Para mistura da amostra foi utilizado reservatório com volume aproximado de 1.000 L contendo agitador, conforme Figura 4.16. A argila utilizada foi adicionada diretamente na água.



Figura 4.16 – Reservatório de 1000 L com agitador mecânico para preparo da água

A mistura era iniciada 1 hora antes do ensaio. Com agitação por 30 minutos, um período de repouso por 20 minutos. Dez minutos antes da alimentação do modulo o agitador

era novamente ligado e permanecia assim durante todo ensaio para evitar quedas bruscas no valor da turbidez.

Taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e com $160 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ para esta etapa devido a facilidade de formação da manta com água preparada com argila. Esta taxa corresponde a área superior do floculador e do filtro.

O coagulante utilizado foi o sulfato de alumínio dosado inicialmente conforme revisão bibliográfica e ensaios em bancada realizados em paralelo.

A taxa de recirculação foi de 15% e 20%.

4.2.4 Ensaios no modulo com água natural

Nesta etapa o modulo foi operado utilizando água de manancial superficial. Coletada em córrego natural da cidade de Ilha Solteira – SP. Nesses ensaios foram avaliadas as dosagens de coagulante e taxa de recirculação da flotação.

Para a realização do ensaio a água foi coletada com auxilio de veículo dispondo de tanque para transporte de água. Foi retirada do córrego com uso de bombas multi-estagios de grande vazão. A água era transportada e armazenada em reservatório de 10.000 L, instalado próximo ao laboratório de saneamento da FEIS/UNESP. Foi instalado nesse reservatório um agitador mecanizado, para manter agitação da água com objetivo de manter as características iniciais da água.

A vazão de tratamento na instalação foi de 2,7 L/min., o que correspondia a uma taxa de 120 m³/m².dia no filtro. A adição de coagulante, sulfato de alumínio, foi ajustada conforme resultados obtidos nos ensaios de jarteste e floteste.

A recirculação na flotação foi entre 15 e 20% podendo ter algumas variações para melhorar a qualidade da água tratada.

4.2.5 Ensaios no modulo com água misturada com elevada concentração de algas e cianobactérias

Para a realização do ensaio a água foi coletada com auxilio de veículo dispondo de tanque para transporte. Foi retirada do mesmo córrego do ensaio anterior e a água utilizada na mistura foi coletada em tanque de piscicultura, com presença de algas e cianobactérias. A mistura foi realizada em reservatório de 10.000 L, mostrado na Figura 4.26, onde era mantida a agitação ao longo do tempo.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os valores dos parâmetros analisados constam das tabelas, gráficos, análises e discussões destes apresentados nos itens subseqüentes desse capítulo. Procurou-se efetuar análises mais detalhadas dos parâmetros turbidez, cor verdadeira e aparente, clorofila-a, enquanto as análises de outros parâmetros foram efetuadas de maneira mais geral.

5.1 Resultados ETAPA 1

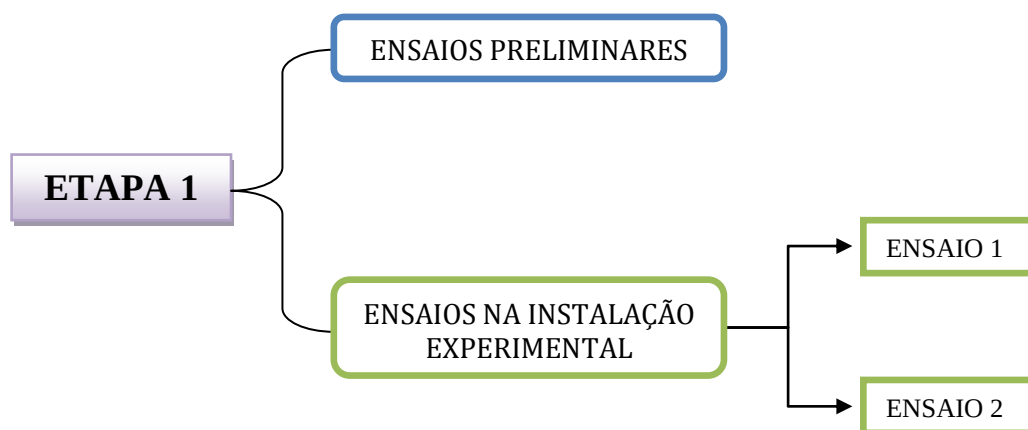


Figura 5.1 – Desenho das fases do desenvolvimento da ETAPA 1.

a) ENSAIOS PRELIMINARES

Foram realizados ensaios de flotação em bancada, Figura 5.2 e Figura 5.3, para avaliar a sensibilidade do coagulante, sulfato de alumínio, em decorrência da variação nos valores de pH na água com água preparada com adição de argila. Para promover a variação dos valores de pH foram utilizados ácido sulfúrico e hidróxido de sódio. Os resultados demonstraram

tendências de zonas de melhor eficiência do coagulante como podemos observar na Tabela 5.1.



Figura 5.2 – Ensaio em bancada, floteste, com água preparada em laboratório.



Figura 5.3 – Formação de lodo flotado em ensaio de bancada, com água preparada em laboratório.

Tabela 5.1 – Valores de eficiência na remoção de turbidez (E.R.T.) levando-se em consideração a variação dos valores de pH da água bruta, para dosagem de coagulante de 30 e 40 mg/L de sulfato de alumínio.

DSA	30				40			
pH	10,21	9,09	8,14	6,88	10,21	9,09	8,14	6,88
% E. R. T.	8%	0%	12%	81%	9%	16%	44%	81%

Nos ensaios em bancada a dosagem apropriada para promover a coagulação é entre 30 e 40 mg/L de Sulfato de Alumínio com valores de pH próximo a 6,88 mas durante ensaios, no modulo, foi necessário aplicar concentrações da ordem de 80 mg/L para melhor eficiência do sistema.

b) ENSAIOS NO MODULO EXPERIMENTAL

O primeiro ensaio dessa bateria foi realizado com taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ com a turbidez da água bruta variando na faixa de 59 até 109 uT, a dosagem do coagulante foi constante durante o ensaio com concentração de 80 mg/L. Durante o ensaio ocorreu formação da manta. A flotação foi mantida em funcionamento durante todo o ensaio.

A recirculação inicial foi de 20% na flotação, no final atingiu 40% sem modificação no resultado final do tratamento. Na Figura 5.4 estão representados os resultados de turbidez.

No segundo ensaio dessa bateria a turbidez da água bruta apresentou valor acima de 150 uT, com dosagem do sulfato de alumínio (**DSA**) de 60 mg/L constante.

A água decantada/flotada (**DF**) apresentou valores de turbidez abaixo de 4 uT e água filtrada (**FIL**) com turbidez abaixo de 1 uT. Recirculação de 18% na flotação. Na Figura 5.5 é mostrado o gráfico correspondente aos resultados de turbidez ao longo desse ensaio.

Durante o segundo ensaio o modulo foi desligado sem descarte da manta e ligado novamente, com taxa de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, mantendo as taxas de recirculação e **DSA** anteriores, ocorrendo rápida reconstituição da manta de lodo. Os resultados de remoção de turbidez se mantiveram com boa eficiência, o que pode ser observado na Figura 5.6.

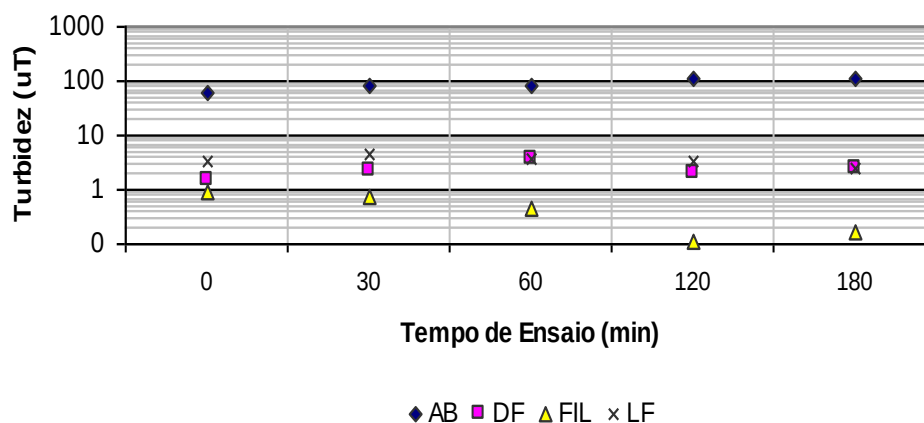


Figura 5.4 – Valores de turbidez remanescente do primeiro ensaio com água preparada, DSA 80 mg/L, recirculação de 20 %.

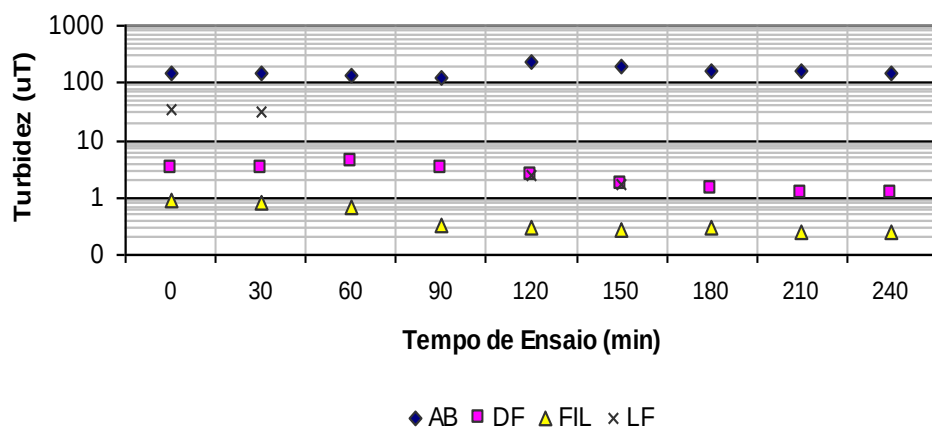


Figura 5.5 – Valores de turbidez remanescente do segundo ensaio com água preparada. Taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, com turbidez da água bruta acima de 150 uT , com DSA de 60 mg/L , recirculação de 18% .

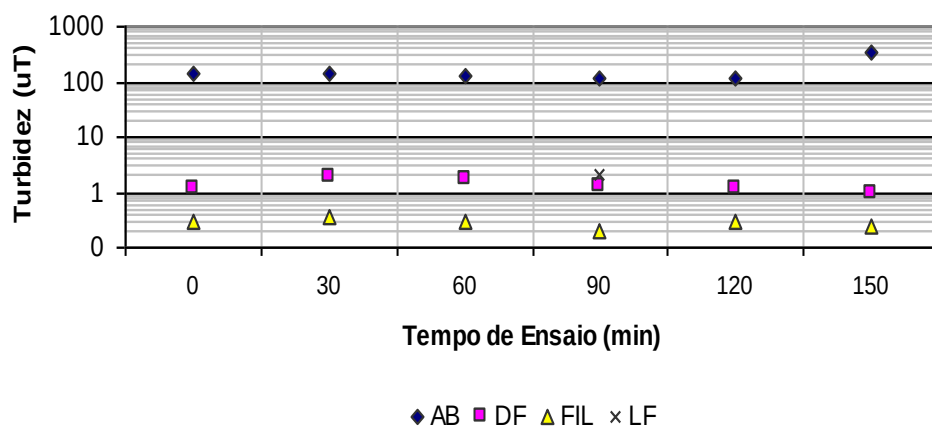


Figura 5.6 – Valores de turbidez remanescente do segundo ensaio com água preparada. Taxa de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, com turbidez da água bruta acima de 150 uT , com DSA de 60 mg/L , recirculação de 18% .

Os resultados obtidos nos ensaios com água preparada, captada em poço artesiano com adição de argila, mostram a aplicabilidade do floculador de manta de lodo, com remoções de turbidez acima de 95% , e eficiência do dispositivo limitador da manta. A implantação desse dispositivo limita o crescimento da manta, impedindo que a mesma atinja a zona de flotação, propiciando a remoção do lodo sedimentado.

Para esse tipo de água o dispositivo de flotação não foi importante, já que os flocos formados a partir desse tipo de água não tinham a tendência de flotar e sim de sedimentarem.

Portanto os valores dos ensaios de turbidez na água de descarte da flotação (LF) apresentou valores abaixo da água bruta (AB).

Durante ensaio com taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ a remoção de cor aparente foi máxima de 92% com média de 81%. Enquanto ensaio com taxa de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ a remoção de cor aparente máxima foi de 85% com média de 61%.

5.2 Resultados ETAPA 2

A figura abaixo demonstra as fases da segunda etapa da pesquisa.

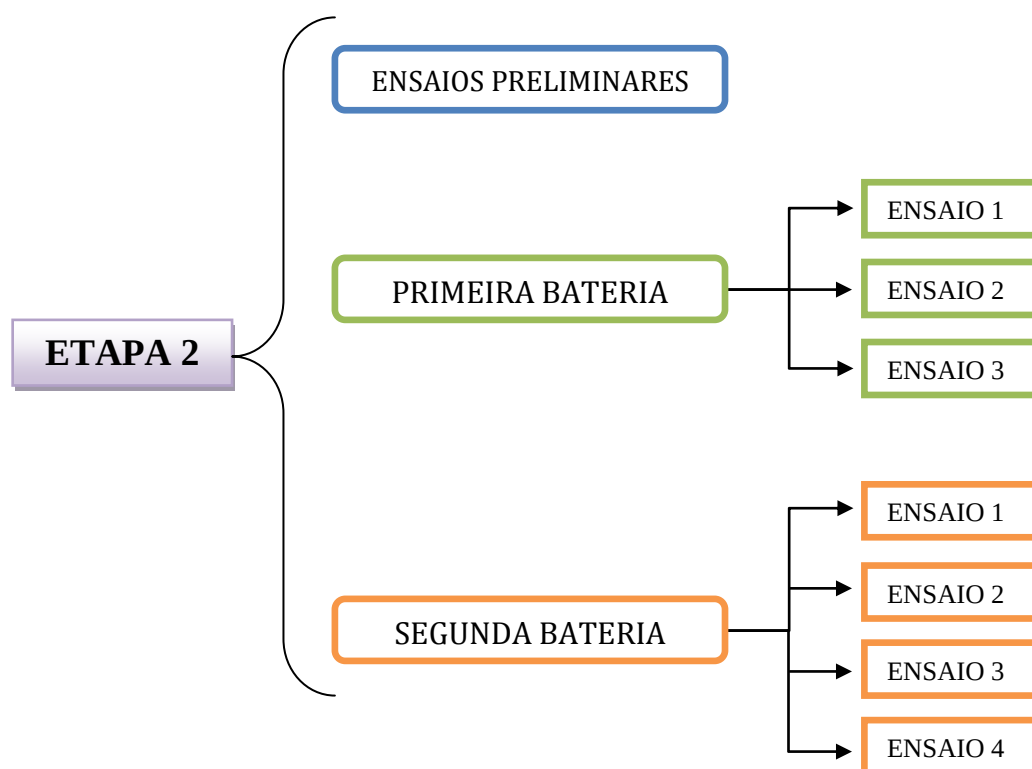


Figura 5.7 – Desenho das fases do desenvolvimento da ETAPA 2.

5.2.1. Ensaios preliminares

Foi realizado ensaio preliminar em bancada, Flotest 01, para determinação da dosagem do coagulante a ser utilizado nos ensaios na instalação piloto. A água bruta foi captada em córrego natural, como coagulante foi usado o sulfato de alumínio e a recirculação foi de 15%. Maior remoção foi atingida com dosagem de 30 mg/L, valor de turbidez remanescente de 5,36 uT, Figura 5.8.

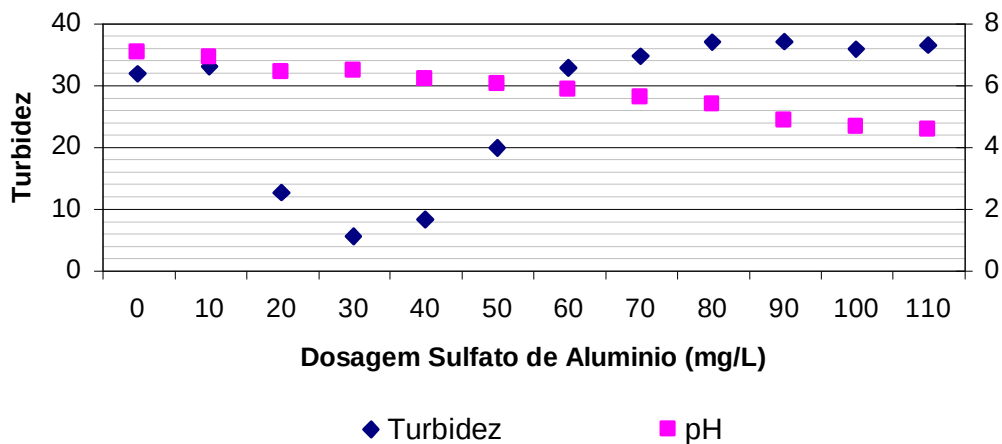


Figura 5.8 – Valores de turbidez remanescente com variação da dosagem do coagulante. E valores do pH final em eixo secundário.

Como não foi obtido valor de turbidez abaixo de 4 uT, foi realizado outro ensaio, com água de córrego natural para testar o uso do cal hidratada para auxiliar na coagulação e sulfato de alumínio como coagulante principal. Como no ensaio anterior a melhor dosagem foi de 30 mg/L foi utilizado um ponto acima com 40 mg/L para testar o resultado da adição da cal. Mantida recirculação de 15% do ensaio anterior. O leite de cal utilizado apresenta alcalinidade de 1.000 mg/L.

No primeiro ensaio a dosagem de 40 mg/L apresentou valor de turbidez remanescente de 7,2 uT, com a adição da cal no segundo foi atingido 4,4 uT, apresentados na Figura 5.9.

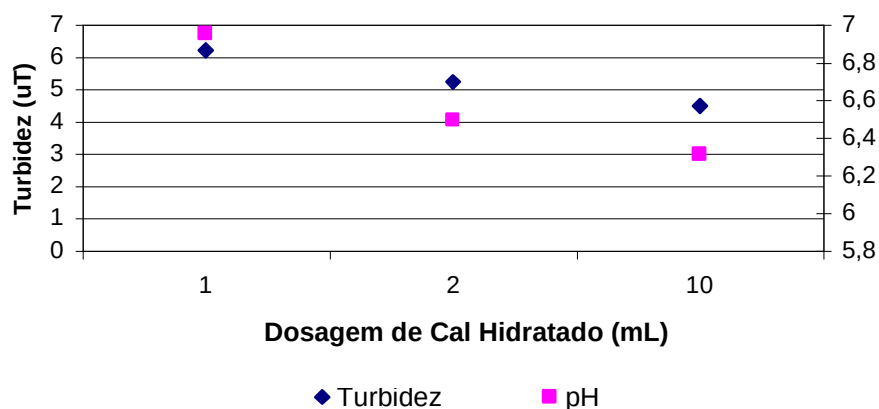


Figura 5.9 – Valores de turbidez remanescente com variação da dosagem da cal hidratada. Dosagem do coagulante sulfato de alumínio fixa em 40 mg/L.

5.2.2. ETAPA 2 - Primeira bateria

Foram realizados ensaios com água bruta natural, tendo por objetivo avaliar a utilização da instalação experimental. A formação da manta de lodo foi condicionante para otimização da utilização do módulo.

Nesta primeira bateria foram realizados três ensaios. Com aplicação do sulfato de alumínio como coagulante, onde se buscou através da variação da dosagem, melhoras na qualidade do efluente do tratamento.

Os valores dos parâmetros característicos da água bruta, no dia da coletada em córrego natural, estão apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Valores médios de características da água natural no dia da coleta

Água Bruta	
pH	8
Cor Verdadeira (uH)	25
Cor Aparente (uH)	400
Absorvância 254nm (cm ⁻¹)	0,1
Turbidez (uT)	50
Alcalinidade (mg/LCaCO ₃)	60

a) ENSAIO 1

No primeiro ensaio foi utilizada vazão de 2,7 L/min., equivalente à taxa de 120 m³/m².dia no filtro, recirculação de 15% na flotação e dosagem inicial de 25 mg/L de sulfato de alumínio PA, abaixo do valor de 30mg/L dos ensaios preliminares. Na partida o módulo continha água limpa.

No floculador, após 45 minutos do início de operação, ocorria a formação de flocos, visualmente com tamanhos apropriados para a formação da manta. Mesmo assim após 300 minutos de ensaio não ocorreu a formação da manta de lodo.

Durante o ensaio valor de turbidez da água decantada/flotada (**DF**) ficou acima de 10 uT, Figura 5.10, sendo apropriado valores abaixo de 4 uT. Para melhorar a qualidade foi ampliada a dosagem do coagulante para valores de 30 mg/L em 120 minutos e 40 mg/L em 225 minutos sem apresentar melhoras nos resultados.

