

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

"CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE ESTAÇÕES COMPACTAS
PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS"

JOSÉ REINOLDS CARDOSO DE MELO

Eng^o Civil

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovada por:

JOSÉ FARIAS NÓBREGA
Presidente

SERGIO ROLIM MENDONÇA
Examinador Externo

ADRIANUS C. V. HAANDEL
Examinador Interno

CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAÍBA-BRASIL
ABRIL/1981



M528c Melo, Jose Reynolds Cardoso de
 "Contribuicao ao estudo de estacoes compactas para
 tratamento de aguas" / Jose Reynolds Cardoso de Melo. -
 Campina Grande, 1981.
 161 f.

 Dissertacao (Mestrado em Engenharia) - Universidade
 Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

 1. Abastecimento de Agua 2. Agua - 3. Dissertacao I.
 Nobrega, Jose Farias, Prof. II. Universidade Federal da
 Paraiba - Campina Grande (PB)

CDU 628.1(043)

Ao Povo Nordestino

A G R A D E C I M E N T O S

O autor agradece:

Ao Professor José Farias Nóbrega, Diretor do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pela solicitude e eficiência demonstradas na orientação desta tese;

À Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, nas pessoas do seu ex-Diretor Presidente Eng^o Guarany Marques Viana e do atual Diretor, Eng^o Jael Carvalho dos Santos, pelo incentivo e apoio concedido;

Aos colegas, funcionários e operários da CAGEPA, pela colaboração na montagem e análises de laboratório durante a pesquisa;

À TECNOMECÂNICA NORTE S.A., pela fabricação do filtro e floco-decantador, conforme nosso projeto;

À minha esposa e filhos, pela compreensão e apoio, durante todas as fases do trabalho.

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE ESTAÇÕES
COMPACTAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA

Dissertação de Mestrado

por

JOSÉ REINOLDS CARDOSO DE MELO

R E S U M O

As estações compactas industrializadas (ETASPs) permitem a clarificação de água para pequenas comunidades de acordo com as exigências dos padrões de qualidade de água a nível nacional.

O trabalho apresentado nesta dissertação aborda abrangente estudo sobre o assunto e dá ênfase à concepção, projeto e operação destas plantas. Foi desenvolvida ainda uma pesquisa utilizando-se uma estação-piloto com floculação processada em leito granular e sedimentação de alta taxa.

Os parâmetros básicos para avaliação da eficiência da estação foram turbidez e carreira de filtração.

A redução de turbidez obtida do efluente da unidade de sedimentação foi superior a 80 por cento e para a água filtrada atingiu um valor maior do que 95 por cento, sendo a carreira

663.63
ra de filtração de 30 horas.

Foi confirmado que as ETASPs industrializadas são uma alternativa válida na clarificação de água para pequenas comunidades.

628.1
628.16

STUDY ON PRESSURE PACKAGE WATER TREATMENT
PLANTS FOR SMALL COMMUNITIES

M.Sc. Dissertation

by

JOSÉ REINOLDS CARDOSO DE MELO

A B S T R A C T

Pressure package water treatment plants permit the clarification of water from small communities requiring treatment according to national water quality standards.

The work presented in this dissertation covers a broad study in this subject and gives emphasis on conception, design and operation of these plants. The research was carried out utilizing a pilot plant with flocculation being processed in granular bed and sedimentation working at high rate.

The basic parameters for estimating the performance of this plant were turbidity and run filtration.

Turbidity reduction from the effluent of the sedimentation basin was found to be higher than 80 per cent and from filtered water more than 95 per cent corresponding to the run filtration of 30 hours.

It was confirmed that pressure package water treatment plants are a valid alternative in water clarification for small communities.

S U M Á R I O

	<u>PÁGINA</u>
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
SÍMBOLOS USADOS.....	xv
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I - DESENVOLVIMENTO DAS ETASPs.....	3
1.1 - Generalidades.....	3
1.2 - Tipos e Características das ETASPs..	5
1.2.1 - Estação de Tratamento de	
água compacta, sob pressão	
ATAG.....	5
1.2.1.1 - Mistura Rápida....	6
1.2.1.2 - Floculação e decan	
tação.....	6
1.2.1.3 - Filtração.....	8
1.2.2 - Estação de Tratamento de <u>â</u>	
gua compacta sob pressão -	
FILTPÁGUA.....	11
1.2.2.1 - Mistura Rápida....	11
1.2.2.2 - Floculação e decan	
tação.....	11

PÁGINA

1.2.2.3 - Filtração.....	14
1.2.3. Estação de tratamento de <u>á</u> gua compacta sob pressão , BARBARÁ - DEGREMONT.....	14
1.2.3.1 - Mistura rápida....	14
1.2.3.2 - Floculação e decan tação.....	15
1.2.3.3 - Filtração.....	17
1.2.4. Estação de tratamento de <u>á</u> gua compacta sob-pressão , SOLANIL.....	17
1.2.4.1 - Mistura rápida....	17
1.2.4.2 - Floculação e decan tação.....	17
1.2.4.3 - Filtração.....	18
1.2.4.4 - Floculação, decan tação e filtração, conjugadas.....	18
1.2.5. Estação de tratamento de <u>á</u> gua, compacta, sob-pressão - FILSAN.....	20
1.2.5.1 - Mistura rápida....	20
1.2.5.2 - Floculação e Decan tação.....	20

PÁGINA

1.2.5.3 - Filtração.....	21
1.2.6 - Estação de tratamento de água, compacta, sob-pressão - HIDROTEC.....	21
1.2.6.1 - Mistura rápida...	21
1.2.6.2 - Floculação e de cantação.....	21
1.2.6.3 - Filtração	22
1.2.7 - Estação de tratamento de água, compacta, sob-pressão - TECNORTE.....	22
1.2.7.1 - Mistura rápida...	22
1.2.7.2 - Floculação e de cantação.....	24
1.2.7.3 - Filtração.....	24
1.2.8 - Estação de tratamento de água, compacta, sob-pressão - ICOMACEDO e HIDROTEC.....	24
1.2.9 - Estação de tratamento de água, compacta, sob-pressão - CLARITEC.....	27
1.2.9.1 - Filtração.....	27
1.3 - Comentários sobre as ETASPs indus - trializadas.....	28
1.3.1 - Mistura rápida.....	28

PÁGINA

1.3.2 - Mistura lenta ou floculação.	30
1.3.3 - Sedimentação.....	32
1.3.4 - Filtração.....	35
1.3.5 - Unidades de controle.....	36
1.3.5.1 - Perda de carga....	36
1.3.5.2 - Controle de vazão.	37
1.3.5.3 - Controle de qualidade da água.....	37
CAPÍTULO II - A ETASP PROPOSTA.....	41
2.1. Concepção básica do modelo proposto.	41
2.2. Fundamentos teóricos.....	44
2.2.1 - Mistura rápida.....	44
2.2.2 - A floculação em leito granular.....	50
2.2.3 - A decantação laminar ou de alta taxa.....	54
2.2.4 - A filtração rápida.....	60
2.2.4.1 - Mecanismos responsáveis pela filtração.....	61
2.2.4.2 - Modelos matemáticos de filtração..	62
2.2.4.3 - Fatores que influem na filtração...	64

PÁGINA

2.2.4.4 - Características ge rais do filtro rã pido.....	64
2.3 - Dimensionamento da ETASP.....	66
2.3.1. Mistura rápida.....	66
2.3.2. Floculação (leito de pedra).	67
2.3.3. Decantação em placas parale- las.....	69
2.3.4. Filtração.....	71
2.3.5. Descrição e dimensionamento das demais unidades compo - nentes do sistema.....	73
2.3.5.1. Poço de sucção ou reservatório de água bruta.....	73
2.3.5.2. Tubulação de suc- ção.....	74
2.3.5.3. Conjunto motor-bom- ba.....	74
2.3.5.4. Tubulação de recal- que.....	75
2.3.5.5. Tubulação de água de lavagem.....	77
2.3.5.6. Tubulações de esgo- tamento do filtro e floco-decantador...	77

PÁGINA

2.3.5.7. Tubulações para amostragem e expurgo de ar do floco-de-cantador e filtro..	77
2.3.5.8. Reservatório de água filtrada.....	78
2.3.5.9. Sistema de dosagem.	78
2.3.5.10. Sistema para indicação da perda de carga.....	79
2.3.5.11. Sistema para indicação e regulagem de vazão.....	79
CAPÍTULO III - OPERAÇÃO DO MODELO REDUZIDO.....	81
3.1. Metodologia adotada.....	81
3.1.1. Preparação de água bruta e programa de trabalho.....	81
3.1.2. Determinação de dosagem, preparo da solução.....	83
3.1.3. Funcionamento da ETASP e sua operação.....	84
3.2. Resultados obtidos.....	87
3.2.1. Redução de turbidez.....	87
3.2.2. Lavagem da ETA.....	89

PÁGINA

3.2.3. Redução de cor.....	93
3.2.4. Variação do pH.....	93
3.2.5. Dosagem e consumo de produtos químicos.....	94
3.2.6. Perda de carga.....	96
CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	106
4.1. Sobre as ETASPs industrializadas....	106
4.2. Sobre a ETASP desenvolvida.....	108
4.2.1. Mistura rápida.....	108
4.2.2. Floculação.....	109
4.2.3. Decantação.....	109
4.2.4. Filtração.....	110
4.3. Custo das ETASPs.....	110
4.4. Considerações gerais.....	111
ANEXO I BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO.....	113
ANEXO II SISTEMA DE DOSAGEM.....	125
ANEXO III PROJETO DE NORMA - CETESB.....	126
ANEXO IV ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA.....	154
BIBLIOGRAFIA.....	158

SÍMBOLOS USADOS

G	Gradiente de velocidade
T	Tempo de detenção
Q	Vazão
K	Coefficiente empírico, conforme seja definido
P	Potência
V	Volume
v	Velocidade
D	Diâmetro
Co	Concentração do reagente no influente
Ct	Concentração do reagente no efluente
hp	Perda de carga
γ	Peso específico
μ	Viscosidade dinâmica ou absoluta
ϵ	Viscosidade virtual
ν	Viscosidade cinemática
σ	Depósito específico
λ	Coefficiente de proporcionalidade ou módulo de impedimento
Ψ	Coefficiente de perda de carga

I N T R O D U Ç Ã O

As estações de tratamento de água, ditas sob-pressão (ou seja, aquelas que trabalham submetidas a uma pressão superior à atmosfera, em geral maior que 10 m.c.a) são utilizadas, há muitos anos, para tratamento de águas destinadas tanto para fins industriais e recreativos, quanto para consumo público, em vários países do mundo, apesar da pouca literatura existente sobre as mesmas e das restrições apontadas por alguns técnicos quanto a sua utilização.

Aqui no Brasil, estas estações (que para simplificação denominaremos de ETASPs - Estação de Tratamento de Água Sob-Pressão) já vêm sendo utilizadas há mais de dois decênios e tendem a ser largamente difundidas nos próximos anos, tendo em vista o desenvolvimento do PLANASA - Plano Nacional de Saneamento, que pretende dotar todas as pequenas comunidades brasileiras, com população entre 500 e 5.000 habitantes, de sistemas públicos de abastecimento de água.

Estas estações se apresentam como uma solução bastante viável, tanto pela rapidez de fabricação e montagem, como pelo custo, facilidades operacionais, intercambialidade, etc, e vêm

sendo bem aceitas por boa parte dos engenheiros que militam nessa área.

Estando a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, empresa integrante do PLANASA, adquirindo estações desse tipo e com vários projetos que indicam sua aplicação, achamos oportuno fazer uma pesquisa no sentido de analisarmos os vários modelos industrializados existentes no mercado, verificando suas vantagens e desvantagens, bem como a bibliografia disponível, e, através da operação de um modelo reduzido, avaliar mos com maior precisão seu desempenho e a determinação de parâmetros básicos para dimensionamento.

Por outro lado, o modelo reduzido estudado foi desenvolvido de forma original, procurando-se corrigir os defeitos constatados nos sistemas atualmente industrializados.

Este, em resumo, o assunto que procuraremos desenvolver neste trabalho, esperando contribuir para melhor esclarecimento a respeito das ETASPs.

CAPÍTULO I

DESENVOLVIMENTO DAS ETASPs

1.1 - GENERALIDADES

Segundo verificado na literatura técnica disponível, apesar de não havermos conseguido material conclusivo a respeito, acreditamos que estas estações tiveram origem na Europa (França) e foram inicialmente empregadas na indústria, na década de 30, sendo os primeiros trabalhos publicados pela Sociedade Degremont (1946).

Estas estações, inicialmente compostas apenas de filtração em leito de areia, evoluíram com a introdução de uma unidade de clarificação ou floco-decantação, instalada antes da filtração, e tiveram seu emprego também ampliado para outras finalidades, como águas de piscina e abastecimento público.

Outros tipos foram desenvolvidos com finalidades específicas, tais como abrandamento, desmineralização e desgaseificação, sendo que, neste trabalho, nos ocupamos apenas daqueles destinados à clarificação, compostos de floco-decantador e filtro rápido.

Normalmente, estas estações são aceitas para clarificação de águas para abastecimento de pequenas comunidades e desde que as águas a tratar apresentem teores de cor e turbidez médios ou baixos.

No Brasil, as ETASPs vêm sendo aplicadas para fins de abastecimento público desde a década de 50. Em 1940, já estava instalada no Brasil a Firma W.A. Reim, fabricante de equipamentos para tratamento de águas, sem que se tenha notícias de que fabricasse esse tipo de estação.

Em 1950 a Degremont adquiriu esta firma, passando a denominar-se Degremont-Reim e lançou então as primeiras ETASPs no nosso país.

Atualmente, vem aumentando o interesse pela utilização dessas estações, tendo em vista o desenvolvimento do PLANASA e a familiarização dos profissionais de saneamento com as mesmas. As notícias quanto aos resultados até aqui obtidos com esta tecnologia são muito divergentes, havendo praticamente uma divisão de ponto de vista profissional quanto a sua aplicação. No entanto, apesar desta polêmica, várias Companhias Estaduais prosseguem aplicando as ETASPs, que são fabricadas já por uma dezena de firmas e a CETESB - Companhia de Tecnologia do Saneamento Ambiental - lançou recentemente (1979) um projeto de normas (1,2), em análise pela ABNT, sobre sua fabricação e dimensionamento.

A bibliografia encontrada sobre o assunto, no entanto , pouco evoluiu, quase nada se encontrando nos livros técnicos (nacionais e estrangeiros), revistas especializadas ou mesmo trabalhos de congresso, especificamente quanto a ETASPs.

1.2 - TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS ETASPs

Atualmente, as firmas fabricantes de ETASPs são várias, tal a facilidade de fabricação e simplicidade estrutural de tais instalações. Vamos analisar e descrever apenas os modelos patenteados, ou sejam, aqueles fabricados por firmas de reconhecida capacidade no ramo.

1.2.1 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA, COMPACTA, SOB-PRESSÃO :

(3)
ATAG

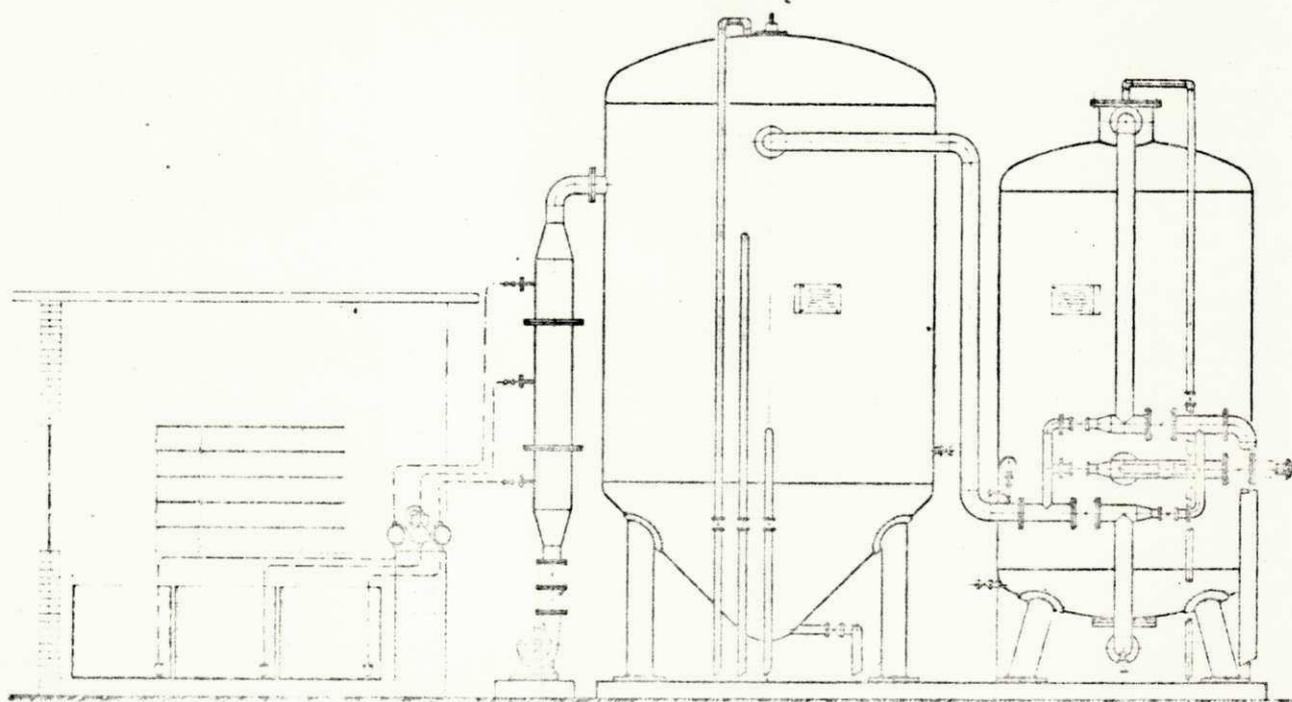


Figura 1.1 - Desenho esquemático de uma ETASP, modelo ATAG (3)

1.2.1.1 - MISTURA RÁPIDA

É executada em uma unidade, denominada "Flash reactor " ou dispersor hidráulico, constituído por uma tubulação de diâmetro superior ao da tubulação de água bruta e que contém no seu interior defletores convenientemente distribuídos e que promovem hidraulicamente a dispersão dos reagentes injetados no seu interior, conforme indicado na Figura 1.2. (A).

1.2.1.2 - FLOCULAÇÃO E DECANTAÇÃO

São realizadas em uma só unidade, denominada de Floco-Decantador-Biflow ⁽³⁾ conforme detalhes da Figura 1.2.

A floculação é realizada hidraulicamente no compartimento (B), dotado de câmaras superpostas com passagens desencontradas, tipo chicanas, e com seções crescentes no sentido descendente.

Esta floculação é complementada na etapa seguinte, quando o fluxo vertical ascendente desenvolve uma camada de "lodos suspensos" que é atravessada pela água, com processo de floculação iniciado na câmara anterior.

A decantação é fracionada, obtendo-se uma separação dos flocos na câmara superior (principal) (C), saindo a água decantada por um dispositivo situado no alto da unidade (E).

Os lodos suspensos em excesso no fluxo ascendente são coletados ao nível superior do "manto de lodos" por uma série de captações (D), que os transfere hidraulicamente para a câmara inferior de sedimentação (F), onde outra decantação se pro

cessa, sendo a água aí clarificada, levada a juntar-se à água decantada na câmara superior, através da tubulação central (G), saindo ambas finalmente pela tubulação (I).

A Entrada de água (Flash reactor)

B Floculador

C Câmara de lodos suspensos

D Captação de lodos

E Saída de água decantada
câmara superior

F Câmara inferior

G Coleta de água decantada
câmara inferior

H Regulador de vazão

I Saída geral de água
decantada

J Saída de lodos

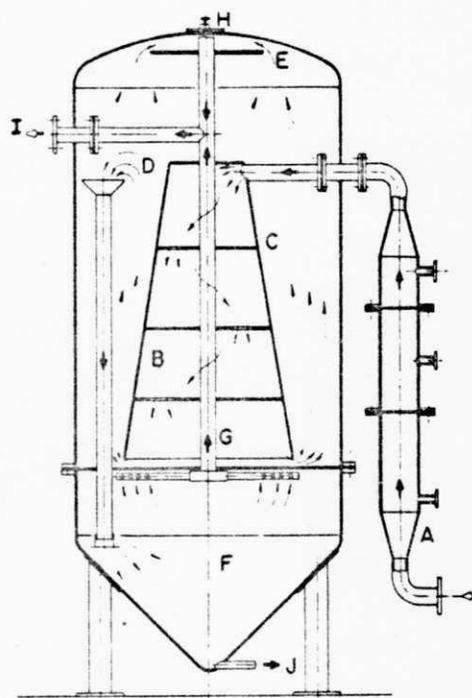


Figura 1.2 - Corte esquemático do misturador rápido e floco-decantador, modelo ATAG (3).

1.2.1.3 - FILTRAÇÃO

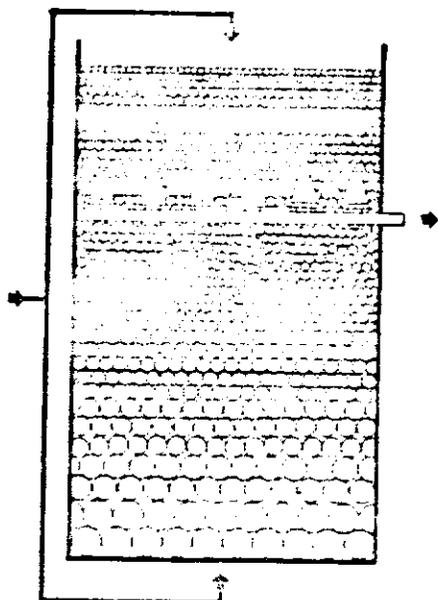


Figura 1.3 - Corte Esquemático do leito filtrante do filtro Biflow da ATAG⁽³⁾.

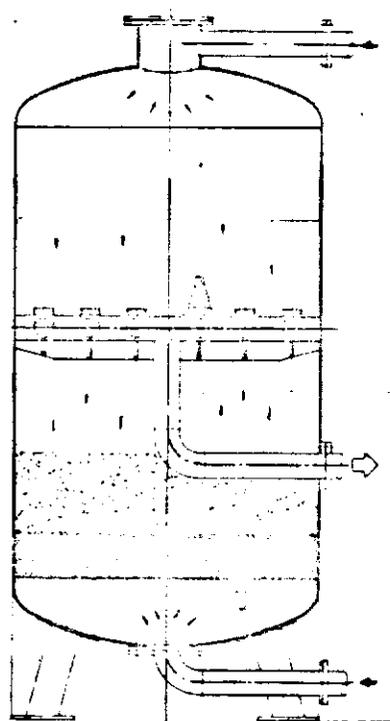
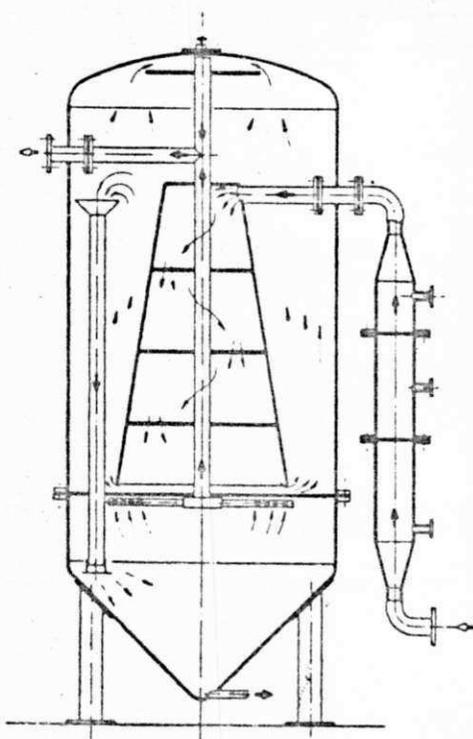
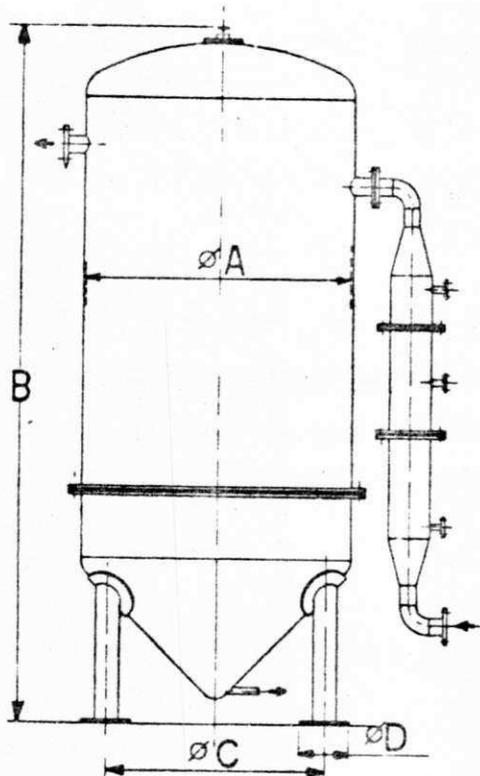


Figura 1.4. Corte esquemático do filtro Biflow. Modelo ATAG⁽³⁾

O filtro Biflow da ATAG é um filtro rápido de dupla ação. A água decantada é admitida simultaneamente pelas partes superior e inferior do filtro, conforme ilustram as figuras 1.3 e 1.4, ficando o sistema drenante de coleta de água filtrada situado no interior do leito filtrante. A maior parte da água flui de baixo para cima, atravessando primeiro as camadas com granulometria de maior diâmetro, de forma semelhante ao filtro russo ou clarificador de contato. A porção de água admitida pela parte superior tem a finalidade de pressionar o leito filtrante, impedindo sua fluidificação. Em seguida, apresentamos as tabelas 1.1 e 1.2, para determinações das dimensões do floco-Decantador e Filtro em função da vazão da água a tratar.



Modelo	A	B	C	D	TUB. Ø	Nº	FUNCI TON.
D-65	0,65	3,10	0,55	0,10	1/4"	5	1,6
D-70	0,70	3,12	0,60	0,10	1/4"	6	1,8
D-80	0,80	3,15	0,65	0,15	1/4"	8	2,3
D-85	0,85	3,18	0,70	0,15	1/2"	10	2,6
D-90	0,90	3,22	0,75	0,15	2"	11	2,9
D-100	1,00	3,29	0,80	0,20	2"	12	3,4
D-110	1,10	3,36	0,90	0,20	2"	15	4,1
D-120	1,20	3,43	1,00	0,20	2"	17	4,9
D-130	1,30	3,50	1,10	0,20	2 1/2"	20	5,9
D-140	1,40	3,55	1,20	0,20	2 1/2"	23	7,1
D-150	1,50	4,10	1,30	0,20	2 1/2"	27	8,3
D-160	1,60	4,20	1,35	0,25	3"	30	9,3
D-170	1,70	4,28	1,45	0,25	3"	36	10,5
D-180	1,80	4,35	1,55	0,25	3"	38	11,6
D-190	1,90	4,42	1,60	0,30	4"	43	13,0
D-200	2,00	4,49	1,70	0,30	4"	48	14,3
D-210	2,10	4,55	1,80	0,30	4"	54	15,7
D-220	2,20	4,62	1,80	0,40	4"	60	17,3
D-230	2,30	4,70	1,90	0,40	4"	65	18,9
D-240	2,40	4,76	2,00	0,40	5"	70	20,7
D-250	2,50	4,84	2,10	0,40	5"	75	22,5
D-260	2,60	4,91	2,20	0,40	5"	80	24,5
D-270	2,70	4,98	2,30	0,40	5"	90	26,4
D-280	2,80	5,05	2,40	0,40	5"	95	28,4
D-290	2,90	5,15	2,50	0,40	6"	100	30,4
D-300	3,00	5,22	2,60	0,40	6"	110	32,4
D-310	3,10	5,30	2,70	0,40	6"	115	35,2
D-320	3,20	5,36	2,80	0,40	6"	120	37,7
D-330	3,30	5,44	2,90	0,40	6"	130	40,2
D-340	3,40	5,53	2,90	0,50	6"	140	43,0
D-350	3,50	5,60	3,00	0,50	6"	145	45,8
D-360	3,60	5,67	3,10	0,50	6"	155	48,6
D-370	3,70	5,74	3,20	0,50	8"	160	51,5
D-380	3,80	5,84	3,30	0,50	8"	170	54,9
D-390	3,90	5,87	3,40	0,50	8"	180	57,9
D-400	4,00	5,94	3,50	0,50	8"	200	62,2

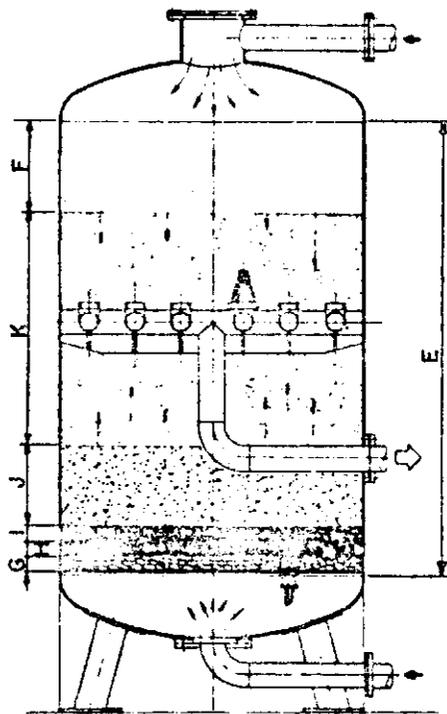
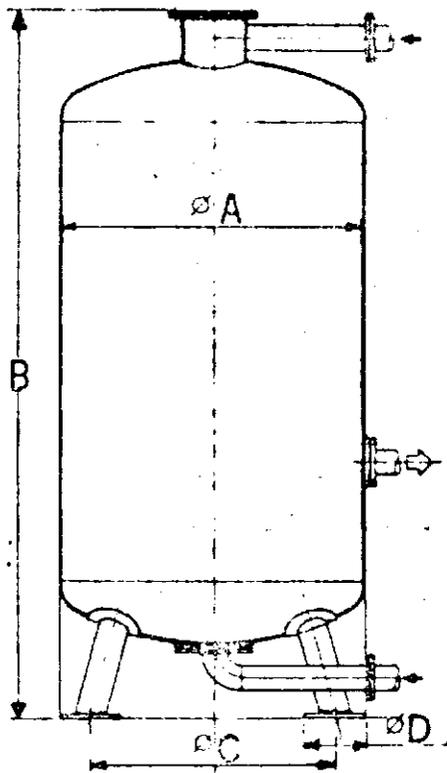
OBS:

DE D-65 A D-240 4 PÉS

DE D-240 A D-400 6 PÉS

PERDA DE CARGA 0,3 Kg/cm²

TABELA 1.1 - Dimensões do floco-decantador, modelo ATAG⁽³⁾, em função da vazão.



E- ALTURA CILINDRICA	3,00 m
F- ESPAÇO LIVRE	0,60 m
G- PEDREGULHO 3/4" a 1"	0,10 m
H- PEDREGULHO 1/4" a 1/2"	0,10 m
I- PEDREGULHO 1/8" a 1/4"	0,10 m
J- AREIA GROSSA 1,7 a 3,2 mm	0,50 m
K- AREIA FINA 0,7 a 1,7 mm	1,60 m

TIPO	DIMENSÕES (m)				TUBOS Ø	VÁZÃO (m³/h)	PESO UNICION. (TON.)
	A	B	C	D			
F-30	0,30	3,38	0,36	0,10	1"	2	0,60
F-40	0,40	3,45	0,40	0,10	1 1/4"	3	0,90
F-50	0,50	3,47	0,50	0,15	1 1/4"	5	1,60
F-60	0,60	3,54	0,60	0,15	1 1/4"	7	2,10
F-70	0,70	3,56	0,70	0,15	1 1/2"	10	2,70
F-80	0,80	3,62	0,60	0,20	2"	13	3,40
F-90	0,90	3,70	0,70	0,20	2"	16	4,20
F-100	1,00	3,81	0,80	0,20	2 1/2"	20	5,20
F-110	1,10	3,82	0,90	0,20	2 1/2"	24	6,10
F-120	1,20	3,86	1,00	0,20	2 1/2"	28	7,10
F-130	1,30	3,96	1,10	0,20	3"	32	8,60
F-140	1,40	3,98	1,15	0,25	3"	40	9,70
F-150	1,50	4,02	1,25	0,25	4"	44	11,30
F-160	1,60	4,28	1,35	0,25	4"	50	12,70
F-170	1,70	4,30	1,40	0,30	4"	57	14,30
F-180	1,80	4,47	1,50	0,30	4"	62	15,70
F-190	1,90	4,49	1,60	0,30	5"	72	17,50
F-200	2,00	4,56	1,60	0,40	5"	78	19,50
F-210	2,10	4,59	1,70	0,40	5"	88	21,10
F-220	2,20	4,66	1,80	0,40	5"	95	23,20
F-230	2,30	4,73	1,90	0,40	6"	105	25,30
F-240	2,40	4,75	2,00	0,40	6"	112	27,50
F-250	2,50	4,85	2,10	0,40	6"	125	29,70
F-260	2,60	4,87	2,20	0,40	6"	132	32,00
F-270	2,70	4,93	2,30	0,40	6"	142	34,50
F-280	2,80	4,95	2,40	0,40	6"	155	37,00
F-290	2,90	5,10	2,50	0,40	8"	170	40,00
F-300	3,00	5,16	2,60	0,40	8"	180	43,50
F-310	3,10	5,17	2,70	0,40	8"	190	46,20
F-320	3,20	5,25	2,70	0,50	8"	200	50,00
F-330	3,30	5,30	2,80	0,50	8"	215	53,50
F-340	3,40	5,34	2,90	0,50	8"	230	56,90
F-350	3,50	5,38	3,00	0,50	8"	240	61,80
F-360	3,60	5,48	3,10	0,50	10"	255	66,20
F-380	3,80	5,57	3,30	0,50	10"	285	73,40
F-400	4,00	5,69	3,50	0,50	10"	310	83,30

OBS: DE F-30 A F-70 3 PÉS
 DE F-80 A F-310 4 PÉS
 DE F-320 A F-400 6 PÉS

PERDAS DE CARGA:
 FILTRO LIMPO 0,3 Kg/cm²
 FILTRO COLMATADO ATÉ 1,5 Kg/cm²

TABELA 1.2 Dimensões do Filtro Biflow da ATAG⁽³⁾, em função da vazão.

1.2.2 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMPACTA SOB-PRESSÃO

(4) FILTRÁGUA

1.2.2.1 - MISTURA RÁPIDA

É executada em uma unidade denominada Misturador Hidráulico, constituído por uma tubulação de diâmetro superior ao da tubulação de água bruta e que contém no seu interior, defletores convenientemente distribuídos e que promovem hidraulicamente a dispersão dos reagentes injetados no seu interior, conforme indicado na Figura 1.5.

1.2.2.2 - FLOCULAÇÃO E DECANTAÇÃO

São realizadas em uma só unidade, denominada Floco-Decantador, conforme detalhes da Figura 1.6.

A floculação é realizada hidraulicamente em uma câmara situada anelarmente na parte inferior do Floco-Decantador por onde a água circula, passando por um sistema de chicanas (A) e saindo através de uma tubulação, para a parte inferior da câmara principal de decantação, onde se forma o "manto de lodos" que também melhora a floculação já em desenvolvimento.

A decantação é fracionada, obtendo-se uma separação dos flocos na câmara superior (principal) (B), saindo a água decantada por um dispositivo coletor situado no alto da unidade.

Os lodos suspensos em excesso no fluxo ascendente são coletados no nível superior do manto de lodos por uma série de

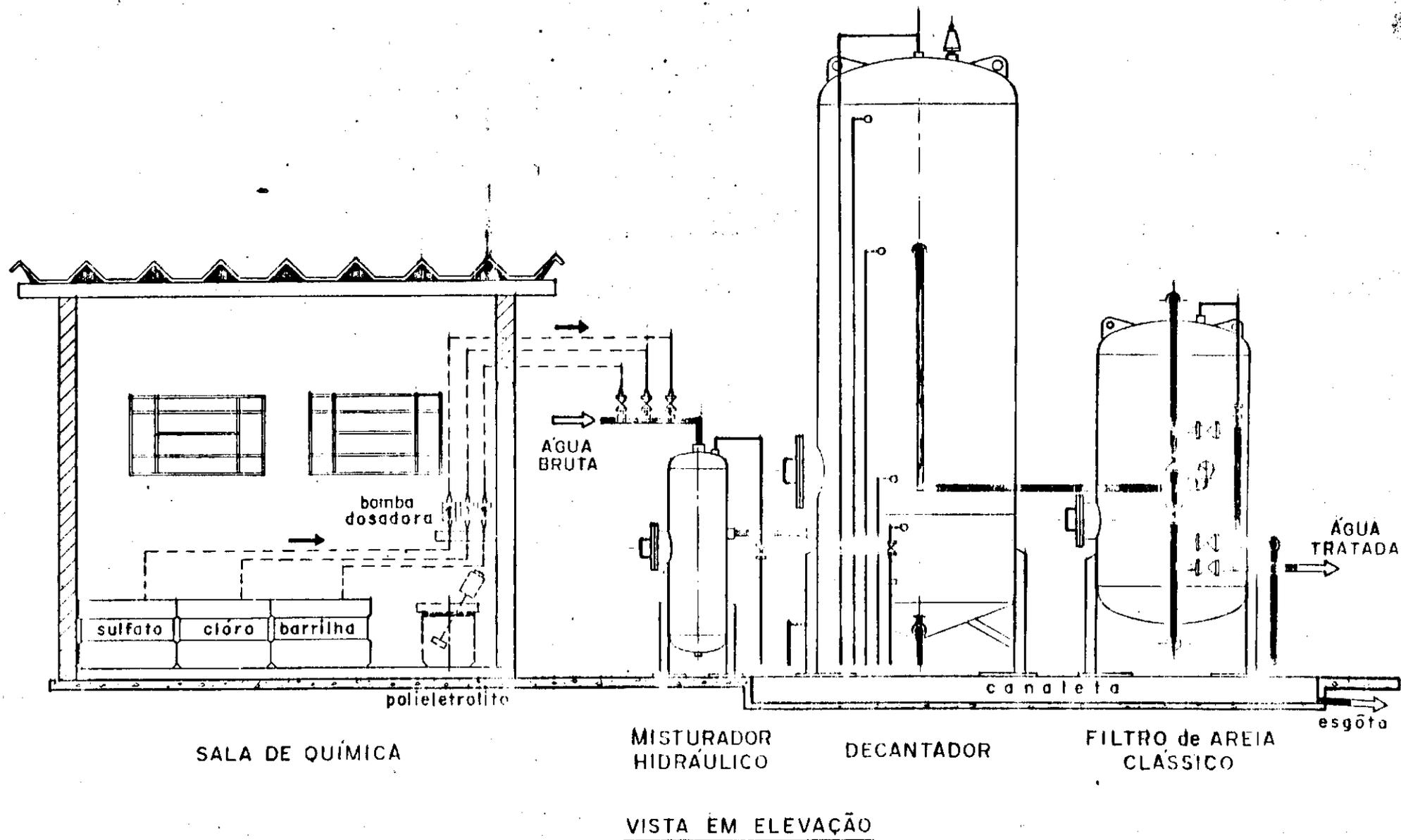


FIGURA 1.5 Desenho Esquemático de uma ETASP, modelo FILTRÁGUA (4)

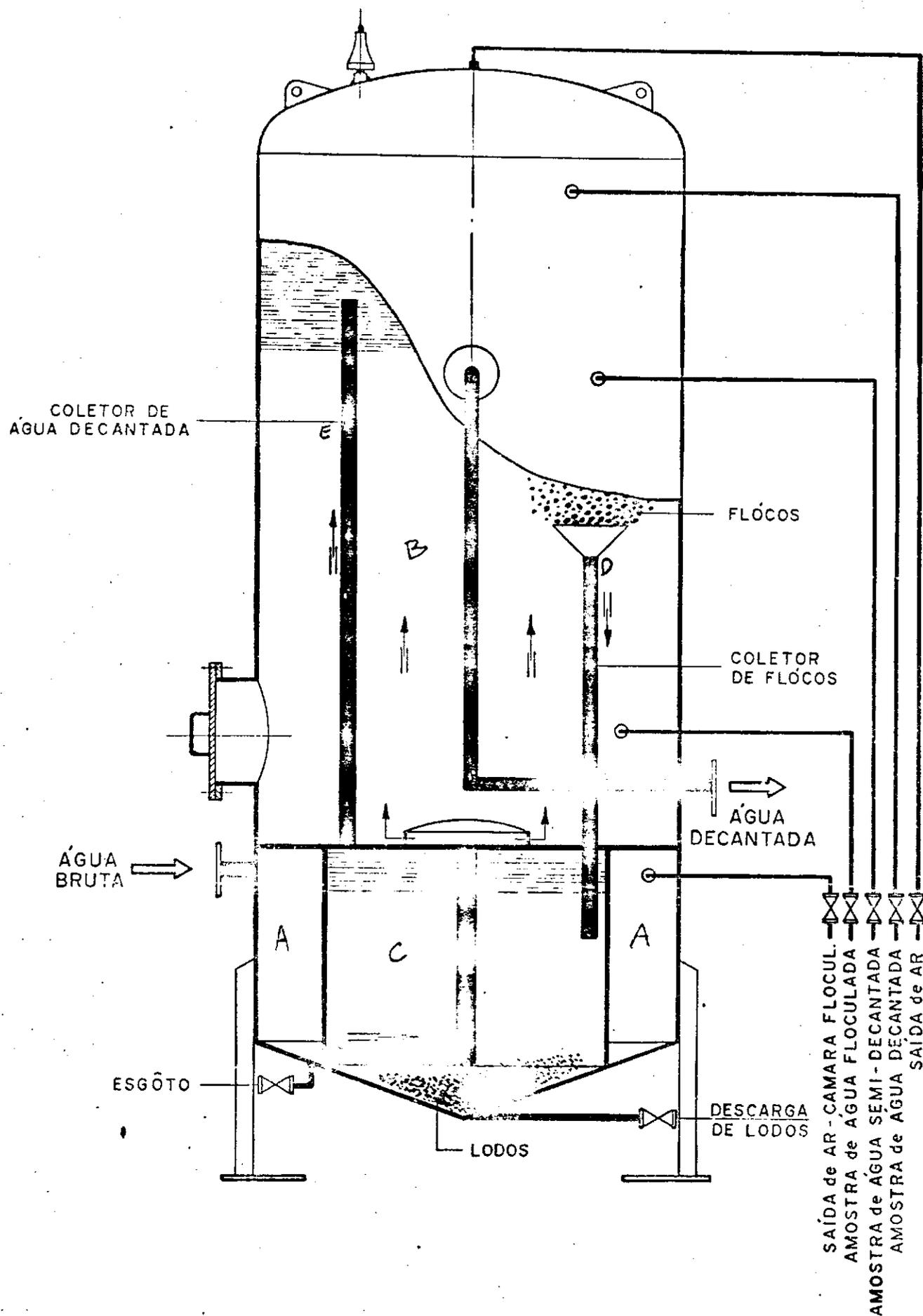


FIGURA 1.6 Corte esquemático do floco-decantador, modelo FILTRÁGUA (4)

captações (D) que os transfere hidraulicamente para a câmara inferior de sedimentação (C), onde outra decantação se processa, sendo a água aí clarificada levada a juntar-se à água decantada na câmara superior, através da tubulação (E).

Esta câmara inferior, também chamada de espessamento de lodos, é periodicamente descarregada ou aliviada.

O tempo de decantação no clarificador é de 15 a 20 minutos e a perda de carga no mesmo é de aproximadamente 6 m.c.a.

1.2.2.3 - FILTRAÇÃO

A filtração é do tipo rápida e consta de três modelos básicos: de ação simples (sentido de filtração clássico, ou seja, o fluxo de água é de cima para baixo ou da camada de granulometria mais fina para a mais grossa) e leito de areia; de ação simples e leito misto (areia e antracito); e de dupla ação, semelhante ao Biflow descrito no modelo ATAG⁽³⁾. O fundo falso dos filtros é dotado de distribuidores especiais que dispensam emprego de camadas suportes de seixos de diversas granulometrias. É recomendada sua lavagem (em contra corrente), quando a perda de carga no mesmo atingir valores entre 2 a 3 m.c.a.

1.2.3 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMPACTA SOB-PRESSÃO

BARBARÁ-DEGREMONT⁽⁵⁾

1.2.3.1 - MISTURA RÁPIDA

É executada na própria tubulação de recalque de água

bruta, próximo da entrada do Floco-Decantador, onde a agitação existente, devido ao escoamento turbilhonar da água, promove a homogeneização dos reagentes.

Opcionalmente, a firma oferece também um misturador hidráulico semelhante aos descritos anteriormente (FILTRÁGUA)⁽³⁾.

1.2.3.2 - FLOCULAÇÃO E DECANTAÇÃO

São realizadas em uma só unidade, denominada Floco-Decantador ou Decantador Dinâmico Circulator, Figura 1.7.

A Floculação é realizada hidraulicamente da seguinte forma: a água aduzida pela parte inferior, passa por um hidro-ejetor que está situado no interior de um cilindro de reação (A) que por sua vez está localizado na parte do decantador onde se acumula o lodo. Desta forma, parte do lodo é arrastada pelo hidro-ejetor e junta-se à água admitida, para auxiliar a floculação.

Em seguida, a água sobe através de um tubo vertical até a parte superior da unidade e desce por um outro tubo vertical (B) de maior diâmetro e que "veste" o primeiro, formando uma espécie de chicana cilíndrica.

Finalmente, a água, após este percurso, sai pela parte inferior deste último tubo, para iniciar o processo de decantação.

A Decantação é obtida na câmara principal (C) de fluxo vertical e a água então clarificada é coletada na parte superior através de dispositivo adequado.

No trajeto vertical, forma-se também um manto de lodos

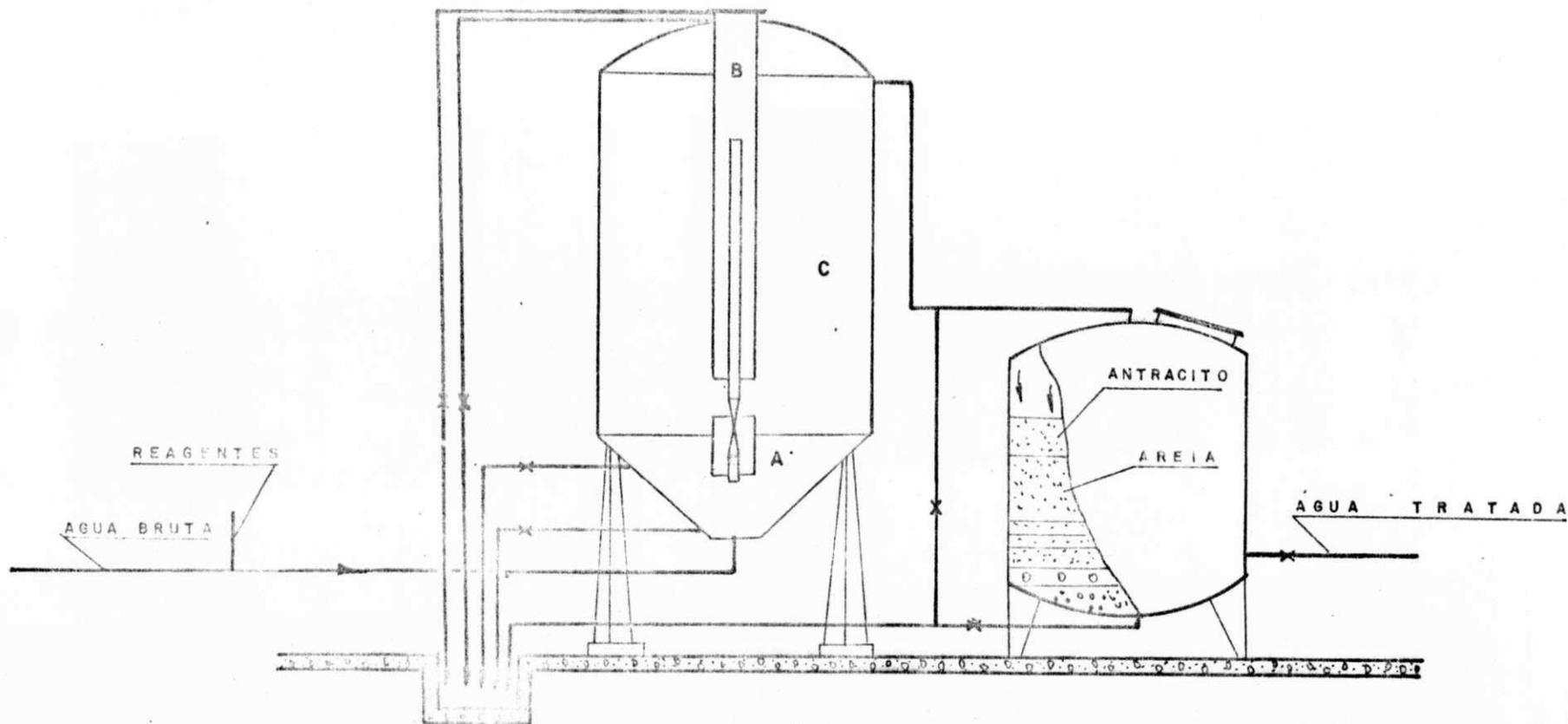


FIG. 1.7 - CORTE ESQUEMÁTICO DO FLOCO DECANTADOR CIRCULATOR E FILTRO BARBARA'-DEGREMONT (5)

que completa a floculação e facilita a decantação.

As velocidades admitidas no dimensionamento destas uni
dades são de 1,5 a $4\text{m}^3/\text{m}^2$ x h.

1.2.3.3 - FILTRACÃO

É do tipo rápida, sistema clássico com leito de areia ,
de ação simples, dotado de fundo falso e distribuidores especi
ais.

É recomendado para pressão máxima de serviço de 3 kg/cm^2
e deve ser lavado quando a perda de carga atingir 7 m.c.a. O
filtro é dimensionado para taxas entre 190 a $380\text{ m}^3/\text{m}^2$. dia, de
pendendo das características da água a tratar.

1.2.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMPACTA SOB-PRESSÃO SOLANIL⁽⁶⁾

1.2.4.1 - Mistura Rápida

É executada na própria tubulação de recalque de água
bruta, próximo da entrada do Floco-Decantador, onde a agita
ção existente, devido ao escoamento turbilhonar da água, promo
ve a homogeneização dos reagentes que são introduzidos na tubu
lação através de hidro-injetor.

1.2.4.2 - Floculação e Decantação

São realizadas em uma unidade semelhante àquela já des
crita (Floco-Decantador Modelo Circulator) da Barbará-Degre -
mont⁽⁵⁾, dimensionadas com velocidades ascencionais de 2,8 a
 $5,0\text{ m}^3/\text{m}^2$ h.

1.2.4.3 - FILTRAÇÃO

É do tipo clássico com leito de areia, de ação simples, ou de leito duplo (antracito e areia), dotado de fundo falso e distribuidores especiais.

É dimensionada para taxas médias de $250 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ e recomenda-se que a lavagem seja processada quando a perda de carga atingir valores de 2 a 3 m.c.a.

1.2.4.4 - FLOCULAÇÃO, DECANTAÇÃO E FILTRAÇÃO, CONJUGADAS

O modelo mais recente de estação de tratamento sob-pressão, fabricado pela SOLANIL ⁽⁶⁾, conjuga em uma mesma unidade de estes três processos em uma instalação horizontal, Figura 1.8, onde se pode constatar:

- **Floculação:** é executada na primeira sub-câmara dotada de chicanas, sendo a água admitida pela parte superior (após adição dos reagentes) e flui pela parte inferior para a 2^a. sub-câmara.

O período de detenção é de 15 minutos, havendo dispositivos para inspeção e tomada de amostras.