A dosagem do coagulante foi aumentada mais duas vezes, após 500 minutos para 60 mg/L e em 630 minutos para 70 mg/L. Durante a realização desse ensaio, apesar das tentativas, não foi possível atingir valores de turbidez na água **DF** abaixo de 4 uT.

Com o aumento da dosagem do coagulante houve menores valores de pH e de eficiência de remoção de turbidez, apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Valores de dosagem do coagulante, pH e de eficiência na remoção de turbidez (ERT) em amostra coletadas durante primeiro ensaio ETAPA 2 .

Tempo Ensaio (min.)	DSA (mg/L)	pH		E.R.T. (%)
		AB	DF	
90	25	7,52	7,10	77,00
150	30	7,92	7,07	70,00
360	40	7,56	6,76	72,47
600	60	7,82	6,24	43,56
840	70	7,51	6,08	38,86

Deve ser observado que o filtro apresentou bons resultados, mantendo a turbidez final abaixo de 1,0 uT durante todo o ensaio.

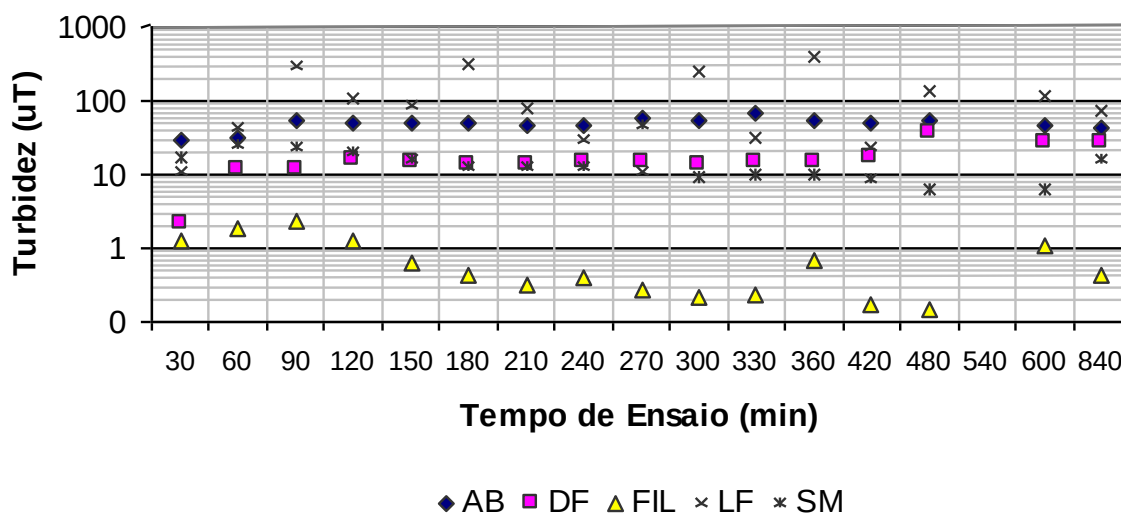


Figura 5.10 – Valores de turbidez remanescente no primeiro ensaio da primeira bateria ETAPA 2. Taxa de aplicação de 120 m³/m².dia, recirculação de 15 % na unidade de FAD e variação na dosagem de coagulante.

Durante ensaio foram coletados 2 amostras, em 120 e 240 minutos de operação, para ensaios de cor verdadeira, cor aparente e absorvância cujo resultados estão apresentados em gráficos abaixo.

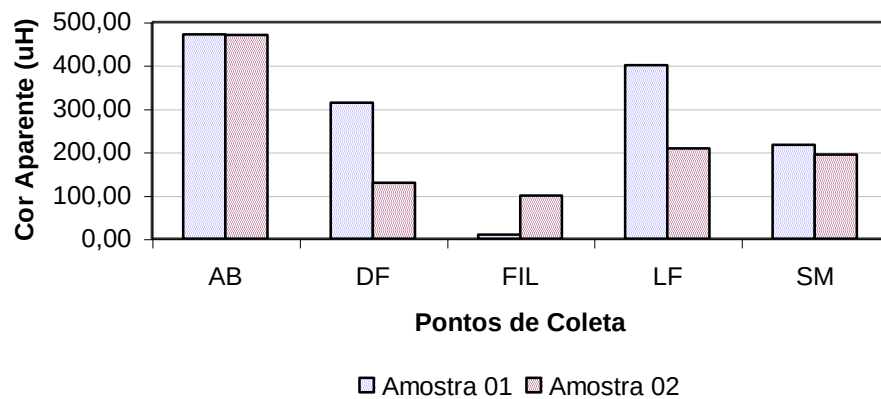


Figura 5.11 – Valores de cor aparente, primeiro ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Amostra 01 após 120 minutos de ensaio, amostra 02 após 240 minutos.

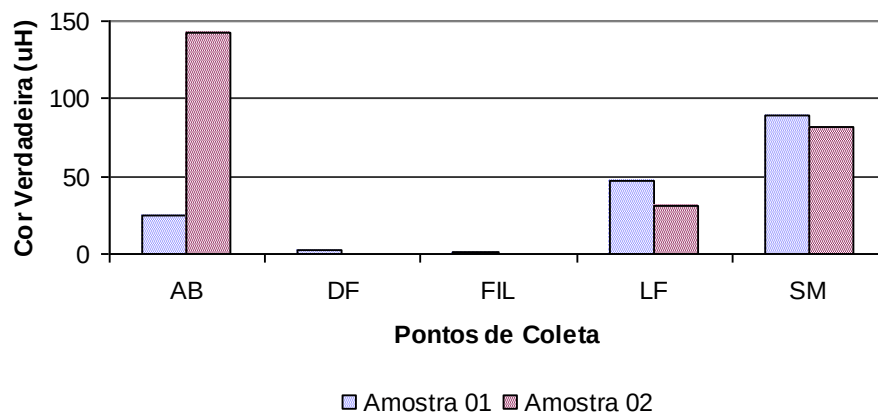


Figura 5.12 – Valores de cor verdadeira, primeiro ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Amostra 01 após 120 minutos de ensaio, amostra 02 após 240 minutos.

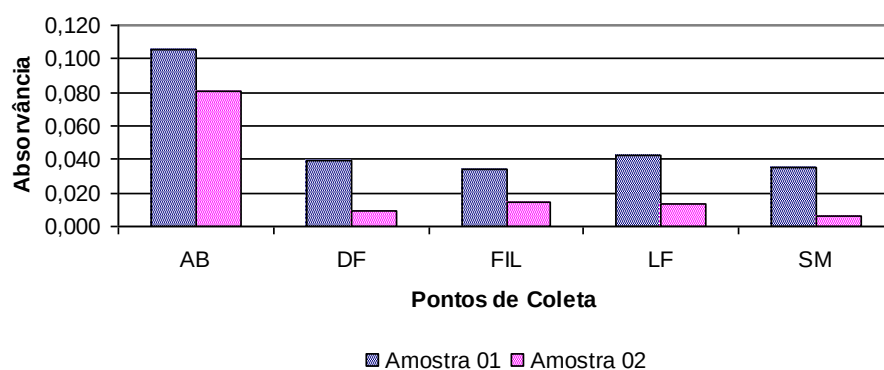


Figura 5.13 – Valores de absorvância, no primeiro ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Amostra 01 após 120 minutos de ensaio, amostra 02 após 240 minutos.

Nas figuras podemos observar que ocorreu remoção nos parâmetros analisados entre a AB e DF mas não atingindo valores apropriados ao tratamento.

b) ENSAIO 2

No segundo ensaio, não ocorreu a formação da manta de lodo por quase todo o tempo de operação, houve apenas flocos dispersos. Na tentativa de estabilizar a manta a dosagem de coagulante foi aumentada, após 60 minutos para 96 mg/L e em 380 minutos para 100 mg/L, sem que ocorressem resultados apropriados.

Os valores de turbidez não estavam satisfatórios, **DF** variando na faixa de 5 a 15 uT, mesmo com aumento da dosagem do coagulante. Os valores de turbidez do efluente do filtro também apresentaram grande variação, situando-se por vezes acima de 1,0 uT.

Só foi possível estabilizar a manta e obter valores apropriados de turbidez após a aplicação de cal hidratada em 660 minutos de ensaio. Em 210 minutos após a adição atingindo resultados apropriados demonstrados na Figura 5.14.

Tabela 5.4 – Valores de dosagem do coagulante, pH e de eficiência na remoção de turbidez (ERT), entre AB e DF, em amostra coletadas durante segundo ensaio ETAPA 2 .

Tempo Ensaio (min.)	DSA (mg/L)	pH		E.R.T. (%)
		AB	DF	
60	70	7,81	6,37	69,47
300	90	7,49	5,68	46,42
480	100	7,80	5,50	40,35
780	100*	7,82	6,54	89,39

* Ponto com aplicação de cal hidratada junto com o coagulante.

A Tabela 5.4 demonstra o aumento de eficiência após a adição de cal hidratada isso se deve ao aumento do pH da água DF e conseqüentemente melhor eficiência do coagulante.

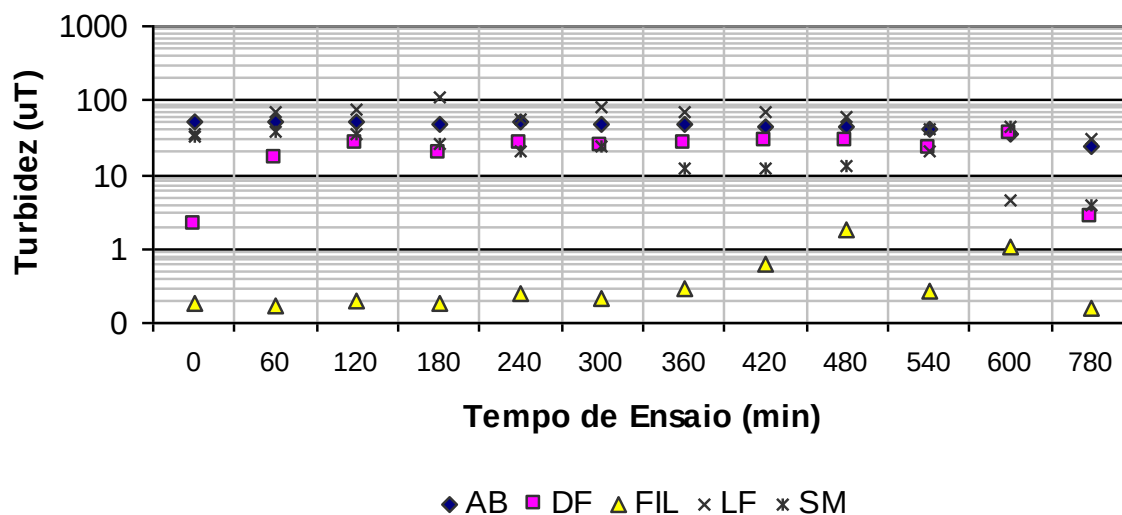


Figura 5.14 – Valores de turbidez remanescente no segundo ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Taxa de aplicação de 120 m³/m².dia, recirculação de 15% na unidade de FAD e variação na dosagem de coagulante e aplicação de cal.

c) ENSAIO 3

O terceiro ensaio se diferenciou com a utilização da cal hidratada durante todo o ensaio com algumas variações na dosagem do coagulante. Em 30 minutos do início do ensaio

ocorreu o aparecimento de flocos dispersos atingindo a formação da manta em 60 minutos. Os resultados deste estão na Figura 5.15.

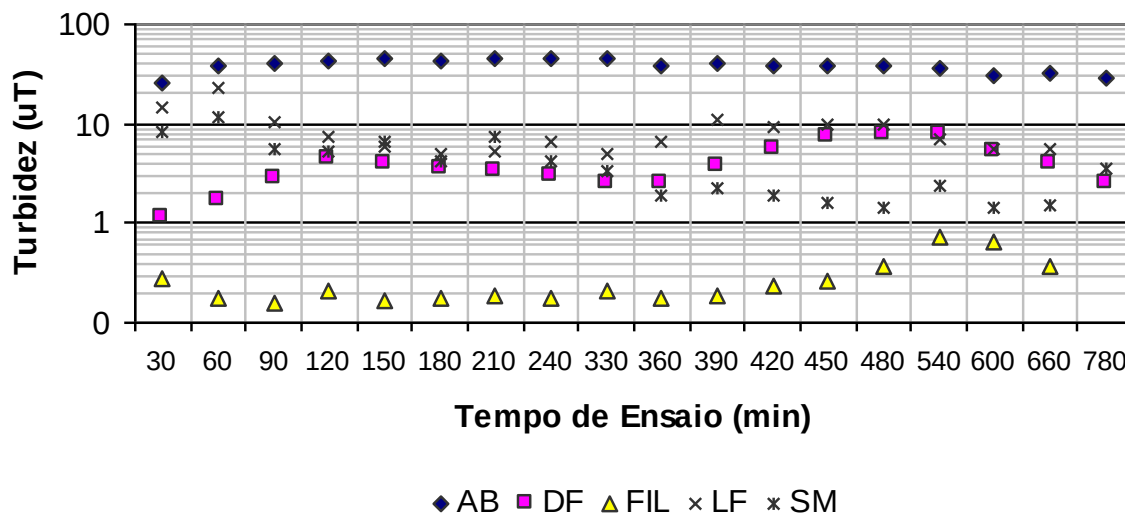


Figura 5.15 – Valores de turbidez remanescente no terceiro ensaio da primeira bateria da ETAPA 2. Taxa de aplicação de 120 m³/m².dia, recirculação de 15% na unidade de FAD e variação na dosagem de coagulante e aplicação de cal.

No início deste ensaio foi aplicado 100 mg/L **DSA** e 25 mL/L de leite de cal virgem. Após 60 minutos de ensaio a dosagem de sulfato de alumínio foi reduzida para 60 mg/L mantendo a dosagem de cal. Ainda foi reduzida para 40 mg/L, após 360 minutos, o que propiciou uma perda da manta de aproximadamente 10 centímetros, mas que se estabilizou e reconstituiu-se após 90 minutos, Figura 5.19. Na tentativa de melhorar os valores de saída foi aumentado a **DSA** para 50 mg/L, após 500 minutos do início do ensaio, o que pode ser confirmado na Figura 5.15 como efeito positivo.

Durante ensaio foi atingida eficiência de 91 % na remoção de valores de turbidez com aplicação de 50 mg/L de coagulante o que pode ser observado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Valores de dosagem do coagulante, pH e de eficiência na remoção de turbidez (ERT), entre AB e DF, em amostra coletadas durante segundo ensaio ETAPA 2 .

Tempo Ensaio (min.)	DSA (mg/L)	pH		E.R.T. (%)
		AB	DF	
60	100	7,84	6,48	95,57
330	60	7,74	6,91	94,48
480	40	7,92	7,16	78,73
720	50	7,75	6,94	91,18

Foram coletas amostra 1,2 e 3 no tempo de 90, 150 e 240 minutos para ensaios dos parâmetros de cor verdadeira, cor aparente, absorvância e alcalinidade.

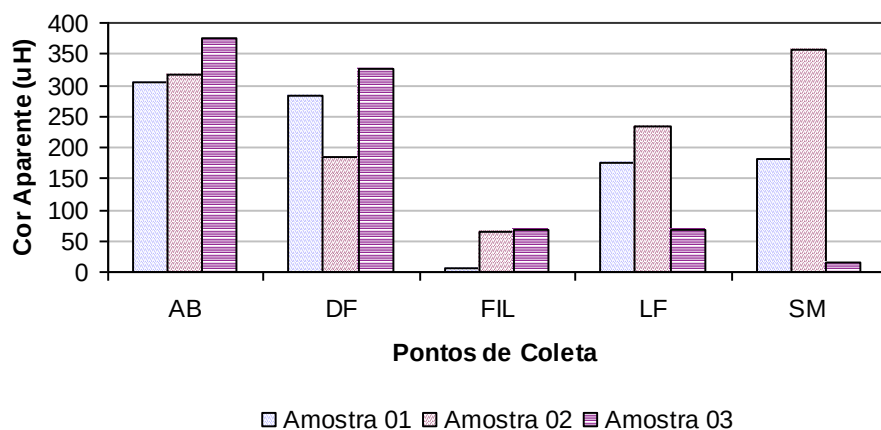


Figura 5.16 – Valores de cor aparente remanescente no terceiro ensaio da primeira bateria, ETAPA 2. Amostra 01 após 90 minutos, 02 após 150 minutos e 03 após 240 minutos.

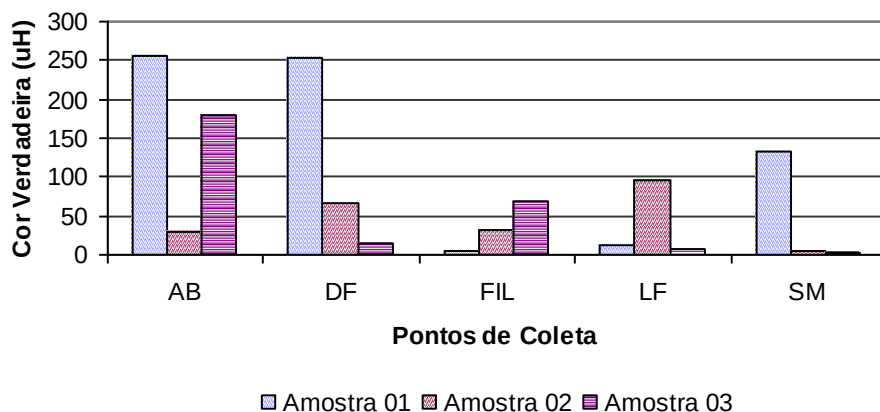


Figura 5.17 – Valores de cor verdadeira remanescente do terceiro ensaio da primeira bateria, ETAPA 2. Amostra 01 após 90 minutos, 02 após 150 minutos e 03 após 240 minutos.

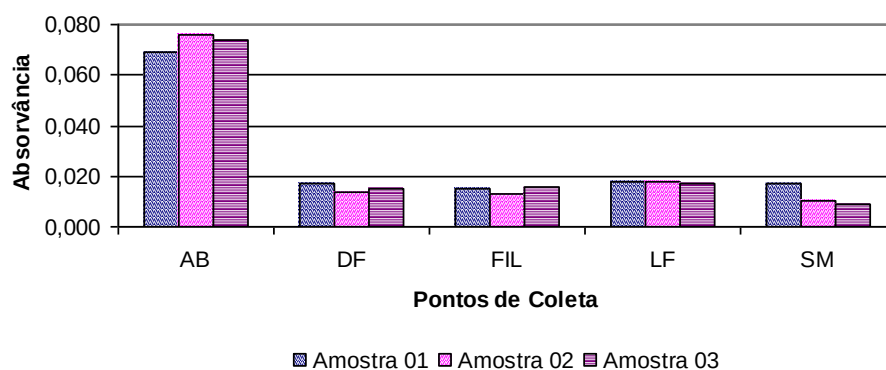


Figura 5.18 – Valores de absorvância remanescente no terceiro dia de ensaio da primeira bateria ETAPA 2. Amostra 01 após 90 minutos, 02 após 150 minutos e 03 após 240 minutos.

Legenda:

AB – Água bruta

DF – Água decantada e flotada

FIL – Água filtrada (Saída do Modulo)

LF – Lodo flotado (Descarte do flotador)

SM – Saída da manta (área de descarte da manta)



Figura 5.19 – Formação da manta de lodo no flocculador.

Em ensaios de bancada melhores resultados foram atingidos com dosagem de 30 mg/L enquanto que no modulo foi necessário atingir nível de 50 mg/L com adição de cal hidratado.

5.2.3. ETAPA 2 - Segunda bateria

a) ENSAIO 1

Foram utilizadas as mesmas taxas e dosagens dos ensaios da primeira bateria, isto é, vazão de 2,7 L/min., recirculação de 15 % no FAD, dosagem de sulfato de alumínio de 55 mg/L e aplicação de cal hidratada.

Os resultados mostraram que a instalação apresentou boa eficiência quanto à remoção de turbidez, conforme mostrado nas Figuras 5.20 e 5.21.

Com o uso da cal foi possível uma estabilização nos valores de pH e alcalinidade durante todos os ensaios da bateria.