- **Decantação:** é executada na 2^a. sub-câmara, em módulos tubulares inclinados de 60 graus, em P.V.C.

A água é coletada na parte superior em tubos perfurados que a conduzem para a 3^a. sub-câmara.

Ressaltamos aqui que esta é a única ETASP que

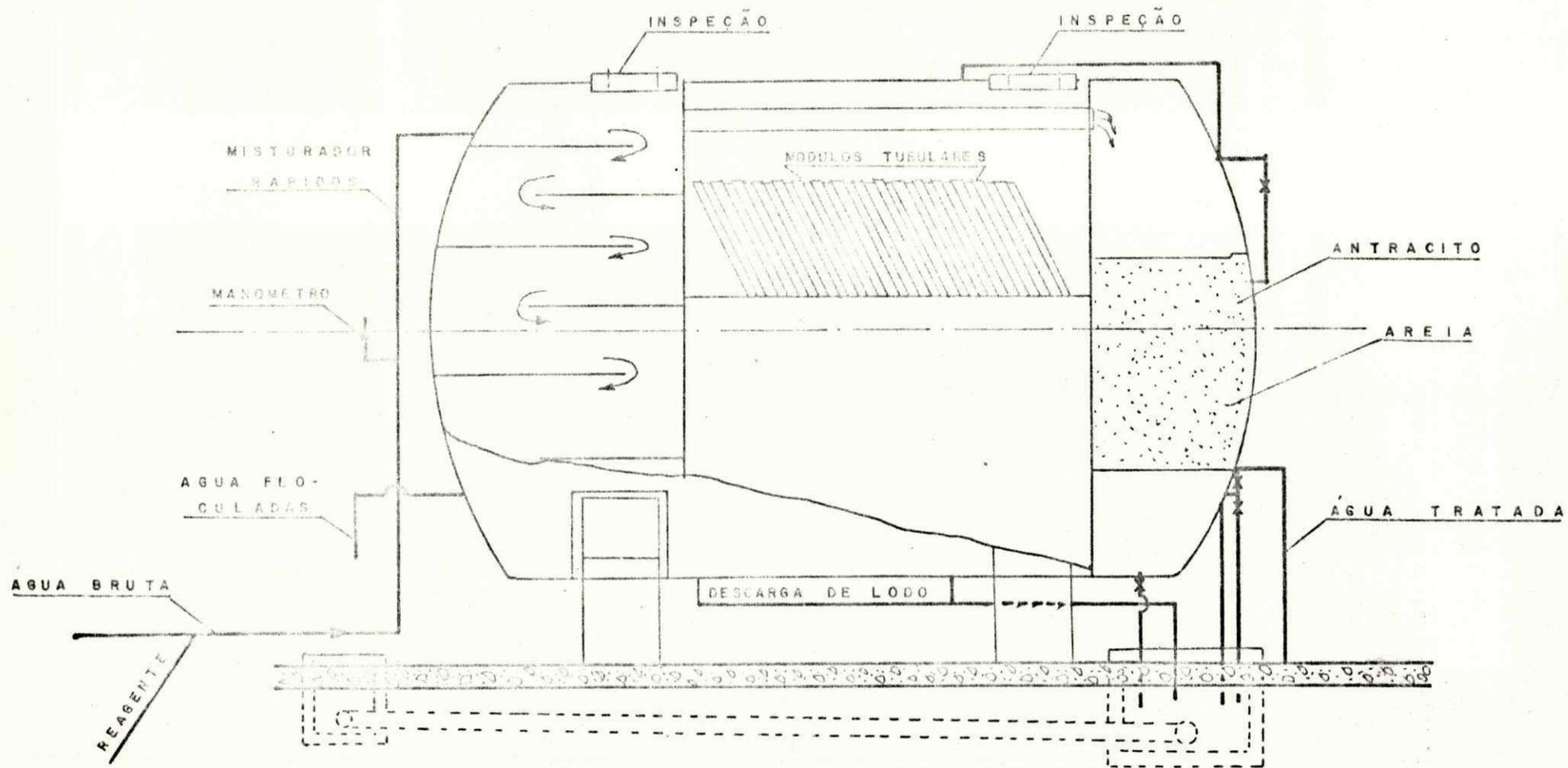


FIG. 1.8 - CORTE ESQUEMATICO DA ETASP
COM DECANTAÇÃO LAMINAR SOLANIL. (6)

utiliza a decantação laminar ou de alta taxa .
Seu dimensionamento obedece às taxas de decantação avançadas, ou seja, em torno de $120\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

- **Filtração:** é executada na 3^a. e última sub-câmara, onde se localiza o filtro rápido do tipo clássico fluxo descendente e leito duplo (antracito e areia) com fundo falso e lavagem em contra-corrente.

1.2.5 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMPACTA SOB-PRESSÃO

FILSAN (7)

1.2.5.1 - MISTURA RÁPIDA

É efetuada em um misturador hidráulico que opera por estratificação progressiva, mediante divisão sucessiva das correntes do fluido e sua reunião cruzada, utilizando para tal apenas o movimento do mesmo, através de bolas de vidro colocadas em um cilindro de dimensão superior à tubulação de água bruta.

1.2.5.2 - FLOCULAÇÃO E DECANTAÇÃO

São realizadas em uma unidade semelhante àquela já descrita (Floco-Decantador Modelo Circulator) da Barbará-Degremont (5), Figura 1.7.

São fabricadas em dois modelos básicos: ITAL e ITAC, di

mensionadas com taxas de 6 e 3 m³/m² x h, respectivamente. A perda de carga nestas unidades é de aproximadamente 6.m.c.a.

Recomenda-se a utilização do modelo ITAL para águas com cor menor que 100 mg/l, turbidez menor que 200 mg/l, ferro menor que 2 mg/l e oxigênio consumido menor que 5 mg/l.

O modelo ITAC pode operar com água com teores mais elevados, já que é dimensionado com taxas inferiores.

1.2.5.3 - FILTRAÇÃO

É do tipo rápida, sistema clássico, com leito duplo (areia e antracito), dotado de fundo falso e distribuidores especiais.

Recomenda-se que a lavagem seja processada, quando a perda de carga atingir valores de 2 a 3 m.c.a.

É dimensionada para taxas médias de 240 m³/m² x dia.

1.2.6 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMPACTA SOB-PRESSÃO HIDROTEC (8)

1.2.6.1 - MISTURA RÁPIDA

É efetuada em um misturador hidráulico instalado imediatamente a montante do Floco-Decantador.

1.2.6.2 - FLOCULAÇÃO E DECANTAÇÃO

São realizadas em uma unidade semelhante àquela já des

crita (Floco-Decantador Modelo Circulator) da Barbará-Degremont (5), Figura 1.7.

O Floco-Decantador é dimensionado para período de detenção de 15 minutos e é dotado, como os demais, de tubulações para coleta de amostras, expurgo de ar e esgoto.

1.2.6.3 - FILTRAÇÃO

É do tipo rápida, sistema clássico, com leito simples (areia) ou duplo (antracito e areia), dotado de fundo falso e distribuidores especiais.

São dimensionados, os de leito simples, para taxas de 180 a 240 m^3/m^2 x dia, Tabela 1.3.

Recomenda-se sua lavagem, quando a perda de carga atingir 3 m.c.a, sendo a velocidade da água na lavagem de 0,6 a 0,9m/minuto. A duração da lavagem é estimada entre 10 a 15 minutos.

1.2.7 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMPACTA SOB-PRESSÃO TECNORTE (9)

1.2.7.1 - MISTURA RÁPIDA

É efetuada na própria tubulação de recalque de água bruta, próximo da entrada do Floco-Decantador, onde a agitação existente, devido ao escoamento turbilhonar da água, promove a homogeneização dos reagentes que são introduzidos na tubulação através de hidro-injetor.

TABELA 1.3 DIMENSÕES DO FLOCO-DECANTADOR E FILTROS DA HI DROTEC⁽⁸⁾, EM FUNÇÃO DA VAZÃO

FLOCO DECANTADOR

MÓDELO	VAZÃO m ³ /h	DIMENSÕES MM.			TUBULAÇ. DIÂMETRO	PESO DO DECANTADOR TON.
		DIÂMETRO		ALT. TOTAL		
		SUP.	INF.			
F - 80	5	800	200	3300	2"	1,7
F -100	10	1000	200	4200	2"	3,20
F -120	15	1200	300	4330	2 1/2"	4,55
F -150	25	1500	300	4630	4"	7,4
F -180	35	1800	300	4600	6"	10,6
F -200	50	2000	300	5170	6"	14,5

FILTRO DE PRESSÃO VERTICAL

MÓDELO	VAZÃO m ³ /h	DIMENSÕES MM.		TUBULAÇÃO DIÂMETRO	PESO DO FILTRO (TON:)
		DIÂMETRO	ALT. TOTAL		
V- 50	2,00	500	1820	1 1/2"	0,64
V- 80	5,00	800	1930	2"	1,57
V-100	8,00	1000	2000	2"	2,56
V-130	13,00	1300	2100	2 1/2"	3,88
V-150	18,00	1500	2150	3"	5,97
V-170	24,00	1700	2250	4"	7,88
V-190	30,00	1900	2350	4"	10,13
V-210	36,00	2100	2400	6"	12,61
V-230	42,00	2300	2500	6"	15,55

FILTRO DE PRESSÃO HORIZONTAL

H-286	45,00	2300	2860	6"	17,4"
H-307	50,00	2300	3070	6"	18,15
H-390	70,00	2300	3900	8"	23,5
H-481	90,00	2300	4810	8"	28,8
H-612	120,00	2300	6120	8"	31,8

1.2.7.2 - FLOCULAÇÃO E DECANTAÇÃO

São realizadas em uma unidade semelhante àquela já descrita (Floco-Decantador Modelo Circulator) da Barbará-Degremont⁽⁵⁾, não possuindo, entretanto, o hidro-ejetor que proporciona a recirculação do lodo, existente no modelo da Degremont.

O modelo é dimensionado para período de detenção de 15 a 20 minutos e possui, como os demais, tubulações para coleta de amostra de água, expurgo de ar e esgotos.

1.2.7.3 - FILTRAÇÃO

É do tipo rápida, sistema clássico, com leito simples (areia) ou duplo (antracito e areia), dotado de fundo falso e distribuidores especiais.

São dimensionados, os de leito simples, para taxas de 180 a 220 m³/m² x dia e os de leito duplo, para taxas de 220 a 320 m³/m² x dia.

1.2.8 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMPACTA SOB-PRESSÃO ICOMACEDO⁽¹⁰⁾ e HIDROTEC⁽⁸⁾

Esta estação é um modelo diferente das demais descritas até aqui (compostas de uma unidade de Floco-Decantação e outra de Filtração) e não constitui matéria de nossa pesquisa, uma vez que este modelo está divulgado na literatura técnica nacional em Azevedo Netto et alii⁽¹¹⁾ e já foi objeto

de pesquisa de Di Bernardo (12).

No entanto, por se tratar de uma ETA compacta sob-pres_ão e adotar o princípio de floculação em leito granular (tipo filtro russo), resolvemos apresentar também um resumo do seu funcionamento, segundo os catálogos destes dois fabricantes (10,8) que as industrializam, Figura 1.9. Esta estação é conhecida como super-filtro.

O super-filtro é compreendido por dois filtros conjugados, funcionando em série. O primeiro, na parte inferior, de fluxo ascendente, é composto de camada suporte com 35 cm de espessura e leito de contato com 1,50m de espessura, com areia de tamanho efetivo entre 0,75 e 0,85mm e coeficiente de uniformidade inferior a 2,0. O segundo, localizado na parte superior e separado do primeiro por uma chapa de aço, é um filtro rápido, tipo clássico.

Dessa forma, a água, admitida pela parte inferior da unidade, atravessa de baixo para cima o leito de contato, onde se verifica a floculação, decantação e uma pré-filtração.

Em seguida, sai da unidade, em tubulação, e é admitida pela parte superior onde se encontra o filtro rápido, e sofre a filtração clássica.

Seu dimensionamento é feito com taxas de aplicação entre 120 e 150 m³/m² x dia, podendo a lavagem das unidades (em contra-corrente e com taxas de 1.000 m³/m² x dia) ser feita simultaneamente das duas unidades.

Esta estação é recomendada para tratar água com até 160 UJ de turbidez.

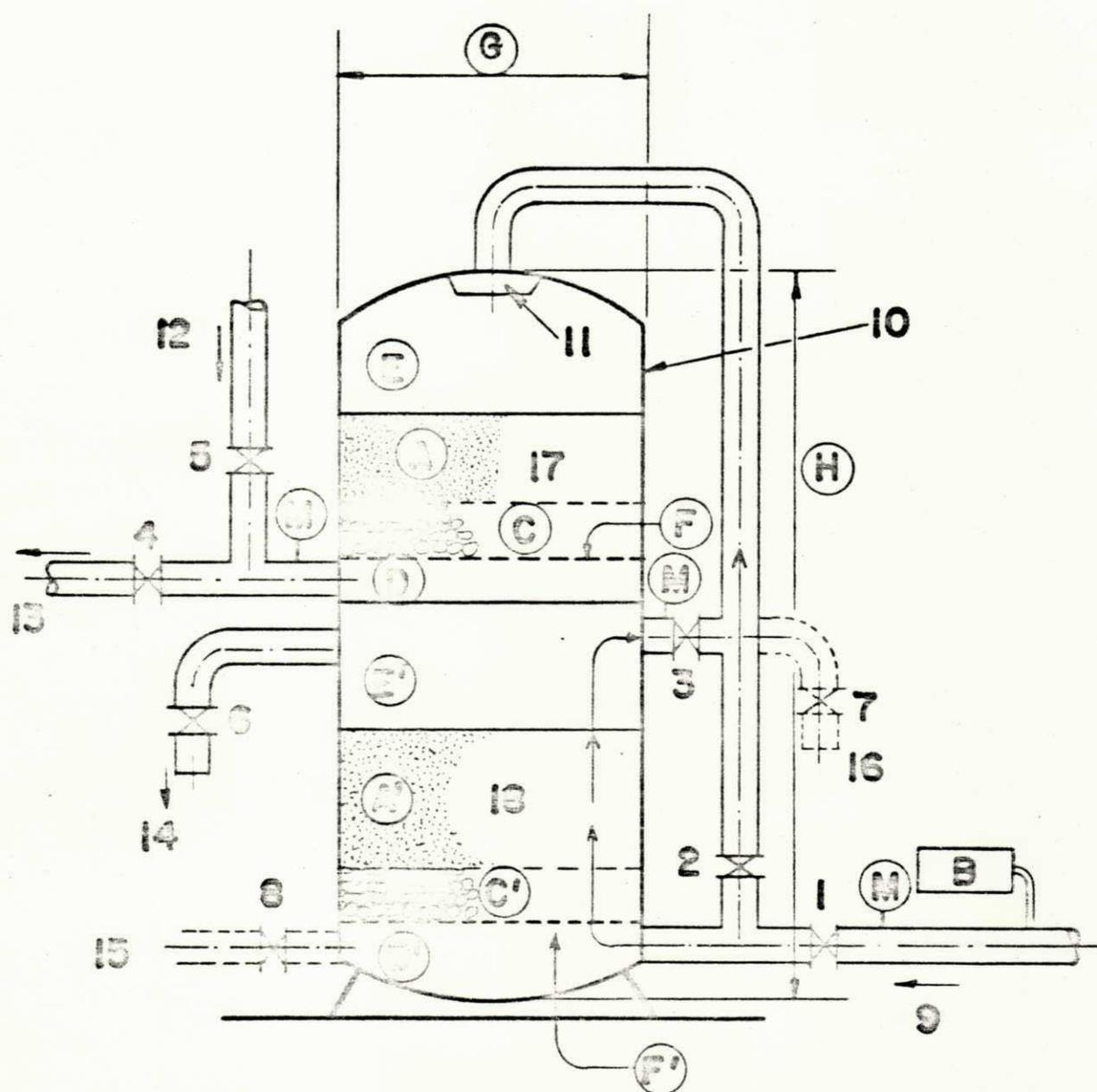


FIGURA 1.9 COPTE ESQUEMÁTICO DO SUPERFILTRO, COM
 FORME MODELO DOS FABRICANTES ICOMACE-
 DO⁽¹⁰⁾ E HIDROTEC⁽⁸⁾

1.2.9 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA SOB-PRESSÃO CLARITEC⁽¹³⁾

1.2.9.1 - FILTRAÇÃO

Outro modelo de filtro de pressão encontrado é o de lavagem automática de Claritec. Este filtro, dotado de leito normal, tem sua lavagem realizada automaticamente através de um sifão que é disparado, quando a perda de carga no leito atinge um valor pré-fixado. São filtros totalmente automáticos que não requerem para o seu funcionamento a intervenção de operadores ou de instrumentos. Não conseguimos maiores detalhes a seu respeito, além do esquema a seguir, Figura 1.10 . Não temos informações sobre o floco-decantador deste fabricante.

Em relação a estes filtros automáticos, vale ressaltar que a Degremont⁽¹⁴⁾ os relaciona como de sua linha normal de fabricação. .

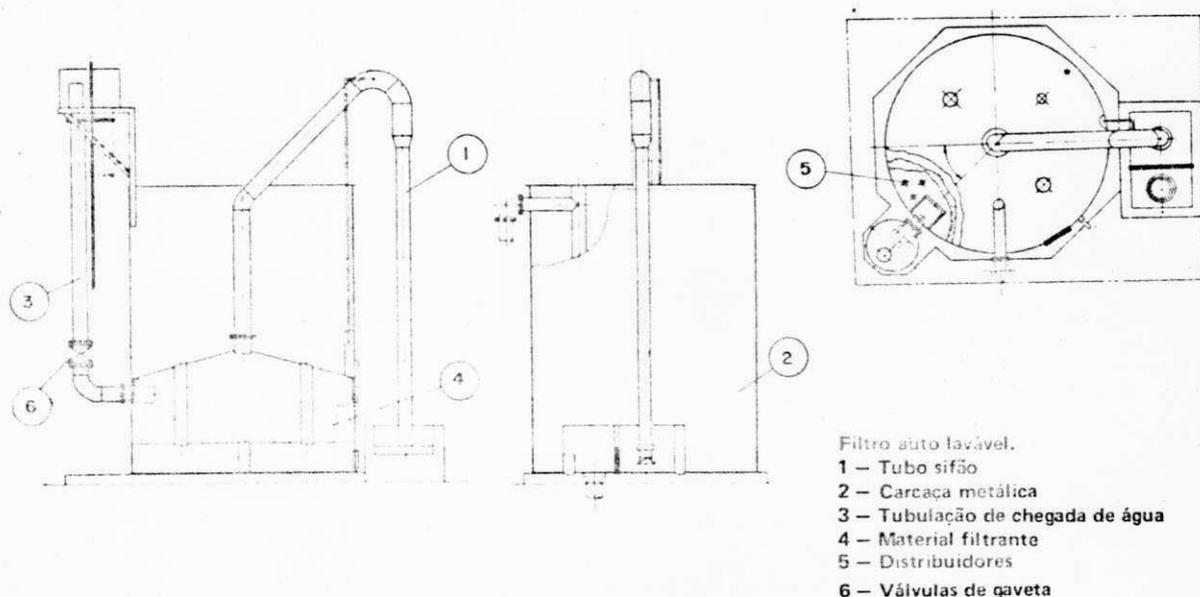


Figura 1.10 - Corte Esquemático do Filtro Auto-Lavável da CLARITEC

1.3 - COMENTÁRIOS SOBRE AS ETASPs INDUSTRIALIZADAS

Como se pode constatar, a partir das informações dos fabricantes destas estações, elas são constituídas basicamente das seguintes partes:

1.3.1 - MISTURA RÁPIDA

Unidade onde se adicionam os produtos químicos e se processa a mistura dos mesmos com a água bruta.

Esta unidade, segundo os conceitos modernos de tratamento de água, é de grande importância no processo e deve atender aos requisitos básicos de:

- G (gradiente de velocidade) > 1.000 m/s.m.
- T (tempo de detenção) < 0,5 s.

Alguns fabricantes fornecem um pequeno tanque, em geral cilíndrico, contendo no seu interior obstáculos (pequenas chicanas ou bolas) que aumentam a turbulência da água e promovem condições melhores de mistura.

Outros apenas indicam a ligação, através de colar de tomada, da mangueira de dosagem da bomba dosadora, diretamente na tubulação de água bruta para a aplicação do coagulante.

Observa-se que o gradiente e o tempo de detenção nestas condições (ambas) são deficientes. Segundo Parlatore⁽¹⁵⁾, existem dois critérios básicos para dispersão do coagulante na água:

- distribuição do coagulante em vários pontos (o maior número possível);

- distribuição do coagulante em um único ponto.

No primeiro caso, o coagulante é colocado em contato com a massa líquida por meio de várias aplicações, de tal forma que cada ponto de aplicação seja responsável pela disseminação do coagulante em um determinado volume de água, assegurando condições para uma boa dispersão.

Este critério não leva em conta o gradiente de velocidade como um parâmetro de dimensionamento, muito embora deva existir certa agitação na massa líquida, uma vez que, na prática, não é possível existir um número muito grande de pontos de aplicação.

No segundo caso, o produto químico é aplicado em um único ponto, ficando por conta da agitação forçada a distribuição uniforme do coagulante, antes que o mesmo se hidrolise.

Este critério leva em consideração os valores de potência útil fornecida à massa líquida, ou seja, os valores do gradiente de velocidade.

O primeiro critério, embora não atenda de forma absolutamente correta às exigências para uma dispersão da forma conceituada anteriormente, constitui-se em elemento valioso para o projeto de sistema de dispersão em que se torna difícil, ou mesmo impossível, a avaliação da energia a ser consumida e/ou volume no qual tal energia se dissipa.

É o caso típico dos sistemas que utilizam o ressalto hidráulico, e dos sistemas em que a dispersão se processa por meio de difusores inseridos na própria canalização de che

gada da água bruta.

Desta forma, verifica-se que, apesar de esta mistura apresentada normalmente pelos fabricantes não ser a ideal, é perfeitamente admissível e tecnicamente viável, desde que feita com difusores convenientemente instalados.

Os produtos químicos normalmente indicados são sulfato de alumínio e carbonato de sódio ou cal hidratada.

Os dosadores em geral fornecidos são bombas do tipo diafragma ou de pistão que injetam a solução sob pressão.

Alguns fabricantes oferecem opcionalmente dosadores de "plexiglass", tipo hidro-ejetores, para pequenas dosagens.

Não vamos tecer maiores comentários sobre estes equipamentos, por se tratar de técnicas já bastantes conhecidas e não terem elas sido objeto da nossa pesquisa. No final do trabalho (ANEXO II) apresentamos alguns catálogos com detalhes destes dosadores.

1.3.2 - MISTURA LENTA OU FLOCULAÇÃO

A mistura lenta ou floculação nas ETASPs industrializadas é processada de duas formas principais: **em tubos concêntricos** (dois), colocados um por dentro do outro, ou **em câmaras especiais**, situadas na parte inferior ou central do floco-decantador, itens 1.2.1.2, 1.2.2.2 e 1.2.3.2.

Em ambos os casos, como estas unidades não apresentam as condições mínimas indispensáveis para uma boa floculação (gradiente de velocidade, período de detenção e número de

Camp), os fabricantes utilizam o procedimento de recircular o lodo e/ou fazem a água, durante a floculação, atravessar o "manto de lodo", uma vez que a decantação é vertical, originando-se uma zona onde há o encontro entre os flocos que estão decantando, e aqueles recém-formados em ascensão.

Aí se verificam algumas variações de dispositivos entre os fabricantes, com a finalidade de "controlar" o processo, limitando a quantidade de lodo produzido, seu nível dentro da unidade e a quantidade recirculada, todos procurando tirar partido desta vantagem de provocar encontro de flocos "adultos" com os recém-formados, para compensar aquelas deficiências oriundas dos valores baixos dos parâmetros citados (hidráulicos).

De fato, esta técnica (recirculação do lodo) melhora as condições de floculação, de acordo com a citação da maioria dos pesquisadores do assunto, porém não se tem um modelo matemático ou pesquisas em quantidade suficiente, para estabelecer parâmetros definidos, de tal forma que se possa com segurança dimensionar esta unidade com tempos de detenção e gradiente, muito mais baixos que os usuais.

A CETESB^(1,2), em recente projeto de norma, estabelece para floco-decantação turbulenta nas ETASPs tempo de detenção de 60 minutos no mínimo e para floculação e decantação laminar, tempos de detenção de floculação de 15 minutos no mínimo, e de decantação, de 30 minutos.

Na maioria das estações descritas (só há uma exceção - SOLANIL⁽⁶⁾), a floco-decantação é turbulenta e os fabrican

tes apresentam, em média, tempos de detenção (para as duas fases) de 15 a 20 minutos, bastante inferior àquele indicado pela CETESB.

O outro parâmetro enfocado pelo projeto de norma é a taxa de aplicação (não específica se para a floculação ou decantação, sendo na realidade tal diferenciação difícil de estabelecer para a maioria das ETASPs), que é de $4\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$ para as de regime turbulento e $8\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$ para aquelas de regime laminar.

Alguns fabricantes utilizam, para recircular o lodo, um ejetor instalado na entrada da câmara de floculação (Barbará-Degremont⁽¹⁵⁾, Solanil⁽⁶⁾, Filsan⁽⁷⁾ e Hidrotec⁽⁸⁾); outros (Atag⁽³⁾ e Filtrágua⁽⁴⁾) utilizam uma câmara de adensamento de lodo através de um tubo de comunicação entre a parte superior da câmara de decantação (nível limite do manto de lodo) e a de adensamento, que transfere o excesso de flocos para esta última, adensando-os para posterior descarregamento.

Em todos os casos (no primeiro grupo devido ao ejetor e no segundo devido às várias sub-câmaras e tubulações de interconexão existentes), a perda de carga na unidade (flocodecantador) é elevada e indicada pelos fabricantes em torno de 6 m.c.a.

1.3.3 - SEDIMENTAÇÃO

As unidades de decantação das ETASPs são de fluxo vertical e manto de lodos, algumas com tubos coletores de excess

so de lodo com captação no nível superior da camada, mas basicamente semelhantes em seu funcionamento. Aqui também, as taxas de dimensionamento usadas são geralmente muito elevadas, acima dos valores normais de dimensionamento destas unidades (taxa de aplicação e período de detenção).

O projeto de norma da CETESB^(1,2) estabelece em 60 minutos o tempo de detenção mínimo nas unidades de floco-decantação turbulentas e, no caso de decantação laminar, um tempo de detenção de 30 minutos, sendo as taxas de aplicação de $4\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$ e $8\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$, respectivamente.

A maior parte das ETASPs, item 1.3.2, ora fabricadas são de regime turbulento e os fabricantes indicam, de uma maneira geral, períodos de detenção globais (floco-decantação) entre 15 e 20 minutos, sendo a taxa de aplicação muito variada, encontrando-se valores entre 4 e até $10\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$.

Sabe-se da dificuldade para estabelecer parâmetros relativos a dimensionamento de unidades de decantação de partículas aglomeráveis, tendo em vista os vários fenômenos intervenientes no processo, além de variação das características das partículas envolvidas no mesmo.

A esse respeito, transcrevemos, a seguir, as palavras de Arboleda⁽¹⁶⁾: "La maioria de los sedimentadores se construye para la separacion de partículas aglomerables. Este fenómeno es mucho más complejo que el anterior (sedimentacion de partículas discretas), por quanto la velocidade de asentamiento Vs de los coágulos no es constante, sino creciente com el tiempo ya que estos aumentan de tamaño com la profundidad.

Por tanto la eficiencia es función no solo de la carga superficial sino también del período de detención.

Por esta razón no se han podido desarrollar expresiones matemáticas que describan este proceso em forma aceptable y por conseguinte, se recorre a ensayos experimentales."

Ainda de Arboleda⁽¹⁶⁾ transcrevemos a tabela 1.4, de onde se pode concluir que as ETASPs analisadas são constituídas das características mais simples ali constantes, como seja: o manto suspenso hidraulicamente (devido ao próprio sentido do fluxo), com pouca recirculação (e sem controle adequado da mesma), com algum controle da altura do manto (algumas têm um tubo coletor a um certo nível) e com fluxo constante.

Verifica-se então que os parâmetros de dimensionamento das mesmas não devem ser muito otimistas, considerando essas suas características.

TABELA 1.4 - Classificação dos sedimentadores de manto de lodos*

FORMA DE MANTER O MANTO SUSPENSO	SISTEMA DE MISTURA DOS LODOS	SISTEMA DE CONTROLE DA ALTURA DO MANTO	TIPO DE FLUXO
a) Hidráulica	Sem recirculação	Com vertedor de lodos	Constante
		Sem vertedor de lodos	Pulsante
b) Mecânica	Sem recirculação	Com vertedor de lodos	Constante c/separação dinâmica
	Com recirculação	Sem vertedor de lodos	Constante c/ agitação simples

* Tradução do autor

Quanto às taxas de aplicação (ou cargas superficiais), períodos de detenção e outros parâmetros, diz ainda Arbole - da⁽¹⁶⁾:

"Os sedimentadores de contacto com sólidos podem trabalhar com velocidades entre 2 - 8 cm/min ($30 - 120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$). La maioria de los equipos patenteados, sin embargo, suelen diseñarse com 4,0 cm/min ($60 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$). El tiempo de retención suele estar entre 1,0 e 1,5 horas. La concentración de sólidos en el manto varia entre el 10% e 20% del volume. La profundidad de la colcha es diferente segun el tipo de unidad y suele ser de 1 a 3m. Quanto mayor sea la altura del manto, mayor será la remocion de turbiedad". Por fim, lembramos que a intermitência na operação destas estações, que devem ser normais nas pequenas comunidades, prejudicam consideravelmente seu desempenho, devido à instabilidade do manto de lodos.

1.3.4 - FILTRAÇÃO

O parâmetro básico para dimensionamento de filtros é a taxa de aplicação, além de altura do leito, granulometria, sistema de drenagem e altura da água sobre o leito. Como a maioria dos fabricantes não especifica estes últimos (o que se constitui em uma deficiência de informações), vamos admitir uma certa uniformidade neste sentido e comentar de forma mais detalhada aquele primeiro e principal parâmetro - taxa de aplicação. Nesta taxa nota-se também uma variação muito grande entre as diversas ETASPs estudadas (entre $130 \text{ a } 420 \text{ m}^2/\text{m}^3 \text{ dia}$),

sem uma justificativa maior para tal, além de uma tendência natural para o uso de taxas situadas na faixa mais alta da variação citada. De fato, a tendência moderna é trabalhar com taxas elevadas de filtração, principalmente com a aplicação de leitos duplos (areia e antracito), porém esta atitude implica em uma sensível melhora na qualidade de água decantada, o que no caso destas ETASPs não é de se esperar que aconteça, pelo menos não de forma tão acentuada, haja vista aqueles problemas descritos para a floculação e decantação nas mesmas.

O Projeto de Normas da CETESB^(1,2) define como taxa máxima de aplicação para estes filtros; com leito duplo, o valor de $300 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ e taxa de lavagem de $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$. Evidentemente, mesmo esta taxa de $300 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ pode ser muito elevada, dependendo das características da água decantada que se obtenha. Quanto à taxa de lavagem, o valor proposto pela norma é o geralmente estabelecido, não havendo maiores comentários a fazer.

Finalmente, para os casos de simples filtração, utilizáveis para água com baixos teores de cor e turbidez (recomenda-se menor que 50 mg/l), o projeto de normas da CETESB^(1,2) prevê taxa de aplicação de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$.

A utilização de bocais especiais tem permitido aos fabricantes: reduzirem bastante a camada suporte, o que proporciona uma economicidade maior destas unidades.

1.3.5 - UNIDADES DE CONTROLE

1.3.5.1 - Perda de Carga: normalmente são fornecidos ma

nômetros para instalação no afluente e efluente da ETASP e do filtro em particular, para indicação da perda de carga. Queremos apenas salientar que estes manômetros, quando instalados ao tempo desgastam-se muito rapidamente.

1.3.5.2 - Controle de Vazão: de uma maneira geral, os catálogos dos fabricantes de ETASPs não indicam elementos para controle (indicação e regulagem) de vazão, podendo, no entanto, ser aplicados diversos dispositivos, como sejam:

- Para indicação: rotâmetros, macromedidas tipo Woltmans ou similares.
- Para regulagem: regulador de vazão tipo Venturi.

Sobre a regulagem de vazão, lembramos que para pequenas variações de altura manométrica na bomba de recalque, provocadas pela perda de carga nos filtros da ETASP, escolhendo-se conjuntos motor-bomba com curva característica adequada, praticamente pode-se dispensar este regulador, uma vez que a própria bomba absorve esta variação sem alterar de forma significativa a vazão recalçada.

1.3.5.3 - Controle de qualidade da água: para o controle de qualidade da água (bruta, decantada e filtrada) são indicadas tubulações auxiliares, providas de registro, que permitem a coleta de amostra em pontos convenientes.

Há ainda outras tubulações complementares destinadas a expurgo de ar e esgotamento, sobre as quais não há maiores comentários a fazer.

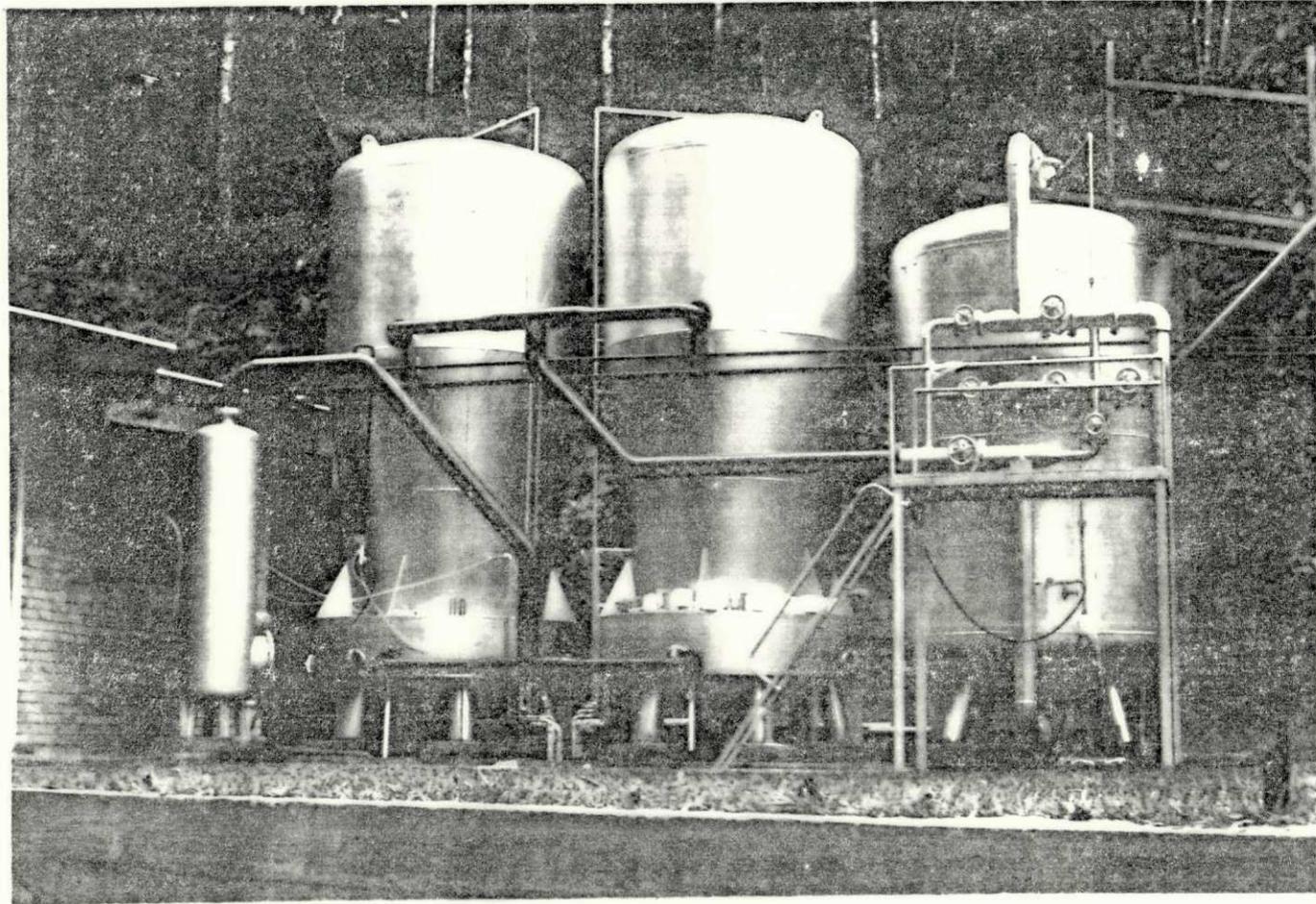


FIGURA 1.11 ETASP ATAG⁽³⁾ 100 m³/h
INDUSTRIA TEXTIL HERING
BLUMENAU - SC.

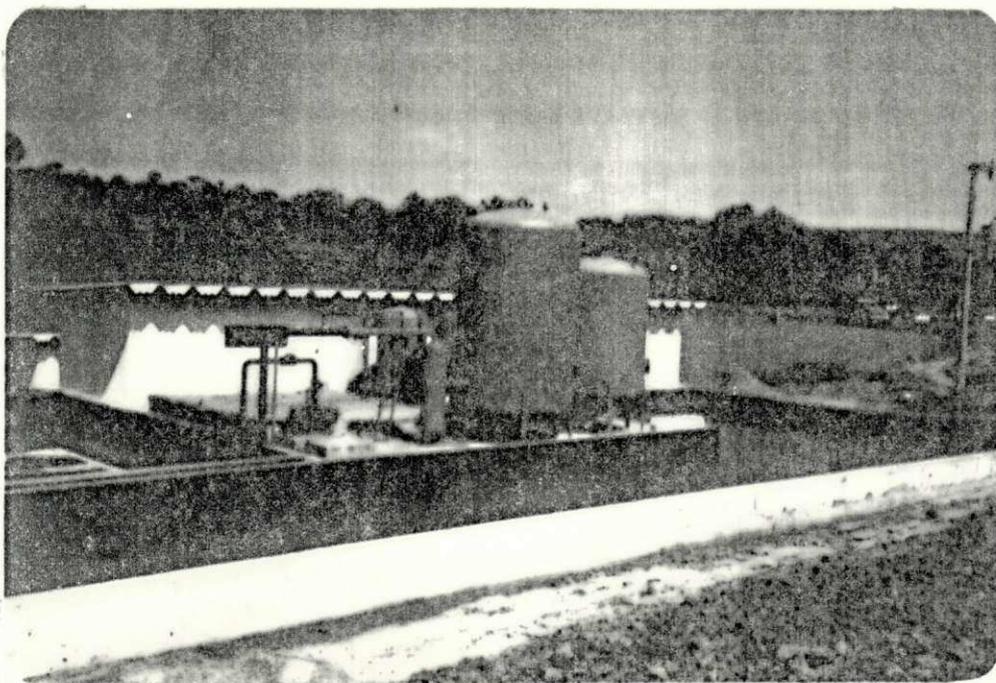
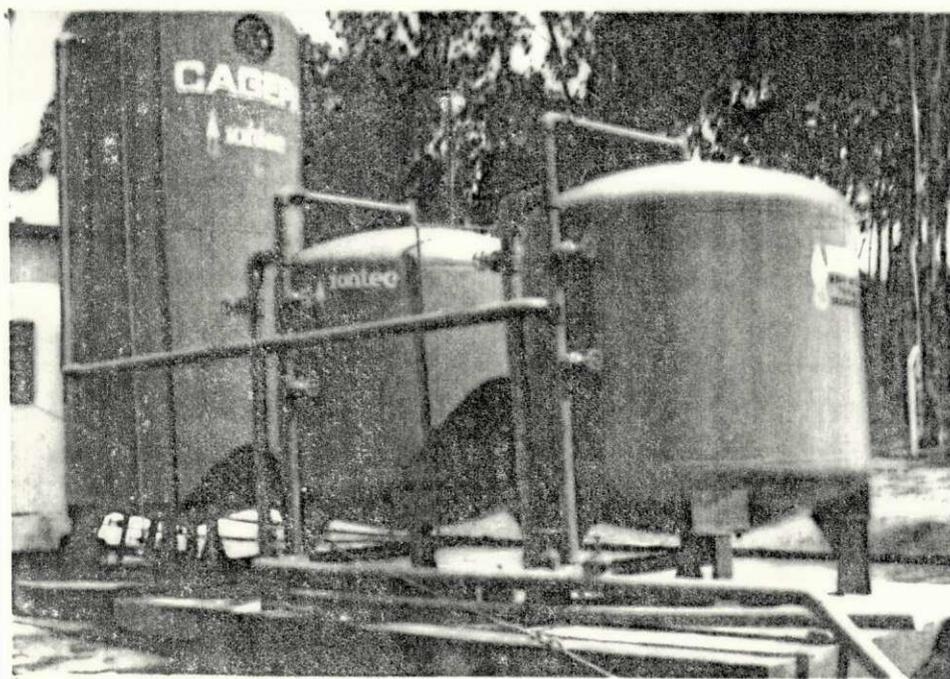


FIGURA 1.12 ETASP FIL
TRAGUA ⁽⁴⁾ 100 m³/h -
DESTILARIA AUTÔNOMA DE
ÁLCOOL - DANISA
PARANÁ - PA.

FIGURA 1.13 ETASP TECNORTE ⁽⁹⁾
45 m³/h - RIO TINTO - PB



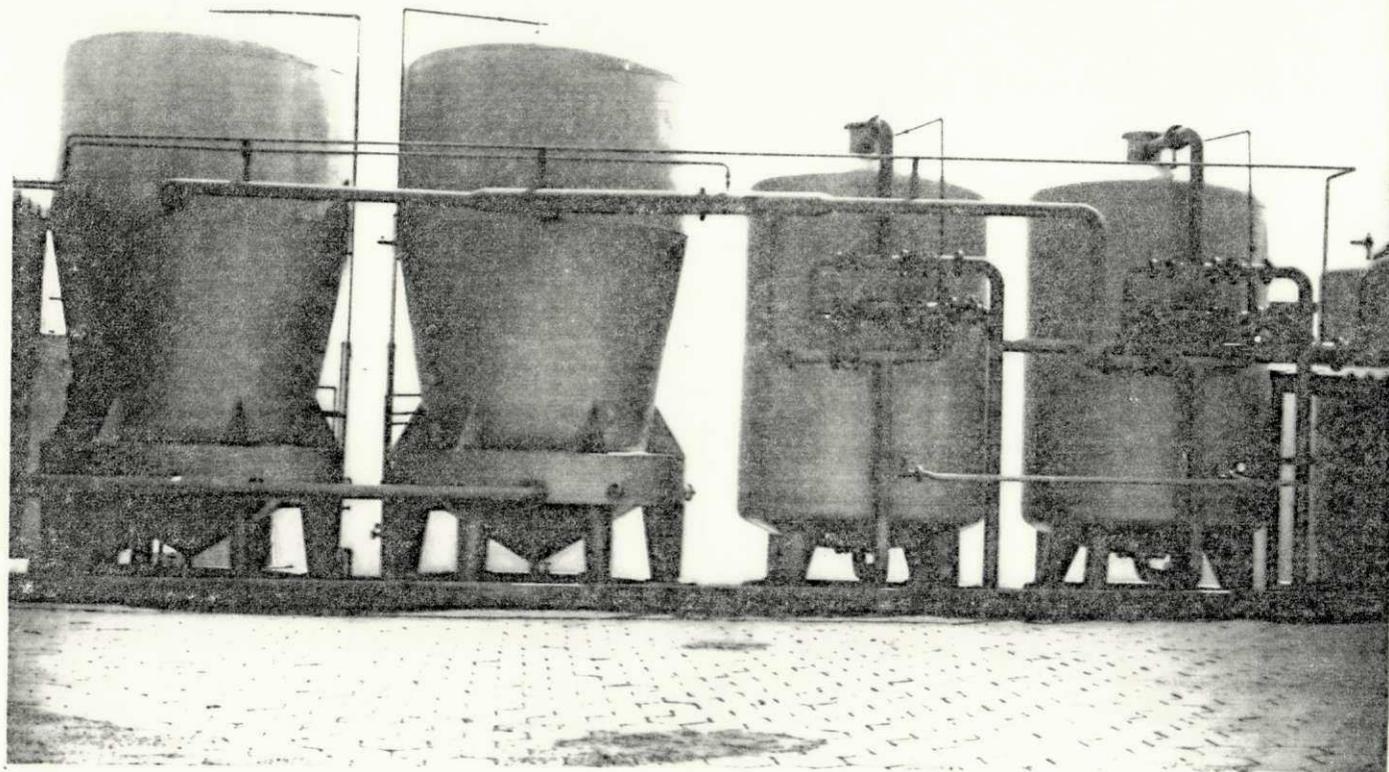


FIGURA 1.14 ETASP ATAG⁽³⁾ 150 m³/h
ADAMAS DO BRASIL S.A.

CAPÍTULO II

A ETASP PROPOSTA

2.1 - CONCEPÇÃO BÁSICA DO MODELO PROPOSTO

As ETASPs industrializadas, principalmente no que se refere à unidade de floco-decantação, apesar de utilizarem os princípios básicos existentes sobre o assunto e justificando-se sobretudo nas condições criadas através do chamado "manto de lodo", adotam parâmetros (taxas de aplicação, períodos de detenção e gradientes) muito distintos daqueles consagrados pela experimentação nas ETAs convencionais.

Isto leva as ETASPs, apesar de se tornarem competitivas do ponto de vista econômico, a frequentes críticas de de sempenho, principalmente quando empregadas para tratamento de águas com características de cor e turbidez mais elevadas e variáveis.

Convencidos dessas premissas, projetamos uma ETASP, uti lizando os princípios de dimensionamento de ETAs com novas técnicas, com seus parâmetros respectivos, introduzindo apenas

um aspecto desenvolvido recentemente que se refere à floculação em leito de seixos. O que existe de original de fato neste modelo, diz respeito apenas à "arrumação" destas unidades (floculação em leito granular grosseiro e decantação acelerada) em uma unidade sob-pressão.

O esquema ao lado Figura 2.1, mostra a concepção da ETASP:

- Entrada da água bruta pela parte inferior após receber o coagulante, em uma unidade normal de mistura rápida, a través de um difusor colocado na tubulação de adução da água bruta.

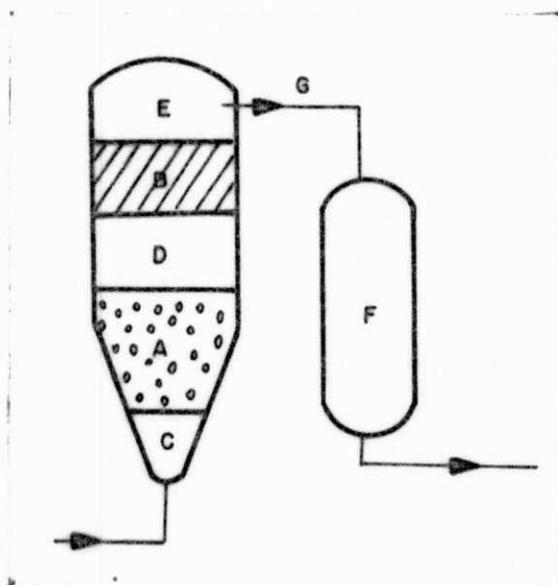


Figura 2.1 - Corte esquemático do modelo proposto.

Note-se que esta entrada dispensa o ejetor normalmente encontrado nas ETASPs, responsável por uma grande perda de carga.

Na estação piloto, como será descrito em detalhes no item 2.3, a dosagem era feita na tubulação de sucção e a mistura rápida processada no interior da bomba de recalque. A água entra pela parte inferior, que deve ser cônica, e facilita uma distribuição uniforme na câmara de floculação.

- Câmara de floculação (A) em leito granular grosseiro, sei

xos com \varnothing de 1", apoiados em uma grade de barras (C).

Esta câmara deve ser dimensionada para períodos de de tenção entre 10 e 15 minutos (na ETASP piloto ficou com 20 minutos) e com gradiente de velocidade variável (conicidade da câmara, acarretando velocidade decrescente de baixo para cima) entre 25 a $45s^{-1}$, proporcionando boas condições para floculação. Na estação piloto, como a câmara era cilíndrica, o gradiente era constante e, devido ao tamanho dos seixos ado tados, resultou um gradiente muito baixo ($8s^{-1}$) em relação ao que descrevemos.

- Câmara Intermediária (D) de transição entre a câmara de floculação e a câmara de decantação, onde se verifica também a formação do manto de lodos que deixamos como "coeficiente de reforço", uma vez que não foi levado em conta em termos de dimensionamento.

- Câmara de decantação (B) em placas paralelas com 60 graus de inclinação em relação à horizontal, 63cm de comprimento e 3,7 cm de espaçamento.

Foi dimensionada para uma taxa de aplicação de $76m^3/m^2$ x dia, resultando um período de detenção de 11 min. e 48 segundos para a vazão de 100 l/h.

- Câmara de saída (E) apenas dimensionada com altura suficiente (0,50m) para evitar influência da tubulação coletora da água decantada na região das placas.

- Tubulação coletora de água decantada (G) em tubos de PVC , com 1/2" de diâmetro.

- Filtro rápido de pressão (F) com leito de areia, tipo convencional, dimensionado para 135,6 m³/m² x dia e com lavagem contra corrente.

2.2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1 - MISTURA RÁPIDA

Há dois tipos de reatores químicos, usados no tratamento de água, para mistura rápida, denominados, de acordo com os seus princípios de funcionamento⁽¹⁷⁾:

- reator de mistura completa,
- reator de fluxo de pistão.

a) Em uma unidade ideal de **mistura completa**, o influente é imediatamente dispersado em todo volume e a concentração do reagente no efluente é igual àquela do líquido misturado , Figura 2.2, sendo a cinética da reação dada pelas equações 2.1 e 2.2.

$$T = \frac{V}{Q} \quad (2.1)$$

$$T = \frac{1}{K} \left(\frac{C_o}{C_t} - 1 \right) \quad (2.2)$$

onde:

T = período de detenção, em dias

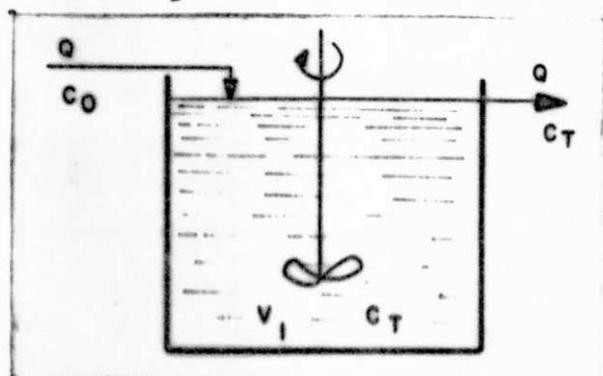
V = volume do reator , em m^3

Q = vazão influente, em m^3/dia

K - constante da reação, em dia^{-1}

C_o - concentração do reagente no influente, em mg/l

C_t - Concentração do reagente no efluente, em mg/l



A agitação necessária à mistura, promovida por equipamento mecânico com potência suficiente para fornecer ao líquido a energia exigida.

Figura 2.2 - Desenho esquemático de um reator de mistura completa.

A potência consumida é obtida através da equação 2.3.

$$P = \frac{K}{g} \rho n^3 D^5 \quad (2.3)$$

onde:

P = potência, em g.cm/s

n = rotações por segundo

g = aceleração da gravidade, em cm/s^2

ρ = densidade do fluido, em g/cm^3

D = diâmetro da palheta do agitador, em cm .

K = constante, função da forma e dimensões do tanque , tipo da hélice e sua velocidade, variando entre 2 e 7 (adimensional)

O gradiente de velocidade é calculado a partir da potên

cia consumida na câmara da mistura, de acordo com a equação 2.4.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \quad (2.4)$$

onde:

P = potência dissipada na câmara, em g, cm/s

μ = viscosidade absoluta, em poises

V = volume da câmara, em cm³.