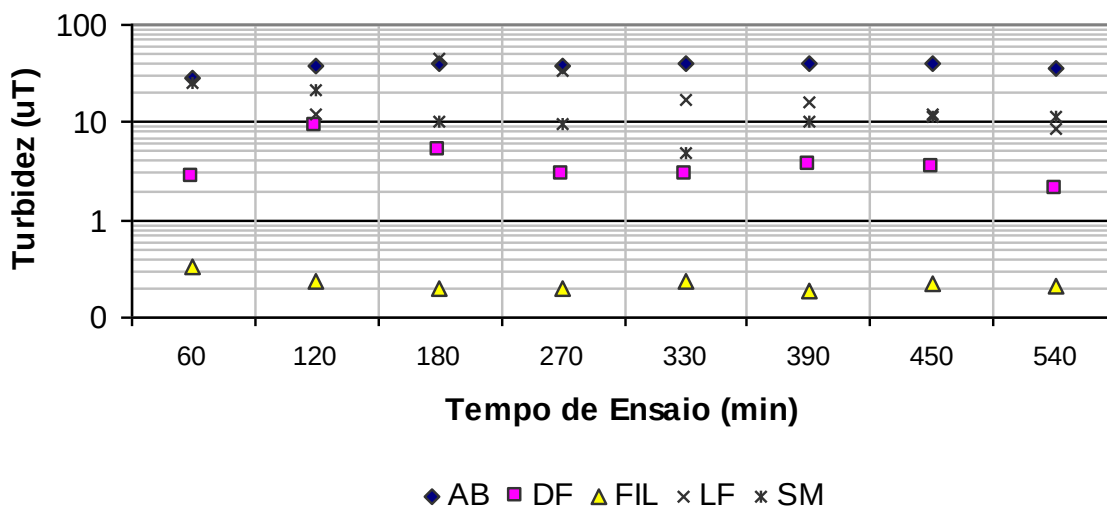


Figura 5.20 – Valores de turbidez remanescente do primeiro dia de ensaios da segunda bateria ETAPA 2. Taxa de 120 m³/m².dia, DSA inicial de 55 mg/L final, recirculação de 15% na unidade de FAD.

Tabela 5.6 – Valores do ensaio de contagem, comparando AB e DF, com porcentagem de remoção em amostras coletadas durante operação.

Amostras	Numero de organismos/mL		
	AB	DF	% R
1	2.525,25	25,25	99%
2	454,55	0	100%

Ocorreu remoção de organismos e algas durante ensaio com eficiência de 99 % entre AB e DF. Atingindo 100 % na água final do tratamento como pode ser observado na Tabela 5.6.

a) ENSAIO 2

Ensaio de absorvância (Figura 5.22) realizados no segundo ensaio apresentaram remoção de até 79% na água **DF** e 80% na água **FIL**, em relação à **AB**. A remoção de células de algas e organismos foi acima de 98%.

Tabela 5.7 – Valores do ensaio de contagem, comparando AB e DF, com porcentagem de remoção em amostras coletadas durante segundo ensaio da segunda bateria, ETAPA 2.

Amostras	Numero de organismos/mL		
	AB	DF	%R
1	303,03	0	100%
2	50,51	0	100%

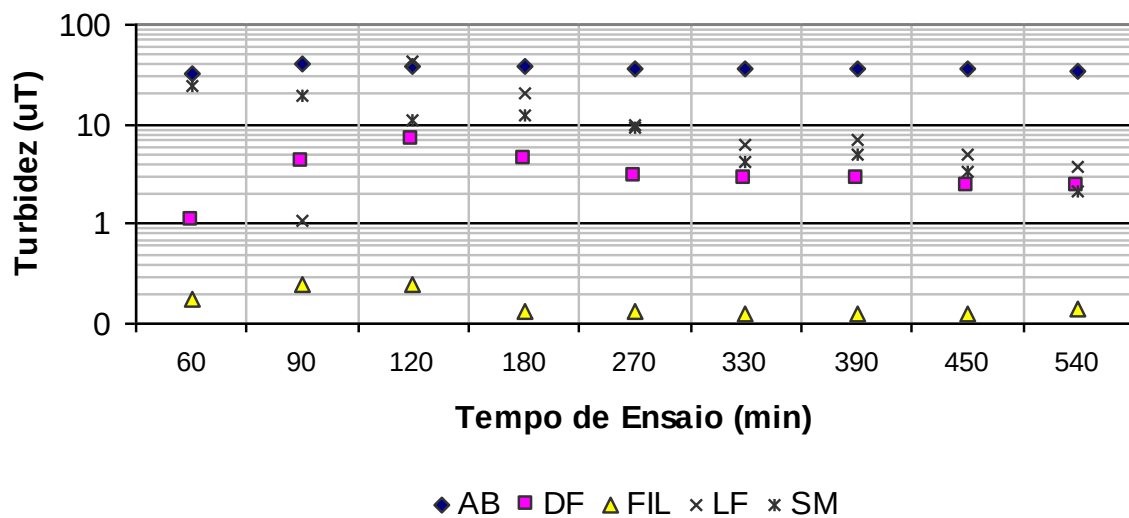


Figura 5.21 – Valores de turbidez remanescente do segundo ensaio da segunda bateria ETAPA 2. Taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, DSA inicial de 55 mg/L final, recirculação de 15% na unidade de FAD.

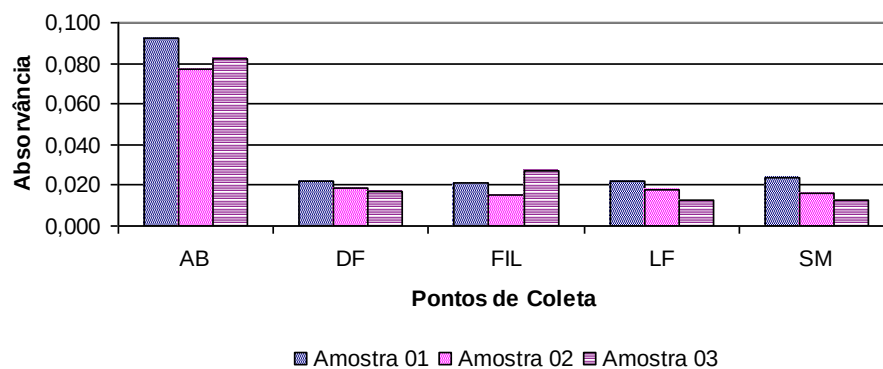


Figura 5.22 – Valores de absorvância do segundo ensaio da segunda bateria, ETAPA 2.

b) ENSAIO 3

No terceiro ensaio, foi mantida a vazão de operação do modulo, mas aumentada a dosagem de sulfato de alumínio para 60 mg/L , porém reduzida a de cal. No início do ensaio o

modulo estava cheio com água limpa captada em poço artesiano. O sistema de recirculação de água saturada para flotação foi acionado em 360 minutos do inicio do ensaio.

A remoção entre **AB** e **DF** foi de 95% para cor verdadeira, de até 80% para cor e próximo a 100% para absorvância.

Entre **AB** e **FIL** ocorreu remoção de cor verdadeira de 92%, cor aparente até 99% e absorvância de 100%.

Após 40 minutos de operação surgiram flocos adequados para formação da manta, atingiu sua altura máxima em 240 minutos.

Com a formação da manta os valores de turbidez da água **DF** ficaram mais estáveis, próximos a 5 uT.

A flotação foi iniciada 120 minutos após a estabilização da manta de lodo, o que não provocou redução nos valores de turbidez da água **DF**. Mesmo assim valores de turbidez da água de descarte do lodo flotado (**LF**) foram maiores que **DF** e **FIL**, indicando remoção de material suspenso pela tecnologia da **FAD**.

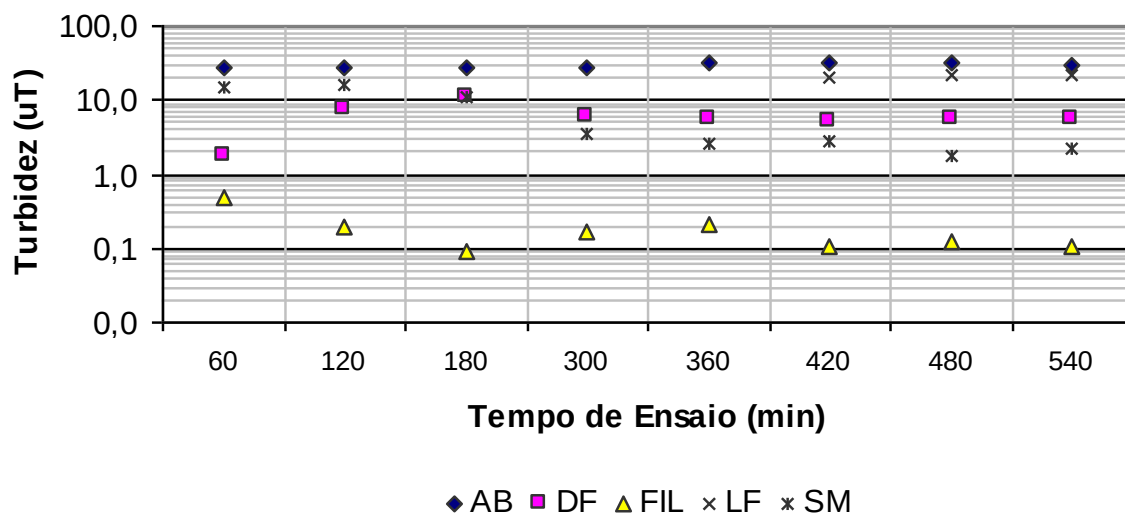


Figura 5.23 – Valores de turbidez do terceiro ensaio, da segunda bateria, ETAPA 2. Taxa de 120 m³/m².dia, DSA inicial de 55 mg/L final uso de cal, recirculação de 15 % na unidade de FAD.

Foram coletadas 3 amostras para ensaios de cor verdadeira, cor aparente e absorvância. Os valores apresentados demonstram remoção entre os valores de **AB** e **DF**. Como não houve melhoras significativas entre as amostras, antes do início da flotação e após, a flotação não apresentou eficiência sendo o floculador de manta de lodo o principal método de tratamento na ETAPA 2, sendo o flotador um auxiliar.

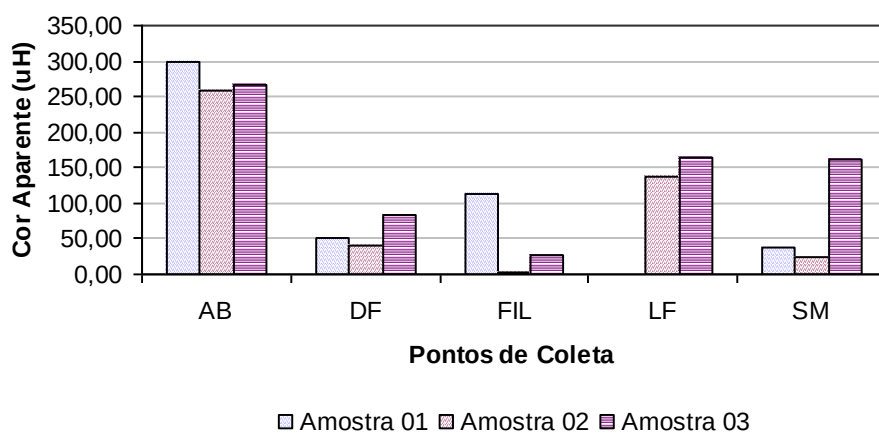


Figura 5.24 – Valores de cor aparente do terceiro ensaio, da segunda bateria, ETAPA 2.

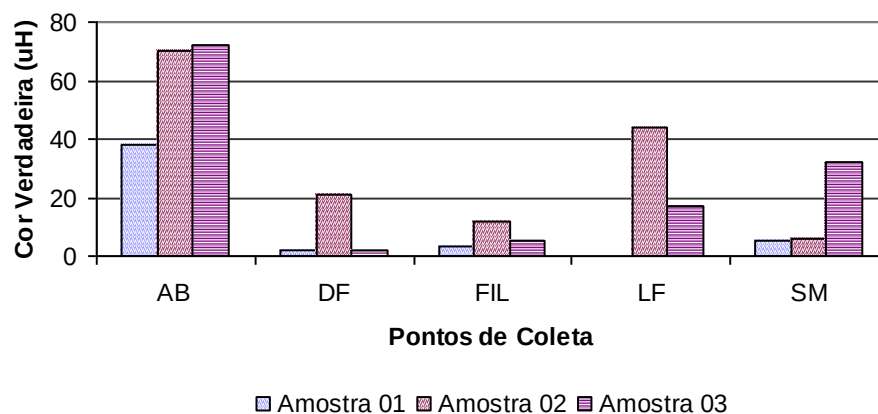


Figura 5.25 – Valores de turbidez do terceiro ensaio, segunda bateria, ETAPA 2.

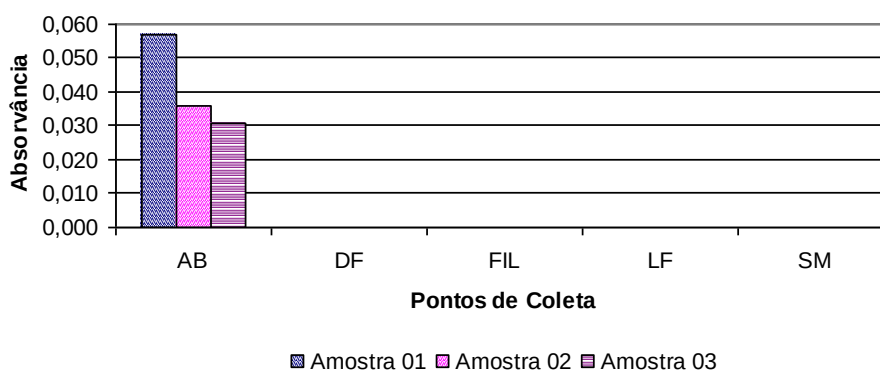


Figura 5.26 – Valores de absorvância do terceiro ensaio, segunda bateria, ETAPA 2.

c) ENSAIO 4

Durante o quarto ensaio, foi mantida a vazão de operação do módulo, mas aumentada a dosagem de sulfato de alumínio para 65 mg/L, porém a de cal voltou a ser a mesma do ENSAIO 2. No início do ensaio o módulo estava cheio com água natural e com manta formada no ENSAIO 3. A estabilização da manta completando o floculador ocorreu após

60 minutos de operação. A vazão de recirculação de água saturada foi ampliada de 15 para 20% em 330 minutos de ensaio.

Comparando valores de **AB** e **DF**, observamos remoções de cor verdadeira de 96 %, cor aparente de 90 % e absorvância de 87 %. Entre **AB** e **FIL** remoções de cor verdadeira, cor aparente e absorvância atingiram eficiência de 93, 99 e 86 % respectivamente.

A flotação foi iniciada junto com a partida do modulo. Após 360 minutos a água **DF** apresentou elevação dos valores de turbidez, em face disso a taxa de recirculação da flotação foi ampliada. Após 60 minutos dessa modificação os resultados de turbidez passaram a ficar abaixo dos obtidos na condição anterior, reduzindo de 7 uT para 5 uT.

A flotação auxiliou na remoção dos flocos excedentes da manta de lodo, a água **LF** apresentou valores maiores que a **DF**. A flotação trabalhou em conjunto com o floculador de manta de lodo.

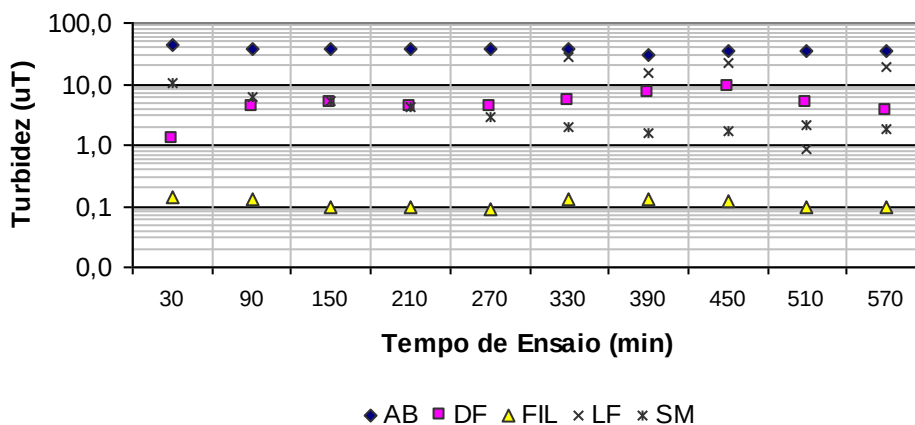


Figura 5.27 – Valores de turbidez remanescente do quarto ensaios da segunda bateria, ETAPA 2. Taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, DSA inicial de 55 mg/L final uso de cal, recirculação de 15 a 20 % na unidade de FAD.

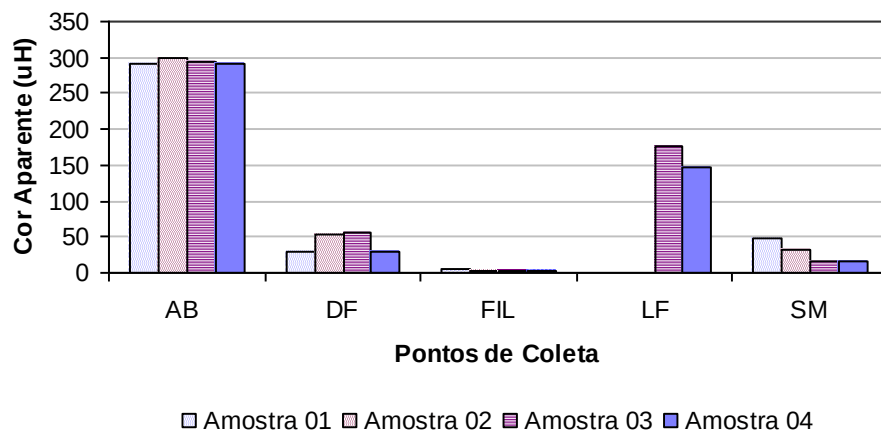


Figura 5.28 – Valores de cor aparente do quarto ensaios da segunda bateria, ETAPA 2.

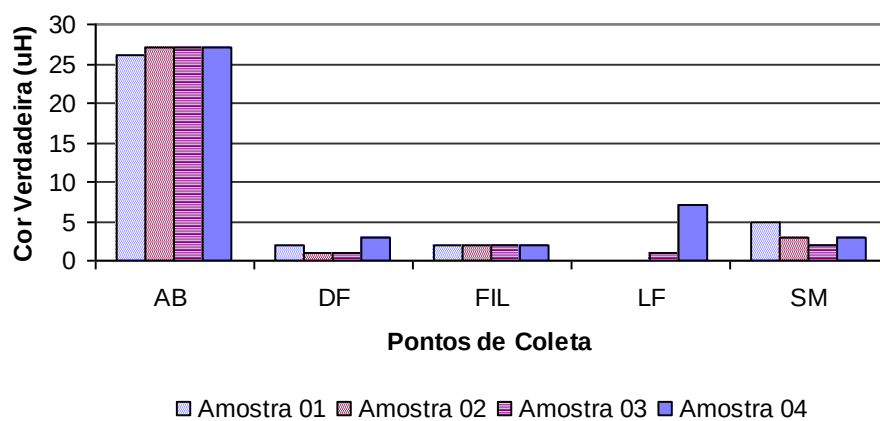


Figura 5.29 – Valores de cor verdadeira do quarto ensaios da segunda bateria, ETAPA 2.

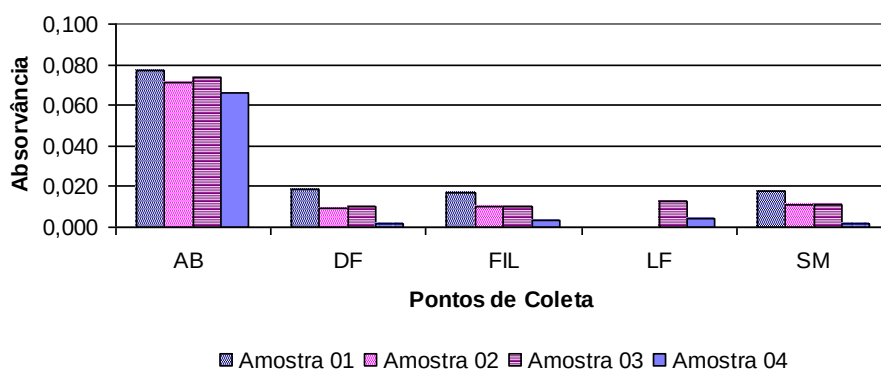


Figura 5.30 – Valores de absorvância do quarto ensaios da segunda bateria, ETAPA 2.

5.3 Resultados ETAPA 3

Nesta etapa foi utilizada água preparada através da mistura de água de córrego, apresentando turbidez moderada, e de reservatório com concentração elevada de algas. Foram realizadas duas baterias de ensaios. A primeira com turbidez abaixo de 100 uT e a segunda acima de 200 uT.