Outro parâmetro importante envolvido no dimensionamento destas unidades é o número de Camp, calculado pela equação 2.5.

$$N = G.T. \quad (2.5)$$

sendo:

G = gradiente de velocidade, em s⁻¹

T = período de detenção, em s.

Recomendam-se valores de gradiente entre 200 e 300s⁻¹, períodos de detenção entre 15 e 30s e número de Camp entre 2250 e 7500.

b) Em um sistema ideal de fluxo de pistão, o fluxo da água percorre uma câmara alongada até se obter uma concentração uniforme do reagente.

A concentração do reagente decresce ao longo da direção do fluxo, permanecendo dentro do pistão imaginário da água, movendo-se através da câmara.

Para condições estáveis as relações entre período de detenção e concentração, são dadas pela reação cinética de

primeira ordem através da equação 2.6 e ilustração da Figura 2.3.

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{L}{v} = \frac{1}{K} \left(\log_e \frac{C_o}{C_t} \right) \quad (2.6)$$

onde:

T = período de detenção, em dias

L = extensão da câmara, em m

v = velocidade horizontal do fluxo, em m/dia

Q = vazão influente, em m³/dia

K = constante da reação, em dia⁻¹

C_o = concentração do reagente no influente, em mg/l

C_t = concentração do reagente no efluente, em mg/l

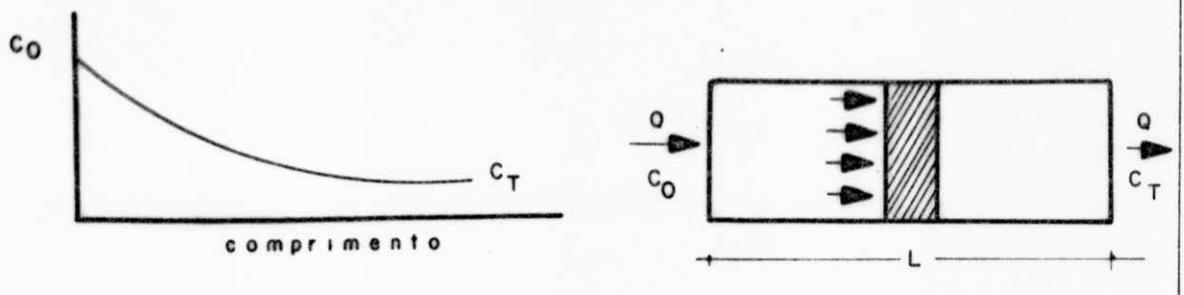


Figura 2.3 - Esquema ilustrativo da mistura rápida em reator de pistão

Os sistemas mais comuns de fluxo de pistão são:

- Ressalto hidráulico
- Calha Parshall
- Tubo Venturi
- Dispersores

Vamos descrever de forma mais detalhada apenas os disper

sores, que nos parecem os melhores para aplicação nas ETASPs, apesar de que o Venturi também se prestaria para o caso.

De acordo com Arboleda⁽¹⁶⁾ temos:

Os dispersores podem produzir uma mistura extremamente rápida dos coagulantes na água e por isso seu uso está despertando um crescente interesse.

Baseiam-se no emprego de múltiplos pontos de aplicação (conforme já comentado no capítulo 1, item 1.3.1).

Havendo um só ponto de aplicação, Figura 2.4, a solução

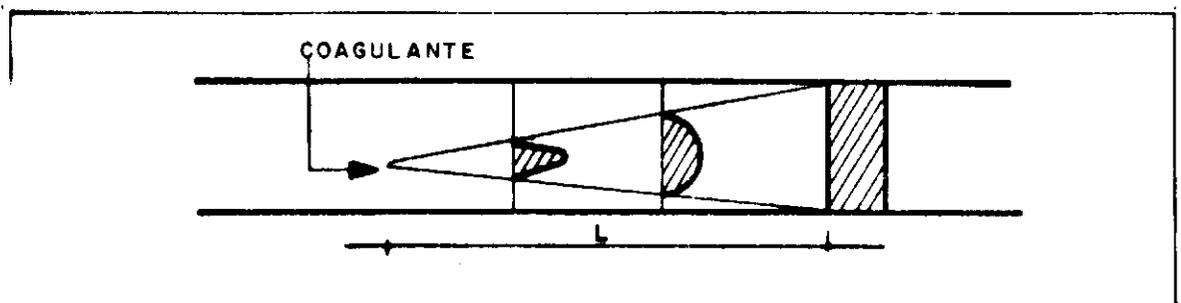


Figura 2.4 - Dispersão do coagulante para um só ponto de aplicação.

do coagulante se difunde de acordo com a velocidade do fluxo, formando um ângulo com a parede do conduto. A mistura com a água só se completa depois de uma distância L.

Se por outro lado, temos vários pontos de aplicação, o fenômeno se superpõe, Figura 2.5. e a mistura chega a ser uniforme a uma distância L muito menor que no caso anterior.

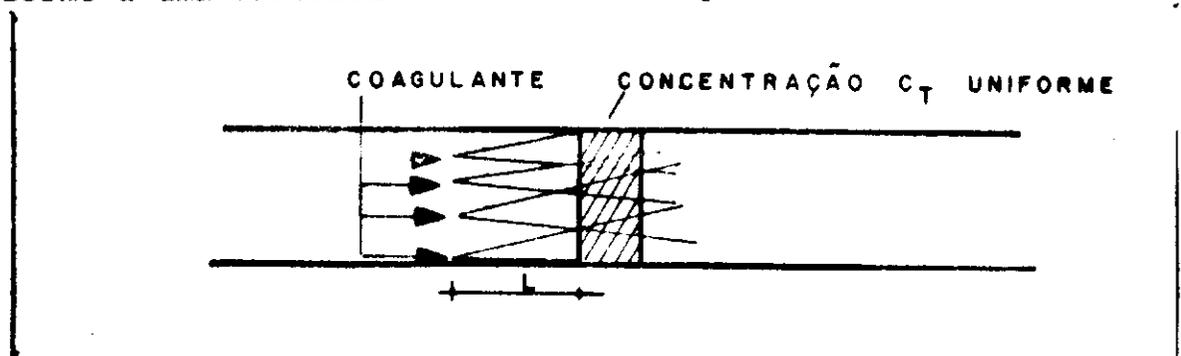


Figura 2.5 - Dispersão do Coagulante para vários pontos de aplicação.

Há vários tipos de dispersores, sendo mais comuns os constituídos por malha de tubos perfurados que se introduz na tubulação afluyente ao floco-decantador.

A perda de carga (h_p) pode ser calculada pela expressão (2.7):

$$h_p = K_L \frac{v^2}{2g} \quad (2.7)$$

sendo,
$$K_L = \frac{s^2}{(1-s)^2} \quad (2.8)$$

onde:

v = velocidade de aproximação de fluxo, em cm/s

$s = \frac{\text{área transversal dos difusores}}{\text{área total do tubo matriz}}$

h_p = perda de carga, em cm.

A potência consumida é dada por:

$$P = \gamma v \frac{h_p}{L} \quad (2.9)$$

onde:

h_p = perda de carga, em cm

γ = peso específico da água, em g/cm^3

v = velocidade média do fluxo, em cm/s

L = comprimento do trecho no qual se produz a perda de carga, em cm.

Finalmente, o gradiente é calculado pela equação (2.4).

Para estes misturadores recomendam-se gradientes entre 1.500 a 4.000 s^{-1} com perda de carga não maior que 7cm.

2.2.2 - A FLOCULAÇÃO EM LEITO GRANULAR

O dimensionamento de unidades de floculação é feito também com base em valores de período de detenção, gradiente de velocidade e número de Camp através das expressões 2.1, 2.4. e 2.5.

Observou-se⁽¹⁸⁾ que há uma discordância entre os resultados obtidos entre os Testes de Jarros e os observados nas estações de tratamento.

Isto deve-se principalmente ao fato de que os Testes de Jarros, nos aparelhos normais de uso universal, se processam sob regime laminar (número de Reynolds próximo a 2.000), enquanto nas ETAS o fluxo é turbulento.

A partir de uma análise mais profunda da expressão 2.4., através das tensões desenvolvidas entre as lâminas de corrente, Richter⁽¹⁸⁾ mostrou que a fórmula geral para gradiente seria dado pela equação (2.10.):

$$G = \sqrt{\frac{P}{(\mu + \epsilon)V}} \quad (2.10)$$

onde:

P = potência dissipada na câmara, em g.cm/s

μ = é o coeficiente de viscosidade dinâmica provocado pela tensão longitudinal;

ϵ = é o coeficiente de viscosidade virtual ou de turbulência, provocado pelo esforço cortante, considerável nos regimes turbulentos.

Portanto, aquela expressão original 2.4., de fato, seria

válida principalmente nos regimes laminares, onde seria desprezível.

Alguns trabalhos sobre a floculação em meio granular já foram desenvolvidos, como os de Sanchez⁽¹⁹⁾ e o de Badrinalh⁽²⁰⁾ e, recentemente, o de Richter⁽¹⁸⁾, onde se procura equacionar o problema e dos quais destacamos as seguintes conclusões sobre o funcionamento destas unidades, onde o fluxo é laminar:

a) o período de detenção, é dado por:

$$T = \frac{1}{KG} \log_e \frac{N_o}{N_m} \quad (2.11)$$

onde:

K = constante que depende das características físico-químicas da água e do tipo de coagulante utilizado, sendo para águas superficiais da ordem de 10^{-5} a 10^{-4} , podendo ser avaliado especificamente em ensaio de Teste de Jarros.

G = gradiente de velocidade, em s^{-1}

N_o = concentração de partículas coloidais na primeira câmara, em mg/l (pode-se considerar proporcional à turbidez inicial).

N_m = concentração de partículas (flocos) no efluente da última câmara (pode-se considerar proporcional à turbidez final), em mg/l.

Sob idênticas condições, sendo θ o tempo de floculação no ensaio dos jarros, necessário para se alcançar o mesmo resultado tem-se:

$$\theta = \frac{1}{KG} \frac{N_o}{N_m} - 1 \quad (2.12)$$

* para $m = 1$, com um único compartimento

Dividindo a equação (2.11) pela (2.12), temos:

$$\frac{T}{\theta} = \frac{\log_e \frac{N_o}{N_m}}{\frac{N_o}{N_m} - 1} \quad (2.13)$$

A equação (2.13) demonstra que o tempo necessário para flocular em um meio granular, será sempre uma fração do tempo de floculação obtido no ensaio do Teste de Jarros para um dado resultado, porque, sendo $N_o/N_m > 1$, resulta sempre:

$$\log_e \frac{N_o}{N_m} < \frac{N_o}{N_m} - 1$$

Então, concluindo, para um mesmo resultado pré-estabelecido, N_o/N_m (eficiência de um tanque de floculação), considerando-se o floculador em pedras como contendo um número de câmaras muito grande, facilmente se determina seu período de detenção, que para um fluxo laminar será sempre uma fração do tempo de floculação obtido no ensaio do Teste de Jarros.

b) O gradiente de velocidade será dado por:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \sqrt{\frac{h_p}{T}} \quad (2.14)$$

onde:

γ = peso específico da água, em kg/m^3

μ = coeficiente de viscosidade dinâmica, em kg/m.s

h_p = perda de carga, em m.

T = período de detenção, em s.

sendo a perda de carga calculada através de fórmulas conhecidas, ou medida diretamente.

Observe-se que, nas pesquisas que estão sendo desenvolvidas sobre o assunto, tem-se constatado que gradientes de velocidade bem inferiores aos aplicados nos sistemas tradicionais têm dado resultados plenamente satisfatórios.

c) O número de Reynolds, para verificação do regime, poderá ser obtido pela fórmula:

$$R = \frac{vd}{P_o \nu} \quad (2.15)$$

sendo:

v = velocidade aparente (face velocity) na câmara, em m/s

P_o = porosidade, em %

ν = viscosidade cinemática, em m^2/s

d = tamanho efetivo ou representativo dos elementos do meio granular, em m.

Observações práticas a respeito do assunto há muito vêm sendo verificadas, principalmente nos filtros de fluxo ascendente, também chamados de filtros russos e/ou clarificadores de contato, onde se realizam as três etapas do tratamento, ou seja: floculação, decantação e filtração.

No entanto, ultimamente, foram desenvolvidos alguns trabalhos no sentido de se aplicar apenas as duas primeiras fases em uma unidade, com a finalidade de clarificação (floculação e decantação), ficando a última (filtração) para uma unidade separada, em condições tradicionais.

Tal experimento é o que consta especificamente do trabalho de Sanchez⁽¹⁹⁾.

Finalmente, foram realizadas alguns estudos visando apenas à floculação em uma unidade com leito granular, ficando as duas outras fases para etapas subsequentes. Neste sentido, temos notícias de algumas estações funcionando com resultados satisfatórios⁽¹⁸⁾ e tudo leva a crer que esta solução é a melhor opção para um floculador hidráulico em uma estação de pequeno porte.

Suas vantagens, além da melhor eficiência acima demonstrada, está na facilidade operacional que oferece, assim como de construção e manutenção.

2.2.3 - A DECANTAÇÃO LAMINAR OU DE ALTA TAXA

A decantação tradicional baseia-se na teoria da sedimentação de partículas discretas (não se conseguiu ainda um modelo para partículas floculentas⁽¹⁶⁾) que é regida pelos seguintes conceitos⁽²¹⁾:

- as velocidades com que as partículas se precipitam, são resultantes do somatório vetorial da sua velocidade de sedimentação V_s com velocidade de escoamento V_e do líquido;
- as partículas que possuírem uma velocidade de sedimentação $V_s > V_o$ serão removidas, sendo V_o a velocidade da partícula crítica, isto é, de menor peso e situada na superfície do líquido, que decanta na profundidade h_o , (profundidade da zona de sedimentação), durante um tempo de detenção do líquido igual a T_o .

Conseqüentemente, tem-se:

$$v_o = \frac{h_o}{T_o} \quad (2.16)$$

sendo,

$$T_o = \frac{V}{Q} \quad (2.17)$$

onde:

v_o = velocidade de sedimentação da partícula crítica ,
em m/h

V = volume da zona de sedimentação = $A h_o$, em m^3

T_o = tempo de detenção do líquido, em h

A = área da superfície da zona de sedimentação, em m^2

h_o = profundidade da zona de sedimentação, em m

Q = vazão, em m^3/h

Substituindo-se na expressão (2.16) T_o por seu equivalente, tem-se:

$$v_o = h_o \frac{Q}{Ah_o} = \frac{Q}{A} \quad (2.18)$$

ou seja:

- Nos decantadores teóricos, a velocidade de sedimentação das partículas críticas é igual ao quociente da vazão de escoamento pela área superficial do decantados, ou, mais exatamente, da zona de sedimentação.

Desta forma, os parâmetros para dimensionamento das unidades são:

a) período de detenção, com valores mais comuns entre 2 e 4 horas.

b) taxa de escoamento superficial, Equação (2.18), com valores entre 20 a 45 m^3/m^2 x dia.

- Decantadores de alta taxa:

De acordo com a teoria apresentada, se colocarmos no sedimentador uma bandeja a uma altura h menor que h_0 , poderão ser captadas partículas com velocidade v_s menor que v_0 .

Hazen⁽²²⁾ dizia a respeito em 1904:

"Como a ação de um tanque de sedimentação depende de sua área e não de sua profundidade, uma sub-divisão horizontal produziria uma superfície dupla para receber sedimentos, em lugar de uma simples, e duplicaria a quantidade de trabalho. Três daquelas sub-divisões a triplicariam e assim sucessivamente".

Esta ideia veio sendo estudada e desenvolvida lentamente ao longo dos anos.

Em 1915 se estabeleceu uma patente sobre tanques que tinham vários compartimentos horizontais.

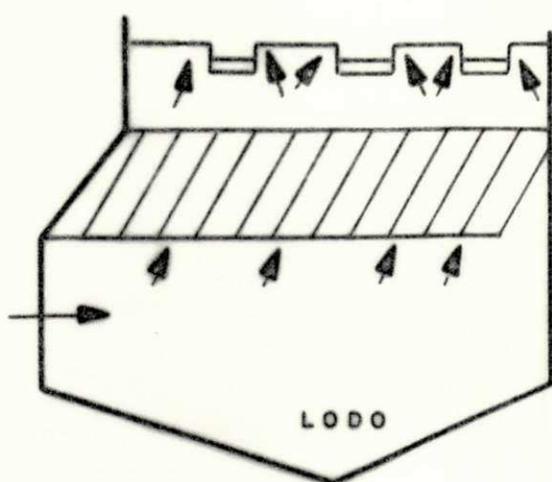
Em 1946, Camp, in Arboleda⁽¹⁶⁾ apresentou o projeto de um sedimentador com bandejas espaçadas de 15cm entre si e com um sistema mecânico de coleta de dados.

Em 1955, Fischerstrom, in Arboleda⁽¹⁶⁾ publicou um trabalho em que dizia que as falhas dos decantadores de células se deviam principalmente ao estudo deficiente das características hidráulicas do fluxo, e sugeria que se mantivesse o número de Reynolds abaixo de 500.

No entanto, permanecia ainda o problema de coleta de lo

dos nestes decantadores, devido ao pequeno espaço existente entre as placas. A solução deste problema foi apresentada por Culp, in Arboleda⁽¹⁶⁾ e seus colaboradores em 1967 e 1968, através da inclinação das placas.

Recentemente, Yao, in Arboleda⁽¹⁶⁾, publicou as bases teóricas do cálculo de decantadores de alta taxa, as quais apresentamos resumidamente a seguir.



Os sedimentadores de alta taxa consistem essencialmente em uma série de tubos circulares, quadrados ou hexagonais, ou placas planas ou ondulares paralelas, colocadas em um tanque apropriado, com um ângulo θ de inclinação de modo que a água ascende pelas células com flu

Figura 2.6 - Sedimentador de alta taxa.

Isto permite cargas superficiais entre quatro a dez vezes maiores que as usadas nos decantadores convencionais, ou seja, entre 120 a $300 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$.

Os períodos de detenção são normalmente menores que 10 minutos e se obtém um fluxo mais estável que o dos decantadores clássicos.

O parâmetro que caracteriza o comportamento ou a performance dos decantadores de alta taxa, segundo Yao, in Arboleda⁽¹⁶⁾ é dado pelo valor S , definido da seguinte forma e ilustrado na Figura 2.7.

$$S = \frac{V_s}{V_o} (\sin \theta + L \cos \theta) \quad (2.19)$$

onde:

S = constante para cada tipo de decantador

V_s = velocidade de sedimentação da partícula suspensa ,
em m/s

V_o = velocidade média do fluxo, através do sedimentador,
em m/s

$L = \frac{l}{e}$ comprimento relativo

l = comprimento das células, em m

e = espaçamento entre as células, em m

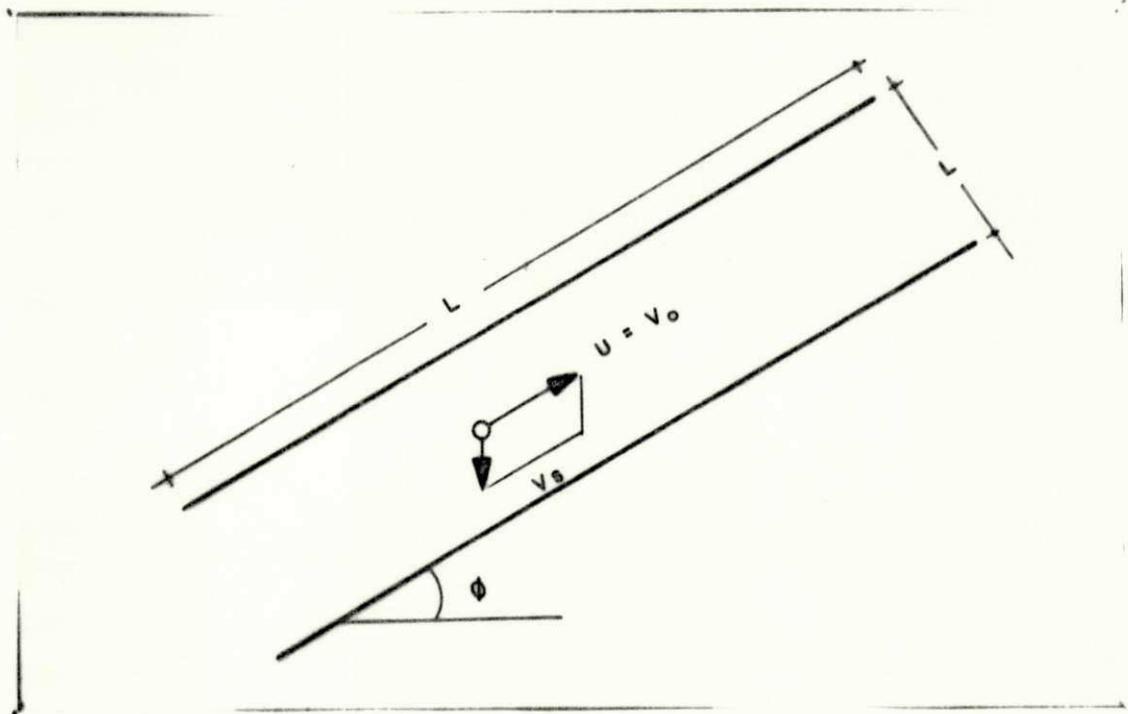


Figura 2.7 - Composição de velocidade na sedimentação de alta taxa.

Para cada fluxo existe um valor crítico de S chamado S_c . De acordo com este modelo, qualquer partícula suspensa com valor de S maior ou igual a S_c seria removi-

da. O valor de S_c para tubos circulares é $4/3$, para tubos quadrados $11/8$ e para placas paralelas é 1 .

A velocidade crítica pode achar-se através da seguinte equação:

$$V_{s_c} = \frac{S_c V_o}{\text{sen } \theta + L \text{ Cos } \theta} \quad (2.19)$$

A carga superficial ou taxa de aplicação obtida em m^3/m^2 x dia será:

$$q = \frac{864 S_c V_o}{\text{Sen } \theta + L \text{ Cos } \theta} \quad (2.20)$$

Para o caso em que $\theta = 0$, tem-se:

$$L = \frac{1}{\text{cos } \theta} \cdot \frac{864 S_c V_o}{q} - \text{sen } \theta \quad (2.23)$$

O comprimento relativo L depende de fatores econômicos, sendo seu valor ideal em torno de 20 .

O fluxo deve ser laminar, com número de Reynolds $NR = \frac{4 Rh v}{v}$, Equação 2.24, preferivelmente menor que 250 .

Por outro lado, como na entrada das células do decantador há uma zona de transição entre o fluxo turbulento e o laminar, Yao, in Arboleda⁽¹⁶⁾, sugere que se acrescente ao comprimento relativo das células, tubos ou placas inclinadas, um valor adicional de segurança.

$$L' = 0,058 \frac{V_o l}{v} \quad (2.25)$$

Então, o comprimento total das células ou placas será:

$$L_t = L + L' \quad (2.26)$$

A inclinação das células, ou seja, o ângulo θ que formam com a horizontal, é outro parâmetro que caracteriza o comportamento desses decantadores, e é importante para evitar o depósito de lodo que escorrega em direção ao fundo do tanque, misturando-se com as partículas que ascendem, ajudando também na sua desestabilização.

Levando-se em conta a eficiência e a remoção do lodo, chegou-se à conclusão experimental de que $\theta \cong 60^\circ$ é a inclinação que oferece melhores resultados práticos.

Para $\theta = 0$, o decantador trabalharia de forma semelhante aos de fluxo horizontal com bandeja, com os inconvenientes da limpeza de lodos, e para $\theta = 90^\circ$, o funcionamento seria semelhante aos de fluxo ascendente, dispensando-se a divisão celular.

2.2.4 - A FILTRAÇÃO RÁPIDA

O objetivo básico da filtração é separar as partículas e microorganismos objetáveis, que não tenham ficado retidos nos processos de coagulação e decantação.

Desta forma, verifica-se que o trabalho que os filtros desempenham, depende diretamente da maior ou menor eficiência dos processos preparatórios.

A filtração pode efetuar-se de muitas formas: com baixa taxa superficial, filtros lentos; ou com alta taxa superficial filtros rápidos; em meios porosos, pastas argilosas, papel de filtro ou em meios granulares, areia, antracito, granada ou

combinações destes; com fluxo ascendente, descendente ou misto e ainda, o filtro pode trabalhar por gravidade ou sob-pres-são.

2.2.4.1 - MECANISMOS RESPONSÁVEIS PELA FILTRAÇÃO

As partículas em suspensão que entram no filtro, são de dimensões muito variadas e de características físicas, químicas e eletroquímicas muito diversas, de tal forma que os mecanismos atuantes que as retêm no leito filtrante, também variam bastante e, segundo Arboleda⁽¹⁶⁾, podem ser classificados da seguinte forma:

a) Mecanismos que Realizam o Transporte:

- peneiramento
- sedimentação
- intercepção
- difusão
- impacto inercial

b) Mecanismos que Podem Realizar a Aderência:

- forças de Van der Waals
- forças eletroquímicas
- ponte química

Deve-se ter em conta que, devido à complexidade do fenômeno, vários mecanismos entram em ação simultaneamente para transportar e aderir os diferentes tamanhos de partículas ao meio granular.

2.2.4.2 - MODELOS MATEMÁTICOS DA FILTRAÇÃO

Não obstante os esforços realizados não se conseguiu encontrar ainda um modelo matemático que descreva com precisão o comportamento dos filtros.

Não há, até agora, uma fórmula, ou conjunto de fórmulas com as quais, assumindo-se determinados valores, se possa calcular os diferentes parâmetros que incidem no funcionamento de um filtro.

Desta maneira, os parâmetros do processo são sempre obtidos experimentalmente, apesar de que os modelos matemáticos existentes são úteis para melhor compreensão do processo, além de permitirem quantificar, de alguma forma, o trabalho e o funcionamento dos filtros.

Um grande número de autores desenvolveram expressões matemáticas que estabelecem relações entre as diferentes variáveis do processo.

Para efeito de ilustração, vamos apresentar apenas a Equação 2.27, desenvolvida por Yves in Arboleda⁽¹⁶⁾, em 1960, a partir de estudos anteriores de Iwasaki e outros in Arboleda⁽¹⁶⁾:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial L} = \left[\lambda_1 + K\sigma - \frac{\phi \sigma^2}{P_0 - \sigma} \right] C \quad (2.27)$$

onde:

λ_1 = valor inicial do módulo de impedimento

K = coeficiente empírico

P_0 = porosidade inicial do leito filtrante

σ = depósito específico. Representa o volume de partículas

las depositadas por unidade de volume do meio filtrante.

Esta é uma equação empírica que descreve a remoção de partículas, supondo, no início da filtração, os grãos limpos, e portanto $\lambda = \lambda_1$.

No decorrer do processo, os depósitos se acumulam por efeito da gravidade em cima dos grãos.

Isto implica numa melhor eficiência de remoção e λ aumenta linearmente, então: $\lambda = \lambda_1 + K \sigma$

Mas chega um determinado momento em que estes depósitos de material passam a ser prejudiciais e diminuem na proporção:

$$- \frac{\phi \sigma^2}{P_0 - \sigma}$$

$$\text{portanto: } \lambda = \lambda_1 + K \sigma - \frac{\phi \sigma^2}{P_0 - \sigma} \quad (2.27-a)$$

Observa-se que, ao diminuir a eficiência de uma determinada camada, as partículas aderem cada vez menos a ela e penetram na camada imediatamente inferior, a qual recebe a carga que a camada de cima deixou passar.

Esta segunda camada, por sua vez, colmata e transfere a carga para a seguinte, e assim sucessivamente.

A perda de carga, também um dos parâmetros importantes no funcionamento de um filtro, pode ser expressa por:

$$hf = h_0 + \psi \int_0^1 \sigma dL \quad (2.28)$$

onde:

$$h_0 = \text{perda de carga inicial}$$

ψ = coeficiente de perda de carga que depende do tipo do meio filtrante da taxa de filtração, viscosidade da água e característica da suspensão.

σ = depósito específico

L = profundidade do leito filtrante.

2.2.4.3 - FATORES QUE INFLUEM NA FILTRAÇÃO

Existe um grande número de fatores que influem na filtração entre os quais se destacam os seguintes:

- tipo de meio filtrante
- velocidade de filtração
- tipo de suspensão
- características físicas
- características químicas
- temperatura
- dureza do floco

2.2.4.4 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO FILTRO RÁPIDO SOB-PRESSÃO⁽²³⁾

Os filtros rápidos sob-pressão, são unidades metálicas cilíndricas, fechadas com calotas, nas quais a água entra pela parte superior, atravessa uma camada de areia e passa por um sistema de drenagem (seixos e canalizações ou fundo falso), sob uma pressão superior à atmosférica e, em geral, maior que 10 m.c.a.

Estes filtros têm sido empregados nos seguintes casos:

- Para filtrar, sem tratamento químico prévio. Esta prática está condicionada à qualidade da água a ser tratada (turbidez baixa, para não colmatar os filtros rapidamente, e cor reduzida para que o efluente seja aceitável).
- Para filtrar águas coaguladas sem decantação prévia. Neste caso, os coagulantes são aplicados a montante dos filtros. Também aqui, a água deve ter baixos teores de cor e turbidez. O exemplo típico é o das piscinas.
- Para filtrar águas coaguladas e previamente decantadas. É o caso mais frequente nas instalações municipais.

Estes filtros apresentam-se em dois tipos: verticais: com diâmetros de 0,40 a 3,00m e alturas de 2,0 a 2,50m. Horizontais: com diâmetros de 2,0 a 2,50m e comprimentos de 3,00 a 7,50m, na maioria dos casos.

Os acessórios usados nestas instalações são:

- 1 - Indicadores de pressão e perda de carga (manômetros);
- 2 - Indicadores de vazão (rotâmetros e venturis);
- 3 - Controladores de vazão (válvulas especiais); e
- 4 - Controladores de água para lavagem.

As taxas de aplicação variam para os de leito simples (areia) entre 120 a 280 m^3/m^2 x dia e para os de leito duplo, entre 200 a 340 m^3/m^2 x dia, de acordo com as características da água bruta e decantada e controle operacional.

A máxima perda de carga indicada é de 7 m.c.a., sendo normal respeitar-se o limite de 3,5 m.c.a. para a sua lavagem.

A taxa para lavagem é semelhante à dos filtros por gravidade, variando entre 800 a 1.200 m^3/m^2 x dia.

2.3 - DIMENSIONAMENTO DA ETASP

2.3.1 - MISTURA RÁPIDA

Devido à dificuldade provocada pelas dimensões muito reduzidas da instalação, tivemos problemas para adotar um sistema de dosagem e, conseqüentemente, um dos tipos de misturadores já descritos. Por isto, resolvemos aplicar o sulfato de alumínio, na sucção da bomba de recalque, de modo que a mistura rápida fosse processada no rotor da bomba, onde existem todas as condições para uma boa mistura (grande agitação e pequeno período de detenção).

Não conseguimos elementos suficientes da bomba DANCOR - Modelo 103 - 3/4, que nos permitissem calcular o gradiente e período de detenção em seu interior.

A Figura 2.8. ilustra o sistema adotado para introduzir o coagulante na água bruta.

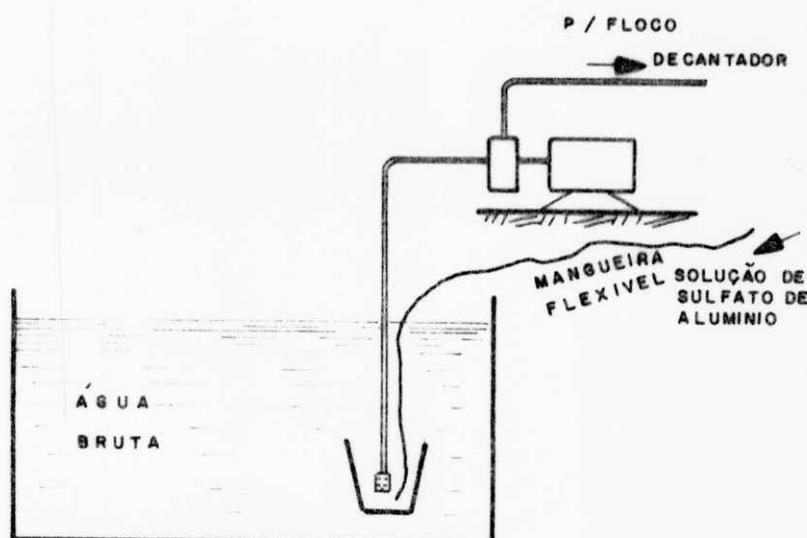


Figura 2.8 - Esquema do sistema adotado p/ introduzir o coagulante na água bruta.

2.3.2 - FLOCULAÇÃO (LEITO DE PEDRAS)

A câmara de floculação é composta de seixos rolados , com diâmetro de 1", colocados no interior do cilindro com 250mm de diâmetro e com altura de 1,40m, apoiados em grade de barras.

A porosidade dos seixos foi estabelecida experimentalmente, obtendo-se 48% para a mesma.

Desta forma, para a vazão básica de dimensionamento da estação, que foi de 100 l/h, temos os seguintes parâmetros de dimensionamento:

- vazão: $Q = 100 \text{ l/h} = 2,4 \text{ m}^3/\text{dia} = 0,00002778 \text{ m}^3/\text{s}$.

- área de secção transversal:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (0,25)^2}{4} = 0,049\text{m}^2$$

- taxa de aplicação ou velocidade aparente: $v = \frac{Q}{A} = \frac{2,4}{0,049} = 48,98 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ x dia}$.

ou:

$$v = 0,000567 \text{ m/s}$$

- volume total da câmara de floculação:

$$V_t = A \times h = 0,049 \times 1,4 = 0,0686 \text{ m}^3$$

- volume útil da câmara de floculação:

$$V = V_t \times P_o = 0,0686 \times 0,48 = 0,033 \text{ m}^3, \text{ sendo } P_o = \text{porosidade}.$$

- período de detenção:

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{0,033}{0,00002778} = 1188\text{s} = 20 \text{ min}.$$

- perda de carga no leito de seixos:

$$h_p = 0,068 \text{ m}$$

Esta perda foi medida diretamente através de piezômetro diferencial de mercúrio, obtendo-se o valor médio de 0,068m. Note-se que a variação em torno desse valor foi insignificante.

Observamos que o cálculo de perda de carga através de fórmulas nos levou a resultados muito díspares, conduzindo-nos a adotar aqui o valor medido, por oferecer maior confiabilidade.

- número de Reynolds, N_R

$$N_R = \frac{v \cdot d}{P_o \cdot \nu}$$

onde:

ν = viscosidade cinemática, para temperatura medida de 25.°C = $0,00897 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

$$N_R = \frac{0,000567 \times 0,0254}{0,48 \times 0,00897 \times 10^{-4}} \cong 33$$

- Gradiente de velocidade, G

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu} \times \frac{h_p}{T}}$$

onde:

γ = peso específico da água = 1000 kg/m^3

h = perda de carga medida = 0,068m

μ = viscosidade absoluta = $0,000895 \text{ kg/m's}$

T = período de detenção = 1188 s

$$G = \sqrt{\frac{1000}{0,000895} \times \frac{0,068}{1188}} = 8s^{-1}$$

2.3.3 - DECANTAÇÃO EM PLACAS PARALELAS

O decantador é constituído de quatro placas paralelas com 63cm de comprimento e 3,7cm de espaçamento, Figura 2.9.

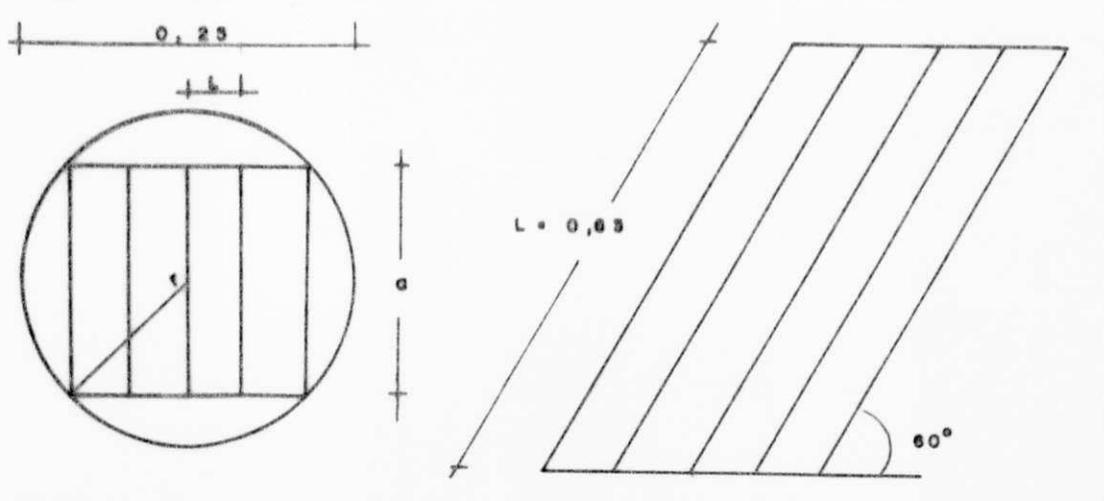


Figura 2.9 - Corte esquemático do sedimentador.

- vazão:

$$Q = 100 \text{ l/h} = 2,4 \text{ m}^3/\text{dia} = 0,00002778 \text{ m}^3/\text{s}$$

- largura de cada placa: \underline{a}

$$a^2 = 2r^2 = 2 \frac{D^2}{4} = \frac{D^2}{2} = \frac{(0,25)^2}{2} = 0,03125$$

$$a = \sqrt{0,03125} = 0,177 \text{ m}$$

- área da câmara de decantação: \underline{A}

$$A = a^2 = 0,03125 \text{ m}^2$$

- taxa de aplicação ou velocidade: \underline{v}

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00002778}{0,03125} = 0,000889 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{s} =$$

$$76,8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia.}$$

ou ainda:

$$v = 0,0889 \text{ cm/s} = 5,34 \text{ cm/min.}$$

- para o espaçamento de 3,7cm entre placas, valor adotado, temos:

- raio hidráulico = R_h

$$R_h = \frac{\text{área molhada de cada célula}}{\text{perímetro molhado de cada célula}}$$

$$= \frac{0,037 \times 0,177}{0,037 \times 2 + 0,177 \times 2}$$

$$R_h = \frac{0,006549}{0,074 + 0,354} = 0,0153 \text{ m}$$

- número de Reynolds: N_R

$$N_R = \frac{4 R_h v}{\nu}$$

onde:

ν = viscosidade cinemática que para 25°C é de $0,00897 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

$$N_R = \frac{4 \times 0,0153 \times 0,000889}{0,00897 \times 10^{-4}} = 60,65$$

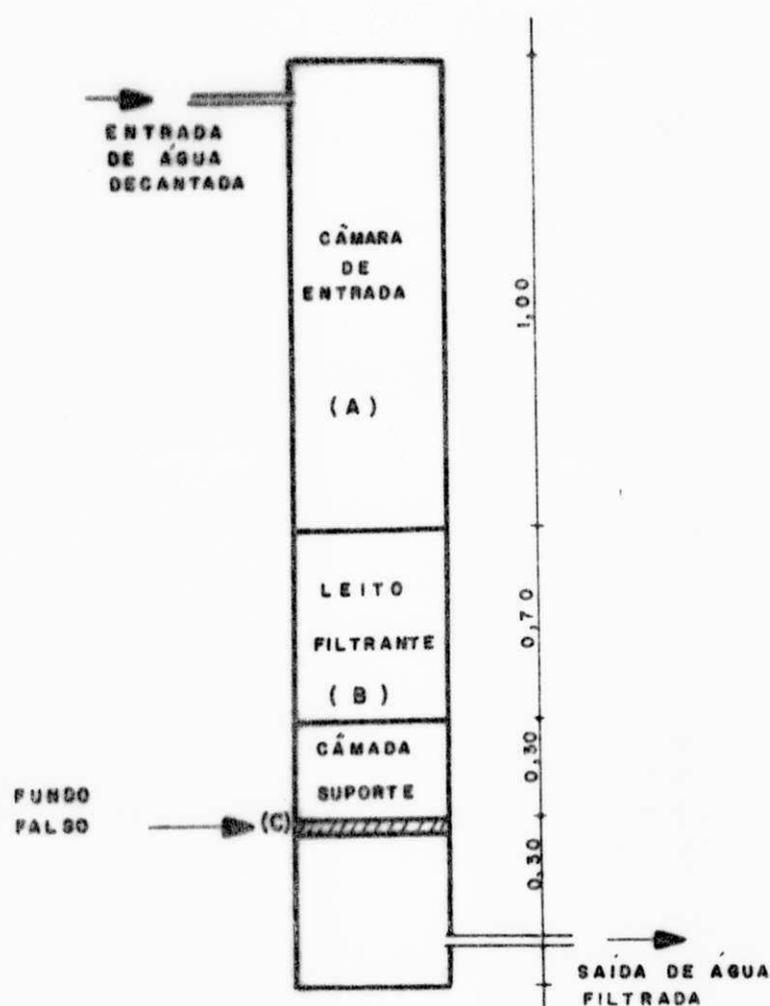
Foram adotadas 4 placas (chapas metálicas) com espaçamento $e = 3,7 \text{ cm}$ e espessura de $0,58 \text{ cm}$ com comprimento de 63 cm e largura de $17,7 \text{ cm}$ e inclinadas em 60° em relação à horizontal.

- Período de detenção no decantador:

$$T = \frac{L}{v} = \frac{0,63}{0,000889} = 708,66 \text{ s} \approx 11 \text{ min } 1 \text{ 48seg.}$$

2.3.4 - FILTRAÇÃO

O filtro rápido, cilíndrico, com 150 mm de diâmetro e altura total de 2,30 m é constituído das seguintes partes (Figura 2.10)



a) Câmara de entrada (A) com as seguintes características:

- Área de seção transversal: A

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,15^2}{4} = 0,0177 \text{ m}^2$$

- Volume: V

$$V = A \times h = 0,0177 \times 1 = 0,0177 \text{ m}^3$$

- Período de detenção:

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{0,0177}{0,0002778} = 637 \text{ s}$$

ou:

$$T = 10 \text{ min e } 36 \text{ s.}$$

Figura 2.10 - Corte esquemático do filtro rápido.

- velocidade:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00002778}{0,0177} = 0,00157 \text{ m/dia}$$

ou:

$$v = 9,42 \text{ cm/min} = 135,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$$

b) Leito Filtrante (B)

Constituído por areia com tamanho efetivo de 0,6m e coe
ficiente de uniformidade de 1,8 e espessura de 0,70m.

- Taxa de aplicação ou velocidade aparente:

$$v = 135,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

Lavagem em contra corrente, durante $t = 7$ minutos, com
vazão de $900 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$.

Reservatório de água de lavagem (o mesmo para água fil
trada). Volume total: 500 l.

Volume necessário para lavagem: V_L

$$V_L = Q_L \cdot t = \frac{900 \times 0,0177 \times 7}{1440} = 0,0774 \text{ m}^3$$

ou:

$$V_L = 77,41$$

Obs: adotou-se uma caixa de cimento-amianto com 500 l de ca
pacidade.

c) Camada Suporte (D)

Constituída por quatro sub-camadas com 7,5cm de espessura cada uma, em seixos rolados, com os seguintes diâmetros:

1^a. sub-camada: \varnothing 1/12" - 1/8"

2^a. sub-camada: \varnothing 1/8" - 1/4"

3^a. sub-camada: \varnothing 1/4" - 1/2"

4^a. sub-camada: \varnothing 1/2" - 1"

d) Fundo Falso (C)

Chapa de aço com 1/2" de espessura, contendo 37 furos com 1/4" de diâmetro cada um.

- Área de cada furo:

$$a = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times (0,00635)^2}{4} \quad a = 0,000032 \text{ m}^2$$

- Velocidade nos furos:

$$v_f = \frac{Q}{37 \times a} = \frac{0,00002778}{37 \times 0,000032} = 0,0235 \text{ m/s}$$

2.3.5 - DESCRIÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS DEMAIS UNIDADES COMPONENTES DO SISTEMA

2.3.5.1 - POÇO DE SUCÇÃO OU RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA

- 2 tinas de fibro-cimento com capacidade para 1000 l cada uma.

- período de detenção nas duas tinas: T

volume total: $V = 2000 \text{ l} = 2 \text{ m}^3$

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{2 \text{ m}^3}{0,00167 \text{ m}^3/\text{min}} = 1.197,6 \text{ min} = 20 \text{ horas}$$

Para uma tina o período de detenção é de aproximadamente 10 horas.

2.3.5.2 - TUBULAÇÃO DE SUCCÃO

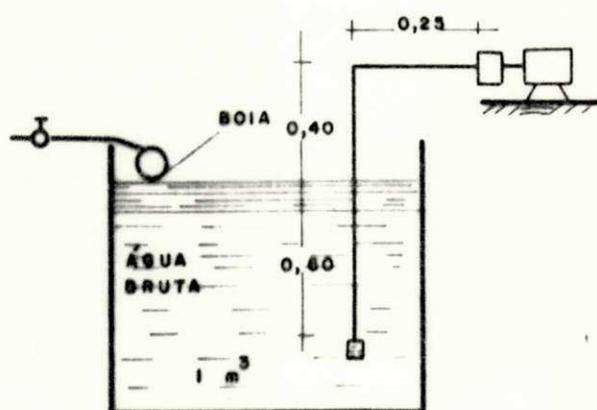


Figura 2.11 - Esquema do Sistema de Sucção.

Em P.V.C. rígido, com 25mm de diâmetro, comprimento total de 1,25m.

A velocidade na linha de sucção é de 0,008 m/s.

Obs: Uma das tinas funciona como poço de sucção propriamente dito (Figura 2.11) e a outra alimenta a primeira, através de bôia para manter o N.A. constante a

fim de se evitar variação na vazão recalçada.

2.3.5.3 - CONJUNTO MOTOR-BOMBA

Utilizou-se um motor-bomba DANCOR, modelo 103 - 3/4 com 1/3 de HP e com capacidade para 1.200 l/h para 18m de altura manométrica.

Esta bomba funcionava regulada com um registro intercalado no recalque, para reduzir a vazão aos valores necessários ao trabalho (50 a 200 l/h) recalcando a água através da ETASP para um reservatório de água filtrada, situado a 12,55m de altura.

2.3.5.4 - TUBULAÇÃO DE RECALQUE

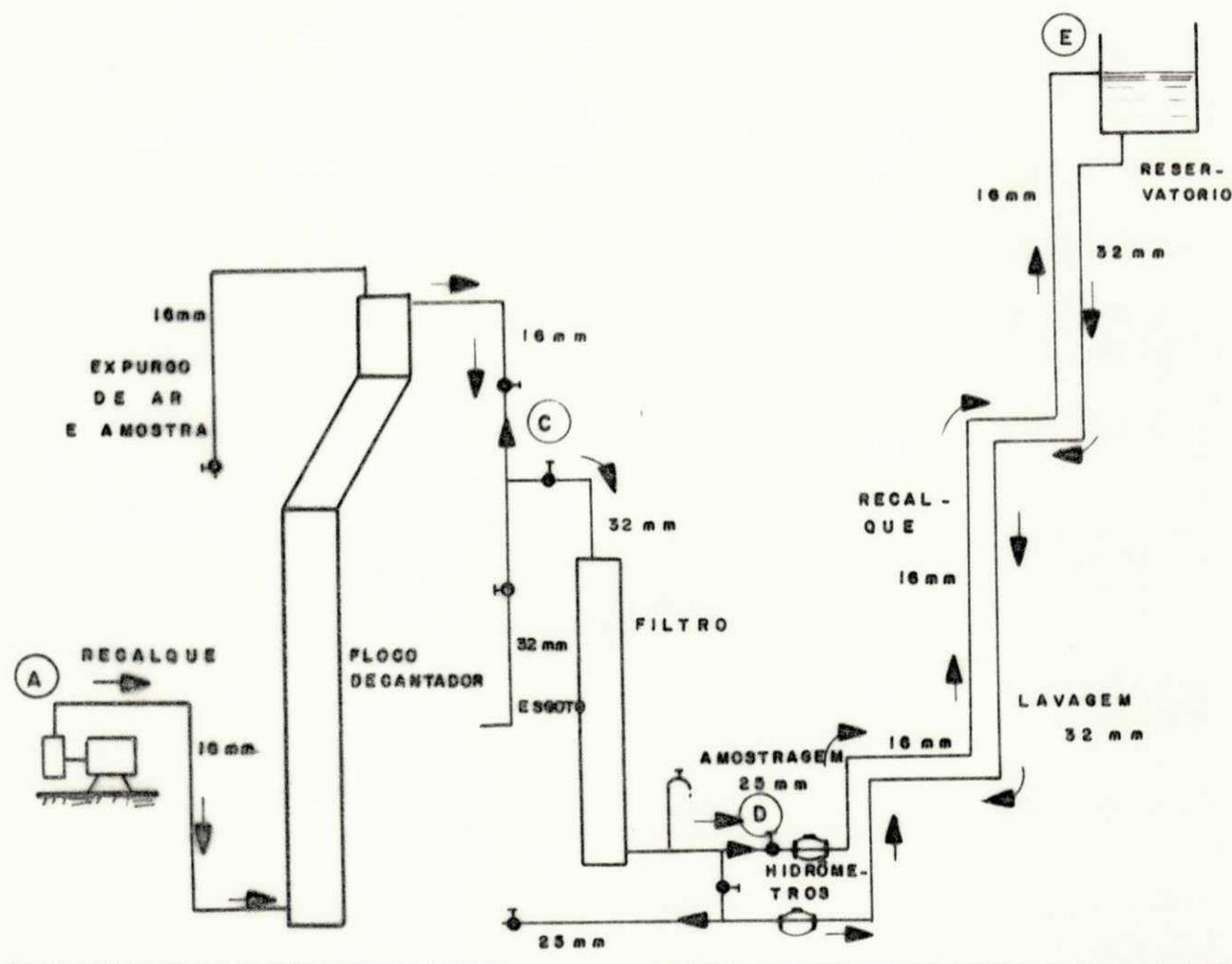


Figura 2.12 - Esquema geral da instalação da ETASP

A tubulação de recalque, conforme ilustração da Figura (1.12), é constituída por três trechos, sendo o primeiro entre os pontos A e C passando pelo floco-decantador, em tubos de PVC rígido, tipo soldável, classe 12, com 16 mm de diâmetro e 4,54m de comprimento, contendo um registro de passagem de 25mm.

Entre os pontos C e D, passando pelo filtro, a tubulação é de 32mm de diâmetro com 2,95m de comprimento (operando este trecho também durante a lavagem do filtro), em tubos PVC rígido, soldáveis, e contém um registro de passagem de 32mm e uma pequena derivação com torneira de bica de 25mm para amostragem da água filtrada.

Entre os pontos D e E, a tubulação de recalque é em tubos de PVC rígido, classe 12, soldáveis, com 16mm de diâmetro e 57,20m de extensão, e contém um registro de passagem de 25mm e um hidrômetro, marca LAO, de em^3 de capacidade, digital, e que acusou erro nulo nos testes de laboratório, servindo para indicação de vazão e registro do volume de água tratada..

O primeiro trecho, AC, tem um comprimento total de 4,54m e para a vazão básica da ETA, funciona com velocidade de 0,138 m/s.

O segundo trecho, CD, tem um comprimento total de 2,95m e velocidade de 0,035 m/s.

O terceiro trecho tem comprimento total de 57,20m e a mesma velocidade que o primeiro.

Foram consideradas desprezíveis as perdas de cargas, em face dos baixos valores das velocidades, mesmo para a tubulação, que, segundo nossos cálculos, atingia para todo recalque,

apenas 9cm, sendo J igual a 0,003 m/m pela fórmula de Flamant.