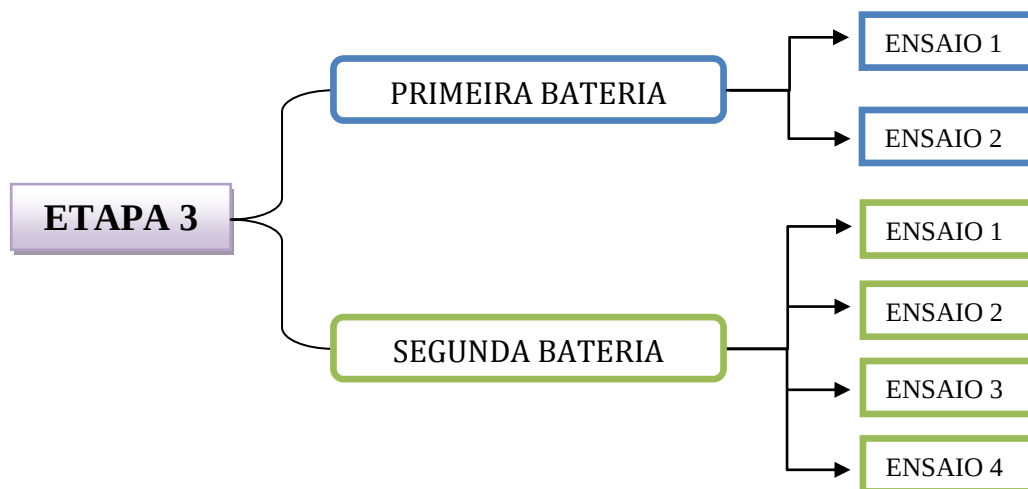


Figura 5.31 – Fluxograma da sequência de ensaios desenvolvidos na ETAPA 3.

5.3.1. ETAPA 3 - Primeira bateria

Na primeira bateria foi utilizada proporção igual de água captada em córrego natural e de reservatório contendo algas. Características iniciais da mistura estão apresentadas na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Valores médios de características da água preparada para a primeira bateria de Ensaio, ETAPA 3.

Água Misturada	
pH	7,4
Cor Verdadeira (uH)	40
Cor Aparente (uH)	550
Absorvância 254nm (cm ⁻¹)	0,1
Turbidez (uT)	80
Alcalinidade (mg/LCaCO ₃)	30

A vazão de alimentação do modulo correspondia à taxa de 120 m³/m².dia no filtro, a vazão de recirculação foi de 20% na **FAD** e dosagem de sulfato de alumínio de 30 mg/L. Os ensaios foram realizados observando a formação e estabilização da manta de lodo.

a) ENSAIO 1

No primeiro ensaio foram mantidas as condições iniciais do ensaio, ou seja, taxa de 120 m³/m².dia, recirculação de 20% de dosagem inicial de sulfato de alumino em 30 mg/L.

Durante esse ensaio as características da água **AB** apresentaram pouca variação, ficando a turbidez em torno de 64 uT; A água **DF** manteve valores de turbidez abaixo de 3,0 uT, enquanto que a água **FIL** abaixo de 1,0 uT.

A água de descarte da flotação (**LF**) apresentou valores de turbidez de 6,0 uT, no inicio da operação da flotação, chegando a valores abaixo de 3 uT durante o ensaio. O pico de turbidez no inicio provavelmente foi devido ao fato da flotação ter sido iniciada uma hora após a operação do modulo. Vale ressaltar que a turbidez nesse ponto manteve-se maior que o da água **DF**.

Em 20 minutos de operação os flocos no interior da câmara de floculação já apresentavam aspectos adequados para formação da manta. Em 60 minutos a manta apresentava eficiência no tratamento, reduzindo valores de turbidez da água **DF** demonstrada na Figura 5.32.

A manta de lodo levou aproximadamente 360 minutos para atingir a altura do cone interno. A turbidez no ponto de saída do cone (**SM**) apresentou redução ao longo do ensaio, valor inicial de 9,0 uT chegou a ficar abaixo de 3,0 uT. Fato de esse ponto receber influência da eficiência da manta em reter os flocos e do arraste dos flocos pela flotação.

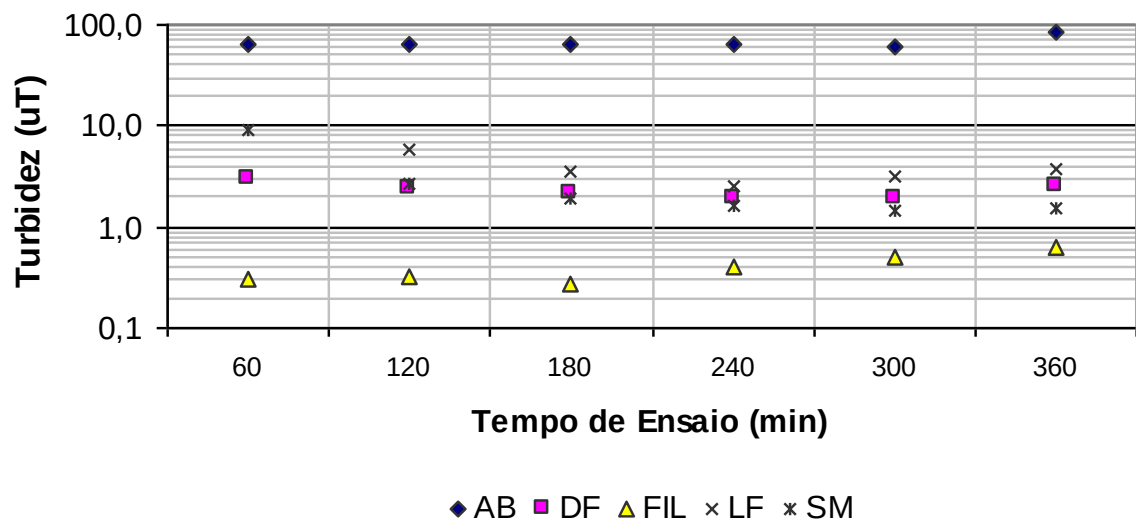


Figura 5.32 – Valores de turbidez remanescente. Ensaio 1, primeira bateria da ETAPA 3. Taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, DSA de 30 mg/L .

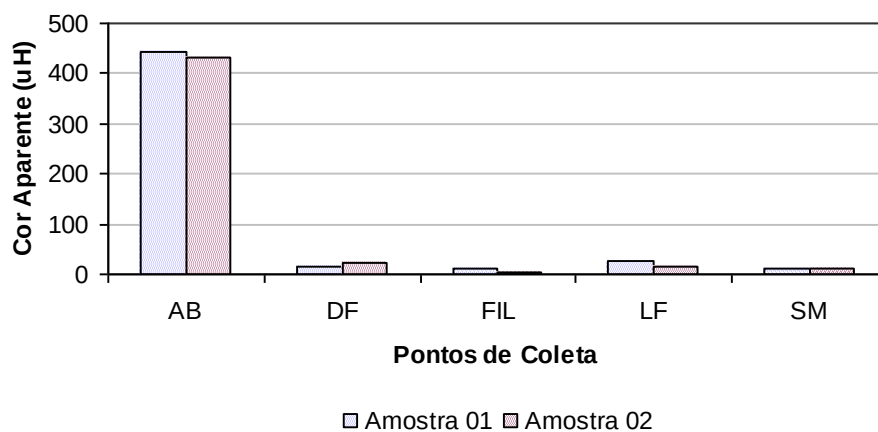


Figura 5.33 – Valores de cor aparente. Ensaio 1, primeira bateria da ETAPA 3.

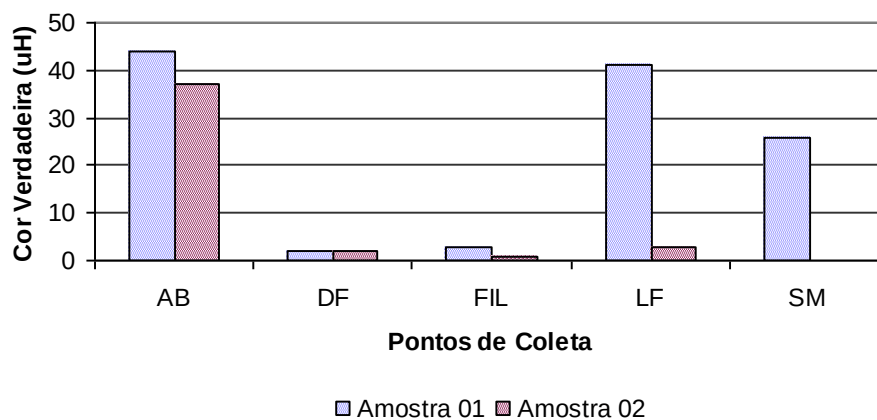


Figura 5.34 – Valores de cor verdadeira. Ensaio 1, primeira bateria da ETAPA 3.

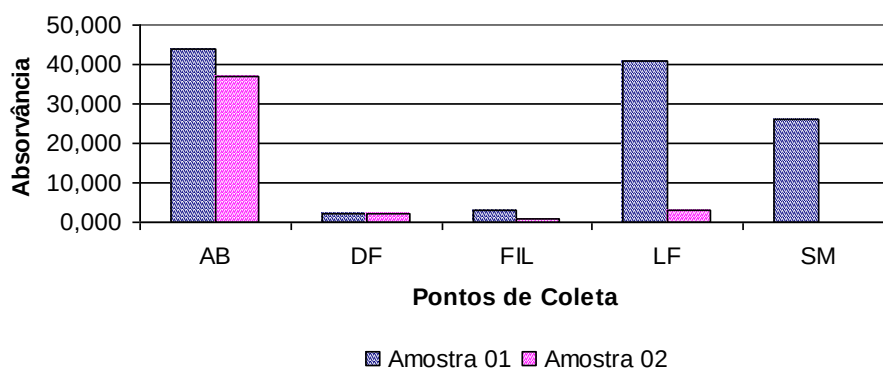


Figura 5.35 – Valores de absorvância. Ensaio 1, primeira bateria da ETAPA 3.

Legenda:

AB – Água bruta

DF – Água decantada e flotada

FIL – Água filtrada (Saída do Modulo)

LF – Lodo flotado (Descarte do flotador)

SM – Saída da manta (área de descarte da manta)

Durante o ensaio ocorreu remoção média de 95% de cor verdadeira na água **DF**, com remoção média de 95% de cor aparente. Na água filtrada apresentou 98% de remoção em ensaios de cor aparente.

A remoção de absorvância verificada foi de aproximadamente 80% no efluente da instalação piloto.

Nas análises de clorofila-a verificou-se remoção de 82% em **DF**, atingindo 99% em **FIL** comparadas a **AB**. No ensaio foi possível verificar a presença de clorofila-a na saída do lodo flotado, indicando remoção de algas nessa etapa do processo de tratamento.

Na mistura utilizada no ensaio foram encontrados organismos das classes: Bacillaryophyceae, Chlorophyceae e Cyanophyceae. Ocorreu redução significativa de organismos na água **DF**, apresentando pequena concentração de uma única classe, no caso as Chlorophyceae. Na água filtrada foi detectada a classe Cyanophyceae em pequena concentração provavelmente que havia sido retida no filtro na fase inicial e liberada posteriormente. A redução de organismos pode ser observada na Tabela 5.9. Os ensaios de contagem demonstram remoção de 99% de células confirmando os resultados de clorofila demonstrando a eficiência do processo.

Tabela 5.9 – Valores de contagem de organismos e porcentagem de remoção (R), primeiro ensaio, primeira bateria ETAPA 3.

PONTOS	Nº Organismos / mL	R %
AB	3560,6	-
DF	50,51	99%
FIL	50,51	99%
SM	0	-
LF	252,52	-

b) ENSAIO 2

No segundo ensaio, a vazão de alimentação do modulo foi corresponde à taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, recirculação de 20 % no FAD e dosagem de sulfato de alumínio de 30 mg/L.

A operação de modulo teve inicio sem o sistema de flotação, sendo acionado após 60 minutos de operação.

Durante ensaio tivemos valores de turbidez em **DF** abaixo de 5 uT.

A estabilização da manta se deu após 5 horas do início do ensaio sem atingir altura máxima.

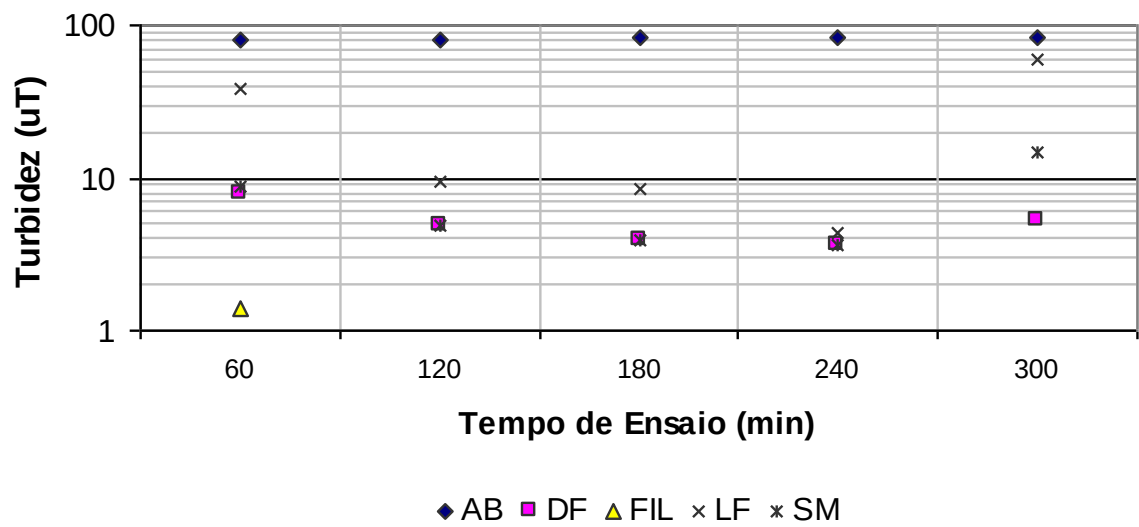


Figura 5.36 – Valores de turbidez. Ensaio 2, primeira bateria da ETAPA 3. Taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, DSA de 30 mg/L .

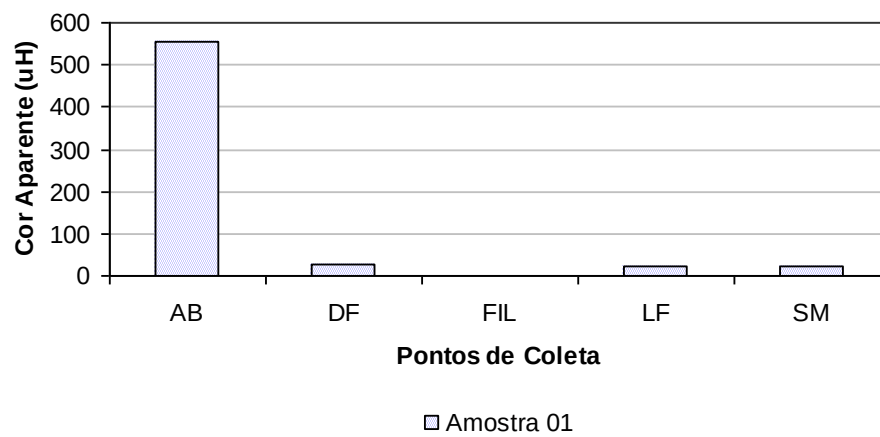


Figura 5.37 – Valores de cor aparente. Ensaio 2, primeira bateria da ETAPA 3.

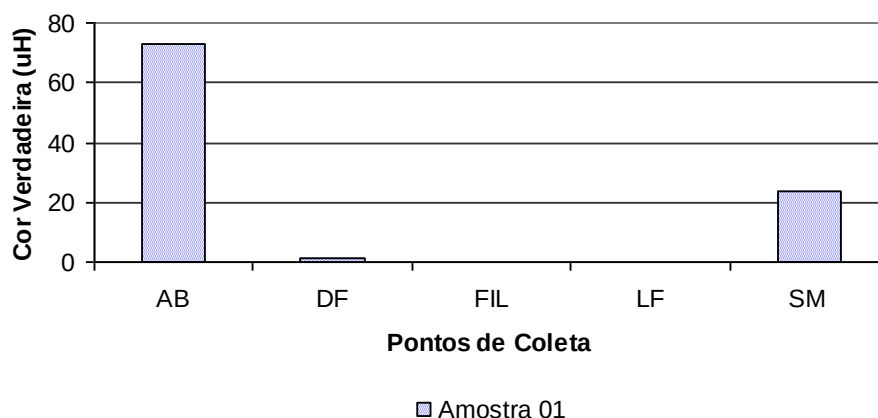


Figura 5.38 – Valores de cor verdadeira. Ensaio 2, primeira bateria da ETAPA 3.

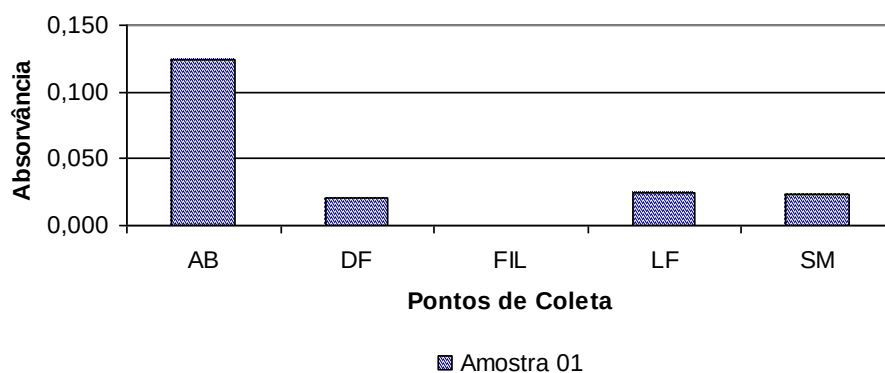


Figura 5.39 – Valores de absorvância. Ensaio 2, primeira bateria da ETAPA 3.

Legenda:

AB – Água bruta

DF – Água decantada e flotada

FIL – Água filtrada (Saída do Módulo)

LF – Lodo flotado (Descarte do flotador)

SM – Saída da manta (área de descarte da manta)

Os resultados obtidos de cor verdadeira, aparente e absorvância nos ensaios indicaram remoção de 98%, 95% e 83% respectivamente na água **DF**.

A água continha organismos das classes: Bacillaryophyceae, Chlorophyceae e Cyanophyceae. Durante o ensaio ocorreu redução significativa desses organismos, com remoção de clorofila-a na ordem de 77% e de organismos pouco abaixo de 100%,

comprovando a remoção de algas pelo sistema da FAD. Foi determinada concentração de organismos maior no lodo flotado que na água final do processo. A redução de organismos pode ser observada na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Valores de contagem de organismos e porcentagem de remoção (R), segundo ensaio, primeira bateria ETAPA 3.

PONTOS	Nº Organismos / mL	R %
AB	1287,87	-
DF	0	100%
SM	202,03	-
LF	151,52	-

Houve o acúmulo de lodo na superfície da câmara de flotação, Figura 5.40, a vazão continua de transbordamento não foi suficiente para sua remoção por completo.



Figura 5.40 – Formação da manta na saída do sistema flotador.

5.3.2. ETAPA 3 - Segunda bateria

Nessa bateria da pesquisa foram realizados quatro ensaios na instalação piloto, com aplicação de sulfato de alumínio, onde se buscou avaliar o comportamento em caso extremo onde a mistura de água apresentou turbidez acima de 200 uT. Realizado com vazão de alimentação de 2,7 L/min., equivalente à taxa de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ referente a área superficial do filtro, e dosagem inicial de 30 mg/L de sulfato de alumínio PA.

Os valores dos parâmetros característicos da água bruta da mistura estão apresentados na Tabela 5.11.

Tabela 5.11 – Valores médios de características da água utilizada na segunda bateria, ETAPA 3.

Água Bruta	
pH	7
Cor Verdadeira (uH)	12
Cor Aparente (uH)	700
Absorvância 254nm (cm^{-1})	0,05
Turbidez (uT)	220 - 300
Alcalinidade (mg/LCaCO_3)	30
Organismos /mL	2000

Antes da realização da segunda bateria de ensaios o modulo foi limpo e preenchido com água captada em poço profundo.

a) ENSAIO 1

No primeiro ensaio foram mantidas as condições de vazão e dosagem de coagulante iniciais desta bateria de ensaios, mas não foi utilizada a flotação.

O ensaio teve duração de oito horas e foram realizadas coletas para observação dos parâmetros de: turbidez, cor verdadeira, cor aparente, absorvância, clorofila-a e contagem de células, apresentadas nos gráficos na sequência deste trabalho.

Durante o ensaio a manta de lodo atingiu altura de 140 cm após 300 minutos de ensaio apresentando boa estabilidade. Em 15 minutos o floculador apresentava flocos característicos para formação da manta.



Figura 5.41 – Valores de turbidez. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Taxa de 120 m³/m².dia, DSA de 30 mg/L, Sem recirculação na unidade de FAD.

Comparando os valores dos parâmetros de **AB** e **DF** atingimos eficiência de 98, 98, 97 e 77% em remoção de turbidez, cor aparente, cor verdadeira e absorvância respectivamente. Entre **FIL** e **AB** foi atingida eficiência de 99% de remoção de turbidez e cor aparente, 85% de cor verdadeira, 66% de absorvância, 73% de clorofila e 80% de organismo.