2.3.5.5 - TUBULAÇÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM

Constituída de tubos de PVC, soldáveis, classe 12, com 32mm de diâmetro, contendo um registro de passagem de 32mm e um hidrômetro do mesmo tipo, marca e condições que o já descrito para o recalque.

O comprimento total dessa tubulação é de 56,40m e funciona com velocidade de 0,229 m/s para a vazão de lavagem de 0,000184 m³/s, sendo o desnível geométrico, de 13,70m entre o N.A. do reservatório de lavagem e o pé do filtro.

2.3.5.6 - TUBULAÇÕES DE ESGOTAMENTO DO FILTRO E FLOCO-DECANTADOR

Tubulações de PVC, soldáveis, classe 12, com 32mm de diâmetro, contendo cada uma um registro de passagem de 32mm. Descarregam diretamente sobre o terreno.

2.3.5.7 - TUBULAÇÕES PARA AMOSTRAGEM E EXPURGO DE AR DO FLOCO-DECANTADOR E FILTRO

Tubulações em PVC, soldáveis, classe 12, com 20mm de diâmetro, contendo registros de passagem de 20mm, permitindo expurgo de ar e coleta de amostras.

A coleta de amostras da água filtrada é feita através de

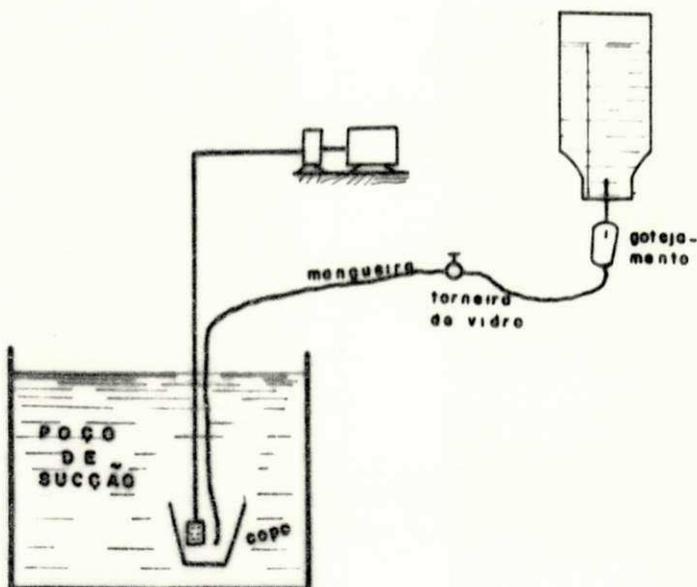
uma torneira colocada na tubulação de recalque na saída do filtro.

2.3.5.8 - RESERVATÓRIO DE ÁGUA FILTRADA

Caixa de fibro-amianto, com capacidade para 500 l com a entrada de água tratada pela parte superior e saída de água para lavagem pela parte inferior, dotada de extravazor e localizada sobre a laje de cobertura da estação de tratamento de água de Marés, a 12,55m de altura em relação ao conjunto motor-bomba.

2.3.5.9 - SISTEMA DE DOSAGEM

Constituído por um recipiente de vidro (01 litro), de aplicação de sôro hospitalar, ligado à sucção (válvula de pé), da bomba através de mangueira de látex, com regulagem por gotejamento cronometrado e variável, com torneira de vidro intercalada na mangueira, Figura 2.13.



jamento cronometrado e variável, com torneira de vidro intercalada na mangueira, Figura 2.13.

Usou-se o sulfato de alumínio líquido com 50% de concentração, diluído para 1,5 a 3%.

Para impedir a diluição do sulfato na água no poço

Figura 2.13 - Esquema do Sistema de dosagem.

ço de sucção, foi colocado um copo, vestindo a válvula de pé, sendo a mangueira de dosagem presa à mesma.

A dosagem de cal ou ácido era feita diretamente no poço de sucção com agitação manual, até obtenção do pH desejado.

2.3.5.10 - SISTEMA PARA INDICAÇÃO DE PERDA DE CARGA

A indicação da perda de carga no leito filtrante e no leito granular do floco-decantador era feita através de dois piezômetros diferenciais de mercúrio, providos de escala graduada.

A pressão manométrica a que estava submetida a estação, era indicada por manômetros aferidos, instalados na linha de recalque.

2.3.5.11 - SISTEMA PARA INDICAÇÃO E REGULAGEM DE VAZÃO

A indicação de vazão era feita em três pontos, sendo a entrada da água tratada no reservatório superior, o principal deles, através do enchimento de um becker graduado de 01 litro e tempo cronometrado.

O segundo era hidrômetro instalado na linha de recalque e o terceiro era leitura direta também (igual ao primeiro, com becker) em uma torneira instalada na linha de retorno de água para lavagem, e que ficava normalmente aberta, de modo que toda a água recalçada passava pelo reservatório e voltava pela tubulação de lavagem, sendo lançada no terreno por esta torneira.

A regulagem da vazão, quando de sua variação motivada por elevação da perda de carga do filtro, era feita no registro de passagem instalado na saída da bomba de recalque.

CAPÍTULO III

OPERAÇÃO DO MODELO REDUZIDO

3.1 - METODOLOGIA ADOTADA

3.1.1 - PREPARAÇÃO DA ÁGUA BRUTA E PROGRAMA DE TRABALHO

A água bruta era obtida na entrada da ETA de Marés , através de um sifão de mangueira plástica e conduzida para as duas tinas de água bruta da ETASP em tubos de PVC.

Após o enchimento das duas tinas intercomunicáveis, (sendo a do nível inferior a que servia diretamente como poço de sucção, com seu nível controlado por bóia e alimentada pela primeira instalada em nível superior), era necessário preparar a turbidez com que queríamos trabalhar, já que a água bruta do rio Marés apresenta normalmente turbidez muito baixa (entre 4 e 10) e pretendíamos testar a ETASP para vários teores de turbidez.

Por isso, conseguimos argila usada para fabricação de tijolos cerâmicos e a dissolvíamos em outra tina de cimento-ami-

anto com capacidade para 250 l, agitando-a bem, manualmente , e deixando em repouso por período superior a 24h.

Após este tempo de decantação tirávamos o sobrenadante e adicionávamos quantidades iguais nas duas tinas de água bruta, até obtermos o teor de turbidez com que desejávamos trabalhar naquele período.

Fazíamos uma coleta da água bruta preparada, determinando **cor, turbidez, alcalinidade total e pH.**

Previamente, havíamos estabelecido nosso programa de trabalho de acordo com a Tabela 3.1.

TABELA 3.1 - PROGRAMA DE TRABALHO PRÉ-ESTABELECIDO

SEMANAS	TURBIDEZ (U.J.)	VAZÃO (l/h)
1a.	50	50
2a.	100	50
3a.	150	50
4a.	natural(4,5)	100
5a.	50	100
6a.	100	100
7a.	150	100
8a.	200	100
9a.	50	110
10a.	100	110
11a.	50	125
12a.	50	150
13a.	50	200

Este programa foi um pouco alterado na prática, uma vez que, para as vazões mais elevadas ($Q > 110$ l/h), a estação atingiu muito rapidamente os limites estabelecidos para lavagem, de modo que estes testes foram reduzidos, prolongando-se mais aqueles relativos à vazão de 100 l/h (base de dimensionamento da ETASP). Desta forma, tivemos 70 dias completos de ensaios

iniciados, em 19/12/79, dos quais, 49 com esta vazão. Para as vazões inferiores a 100 l/h, notou-se que a estação estava com muita folga, não havendo motivo se demorar muito com os mesmos.

3.1.2 - DETERMINAÇÃO DA DOSAGEM, PREPARO DA SOLUÇÃO

Após as determinações antes citadas, era feito o Teste de Jarros, obtendo-se o pH ótimo e dosagem de Sulfato de Alumínio.

Quando, para a obtenção do pH ótimo, se fazia necessária a adição de alcalinizante ou acidificante (o que aconteceu em poucas oportunidades), era o mesmo preparado e adicionado nas duas tinas de água com nova medição de pH, até sua correta obtenção.

Para o sulfato de alumínio, com a dosagem do Teste de Jarros e depois de pronta a solução dosadora com concentração entre 1,5 e 4%, entrávamos da equação 3.1. e obtínhamos a dosagem a efetuar em termos de números de gotas por minuto.

$$g = \frac{Q \times d}{C} \quad (3.1.)$$

onde:

d = dosagem de Teste de Jarros, em mg/l

C = concentração da solução, em mg/l

Q = vazão da ETA, em l/h

g = vazão de dosagem, em l/h.

Sendo o volume de uma gota, determinado experimentalmente, igual a 0,1 ml, estabelecíamos o número de gotas por minu

to a adicionar, controlado através de contagem visual cronometrada.

3.1.3 - FUNCIONAMENTO DA ETASP E SUA OPERAÇÃO

Depois de preparado o esquema de dosagem, colocávamos a ETASP em funcionamento, após escorva da bomba, com regulagem de vazão, expulsão de ar e regulagem de dosagem.

Iniciávamos a amostragem uma hora após o início do funcionamento (normalmente, a primeira amostra era retirada às 9 horas) e prosseguíamos coletando a cada 2 horas, totalizando quatro ou cinco amostras diárias.

Em resumo, iniciávamos os trabalhos de preparação da água bruta às 7 horas, começando a operação da ETASP às 8 horas, e a primeira coleta de água tratada às 9 horas, com as coletas seguintes às 11, 13, 15 e 17 horas, quando eram encerradas os trabalhos, após as determinações desta última amostra.

Cada coleta era composta de uma amostra da água bruta, decantada e uma da água filtrada, além da medição da vazão, dosagem e perda de carga no filtro. A perda de carga no leito granular de floculação foi executada apenas no final da experiência.

De cada uma das três amostras, eram então feitas as análises de: cor, turbidez, pH e alcalinidade, e os resultados anotados em fichas próprias, Anexo I, Modelos A e B.

Os equipamentos e métodos utilizados no laboratório foram:

- Turbidímetro Hach - Modelo 2100-A
- Água-Tester Hellige - Modelo 611-A
- Método colorimétrico para pH
- Método titulométrico para alcalinidade.

Observamos que durante algum tempo foi usado também um potenciômetro para determinação do pH, assim como foram feitas algumas análises bacteriológicas, utilizando a técnica de membranas filtrantes.

Foram estabelecidos como limites para lavagem da ETA os seguintes parâmetros e respectivos valores:

- Turbidez da água filtrada..... 1 U.J.
- Perda de carga no filtro..... 2 m.c.a.
- Turbidez da água decantada..... 20 U.J.

A lavagem do filtro era processada com água filtrada do reservatório superior, por inversão do fluxo com taxa de aplicação adequada, variando entre 800 e 1200 m³/m² x dia, para comparar resultados.

Durante a lavagem coletávamos amostras do efluente nos seguintes intervalos: zero segundo, 15 segundos, 30 segundos, 1 minuto, 2 minutos, 3 minutos, 4 minutos, 5 minutos, 6 minutos e 7 minutos, determinando seus respectivos teores de turbidez.

A lavagem do floco-decantador, procedida logo após a lavagem do filtro, era feita por simples esvaziamento do mesmo, através da sua tubulação de esgotamento.

Normalmente, ele era reenchido por contra corrente, com água do reservatório superior, e novamente esvaziado.

Repetida a operação, o efluente final já estava limpo . Não era possível uma lavagem controlada, por vários motivos ; entre eles, porque a vazão em contra corrente era insuficiente para a manutenção de uma taxa constante devido ao alto valor da vazão efluente (a altura e volume do floco-decantador, aliada às dimensões de sua tubulação de esgotamento, provocava esta diferença). Também o período necessário para sua lavagem era bem mais rápido, uma vez que o lodo entre os seixos era facilmente deslocado.

Um esvaziamento do floco-decantador com vazão variável , devido aos motivos citados, levava 1 minuto e 20 segundos em média, portanto sua lavagem completa, fora o tempo para reenchimento, tomava 2 minutos e 40 segundos, com um consumo de água de lavagem igual a duas vezes seu volume total.

Em resumo, a ETASP, funcionava, em média, das 8 ou 9 horas da manhã às 17h da tarde, ou seja, 8 ou 9 horas por dia , conforme os problemas para seu início de funcionamento, com 4 ou 5 coletas por dia, sendo a lavagem dependente daqueles parâmetros-limites, acima descritos.

A ETASP foi operada dentro dessa sistemática por um período de nove meses, com alguns intervalos para adaptações, sendo o período final, tomado como base para este trabalho, 70 dias corridos após as últimas correções e estabelecimento do programa definitivo.

3.2 - RESULTADOS OBTIDOS

3.2.1 - REDUÇÃO DE TURBIDEZ

Após a análise de todos os resultados obtidos, conforme exposto na Tabela 3.2, na qual colocamos os valores médios diários (uma vez que a turbidez e o pH variavam um pouco durante o dia) e depois de escolhidos os resultados após otimização de cada dosagem versus pH, quando obtínhamos o melhor desempenho, demonstrado na Tabela 3.3, podemos tirar algumas conclusões, conforme descrevemos a seguir:

a) para a vazão de 50 l/h, a redução de turbidez é bastante elevada, alcançando-se mais de 80% para a água decantada e mais 99% para a filtrada, em relação à água bruta.

A carreira de filtração é plenamente satisfatória, com períodos superiores a 38 horas, o que demonstra que, para aquela vazão, valores de turbidez da água decantada até 20 U.J. (superiores à média conseguida) ainda seriam aceitáveis para operação da ETA, uma vez que não reduziam muito a carreira de filtração e o filtro produzia água durante todo o período, com teores inferiores a 1 U.J.

Foi desta forma, que estabelecemos que para lavagem da ETA, os parâmetros a serem obedecidos eram: turbidez de água decantada no máximo igual a 20 U.J. (durante pelo menos 3 amostras consecutivas), ou turbidez da água filtrada, no máximo igual a 1 U.J., segundo a ABNT, e perda de carga máxima de 2 m.c.a. para não forçar o leito filtrante.

Queremos salientar que, como não tínhamos experiência na operação da ETA, demorávamos a encontrar o ponto ótimo para sua operação, já que o resultado do Teste de Jarros dá apenas uma primeira indicação do pH e dosagem.

Então, após a operação com este par de valores, ficávamos variando os mesmos, buscando o melhor resultado real para utilização.

Por outro lado, acreditamos que devido à utilização de uma caixa de água de cimento-amianto para reservatório da água bruta, o pH da mesma variava durante o dia, de forma que era muito difícil se conseguir uma constância nos resultados.

b) para a vazão de 100 l/h (base para o dimensionamento da ETA) os resultados de redução de turbidez, apesar de ligeiramente inferiores aos da vazão de 50 l/h, ainda são muito bons, também superiores, em média, a 80% para água decantada e a 95% para água filtrada e também com carreiras de filtração bastante longas, em torno de 30 horas.

Apenas verifica-se um pequeno aumento na turbidez da água decantada, que gira em torno de 12 U.J., chegando a 15 U.J. para a turbidez da água bruta de 200 U.J.

Não trabalhamos com valores de turbidez da água bruta superiores a 200 U.J. devido à dificuldade da sua preparação (notávamos uma decantação natural no poço de sucção, provocando uma variação na turbidez da água bruta que iria interferir nos resultados), além do que nos pareceu muito elevado este limite, em relação aos valores observados na prática.

O consumo de sulfato, elevado para os valores de turbi

dez da água bruta de 100 e 150 U.J., acreditamos que foi motivado por não havermos encontrado o ponto ótimo de sua dosagem versus pH, já que para a turbidez de 200 U.J. se conseguiu uma dosagem menor para uma redução de turbidez também satisfatória.

c) para vazão de 110 l/h nota-se uma redução de turbidez ainda em torno de 80%, mas já apresentando resultados próximos ao limite estabelecido por nós, de 20 U.J. para água decantada e uma carreira da filtração em torno de 24 h, portanto ainda dentro de limites razoáveis para operação. A turbidez da água filtrada, apesar de ter-se mantido na maior parte do tempo em torno de 0,4 U.J., em um dos testes atingiu 1,2 U.J. em poucas horas, tendo em seguida voltado a valores menores que a unidade.

d) para vazões maiores que 110 l/h, como 125, 150 e 200 l/h, notou-se principalmente uma redução substancial da carreira de filtração (sempre inferior a 20 h e no caso da vazão de 200 l/h foi de apenas 2 h), com a água filtrada atingindo rapidamente o limite de 1 U.J.

A água decantada, apesar de apresentar teores de turbidez em média mais elevados que os das vazões menores, ainda se conseguiu otimizar para a faixa de 15 a 20 U.J., o que mostra que o floco-decantador pode ser dimensionado para taxas maiores que os de base do nosso cálculo, desde que se reduzam as taxas de filtração, o que pode não ser economicamente viável.

3.2.2 - LAVAGEM DA ETA

a) como já foi dito, a lavagem do filtro era processa

da, quando:

- a perda de carga atingia valores maiores que 2 m.c.a.;
- a turbidez da água filtrada era superior a 1 U.J.

Usamos taxa de lavagem de 1000, 1200 e 1350 m^3/m^2 x dia, a fim de verificarmos qual a que apresentava melhor rendimento (menor volume de água para menor turbidez final), constatando que a taxa de 1200 m^3/m^2 x dia foi a que melhor satisfez.

Observamos que o tempo de lavagem e a turbidez final, assim como a própria taxa de lavagem, apresentaram-se mais elevados do que esperávamos, com valores otimizados de:

- taxa de lavagem de 1200 m^3/m^2 x dia;
- tempo de lavagem de 7 minutos;
- turbidez final de 7,1 U.J.

Para 12 minutos de lavagem ainda tínhamos 5,2 U.J. de turbidez, parecendo-nos mais econômico e suficiente adotar 7 minutos para período de lavagem.

A expansão do leito tinha sido calculada para 30%, o que não pôde ser comprovado na prática, apenas tendo sido constatada a não existência de areia no efluente da lavagem.

Apresentamos no Anexo I, Modelo C, e Figura 3.1, os resultados de uma lavagem.

As carreiras de filtração já foram comentadas no item anterior, lembrando apenas que para vazão-base de 100 l/h atingiam-se normalmente períodos de 30h entre lavagens.

A nossa explicação para a obtenção de carreiras de filtração e taxas de lavagens mais altas que as normais, devem-se ao fato de que, nos filtros sob pressão, as impurezas penetram

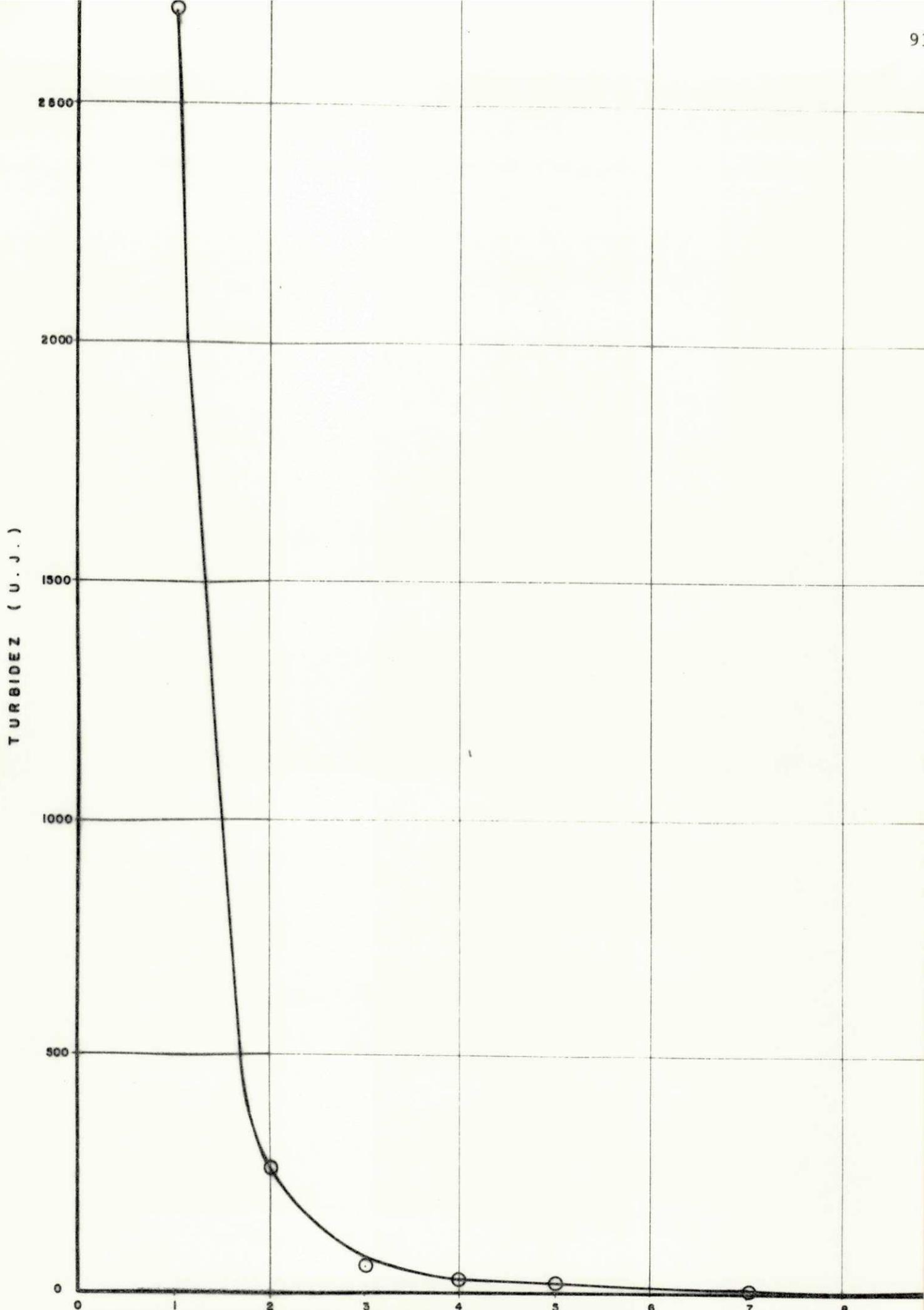


FIGURA 3.1 — GRÁFICO REPRESENTATIVO DE LAVAGEM DO FILTRO (TURBIDEZ DO AFLUENTE DA LAVAGEM VERSUS TEMPO DE LAVAGEM)

tram mais profundamente no leito filtrante, de tal forma que dificultam mais a lavagem, ao mesmo tempo que permitem um melhor aproveitamento do leito, suportando valores de turbidez mais elevados, como ficou comprovado nos resultados anteriormente analisados.

A lavagem do floco-decantador era feita sem controle de vazão, por simples esvaziamento do mesmo pela parte inferior, normalmente repetida para sua complementação.

Como o volume do floco-decantador era de $0,165 \text{ m}^3$, gastava-se, em média, $0,33 \text{ m}^3$ de água para lavagem, o que representa 13,7% do volume médio diário, considerando-se um funcionamento de 24 h x dia.

O período entre lavagens foi fixado, em função da turbidez da água decantada, em 20 U.J. por um período de pelo menos três amostras consecutivas, uma vez que um resultado mais alto podia ser reduzido em seguida, não sendo, pois provocado por excesso de impurezas, além da capacidade do floco-decantador.

Em uma estação de tamanho natural, a lavagem poderá ser facilmente efetuada também por contra corrente, o que deverá torná-la mais rápida e conseqüentemente mais econômica.

Apenas uma vez tomamos amostra do efluente da lavagem compensando com água em contra corrente o gasto com a mesma, até 4 minutos de duração, com os resultados obtidos demonstrados no Anexo I, Modelo C.

3.2.3 - REDUÇÃO DE COR

Os teores de cor, apesar de determinados, e por verificar-se também sua redução na água filtrada para teores bem a baixo dos permitidos por norma e reduções substanciais na água decantada, acompanhando aproximadamente as mesmas proporções, para as diversas vazões, que a turbidez, resolvemos não tecer maiores comentários a seu respeito, uma vez que não dispúnha - mos de equipamentos (centrífugas) que nos permitissem sua determinação com a devida precisão.

Era feita apenas a determinação da cor aparente através de Ácqua-Tester Hellige e para altos teores nos pareceu passível de erros muito elevados, sendo necessário diluições utilizadas muito altas para possibilitar sua leitura.

De qualquer forma, nos Anexos I, Modelos A e B e Tabelas 3.2 e 3.3, apresentamos suas determinações que ilustram e completam a pesquisa efetuada.

3.2.4 - VARIAÇÃO DO pH

Procurávamos, no decorrer dos testes, encontrar o ponto definido pela dosagem versus pH que proporcionasse à ETA o melhos desempenho, em termos de redução de turbidez.

Partindo das indicações do Teste de Jarros, passávamos, nos dias subsequentes, a variar estes fatores até encontrarmos a melhor redução de turbidez.

O controle da dosagem do sulfato de alumínio era relati

vamente fácil de estabelecer, no entanto o pH da água bruta (tanto quando se usava alcalinizante como acidificante ou mesmo sem nenhum destes) variava regularmente ao longo do dia.

A única explicação para este fato nos pareceu ser a influência do reservatório de água bruta que era de cimento-amianto. Procurávamos, no correr do dia, através de pequenas correções, manter o pH constante, mas nem sempre conseguíamos bom resultado. Verificamos, inclusive, que, deixando a água bruta natural sem nenhuma adição em repouso na tina, de um dia para o outro, o pH aumentou de 7,2 para 8,1, o que demonstrou ser influência do próprio reservatório de cimento-amianto. Por outro lado, o erro possível na leitura do pH através de comparação colorimétrica nos deixava também alguma dúvida.

Durante grande parte da pesquisa não foi necessário fazer correção do pH, uma vez que seu valor e alcalinidade natural eram suficientes para uma boa floculação.

Era determinado ainda o pH da água filtrada que tinha um comportamento esperado, ou seja, apresentava-se sempre um pouco reduzido em relação ao inicial, devido à influência do sulfato.

Nas Tabelas 3.1 e 3.2, pode-se observar os valores do pH utilizados nos diversos testes, e que variam na faixa de 5,6 a 7,4.

3.2.5 - DOSAGEM E CONSUMO DE PRODUTOS QUÍMICOS

a) ALCALINIZANTES E ACIDIFICANTES

Em alguns testes não houve necessidade da adição de ne

nhum composto para correção de pH ou alcalinidade, visto que as condições naturais da água eram adequadas à realização dos ensaios.