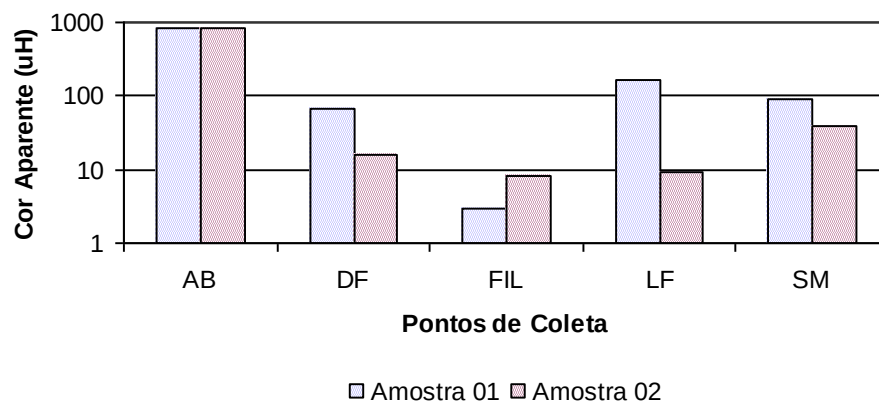


Figura 5.42 – Valores de cor aparente. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 240 minutos e amostra 02 em 420 minutos.

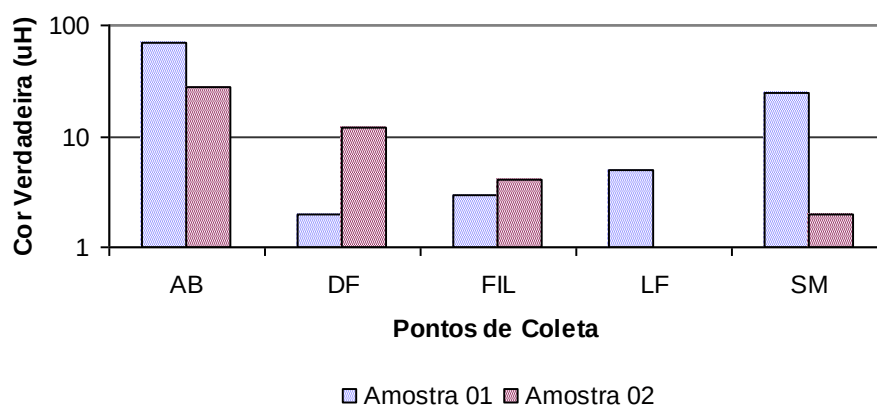


Figura 5.43 – Valores de cor verdadeira. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 240 minutos e amostra 02 em 420 minutos.

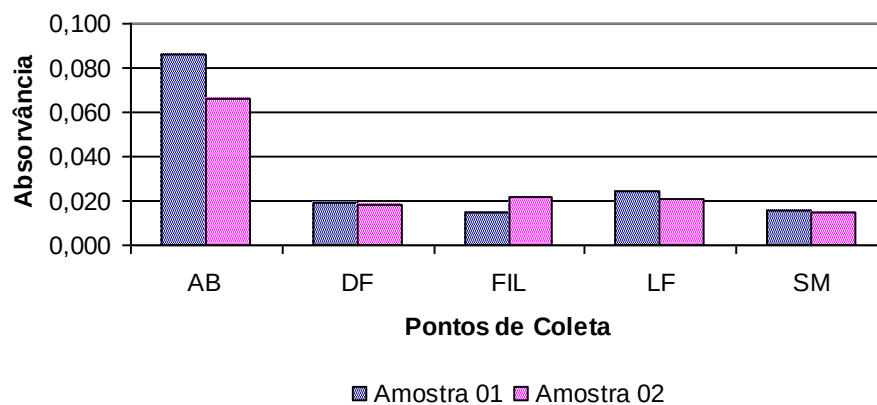


Figura 5.44 – Valores de absorvância. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 240 minutos e amostra 02 em 420 minutos.

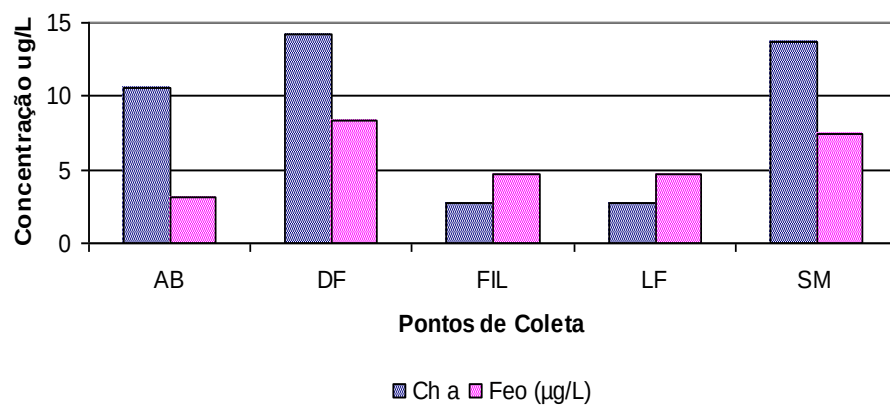


Figura 5.45 – Valores de clorofila “a” e feofitina. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Coletada após 120 minutos do início do ensaio.

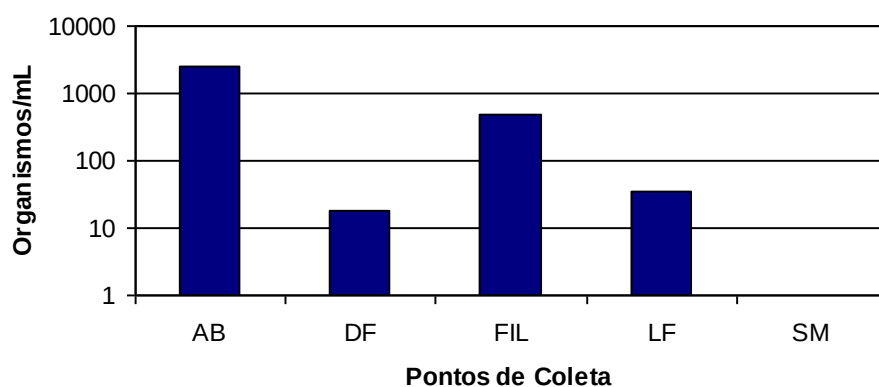


Figura 5.46 – Valores de ensaio de contagem de organismos. Ensaio 1, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra coletada após 120 minutos do início do ensaio.

Legenda:

AB – Água bruta

DF – Água decantada e flotada

FIL – Água filtrada (Saída do Modulo)

LF – Lodo flotado (Descarte do flotador)

SM – Saída da manta (área de descarte da manta)

b) ENSAIO 2

O segundo ensaio foi realizado com o uso da flotação, com recirculação de 20%.

No início do ensaio o modulo encontrava-se com água e manta do ensaio anterior. Após 270 minutos do início do ensaio foi iniciada a flotação com recirculação de 20 %. A manta encontrava-se estável, mas permanecendo com altura entre 90 a 100 cm.

A eficiência de remoção entre **AB** e **DF** foi de 90% em valores de turbidez, 92% de cor aparente, 67% de cor verdadeira, 61% de absorvância e 89% de clorofila. Para **AB** e **FIL** atingiu 99% para valores de turbidez, 96% de cor aparente, 66% de cor verdadeira, 44% de absorvância e 80% de clorofila. Na sequência estão apresentados os gráficos referentes aos parâmetros avaliados.

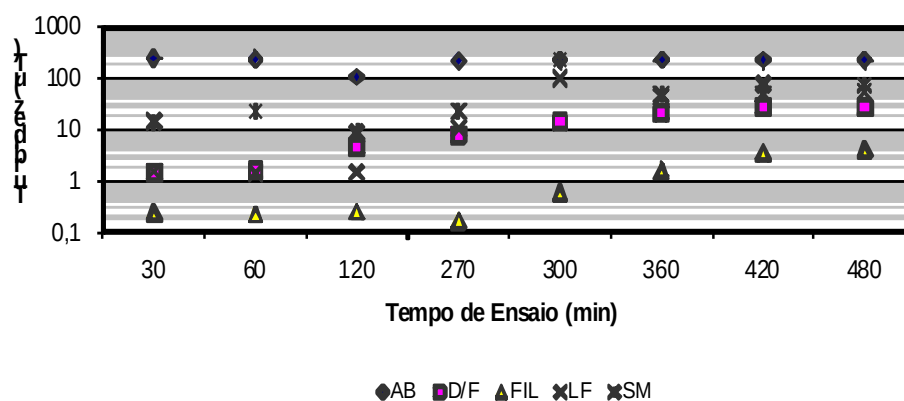


Figura 5.47 – Valores de turbidez. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Taxa de 120 m³/m².dia; DSA de 30 mg/L; Recirculação de 20 % na FAD.

Nos ensaios de contagem de organismos foi atingida remoção de 67 % entre AB e DF e 100 % entre AB e FIL. No descarte do flotador (LF) ocorreu maior densidade que AB comprovando eficiência do sistema de flotação.

Tabela 5.12 – Valores de contagem de organismos por ml e eficiência de remoção (R). Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 480 minutos.

PONTO	Nº Organismos / ML		R %	
	Amostras		Amostras	
	1	2	1	2
AB	102	272	-	-
DF	34	187	67%	31%
FIL	0	0	100%	100%
LF	136	544	-	-
SM	476	153	-	-

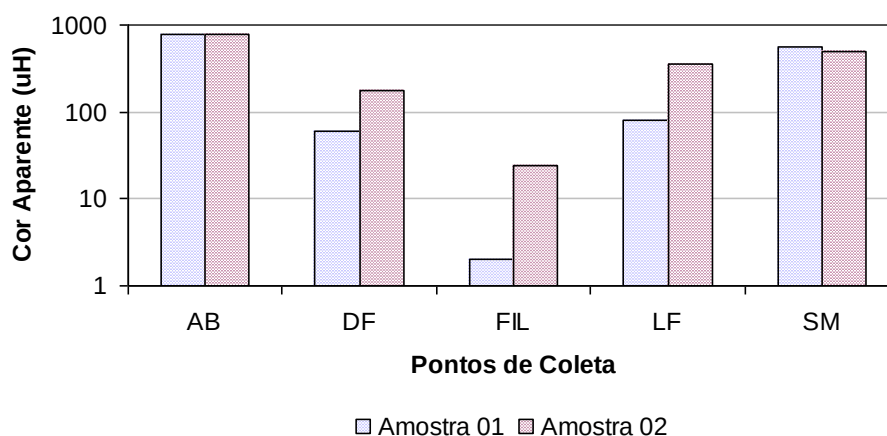


Figura 5.48 – Valores de cor aparente. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada após 270 minutos de ensaio, amostra 2 após 420 minutos

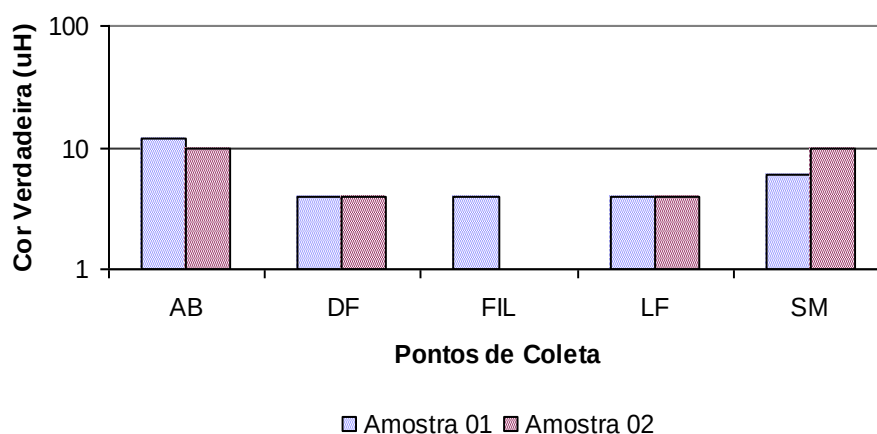


Figura 5.49 – Valores de cor verdadeira. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 420 minutos

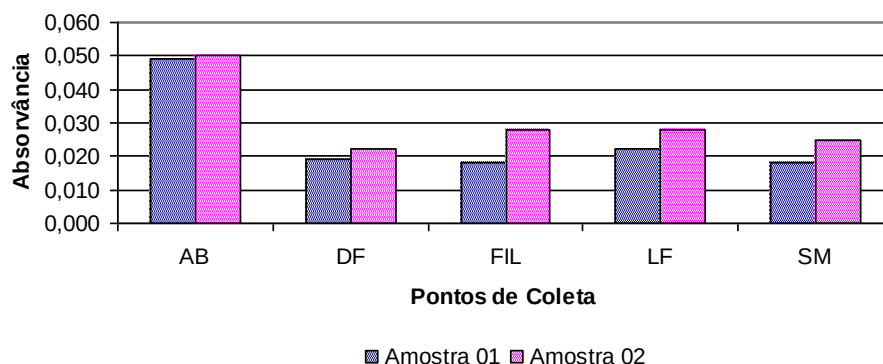


Figura 5.50 – Valores de absorvância. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 420 minutos

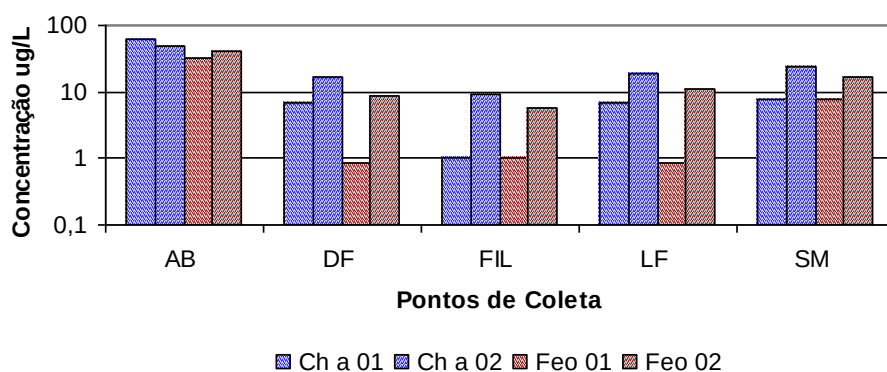


Figura 5.51 – Valores de clorofila “a” e feofitina. Ensaio 2, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 480 minutos.

Legenda:

AB – Água bruta

DF – Água decantada e flotada

FIL – Água filtrada (Saída do Modulo)

LF – Lodo flotado (Descarte do flotador)

SM – Saída da manta (área de descarte da manta)

c) ENSAIO 3

No terceiro ensaio foram mantidas as taxa de aplicação, dosagem de coagulante e recirculação.

No início do ensaio o modulo continha água e manta do ensaio anterior, a Figura 5.4 mostra a formação da manta de lodo. Após 30 minutos do início da operação foi acionado o sistema de flotação, com recirculação de 20%, a qual foi alterada durante o ensaio para 25%. Na Figura 5.52 observamos a acumulo de lodo flotado. A manta se encontrava estável, mas, não completando a altura máxima do floculador.



Figura 5.52 – Lodo flotado em câmara de flotação sendo descartado durante terceiro ensaio com água misturada

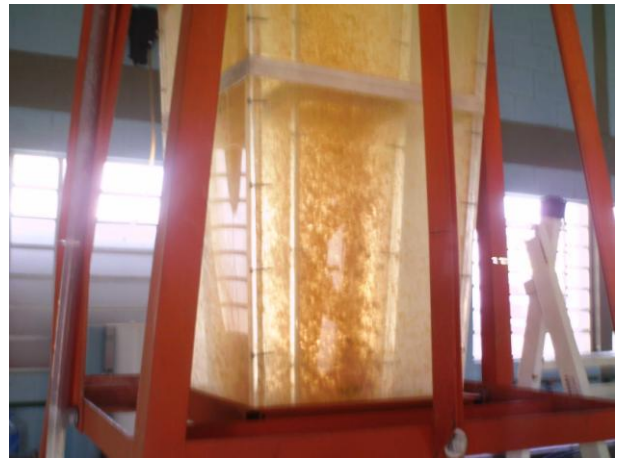


Figura 5.53 – Ressuspensão da manta de lodo durante terceiro ensaio com água misturada

Comparando valores de AB e DF durante ensaio foi atingida eficiência de 98% de remoção de turbidez, 90% de cor aparente, 50% de cor verdadeira, 50% de absorvância, 93 % de clorofila. Entre AB e FIL foram de 98%, 95%, 63%, 53% e 79% respectivamente.

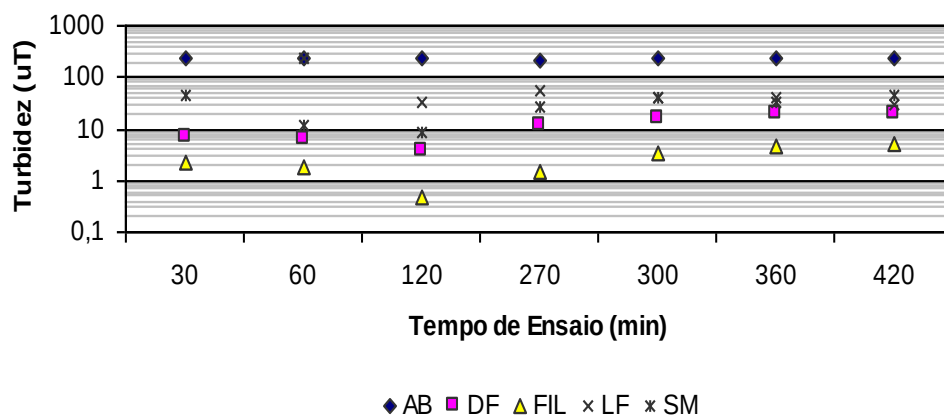


Figura 5.54 – Valores de turbidez. Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Taxa de 120 m³/m².dia; DSA de 30 mg/L; Recirculação de 20 % na FAD.

A água final do tratamento (**FIL**) apresentou remoção de 100% de organismos. O ponto **DF** atingiu 99% de eficiência. O descarte do flotador apresentou densidade maior que **AB**, amostra 1, comprovando a eficiência do flotador para remoção deste parâmetro.

Tabela 5.13 – Valores de contagem de organismos por ml e eficiência de remoção (R). Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 420 minutos.

PONTO	Nº Organismos / ML		R %	
	Amostras		Amostras	
	1	2	1	2
AB	323	2800	-	-
DF	340	34	0%	99%
FIL	0	0	100%	100%
LF	340	493	-	-
SM	119	527	-	-

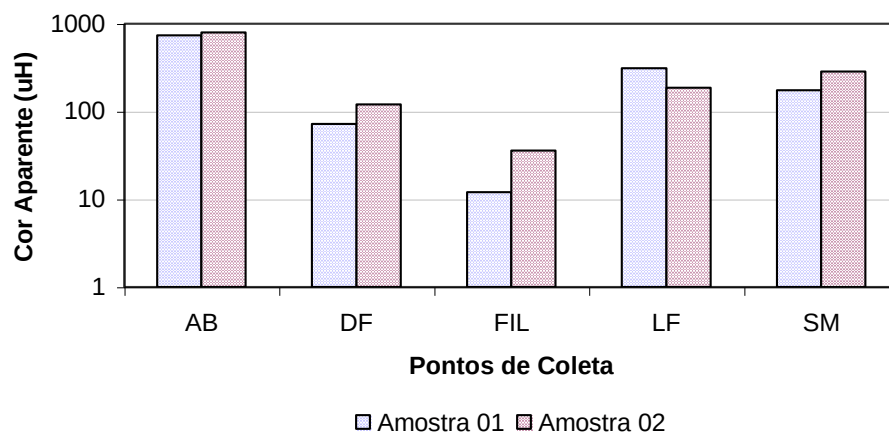


Figura 5.55 – Valores de cor aparente. Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos do início, amostra 2 em 420 minutos.

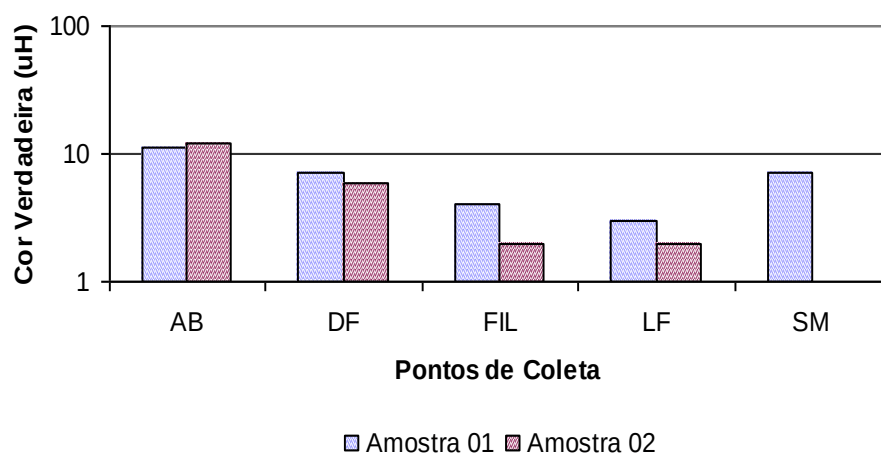


Figura 5.56 – Valores de cor verdadeiro. Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos do início, amostra 2 em 420 minutos.

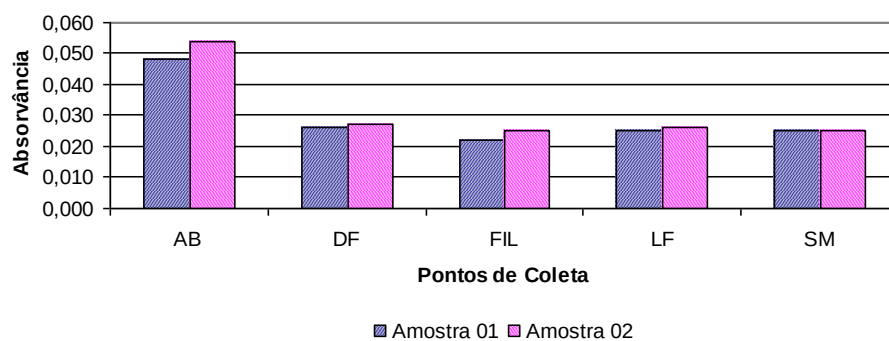


Figura 5.57 – Valores de absorvância . Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos do início, amostra 2 em 420 minutos

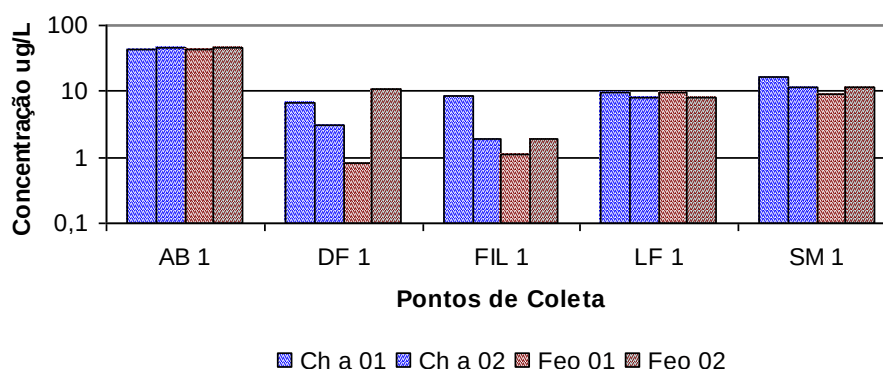


Figura 5.58 – Valores de clorofila “a” e feofitina. Ensaio 3, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos do início, amostra 2 em 420 minutos.

Legenda:

AB – Água bruta

DF – Água decantada e flotada

FIL – Água filtrada (Saída do Módulo)

LF – Lodo flotado (Descarte do flotador)

SM – Saída da manta (área de descarte da manta)

d) ENSAIO 4

No quarto ensaio dessa bateria a recirculação foi alterada para 15%, mas mantendo as taxas de aplicação e dosagem anteriores.

O módulo no início da operação continha água e manta do ensaio anterior. Após 60 minutos foi iniciada a flotação com recirculação de 15 %. A recirculação foi alterada durante a operação do módulo, após 330 minutos, de 20 para 25 % e a **DSA** de 30 para 40 mg/L. A manta se encontrava densa, mas instável, não completando a altura máxima do floculador.

Comparando valores entre **AB** e **DF** foi obtida remoção de 96 % de turbidez, 67 % de cor aparente, 66 % de cor verdadeira, 48 % de absorvância, 72 % de clorofila. Entre **AB** e

FIL de 94 % de remoção de turbidez, 92 % de cor aparente, 83 % de cor verdadeira, 46 % de absorvância, 98 % de clorofila.

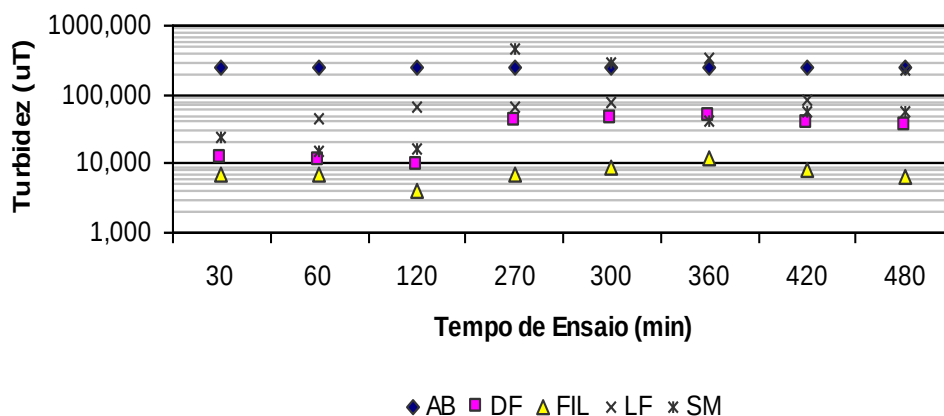


Figura 5.59 – Valores de turbidez, quarto dia de ensaio, segunda bateria da terceira fase. Taxa de 120 m³/m².dia; DSA de 30-40 mg/L. Recirculação de 15-25% na FAD.

A saída final do tratamento (**FIL**) apresentou remoção de 100% de organismos. O ponto **DF** atingiu 97% de eficiência. Na zona de descarte da flotação ocorreu acúmulo de lodo flotado, por isso **LF** apresentou densidade menor que **AB**. Apesar de problemas com o descarte o flotador trabalhou de forma eficiente para remoção de algas e organismos.

Tabela 5.14 –Valores de contagem de organismos por ml e eficiência de remoção (R). Ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 1 coletada em 270 minutos de ensaio, amostra 2 em 420 minutos.

PONTO	Nº Organismos / ML		R %	
	Amostras		Amostras	
	1	2	1	2
AB	2348	884	-	-
DF	68	119	97%	87%
FIL	0	57	100%	100%
LF	357	544	-	-
SM	1734	493	-	-

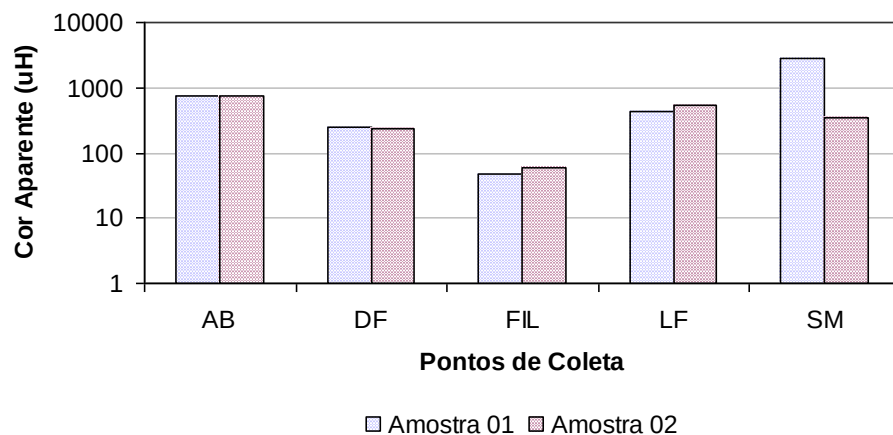


Figura 5.60 – Valores cor aparente. Ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 270 minutos do início, amostra 02 em 420 minutos.

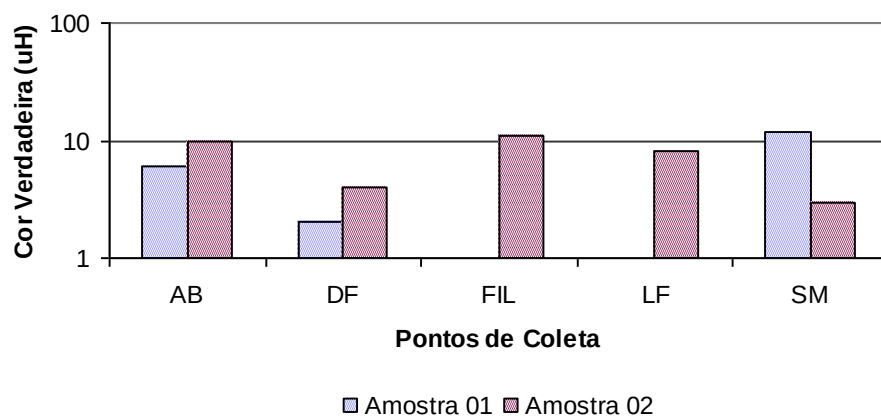


Figura 5.61 – Valores de cor verdadeira. Ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 270 minutos do início, amostra 02 em 420 minutos.

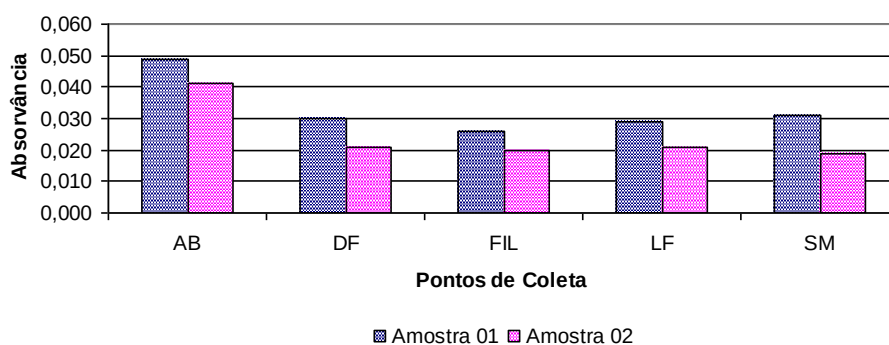


Figura 5.62 – Valores de absorvância. Ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 270 minutos do início, amostra 02 em 420 minutos.

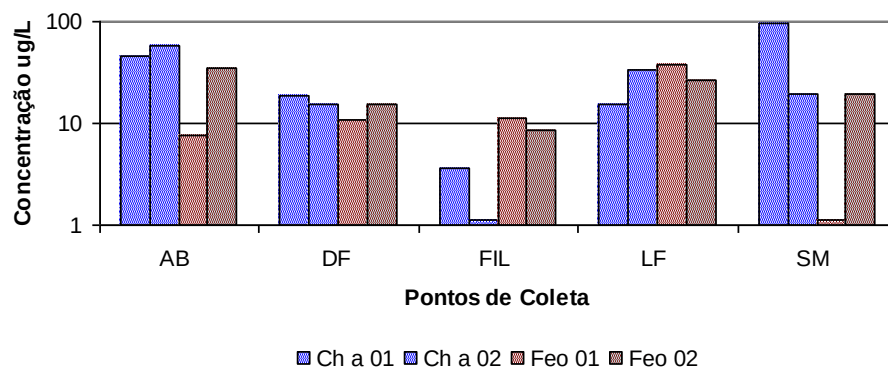


Figura 5.63 – Valores de clorofila “a” e feofitina, ensaio 4, segunda bateria da ETAPA 3. Amostra 01 coletada em 270 minutos do início, amostra 02 em 420 minutos.

Legenda:

AB – Água bruta

DF – Água decantada e flotada

FIL – Água filtrada (Saída do Modulo)

LF – Lodo flotado (Descarte do flotador)

SM – Saída da manta (área de descarte da manta)

6 – CONCLUSÃO

i. ETAPA 1

Os resultados obtidos nesta etapa foram satisfatório para o tratamento de água. Sendo o dispositivo limitador de manta eficaz. A unidade de flotação sem eficiência nesta etapa.

ii. ETAPA 2

Para atingir resultados satisfatórios nesta etapa foi necessária a adição de cal hidratada. O dispositivo limitador de manta trabalhou de forma eficaz. A unidade de flotação pouco solicitada nesta etapa trabalhou como auxiliar.

iii. ETAPA 3

Os resultados satisfatórios para água de abastecimento foram atingidos na primeira bateria de ensaios, sendo utilizado o dispositivo limitador de manta de forma apropriada. A unidade de flotação funcionou de forma prioritária para remoção de algas e organismos presentes.

Na segunda bateria desta etapa apesar e níveis acima dos apropriados a flotação removeu algas e organismos não removidos no floculador de manta de lodo.

7 – RECOMENDAÇÕES

A efetiva comprovação da eficiência e maleabilidade da instalação experimental poderá ser comprovada e avaliada em instalação locada em manancial com variações sazonais bruscas.

Modificações da área de contato entre flocos e micro-bolhas devem ser abordadas em novas pesquisas para melhor eficiência do sistema.

Novas pesquisas deverão utilizar e comparar auxiliares de coagulação e outros coagulantes como PAC e cloreto férrico.

Desenvolvimento de equipamento para simular a sedimentação e flotação juntas, devido a problemas encontrados com a aplicação da despressurização abaixo dos flocos que sedimentam com facilidade.

8 – REFERENCIAS

ASSIS, R.S.S. **Remoção de microcystis aeruginosae microcistinas por flotação por ar dissolvido - estudo em escala de bancada utilizando sulfato de alumino e cloreto férrico como coagulantes.** 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Técnicas de abastecimento e tratamento de água.** 2. ed. São Paulo: Cetesb, 1977. v.2 , 267 p.

BRASIL, Ministério Da Saúde. **PORTARIA N.º 518:** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da. Brasil: Diário Oficial, 2004.

CAVAZZANA, T. L. **Ampliação de escala de um floco decantador de manta de lodo no tratamento de lodo no tratamento de água de abastecimento.** 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- Unesp, Ilha Solteira, 2006.

CAVAZZANA, T.L.; MATSUMOTO, T. **Avaliação e aplicação dos resultados de jar-test no módulo decanto floculador de alta taxa.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, **Anais...** Joinville: Editora, 2003. 1 CD-ROM.

CENTURIONE FILHO, P.L.; DI BERNARDO, L. **Coagulação, floculação, flotação e filtração de água proveniente de lago utilizando equipamento de bancada.** In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. Rio de Janeiro: ABES, 2002.

COELHO, E.R.C. **Estudo da taxa de aplicação superficial em uma instalação piloto de flotação por ar dissolvido aplicada ao tratamento de água para abastecimento.** 1990. 180 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1990.

Di BERNARDO, L. **Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento.** Rio de Janeiro: Abes - Associação Brasileira Sanitária e Ambiental, 1995. 140 p.

Di BERNARDO, L.; Di BERNARDO, A. D. **Métodos e técnica de tratamento de água.** 2. ed. São Carlos: Rima, 2005. v.1, 1565 p.

Di BERNARDO, L. (Org.). **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta.** Rio de Janeiro: Prosab, 2003. 498 p.

Di BERNARDO, L.; Di BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Carlos: Rima, 2002. 233 p.

GUILHERME, C.M. **Desempenho do floculador de manta de lodo associado a decantador de alta taxa no tratamento de água de abastecimento.** 2001. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista,- Unesp, Ilha Solteira, 2001.

HEAD, R.; HART J.; GRAHAM N. Simulating the effect of blanket characteristics on the floc blanket clarification process. **Water Science and Technology**, [s.l.], v.36, n.4, p.77-84, 1997.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: Átomo, 2005. 444 p.

LOBATO, S.J.M.; FAITANIN, L.; MORESCHI, V. **Implantação do processo de flotação por ar.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. Foz do Iguaçu: Abes, 1997. p. 1431 – 1440.

MORUZZI, R.B. **Avaliação da influencia da distribuição de tamanho de partículas e do binômio velocidade/tempo de detenção na zona de reação no desempenho da flotação com utilização de sonda ultrasônica e técnica de análise por imagem.** 2005. 240 f. Tese (Doutor) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica E Saneamento Da Escola De Engenharia De São Carlos, Universidade De São Paulo, São Carlos, 2005.

MORUZZI, R.B.; REALI, M.A.P. Investigação da coagulação e floculação adequadas para a FAD no tratamento de água com cor aparente moderada e baixa turbidez destinada ao abastecimento público. **Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Brasil, v. 8, n. 11, p. 55-66, 2008.

OLIVEIRA, J.C.G. **Estação de flotação e remoção de flutuantes do parque do Ibirapuera – São Paulo: a aplicação do processo de tratamento por flotação em fluxo para recuperação de lagos urbanos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., Brasil. **Saneamento ambiental: desafio para o século 21.** Rio de Janeiro: ABES, 2001. 1-9 p.

REALI, M.A.P.; SANTOS, S.P. Flotação por ar dissolvido em escala piloto com escoamento vertical entre placas para remoção de algas em águas de abastecimento, In: CONGRESO INTERNACIONAL-AIDIS, 25, 1996, **Anais...** México: [s.n.], 1996.

REALI, M.A.P.; DOMBROSKI, S.A.G. Influência da floculação sobre a flotação por ar dissolvido. In: CONGRESO INTERNACIONAL-AIDIS, 25., 1996, México. **Anais...** México: Aidis, 1996. 8 p.

TANGERINO, E.P.; MATSUMOTO, T.; DALL'AGLIO SOBRINHO, M. Floculador de manta de lodo associado a decantador laminar em tratamento de água. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, Lima. **Anais...** Lima [S.n.], 1998. p. 100 - 107. 1 CD-ROM.

TESARIK, I. Flow in Sludge-blanket Clarifiers. **Journal. San. Eng. Div.**, [S.I.], p. 105-119, 1967.

VALENCIA, J.A. **Teoría y práctica de la purificación del agua**. Colombia: Acodal - Asociacion Colombiana de Ingenieria Sanitaria Y Ambiental, 1992. v.2, 793 p.

9 – ANEXOS

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

Características:	Data ensaio: 30/07/2008		
Localização da amostra:	ANEXO Nº 1		
Coagulante:	80	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 1, 1º BATERIA, ENSAIO 1
Vazão:	2,7	L/min	
Recirculação:	20	%	
OBS: Temp.:	27	°C	

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Real	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0	7,09				59,300		
2		6,85				1,420		
3		7,00				0,930		
4		6,91				3,230		
5								
1	30	7,26				80,700		
2		6,82				2,210		
3		7,08				0,740		
4		6,90				4,410		
5								
1	60	7,30				82,900		
2		6,74				3,580		
3		7,03				0,466		
4		6,83				3,860		
5								
1	120	7,56				109,000		
2		6,29				2,100		
3		6,72				0,116		
4		6,73				3,230		
5								
1	180	7,69				109,000		recirc. 40%
2		6,56				2,420		
3		6,83				0,163		
4		6,76				2,570		
5								
1								
2								
3								
4								
5								

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Modulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

Características:			Data ensaio: 16/10/2008.	
Localização da amostra:			ANEXO Nº 2	
Coagulante:	60	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 1, 1º BATERIA, ENSAIO 2	
Vazão:	2,7	L/min		
Recirculação:	18	%		
OBS:	Temp.:	28,5 °C		

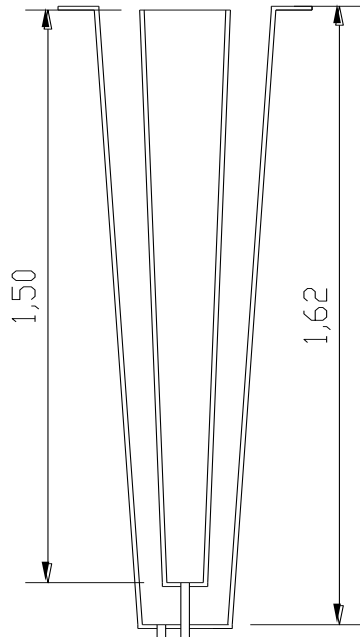
Ponto	Tempo	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0	7,94	-			153		Taxa de 120 início
2		7,22	27			3,11		
3		7,51	7			0,913		
4						34,22		
5								
1	30	7,95				147,000		
2		7,14	29			3,170		
3		7,49	7			0,815		
4						31,000		
5								
1	60	8,01				132,000		Início flotação
2		6,99	36			4,250		
3		7,37	7			0,706		
4								
5								
1	90	8,05				126,000		
2		6,85	26			3,150		
3		7,31	2			0,318		
4								
5								
1	120	7,79	1082,00			228,000		
2		7,01	22,00			2,490		
3		7,30	2,00			0,312		
4						2,330		
5								
1	150	7,97	988,00			186,000		
2		7,02	14,00			1,730		
3		7,30	2,00			0,268		
4						1,740		
5								
1	180	8,10	972			159,000		
2		7,07	13			1,440		
3		7,29	1			0,287		
4								
5								
1	210	8,15	659,00			157,000		
2		6,96	37,00			1,220		
3		7,21	5,00			0,240		
4								
5								

Ponto	Horário	pH	Cor Aparente	Cor Real	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	240	8,08	760			143,000		
2		6,90	11			1,170		
3		7,16	5			0,251		
4								
5								
1								Período desligado o modulo
2								
3								
4								
5								
1	0	7,68	564	-	-	139,000	-	Partida as 14h 20min - Sem descarte da manta - Taxa de 180
2		6,87	14	-	-	1,110	-	
3		7,26	8	-	-	0,302	-	
4		-	-	-	-	-	-	
5		-	-	-	-	-	-	
1	30	7,87	525	-	-	135,000	-	
2		6,96	20	-	-	1,850	-	
3		7,16	3	-	-	0,351	-	
4		-	-	-	-	-	-	
5		-	-	-	-	-	-	
1	60	7,94	654	-	-	131,000	-	
2		6,93	19	-	-	1,650	-	
3		7,13	8	-	-	0,280	-	
4		-	-	-	-	-	-	
5		-	-	-	-	-	-	
1	90	7,92	726	-	-	121,000	-	
2		6,79	12	-	-	1,300	-	
3		7,03	4	-	-	0,203	-	
4		-	-	-	-	2,000	-	
5		-	-	-	-	-	-	
1	120	8,07	718	-	-	119,000	-	
2		6,9	17	-	-	1,170	-	
3		7,11	10	-	-	0,295	-	
4		-	-	-	-	-	-	
5		-	-	-	-	-	-	
1	150	8,01	1592	-	-	326,000	-	
2		6,86	14	-	-	1,000	-	
3		7,12	4	-	-	0,230	-	
4		-	-	-	-	-	-	
5		-	-	-	-	-	-	
1		-	-	-	-	-	-	
2		-	-	-	-	-	-	
3		-	-	-	-	-	-	
4		-	-	-	-	-	-	
5		-	-	-	-	-	-	

Ponto 1 - Água bruta
 Ponto 2 - Água decantada e flotada
 Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Modulo)
 Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
 Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo

[illegible]

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração
Sem	Sem

3- Observações do ensaio

Período da tarde:

1- Inicio 14h 20min

2- Taxa de 180m³/m².dia no reinicio do ensaio as 14h 20 min

3- Antiga manta não descartada e estabilizada as 14h 45min;

4- Coagulante e recirculação nas mesmas taxas...

Entre 12h e 14h o modulo ficou parado

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO			
Características:		Data ensaio: 03/02/2009	
Localização da amostra:		ANEXO Nº 3	
Coagulante:	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 2, 1º BATERIA, ENSAIO 1	
Vazão:	2,7 L/min		
Recirculação:	24 L/h		
OBS: Temp.:	27 °C		

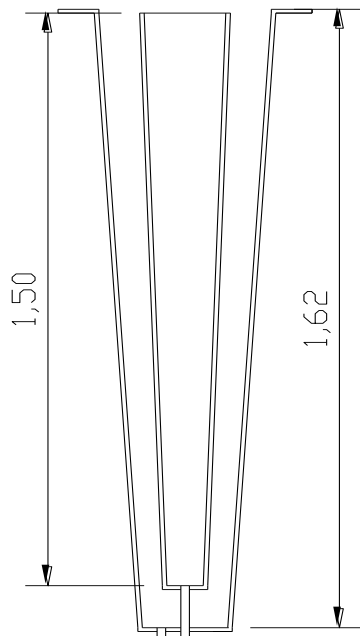
Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia (256)	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0							Partida
2								
3								
4								
5								
1	30	8,03	211,00			29,800	70	
2		7,34	12,00			2,110	120	
3		7,62	29,00			1,300	120	
4		7,90	70,00			11,000	105	
5		7,16	118,00			17,600	105	
1	60	7,99	394,00			31,500	100	
2		7,25	184,00			12,000	105	
3		7,51	65,00			1,830	110	
4		7,76	269,00			42,500	95	
5		7,02	211,00			24,400	100	
1	90	7,52	376,00			54,100	110	descarte da manta por extravasão
2		7,10	117,00			12,000	80	
3		7,37	10,00			2,310	90	
4		7,48	306,00			286,000	90	
5		6,99	206,00			23,700	70	
1	120	7,58	471,00	25	0,106	51,800	65	
2		6,91	314,00	3	0,039	15,800	85	
3		7,24	9,00	1	0,034	1,240	100	
4		7,06	400,00	47	0,042	104,000	80	
5		6,97	217,00	89	0,035	20,100	80	
1	150	7,92	365,00			49,300	100	
2		7,07	100,00			14,700	105	
3		7,32	56,00			0,624	75	
4		7,22	380,00			83,300	60	
5		7,06	124,00			16,300	70	
1	180	7,70	364,00			48,400	50	
2		6,99	84,00			14,100	65	
3		7,19	240,00			0,420	65	
4		7,23	197,00			315,000	60	
5		6,96	110,00			12,900	65	

1	210	8,14	351,00			47,300	50	Sem manta
2		7,11	122,00			13,900	55	
3		7,18	1,00			0,306	60	
4		7,19	255,00			78,900	55	
5		7,01	78,00			12,300	60	
1	240	8,03	470,00	142	0,081	47,700	65	
2		7,01	129,00	0	0,009	15,100	45	
3		7,13	99,00	-3	0,014	0,413	60	
4		7,15	209,00	31	0,013	29,700	45	
5		7,03	194,00	82	0,006	12,300	75	
1	270	7,87	361,00			59,100	55	
2		7,25	104,00			14,400	45	
3		7,15	129,00			0,269	50	
4		7,14	242,00			10,400	55	
5		7,14	65,00			45,700	75	
1	300	7,43	449,00			53,900	55	
2		6,87	95,00			13,900	50	
3		7,06	39,00			0,210	35	
4		7,11	202,00			252,000	35	
5		7,14	62,00			9,580	60	
1	330	7,45	401,00			67,000	40	
2		6,83	115,00			14,300	35	
3		6,95	8,00			0,231	40	
4		6,96	161,00			31,500	40	
5		7,07	221,00			10,000	55	
1	360	7,56	379,00			53,400	45	
2		6,76	125,00			14,700	35	
3		6,94	29,00			0,673	40	
4		6,89	2121,00			411,000	45	
5		7,02	63,00			9,630	55	
1	420	7,55	358,00			51,900	45	15h 30min extração lodo flotado
2		6,58	98,00			16,700	35	
3		6,78	52,00			0,173	45	
4		6,85	177,00			23,100	30	
5		7,02	51,00			8,600	70	
1	480	7,96	384,00			52,300	40	
2		6,24	201,00			36,500	30	
3		6,79	138,00			0,151	30	
4		6,28	210,00			131,000	25	
5		6,93	62,00			6,320	60	
1	540	8,04	396,00				45	
2		6,19	170,00				25	
3		6,56	-6,00				50	
4		6,28	240,00				30	
5		7,08	154,00				75	
1	600	7,82	627,00			46,600		
2		6,24	203,00			26,300		
3		6,84	61,00			1,090		
4		6,85	946,00			115,000		
5		7,06	153,00			6,120		
1	840	7,51	442,00			44,000		
2		6,08	339,00			26,900		
3		6,26	-1,00			0,428		
4		6,29	254,00			72,400		
5		6,84	153,00			16,400		

Ponto 1 - Água bruta
 Ponto 2 - Água decantada e flotada
 Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Módulo)
 Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
 Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo

[illegible]

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração
Sem	sem

3- Observações do ensaio

- | |
|--|
| 1. Água utilizada do correio "sem nome"; |
| 2. Partida 8h 5min; |
| 3. Partida DSA mg/L; |
| 4. 11h 45min DSA 40mg/L; |
| 5. 15h 20min DSA 60mg/L |
| 6. 10h DSA 30mg/L, aumento da estravassão do flotor devido a lodo acumulado |
| 7. 10h 20min reajuste das vazões |
| 8. 15h 30min tentativa de retirada de lodo no flotor acumulado, resultou em piora da turbidez neste. |
| 9. 18h 30min DSA 70mg/L |

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

Características:	Água correio sem nome	Data ensaio:	04/02/2009
Localização da amostra:	ANEXO Nº 4		
Coagulante:	70	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 2, 1º BATERIA, ENSAIO 2
Vazão:	2,7	L/min	
Recirculação:	24	L/h	
OBS: Temp.:	27	°C	

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0	7,78	372,00			51,700		
2		5,94	21,00			2,100		
3		6,36	104,00			0,184		
4		6,62	201,00			34,000		
5		6,35	295,00			31,600		
1	60	7,81	414,00			52,400		
2		6,37	121,00			16,000		
3		6,62	8,00			0,174		
4		5,96	204,00			68,200		
5		6,03	200,00			37,100		
1	120	7,85	517,00	62	0,117	50,300	30	
2		6,06	236,00	220	0,052	26,100	20	
3		6,41	11,00	135	0,061	0,206	20	
4		6,09	432,00	69	0,045	76,200	20	
5		5,81	457,00	38	0,049	35,800	20	
1	180	7,88	369,00			46,200		
2		5,89	201,00			18,500		
3		6,10	-8,00			0,187		
4		5,79	213,00			107,000		
5		5,98	184,00			25,200		
1	240	7,50	384,00			49,600		
2		5,86	209,00			26,700		
3		6,07	106,00			0,251		
4		5,98	221,00			57,200		
5		5,83	231,00			20,600		
1	300	7,49	382,00			46,100		
2		5,68	236,00			24,700		
3		5,95	155,00			0,216		
4		5,89	212,00			83,400		
5		5,73	157,00			23,500		
1	360	7,67	368,00			46,400		
2		5,75	394,00			26,500		
3		5,96	5,00			0,288		
4		5,81	276,00			68,800		
5		6,12	150,00			12,500		
1	420	8,11	498,00			45,400		
2		6,01	224,00			27,700		
3		6,35	112,00			0,636		
4		6,04	460,00			68,200		
5			92,00			12,300		
1	480	7,80	366,00			45,600		
2		5,50	267,00			27,200		
3		5,69	16,00			1,810		
4		5,66	274,00			59,800		
5		6,00	178,00			13,100		

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

Características:			Data ensaio: 05/02/2009	
Localização da amostra:			ANEXO Nº	5
Coagulante:	mg/l de sulfato de alumínio		ETAPA 2, 1º BATERIA, ENSAIO 3	
Vazão:	2,7	L/min		
Recirculação:	24	L/h		
OBS: Temp.:	27	°C		

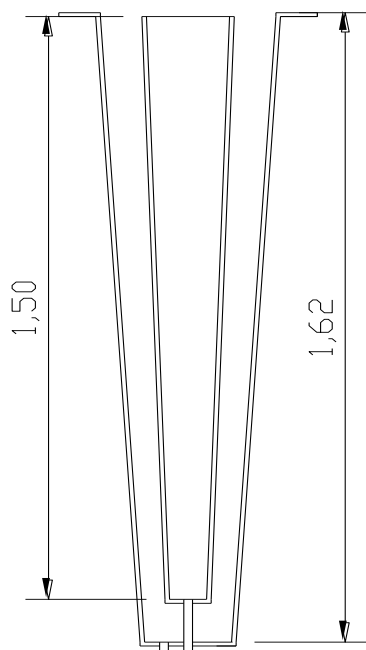
Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	30	7,62	449,00			25,900	75	
2		6,53	193,00			1,140	40	
3		6,89	3,00			0,283	25	
4		6,96	92,00			14,300	65	
5		6,45	92,00			8,230	40	
1	60	7,84	283,00			38,800	50	
2		6,48	197,00			1,720	40	
3		6,73	123,00			0,180	40	
4		6,89	161,00			23,500	40	
5		6,49	93,00			11,500	40	
1	90	7,92	306,00	256	0,069	39,700	60	
2		6,51	283,00	254	0,017	2,750	40	
3		6,71	7,00	5	0,015	0,156	50	
4		7,06	176,00	13	0,018	10,300	60	
5		6,57	181,00	133	0,017	5,520	50	
1	120	7,62	299,00			42,800		
2		6,73	104,00			4,380		
3		6,91	-6,00			0,213		
4		7,16	40,00			7,220		
5		6,50	28,00			5,250		
1	150	8,06	318,00	30	0,076	44,800	50	
2		6,91	185,00	67	0,014	3,970	40	
3		7,00	65,00	31	0,013	0,166	40	
4		7,20	234,00	97	0,018	6,030	30	
5		6,61	356,00	4	0,010	6,740	45	
1	180	7,98	535,00			43,300		
2		6,94	23,00			3,640		
3		7,01	74,00			0,175		
4		7,22	406,00			5,040		
5		6,49	52,00			4,220		
1	210	7,87	639,00			44,700		
2		7,00	182,00			3,440		
3		7,06	85,00			0,186		
4		7,24	526,00			5,180		
5		6,49	32,00			7,330		
1	240	7,75	376,00	179	0,074	45,900	60	
2		7,00	325,00	14	0,015	3,050	40	
3		7,04	67,00	68	0,016	0,177	50	
4		7,25	69,00	7	0,017	6,610	50	
5		6,54	14,00	3	0,009	4,200	50	

330	7,74	316,00			45,300		
	6,91	56,00			2,500		
	7,10	15,00			0,211		
	7,19	326,00			4,950		
	6,59	8,00			3,410		
360	8,06	372,00			39,000		DAS reduzida para 40mg/L
	6,91	37,00			2,540		
	7,09	25,00			0,174		
	7,21	154,00			6,630		
	6,54	23,00			1,870		
390	7,60	306,00			39,300	40	Perda de manta ~10cm
	6,68	28,00			3,790	40	
	6,98	0,00			0,183	50	
	7,11	77,00			11,200	50	
	6,52	41,00			2,190	40	
420	7,70	307,00			38,000		
	6,84	40,00			5,480		
	6,94	2,00			0,230		
	7,30	74,00			9,370		
	6,46	12,00			1,880		
450	7,96	112,00			37,400		
	7,20	19,00			7,280		
	7,19	-167,00			0,261		
	7,60	22,00			9,860		
	6,55	-86,00			1,590		
480	7,92	110,00			37,700		Restauração da manta; As 16h20min DSA para 50mg/L
	7,16	34,00			8,020		
	7,28	-99,00			0,367		
	7,62	-80,00			9,930		
	6,57	-134,00			1,420		
540	7,87	213,00			36,100		
	7,40	-5,00			7,890		
	7,36	-57,00			0,721		
	7,59	-5,00			7,010		
	6,66	-43,00			2,380		
600	7,62	217,00			31,200	60,000	
	7,20	3,00			5,160	40,000	
	7,45	-111,00			0,661	50,000	
	7,43	148,00			5,600	50,000	
	6,89	-102,00			1,420	40,000	
660	7,97	165,00			32,100		
	7,04	-5,00			4,000		
	7,39	-58,00			0,358		
	7,37	11,00			5,630		
	6,76	152,00			1,520		
720	7,75	120,00			28,900	50,000	
	6,94	-84,00			2,550	40,000	
	7,13	-86,00			3,640	40,000	

Ponto 1 - Água bruta
 Ponto 2 - Água decantada e flotada
 Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Módulo)
 Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
 Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo

[illegible]

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração
Sem	sem

3- Observações do ensaio

1. Água utilizada de correio sem nome;
2. Partida com manta do dia anterior dentro do floculador;
3. Partida DSA 100mg/L, CAL 25ml/L;
4. 9h 45min reabastecimento de água ;
5. Flotação ligada as 9h 30min;
6. **14h 00min redução da DSA para 40mg/L;**
7. 14h 30min começou a perder manta 10cm;
8. 16h 00min restauração da manta;
9. 16h 20min aumento da DSA 50mg/L.
10. 8h partida DSA 100mg/L, cal 25ml/min
11. 9h 45min reabastecimento de água
12. 9h DSA 60mg/L, cal 25ml/L
13. 9h30min flotação ligada

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

Características:			Data ensaio: 06/03/2009.	
Localização da amostra:			ANEXO Nº 6	
Coagulante:	55	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 2, 2º BATERIA, ENSAIO 1	
Vazão:	2,7	L/min		
Recirculação:	24	L/h		
OBS: Temp.	30,5	°C		

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0							Início Modulo estava completo com agua limpa
2								
3								
4								
5								
1	60	7,54				28,600		
2		7,67				2,700		
3		7,88				0,328		
4								
5		7,62				25,400		
1	120	7,81				38,200		11h 10 min início da flotação
2		7,17				9,100		
3		7,47				0,240		
4		7,24				11,900		
5		7,38				21,200		
1	180	8,04				39,700		
2		7,35				5,020		
3		7,46				0,195		
4		7,24				45,800		
5		7,47				9,970		
1	270	7,90	299,00	73		38,800	85,000	
2		7,02	erro	65		2,960	70,000	
3		7,21	erro	12		0,202	155,000	
4		7,22	108,00	81		33,300	115,000	
5		7,34	19,00	erro		9,890	105,000	
1	330	7,93	258,00	15		39,800	100,000	
2		6,96	erro	erro		2,980	50,000	
3		7,18	erro	51		0,233	70,000	
4		7,27	68,00	1		17,400	50,000	
5		7,38	erro	19		4,940	70,000	
1	390	7,72				41,100		
2		6,92				3,650		
3		7,22				0,192		
4		7,38				16,500		
5		6,93				10,200		
1	450	7,80	222,00	erro		40,900	70,000	
2		6,88	8,00	erro		3,540	100,000	
3		7,21	184,00	erro		0,218	70,000	
4		7,28	48,00	erro		12,100	90,000	
5		6,92	31,00	erro		11,400	70,000	

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

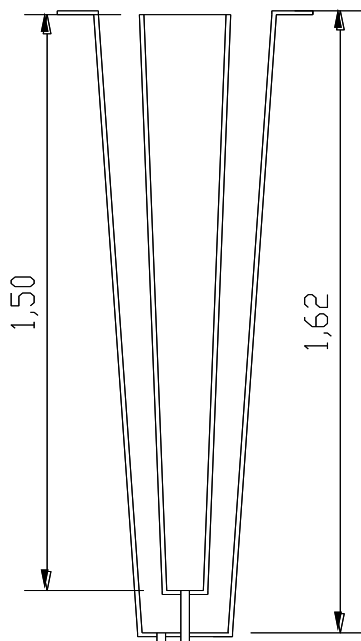
Características:			Data ensaio: 07/03/2009.	
Localização da amostra:			ANEXO Nº 7	
Coagulante:	55	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 2, 2º BATERIA, ENSAIO 2	
Vazão:	2,7	L/min		
Recirculação:	24	L/h		
OBS: Temp.	28,5	°C		

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0							Início Modulo completo agua do ensaio anterior, foi feito o descarte da manta
2								
3								
4								
5								
1	60	7,81				32,600		
2		6,74				1,100		
3		7,26				0,172		
4		-				-		
5		6,86				24,500		
1	90	7,90				39,800		11h 10 min início da flotação
2		7,01				4,230		
3		7,26				0,254		
4		7,53				1,070		
5		6,85				19,200		
1	120	7,93	567	56		37,700	40	
2		7,01	50	48		7,010	30	
3		7,48	-2	10		0,254	30	
4		7,40	170	23		42,900	55	
5		7,11	211	-42		10,900	30	
1	180	7,42	405,00			37,500		
2		6,95	29,00			4,420		
3		7,20	-7,00			0,134		
4		7,36	292,00			20,800		
5		6,77	84,00			12,600		
1	270	7,95	276,00	35	0,092	36,700	30,000	
2		7,12	174,00	34	0,022	3,060	40,000	
3		7,38	140,00	313	0,021	0,136	40,000	
4		7,48	92,00	83	0,022	9,560	40,000	
5		6,91	50,00	5	0,024	9,080	50,000	
1	330	7,91	369			36,100		
2		6,77	155			2,890		
3		7,05	2			0,125		
4		7,22	301			6,410		
5		6,78	36			4,250		
1	390	7,89	273,00	51	0,077	36,500	30,000	
2		7,10	20,00	34	0,019	2,900	40,000	
3		7,24	225,00	39	0,015	0,122	40,000	
4		7,43	121,00	0	0,018	6,810	40,000	
5		6,88	38,00	22	0,016	5,040	40,000	
1	450	7,96	305	79	0,082	36,000	30	
2		7,08	23	2	0,017	2,370	30	
3		7,19	272	80	0,027	0,122	40	
4		7,27	44	55	0,013	5,060	40	
5		6,79	161	8	0,013	3,390	40	
1	540	7,96	291			34,500		
2		6,98	23			2,450		
3		7,08	2			0,139		
4		7,25	31			3,650		
5		6,76	18			2,070		

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Módulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotorador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo

[illegible]

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração
Sem	Sem

3- Observações do ensaio

1. Flotador ligado as 10h 31min.
2. Vazão do modulo 1350 ml/30seg
3. DSA 15 ml/30seg / 16ml/30seg
4. Cal 24ml/min
5. Cal: (Ph = 12,35); (Alcalinidade 1430; 1440)

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

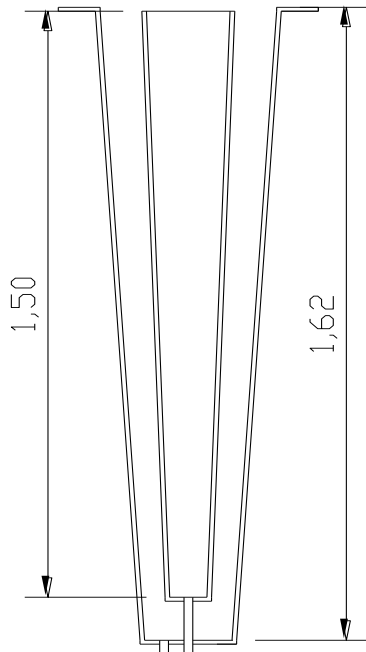
Características:			Data ensaio: 14/03/2009	
Localização da amostra:			ANEXO Nº	8
Coagulante:	60	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 2, 2º BATERIA, ENSAIO 3	
Vazão:	2,7	L/min		
Recirculação:		%		
OBS: Temp.:	27	°C		

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0							Partida 9h 20min
2								
3								
4								
5								
1	60	7,44	201,00			26,700		
2		7,37	18,00			1,750		
3		7,66	6,00			0,471		
4								
5		7,01	221,00			14,700		
1	120	7,75	270,00			27,400		
2		7,11	75,00			7,520		
3		7,55	42,00			0,201		
4								
5		6,72	270,00			15,600		
1	180	7,69	365,00			28,200		
2		6,60	98,00			11,400		
3		7,07	5,00			0,094		
4								
5		6,64	105,00			10,800		
1	300	7,73	300,00	38	0,057	27,200	50,000	Manta 130cm
2		6,63	52,00	2	-0,022	6,000	30,000	
3		6,82	112,00	3	-0,021	0,171	25,000	
4								
5		6,60	39,00	5	-0,022	3,400	30,000	
1	360	7,72	367,00			32,100	30,000	Início da Flotação 15h 01min
2		6,55	48,00			5,590	30,000	
3		6,76	4,00			0,206	40,000	
4								
5		6,52	24,00			2,680	30,000	
1	420	7,68	258,00	70	0,036	31,800	30,000	
2		6,51	41,00	21	-0,021	5,120	30,000	
3		6,52	2,00	12	-0,006	0,105	20,000	
4		6,90	136,00	44	-0,002	19,800	30,000	
5		6,45	24,00	6	-0,015	2,760	30,000	
1	480	7,83	266,00	72	0,031	31,400	35,000	
2		7,06	84,00	2	-0,027	5,640	30,000	
3		7,09	28,00	5	-0,024	0,124	30,000	
4		7,13	164,00	17	-0,021	22,200	30,000	
5		6,82	161,00	32	-0,023	1,710	30,000	
1	540	7,91	317,00			29,700	30,000	
2		6,67	45,00			5,620	30,000	
3		6,81	7,00			0,108	30,000	
4		7,06	170,00			21,700	25,000	
5		6,65	25,00			2,290	30,000	

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Módulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotorador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo

[illegible]

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração
Sem	sem

3- Observações do ensaio

1. Água utilizada de correio sem nome
2. Partida, nesta hora o modulo estava completo com agua limpa do abastecimento publico da cidade;
3. Formação de flocos com tamanhos característicos para formação da manta após 40min de ensaio;
4. A flotação entrou em operação as 15h;
5. 11h 20min a recirculação foi ajustada pra 24 L/h;
6. A vazão de "alimentação" do modulo foi de 1340 ml/min; (partida foi dada com 1350ml/min)
7. Coagunlante utilizado foi o sulfato de aluminio, solução padrão de 5mg/L;

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

Características:			Data ensaio: 17/03/2009	
Localização da amostra:			ANEXO Nº	9
Coagulante:	65	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 2, 2º BATERIA, ENSAIO 4	
Vazão:	2,7	2,7 L/min		
Recirculação:	24,3	L/h		
OBS:	cal a 25ml/min	Temp.: 27C		

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	30	7,83				43,500		
2		6,47				1,280		
3		6,77				0,137		
4								
5		6,50				10,500		
1	90	7,74	291,00	26	0,077	36,900	40,000	
2		6,51	29,00	2	0,019	4,070	30,000	
3		6,92	5,00	2	0,017	0,130	40,000	
4								
5		6,46	49,00	5	0,018	6,130	50,000	
1	150	7,60	304,00			37,400		
2		6,40	39,00			5,040		
3		6,59	6,00			0,096		
4								
5		6,35	42,00			5,210		
1	210	7,44	299,00	27	0,071	36,300		
2		6,38	53,00	1	0,009	4,100		
3		6,60	2,00	2	0,010	0,095		
4								
5		6,44	33,00	3	0,011	4,080		
1	270	7,46	289,00			36,600		
2		6,22	33,00			4,200		
3		6,46	2,00			0,086		
4								
5		6,39	25,00			2,800		
1	330	7,55	295,00			36,200		
2		6,36	39,00			5,200		
3		6,51	2,00			0,133		
4		6,77	215,00			27,500		
5		6,44	26,00			2,020		
1	390	7,73	294,00	27	0,074	30,800	20,000	15h01min aumen da flotação
2		6,69	55,00	1	0,010	7,190	30,000	
3		6,60	2,00	2	0,010	0,135	40,000	
4		6,88	177,00	1	0,013	14,700	30,000	
5		6,58	15,00	2	0,011	1,520	20,000	

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

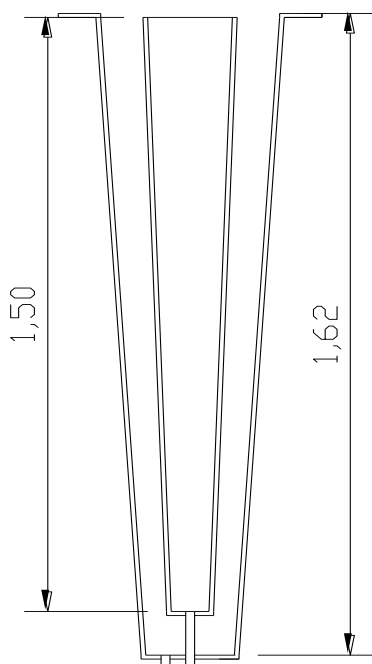
Características:			Data ensaio: 04/04/2009	
Localização da amostra:			ANEXO Nº 10	
Coagulante:	30	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 3, 1º BATERIA, ENSAIO 1	
Vazão:	2,7	L/min		
Recirculação:	20	%		
OBS:				

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0							Partida
2								
3								
4								
5								
1	60	6,98				64,400		Início da flotação 11h 01min
2		7,25				2,910		
3		7,59				0,311		
4								
5		6,74				9,320		
1	120	7,06				65,500		
2		6,72				2,330		
3		7,19				0,320		
4		6,98				5,990		
5		6,68				2,690		
1	240	7,30	443,00	44	0,094	64,000	30,000	
2		6,62	17,00	2	0,018	2,170	35,000	
3		6,94	12,00	3	0,018	0,280	40,000	
4		6,98	26,00	41	0,020	3,510	35,000	
5		6,70	13,00	26	0,017	1,930	40,000	
1	300	7,45				63,700		
2		6,74				1,940		
3		6,90				0,398		
4		7,09				2,510		
5		6,73				1,600		
1	360	7,53	431,00	37	0,090	61,700	30,000	
2		6,59	23,00	2	0,020	1,950	35,000	
3		6,89	4,00	1	0,019	0,491	35,000	
4		7,11	17,00	3	0,021	3,240	40,000	
5		6,74	11,00	0	0,017	1,470	35,000	
1	420	7,17				84,100		Reabastecimento do reservatório
2		6,76				2,490		
3		6,98				0,618		
4		7,08				3,470		
5		6,80				1,540		

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Modulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo

[illegible]

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração
Sem	sem

3- Observações do ensaio

1. Água utilizada mistura de água de um pesqueiro com presença de algas com água de correio com turbidez acima de 40uT;
2. Partida, nesta hora o módulo estava completo com água limpa do abastecimento público da cidade;
3. Formação de flocos com tamanhos característicos para formação da manta após 20min de ensaio;
4. A flotação entrou em operação às 11h;
5. 11h 20min a recirculação foi ajustada para 34 L/h; (variou entre 34 e 36 devido à variação do compressor)
6. A vazão de "alimentação" do módulo foi de 1340 ml/min; (partida foi dada com 1350ml/min)
7. Coagulante utilizado foi o sulfato de alumínio, solução padrão de 5mg/L, adicionado numa vazão de 18ml/min, tendo assim uma concentração de entrada no módulo de 33mg/L;

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

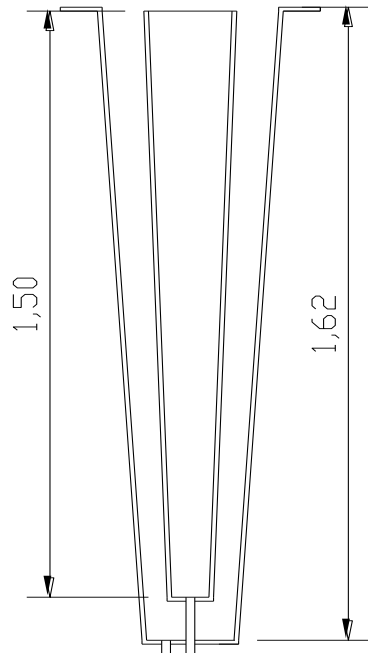
Características:	Data ensaio: 05/04/2009
Localização da amostra:	ANEXO Nº 11
Coagulante: mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 3, 1º BATERIA, ENSAIO 2
Vazão: L/min	
Recirculação: ml/s	
OBS:	

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	0							Partida as 10h 40min
2								
3								
4								
5								
1	60	7,14				80,500		Início da Flotação
2		6,85				7,950		
3		7,50				1,380		
4		7,05				37,700		
5		6,80				8,780		
1	180	7,36				81,100		Problemas com o filtro ensaio sem o ponto 3
2		6,81				4,930		
3								
4		7,12				9,620		
5		6,68				4,920		
1	240	7,41				82,800		
2		6,73				3,890		
3								
4		7,17				8,460		
5		6,73				3,860		
1	300	7,41	556,00	73	0,124	84,300		
2		6,75	25,00	1	0,021	3,580		
3								
4		7,18	24,00	0	0,025	4,410		
5		6,77	23,00	24	0,023	3,570		
1	360	7,48				81,700		
2		7,00				5,170		
3								
4		7,17				59,000		
5		6,81				14,500		

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Modulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo

[illegible]

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração
Sem	Sem

3- Observações do ensaio

1. Água utilizada mistura de alga de um pesqueiro com presença de algas com água de correço com turbidez acima de 40uT;
2. Partida, com descarte da manta do ensaio anterior mantendo a água do ensaio;
3. A flotação entrou em operação as 12h;
5. Recirculação foi ajustada pra 34 L/h;
6. A vazão de "alimentação" do modulo foi de 1340 ml/min;
7. Coagunlante utilizado foi o sulfato de aluminio, solução padrão de 5mg/L, adicionado numa vazão de 18ml/min, tendo assim um concentração de entrada no modulo de 33mg/L;

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

Características:		Primeiro ensaio da segunda bat		Data ensaio: 04/07/09	
Localização da amostra:			ANEXO N: 12		
Coagulante:		30	mg/l de sulfato de alumínio		
Vazão:		2,7	L/min		
Recirculação:		L/h			
OBS:					
ETAPA 3, 2º BATERIA, ENSAIO 1					

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turbidez	Alcalinidade	OBS
1	30	7				299,000		
2		7,36				1,120		
3		7,45				0,520		
4		7,55				0,889		
5		6,11				32,000		
1	60	7,09				302,000		
2		6,97				6,230		
3		7,45				0,371		
4		7,51				1,220		
5		5,26				31,600		
1	120	7,05				297,000		
2		6,53				14,300		
3		6,58				0,241		
4		6,92				7,090		
5		4,71				17,200		
1	240	7,14	816	70	0,086	285,000		
2		4,75	69	2	0,019	8,000		
3		5,44	3	3	0,015	0,397		
4		4,99	161	5	0,024	6,110		
5		4,52	89	25	0,016	9,050		
1	300	7,30				280,000		
2		5,44				5,550		
3		5,38				0,222		
4		5,50				4,270		
5		4,84				8,550		
1	360	6,92				271,000		
2		5,49				3,960		
3		5,23				0,200		
4		5,97				2,540		
5		4,75				7,320		
1	420	6,79	841	28	0,066	254,000	20	
2		5,48	16	12	0,018	2,810	20	
3		5,39	8	4	0,022	0,181	20	
4		6,03	9	1	0,021	1,950	20	
5		4,89	38	2	0,015	5,620	20	
1	480	7,06				254,000		
2		5,83				2,090		
3		5,70				0,198		
4		6,18				3,880		
5		5,34				8,150		

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Modulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

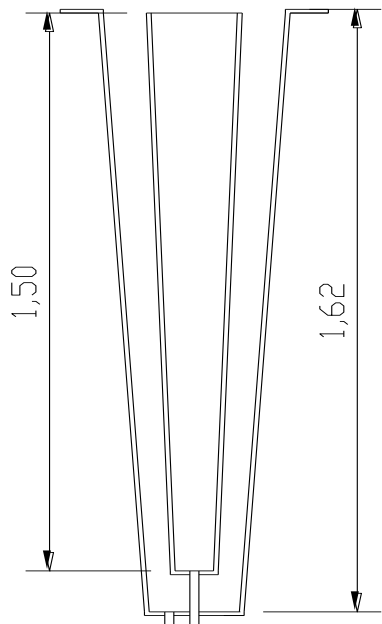
Características:	Data ensaio: 05/07/2009
Localização da amostra:	ANEXO N: 13
Coagulante: 30 mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 3, 2º BATERIA, ENSAIO 2
Vazão: 2,7	
Recirculação: 32 L/h	
OBS:	

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	30	6,84				248,000		
2		5,65				1,490		
3		6,12				0,245		
4		6,02				1,600		
5		5,19				14,600		
1	60	6,83				242,000		
2		5,72				1,670		
3		6,02				0,226		
4		6,03				1,450		
5		5,03				23,700		
1	120	6,95				107,000		
2		5,16				4,730		
3		5,49				0,260		
4		5,84				1,510		
5		4,86				9,160		
1	270	7,36	782	12	0,049	227,000	30	
2		5,87	61	4	0,019	8,100	30	
3		5,66	2	4	0,018	0,170	20	
4		6,14	80	4	0,022	10,700	30	
5		5,10	562	6	0,018	23,700	20	
1	300	6,77				231,000		
2		6,25				14,600		
3		6,13				0,589		
4		6,58				105,000		
5		6,12				233,000		
1	360	7,12				232,000		
2		6,38				21,000		
3		6,22				1,600		
4		6,82				45,400		
5		6,50				50,000		
1	420	6,73	775	10	0,05	229,000	30	
2		6,43	174	4	0,022	27,000	20	
3		6,19	24	0	0,028	3,560	30	
4		6,75	356	4	0,028	50,700	40	
5		6,51	493	10	0,025	76,400	30	
1	480	6,98				231,000		
2		6,69				27,200		
3		6,64				4,070		
4		6,79				55,800		
5		6,53				76,200		

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Módulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo



Altura da Manta	Hora

3- Observações do ensaio

Continuação do ensaio anterior sem descarte da manta
Partida as 10h
Regularização das vazões as 10 h 10 min
Flotação incida as 14h 31min com 20% de recirculação
Manta não se restabilizou como no ensaio anterior, manteve altura média entre 70 e 90 cm

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

Características:			Data ensaio: 06/07/2009	
Localização da amostra:			ANEXO N: 14	
Coagulante:	30	mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 3, 2º BATERIA, ENSAIO 3	
Vazão:	2,7	L/min		
Recirculação:	32	L/h		
OBS:				

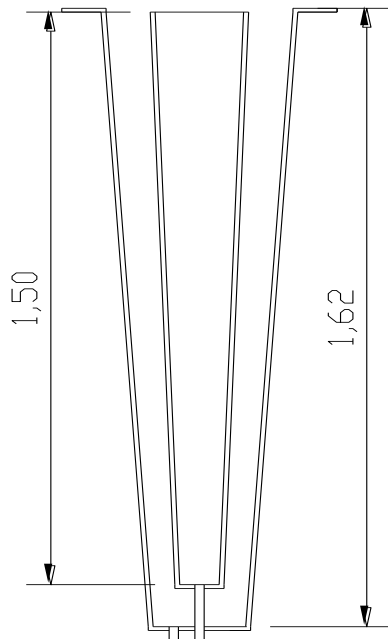
ETAPA 3, 2º BATERIA, ENSAIO 3

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdade	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	10h 30min	6,88				230,000		
2		6,87				6,990		
3		6,93				2,130		
4								
5		6,52				45,600		
1	11h	6,84				225,000		
2		6,74				6,580		
3		6,92				1,840		
4		6,69				233,000		
5		6,31				11,900		
1	12h	7,11				228,000		
2		6,18				3,880		
3		6,80				0,493		
4		6,38				34,600		
5		6,17				8,680		
1	14h 30min	7,15	737	11	0,048	213,000		
2		6,13	72	7	0,026	11,700		
3		6,45	12	4	0,022	1,430		
4		6,40	312	3	0,025	52,700		
5		6,16	174	7	0,025	27,300		
1	15h	6,86				242,000		
2		6,23				15,500		
3		6,46				3,240		
4		6,51				39,400		
5		6,13				39,200		
1	16h	6,80				244,000		
2		6,10				20,000		
3		6,37				4,680		
4		6,50				40,500		
5		6,14				34,600		
1	17h	7,07	797	12	0,054	246,000		
2		6,36	120	6	0,027	20,600		
3		6,46	36	2	0,025	4,910		
4		6,61	187	2	0,026	28,300		
5		6,23	285	1	0,025	46,300		

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Modulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo

[illegible]

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração

3- Observações do ensaio

Descarte da agua na zona de flotação do ensaio anterior e recolocado agua limpa

Início às 10h

Flotação iniciada as 10h 30min

Mantida manta do ensaio anterior/ refluxo da manta para quebra da compactação

As 15h 30min aumento da flotação para 41L/h

ENSAIO FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM INSTALAÇÃO PILOTO

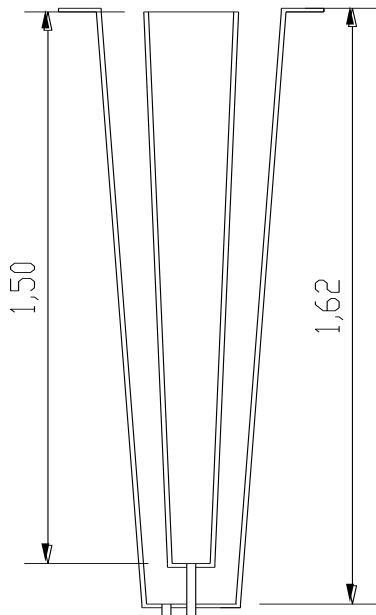
Características:	Data ensaio: 07/07/2009
Localização da amostra:	ANEXO N: 15
Coagulante: 30 mg/l de sulfato de alumínio	ETAPA 3, 2º BATERIA, ENSAIO 4
Vazão: 2,7	
Recirculação: 24 L/h	
OBS:	

Ponto	Tempo de Ensaio	pH	Cor Aparente	Cor Verdadeira	Absorvancia	Turb. (uT)	Alcalinidade	OBS
1	30	6,92				238,000		
2		6,13				12,000		
3		6,58				7,080		
4								
5		6,07				23,300		
1	60	6,74				247,000		
2		6,10				11,500		
3		6,36				6,850		
4		6,30				43,700		
5		5,89				15,500		
1	120	6,70				245,000		
2		5,87				9,380		
3		6,20				4,070		
4		6,26				68,200		
5		5,95				16,500		
1	270	7,04	752	6	0,049	244,000		
2		6,28	251	2	0,03	42,300		
3		6,34	47	1	0,026	6,930		
4		6,54	425	1	0,029	68,600		
5		6,02	2860	12	0,031	473,000		
1	300	7,45				245,000		
2		6,32				45,400		
3		6,33				8,880		
4		6,47				75,200		
5		6,19				286,000		
1	360	7,08				238,000		
2		6,20				46,800		
3		6,51				12,100		
4		6,50				337,000		
5		6,22				42,200		
1	420	6,79	740	10	0,041	247,000		
2		6,07	241	4	0,021	39,800		
3		6,83	58	11	0,02	7,950		
4		6,60	526	8	0,021	86,100		
5		6,18	340	3	0,019	57,500		
1	480	6,84				248,000		
2		6,37				35,700		
3		6,74				6,620		
4		6,80				225,000		
5		6,29				57,700		

Ponto 1 - Água bruta
Ponto 2 - Água decantada e flotada
Ponto 3 - Água filtrada (Saída do Modulo)
Ponto 4 - Lodo flotado (Descarte do flotador)
Ponto 5 - Saída da manta (área de descarte da manta)

Relatório Comportamento do Modulo

1- Desenvolvimento da Manta de Lodo



Altura da Manta	Hora

2- Horários de retrolavagem do filtro

Hora	Duração
15h 20min	10 min

3- Observações do ensaio

Continuação do ensaio anterior sem descarte da manta
Partida as 10h
Regularização das vazões as 10h 20min
Flotação incida as 11h com 15% de recirculação
Manta instavel. Não completou o cone e ainda formou zona de saparação entre manta antiga compactada e manta nova
As 15h 31min aumento do coagulante para 40mg/L e recirculação para 25% (41L/h)