No entanto, outras vezes houve necessidade de se baixar ou elevar o pH, o que era feito através da adição de solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) ou cal ($CaCO_3$), diretamente no reservatório de água bruta e com agitação manual, até atingirmos os valores desejados.

b) COAGULANTE

A substância utilizada foi o sulfato de alumínio líquido, fornecido pela Aluminal Química do Nordeste Ltda., com 50% de sulfato disponível.

O sistema de dosagem era efetuado por gotejamento controlado devido à pequena vazão, de fácil operação e precisão adequada.

As dosagens utilizadas variaram de 10 a 100 mg/l para as diversas alternativas de vazão, turbidez e pH, sendo a concentração de solução também variável entre 1 e 4% a fim de se conseguir um número de gotas por minuto, prático para contagem visual cronometrada.

Apenas para a vazão de 100 l/h e turbidez de 200 U.J., registrou-se um consumo um pouco elevado de sulfato (100 mg/l), provavelmente por não se haver encontrado o ponto ideal de trabalho, já que em outros ensaios se conseguiu trabalhar com dosagens menores.

3.2.6 - PERDA DE CARGA

a) NO FILTRO

A perda de carga, medida através de um manômetro diferencial de mercúrio, indicada com precisão entre a entrada e a saída do filtro, registrou uma variação de 0,35 a 2,50m.c.a. entre o início da filtração (leito lavado) e o final, quando normalmente parávamos para lavar.

O limite estabelecido foi de 2 m.c.a. No entanto em algumas ocasiões, ultrapassamos este valor para verificar as possíveis alterações no efluente.

O leito filtrante se comportou muito bem durante toda a experiência, não tendo sido constatados no final rachaduras, bolas de lodo ou outros inconvenientes.

b) NO FLOCO-DECANTADOR

A perda de carga medida na mesma forma (piezômetro diferencial de mercúrio), indicada com precisão entre a parte inferior e a superior da câmara de floculação, registrou um valor muito reduzido ao longo de todo um período de operação, não havendo diferença apreciável para o valor médio de 0,068 m.c.a.



Figura 3.2 - Modelo Reduzido da ETASP Estudada

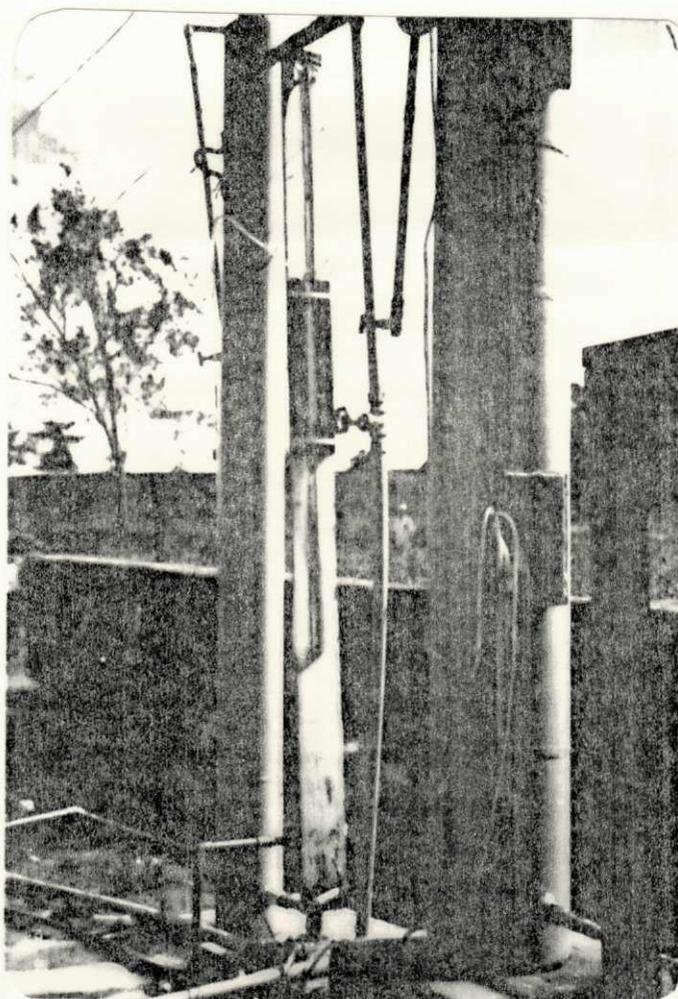


Figura 3.3. - Sistema de Medição de Perda de Carga do Filtro.

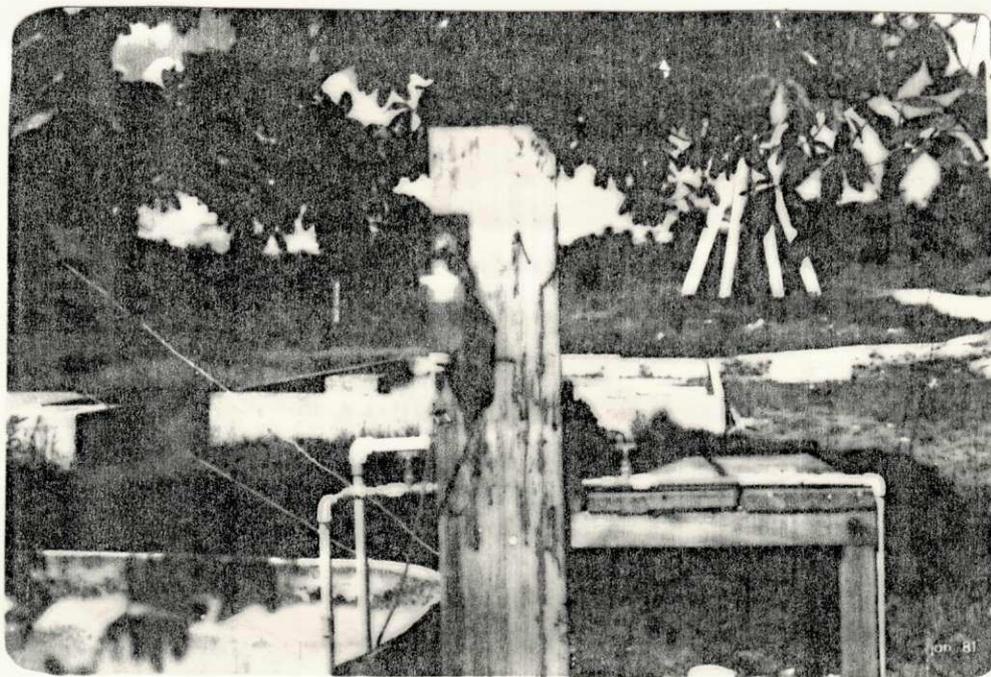


Figura 3.4 - Sistema de Dosagem de Sulfato do Alumínio

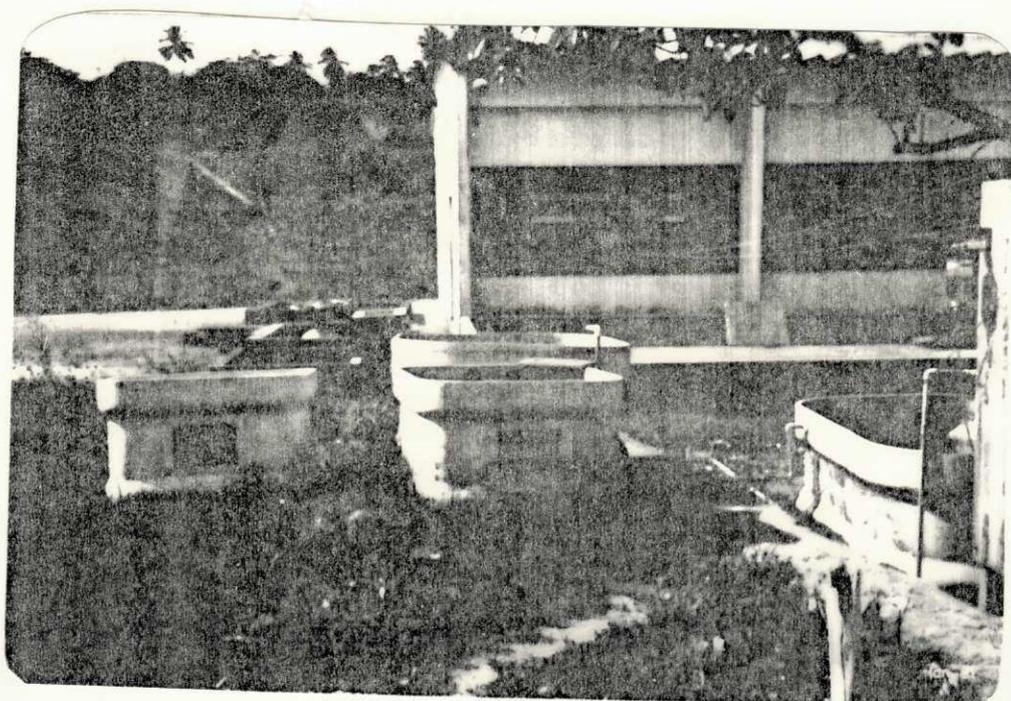


Figura 3.5 - Tinas de Preparação de Água Bruta

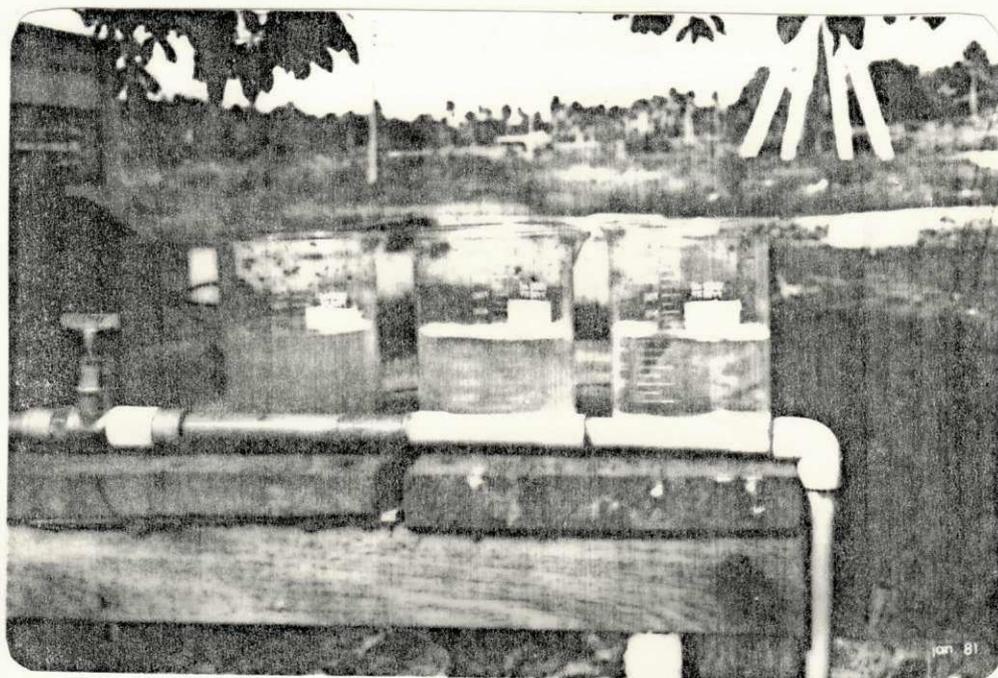


Figura 3.6 - Amostras de Água Bruta, Decantada e Filtrada

TABELA 3.2

VALORES MÉDIOS DIÁRIOS DA VAZÃO DE OPERAÇÃO, DOSAGEM E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA BRUTA (PREPARADA) DA ÁGUA DECANTADA E DA ÁGUA FILTRADA.

Q l/h	ÁGUA BRUTA				D O S A G E M SULFATO (mg/l)	ÁGUA DECANTADA				ÁGUA FILTRADA				pH
	TUR- BI - DEZ (UJ)	COR (mg/l)	pH	ALCALI- NIDADE (mg/l)		TURBIDEZ		COR		TURBIDEZ		COR		
						(UJ)	%	mg/l	%	(UJ)	%	mg/l	%	
50	50	200	6,2	19	37	25	50	90	55	0,8	98,4	5	97,5	-
50	50	200	6,2	15	36	10	80	60	70	0,06	99,8	2,5	98,7	5,4
50	50	180	6,2	11	18	17	66	75	58	0,3	99,4	3,0	98,3	4,3
50	100	255	5,7	5	26	13	87	35	86	0,3	99,7	1,0	99,6	4,3
50	100	385	5,6	6	26	18	82	40	90	0,2	99,8	2,5	99,3	4,1
50	100	280	5,7	6	26	12	88	40	86	0,5	99,5	3,0	98,9	4,1
50	100	275	5,9	8	13-	15	85	50	82	0,5	99,5	5,0	98,2	4,2
50	150	525	5,6	5,0	25	6,0	96	175	97	0,4	99,7	7,5	98,5	5,2
50	150	495	6,1	8,0	25	12	92	35	93	0,3	99,8	5,0	98,9	4,3
100	3,7	17	6,6	17	10	11	-	65	-	0,2	94,6	2,0	88,2	6,3
100	4,5	10	6,3	90	13	12	-	7	30	0,2	95,6	3,0	70,0	6,1
100	4,0	30	6,7	15	09	12	-	50	-	0,1	97,5	0,0	100	8,5
100	40	130	8,1	25	22	19	53	45	65	0,3	99,3	2,5	98,0	6,0
100	50	105	7,4	24	22	16	68	60	43	0,9	99,1	5,0	95,2	5,2
100	50	176	6,1	12	30	20	60	105	40	0,4	99,2	8,0	95,4	6,1
100	50	-	6,2	16	24	25	50	160	-	0,1	99,8	1,0	-	6,1
100	50	175	5,7	16	24	20	60	75	57	0,6	98,8	2,5	98,5	5,2
100	50	165	6,8	18	30	15	70	60	64	0,1	99,8	2,5	98,4	6
100	50	185	6,7	17	30	12	76	65	65	0,2	99,6	2,5	98,6	5
100	50	165	6,9	18	36	15	70	40	76	0,5	99	2,0	98,7	4,9
100	50	160	6,8	16	25	09	82	30	81	0,3	99,4	2,0	98,7	4,8
100	50	120	6,9	14	19	10	80	60	50	0,5	99	3,0	97,5	5,0

TABELA 3.2.

VALORES MÉDIOS DIÁRIOS DA VAZÃO DE OPERAÇÃO, DOSAGEM E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA BRUTA (PREPARADA) DA ÁGUA DECANTADA E DA ÁGUA FILTRADA.

Q l/h	ÁGUA BRUTA				D O S A G E M SULFATO (mg/l)	ÁGUA DECANTADA				ÁGUA FILTRADA				pH
	TUR- BI - DEZ (UJ)	COR (mg/l)	pH	ALCALI- NIDADE (mg/l)		TURBIDEZ		COR		TURBIDEZ		COR		
						(UJ)	%	mg/l	%	(UJ)	%	mg/l	%	
100	55	150	6,7	26	16	18	67	40	73	0,5	99,0	2,5	98,3	6,1
100	55	135	7,0	22	22	12	78	35	74	0,4	99,3	2,5	98,1	5,2
100	55	135	7,5	25	22	14	75	50	63	0,3	99,5	2,5	98,1	5,1
100	100	240	6,4	14	26	35	65	130	46	0,2	99,8	1,5	99,4	6,3
100	100	250	6,7	15	16	30	70	120	52	0,1	99,9	2,5	99	5,7
100	100	240	7,4	18	16	25	75	102	58	0,2	98,1	2,5	98,9	6,0
100	100	385	7,1	18	15	27	73	150	61	1,5	98,5	10	97,4	6,3
100	100	330	7,6	19	20	22	78	110	67	0,5	99,5	5	98,5	6,4
100	100	330	6,8	18	20	32	69	105	68	0,5	99,5	5	98,5	5,6
100	100	210	6,4	10	15	29	71	120	43	0,6	99,4	2,5	98,8	6,0
100	100	275	6,4	12	50	17	83	60	78	0,7	99,3	7,5	97	5,0
100	100	390	6,4	14	42	18	82	90	77	0,5	99,5	3,0	99	5,9
100	100	357	6,3	11	60	15	85	40	89	0,7	99,3	3,0	99,3	4,1
100	100	315	6,7	14	60	12	88	20	94	0,2	99,8	2,0	99,2	4,1
100	150	330	7,4	23	90	13	91	35	89	0,3	99,8	2,5	99,2	4,0
100	150	385	7,2	21	60	09	94	30	92	0,3	99,8	2,5	99,3	4,1
100	150	550	7,0	22	50	17	88,7	110	80	0,1	99,9	3,0	99,4	6,7
100	150	660	6,9	27	50	25	83	175	73	0,1	99,9	3,0	99,5	5,9
100	150	385	7,0	32	70	17	88,7	90	77	0,2	99,8	2,5	99,3	4,2
100	150	440	6,1	8	26	17	89	120	73	0,7	99,5	10	97,7	6,2
100	150	440	6,5	10	26	17	89	120	73	0,4	99,7	7,5	98,3	5,2
100	150	440	6,4	10	20	12	92	40	91	0,6	99,6	2,5	99,4	-

TABELA 3.2.

VALORES MÉDIOS DIÁRIOS DA VAZÃO DE OPERAÇÃO, DOSAGEM E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA BRUTA (PREPARADA) DA ÁGUA DECANTADA E DA ÁGUA FILTRADA.

Q l/h	ÁGUA BRUTA				DOSAGEM SULFATO (mg/l)	ÁGUA DECANTADA				ÁGUA FILTRADA				pH
	TUR- BI - DEZ (UJ)	COR (mg/l)	pH	ALCALI- NIDADE (mg/l)		TURBIDEZ		COR		TURBIDEZ		COR		
						(UJ)	%	mg/l	%	(UJ)	%	mg/l	%	
100	150	440	6,6	14	20	15	90	90	80	0,9	99,4	7,5	98,3	5,0
100	200	735	7,4	11	100	7	99,5	35	95	0,5	99,8	3,0	99,6	4,2
100	200	580	6,8	25	90	15	92,5	35	94	0,15	99,9	2,5	99,5	4,1
100	200	630	6,7	11	35	16	92	50	92	0,3	99,8	3,0	99,5	4,2
100	200	630	6,7	13	25	17	92	80	87	0,5	99,7	2,5	99,6	4,4
100	200	450	6,8	19	36	17	91,5	90	80	0,5	99,8	2,0	99,5	5,6
100	200	480	6,7	19	48	15	92,5	45	91	0,2	99,9	2,5	99,4	4,5
100	200	460	7,0	15	60	15	92,5	30	93	0,4	99,8	3,0	99,3	4,5
100	200	560	6,7	19	80	15	92,5	40	93	0,4	98,8	2,5	99,5	4,6
100	200	520	6,6	17	36	15	92,5	40	92	1,0	99,5	2,5	99,5	4,2
100	200	560	6,8	12	35	35	83	180	68	0,15	99,9	20	96,4	5,0
100	200	630	6,4	12	30	17	92	65	90	0,6	99,7	2,5	99,6	5,0
110	50	140	6,6	15	26	15	70	50	64	0,2	99,6	2,0	98,5	4,7
110	50	135	6,5	18	30	26	44	70	48	0,6	98,8	3,0	97,7	4,8
110	50	200	6,2	12	35	18	83,6	80	60	1,2	77,6	5	97,5	4,4
110	100	180	6,6	18	60	15	85	40	78	0,4	99,6	2,5	98,6	4,1
110	100	200	6,5	17	70	17	83	40	80	1,0	99	2,5	98,7	4,3
110	100	190	5,9	17	50	15	85	45	76	4,0	96	2,5	93,4	4,3
110	100	180	6,4	10	50	25	75	50	72	0,06	99,9	2,0	98,8	4,2
110	100	180	6,6	17	60	17	83	40	78	0,3	99,7	2,5	98,6	4,4
110	100	175	6,8	15	60	18	82	50	71	1,8	98,2	8	95,4	4

TABELA 3.2

VALORES MÉDIOS DIÁRIOS DA VAZÃO DE OPERAÇÃO, DOSAGEM E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA BRUTA (PREPARADA), DA ÁGUA DECANTADA E DA ÁGUA FILTRADA.

Q l/h	ÁGUA BRUTA				DOSAGEM SULFATO (mg/l)	ÁGUA DECANTADA				ÁGUA FILTRADA				pH
	TUR- BI- DEZ (UJ)	COR (mg/l)	pH	ALCALI- NIDADE (mg/l)		TURBIDEZ		COR		TURBIDEZ		COR		
						(UJ)	%	mg/l	%	(UJ)	%	mg/l	%	
125	50	190	6,8	13	25	17	66	90	53	0,3	99,4	2,0	98,9	5,2
125	50	240	6,8	13	20	17	66	70	71	0,6	98,8	5,0	97,9	5,1
150	50	160	5,7	7	15	13	74	30	81	0,3	99,4	2,0	98,7	5,4
200	50	175	5,5	7	18	20	60	70	60	7,5	85	25	85,7	4,2

TABELA 3.3.

RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS APÓS OTIMIZAÇÃO (pH X DOSAGEM) DE OPERAÇÃO DA ETASP PARA AS DIVERSAS COMBINAÇÕES DE VAZÃO X TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA, SEGUNDO O PLANO DE TRABALHO ELABORADO.

Q l/h	TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA (mg/l)	DOSAGEM SULFATO (mg/l)	pH	TURBIDEZ DA ÁGUA DECANTADA		TURBIDEZ DA ÁGUA FILTRADA	
				mg/l	% Red.	mg/l	% Red.
50	50	36	6,2	10	80	0,06	99,8
50	100	26	5,7	12	88	0,5	99,5
50	150	25	5,6	6	96	0,4	99,7
100	4,5	13	6,3	12	-	0,2	95,6
100	50	19	6,9	10	80	0,5	99
100	100	60	6,7	12	88	0,2	99,8
100	150	60	7,2	09	94	0,3	99,8
100	200	48	6,7	15	92,5	0,2	99,9
110	50	26	6,6	15	70	0,2	99,6
110	100	60	6,6	15	85	0,4	99,6
125	50	25	6,8	17	66	0,3	99,4
150	50	15	5,7	13	74	0,3	99,4
200	50	18	5,5	20	60	7,5	85

CAPÍTULO IV

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1 - SOBRE AS ETASPs INDUSTRIALIZADAS

De maneira geral, podemos concluir, apesar das diferenças estruturais entre as diversas ETASPs industrializadas, que, em princípio, as mesmas apresentam unidades semelhantes, com vantagens e desvantagens também muito próximas. As maiores vantagens destas estações podem ser resumidas em:

a) Possibilidade de redução de um recalque, já que a água captada em um rio ou barragem, pode ser bombeada, passando pela ETASP e seguindo diretamente para o reservatório de distribuição, sem a necessidade de novo recalque.

b) Rapidez na execução e montagem.

c) Intercambialidade, ou seja: a ETASP pode ser deslocada de uma para outra cidade.

d) Modulação: a ETASP pode ser instalada por etapas à medida das necessidades da comunidade.

e) Facilidades operacionais e de manutenção. Esta vanta

gem apresenta pelos fabricantes, na realidade, é relativa, já que se, por um lado, devido às poucas unidades componentes da ETASP, a operação é facilitada, por outro lado, as inúmeras válvulas e a pressão a que está submetida, criam uma certa dificuldade para sua operação.

f) Espaço bastante reduzido para instalação.

g) Simplificação da casa de química, que pode ser térrea, já que os dosadores são bombas para injetar sob-pressão, dispensando pavimentos elevados.

h) Desnecessidade da construção de reservatório para lavagem, uma vez que, normalmente, são construídas próximo ao reservatório de distribuição, o qual também serve àquela operação de lavagem.

Quanto às desvantagens, podemos citar:

a) Dificuldade de controle: já que as ETASPs são totalmente fechadas, o controle todo depende de análise das amostras, devendo ainda periodicamente ser vistoriadas internamente para verificação das condições do leito filtrante, chapas e drenos.

b) Dificuldades operacionais: como já foi dito na relação de vantagens, devido ao grande número de válvulas e à pressão a que estão submetidas, criam-se alguns problemas operacionais, tais como, lavagem, manutenção de válvulas e dosagem.

c) Rendimento inferior ao das ETAS abertas, motivado principalmente pelas elevadas taxas e demais parâmetros normalmente utilizados no seu dimensionamento.

4.2 - SOBRE A ETASP DESENVOLVIDA

Com relação às vantagens, a ETASP desenvolvida equivale àquelas industrializadas, uma vez que funciona também sob-pres_{ão} e é composta das mesmas unidades básicas, isto é, floco-de-cantação e filtração.

No entanto, quanto às desvantagens, teria uma a menos que as primeiras, no que se refere ao rendimento, já que a ETASP desenvolvida obedece aos parâmetros estabelecidos, podendo, pois, apresentar um desempenho bem mais favorável. Outras desvantagens são equivalentes para ambas.

Para finalizar este trabalho, queremos fazer alguns comentários finais sobre a ETASP desenvolvida e testada, principalmente sobre parâmetros e outras orientações para projeto da mesma, corrigindo alguns aspectos do projeto original que se mostraram deficientes ou que não tenham sido considerados de forma mais conveniente.

4.2.1 - MISTURA RÁPIDA

Esta unidade, como foi descrito ao longo do trabalho, não foi incluída na ETASP piloto, devido a dificuldades provocadas pelas reduzidas dimensões das tubulações. No entanto, em uma estação em escala industrial, concluímos que o tipo de mistura rápida mais adequada seria a utilização de difusor, instalado na tubulação afluente ao floco-decantador, obedecendo aos parâmetros e dimensionamento especificado no Capítulo II, item 2.2.1.

4.2.2 - FLOCULAÇÃO

A câmara de floculação, por não termos, na época do desenvolvimento desta unidade, conhecimento ainda dos estudos em andamento e que até esta data não estão concluídos sobre floculação em meios porosos, apresentou algumas falhas, tais como:

- gradiente muito baixo, devido à grande dimensão dos seixos adotados;
- período de detenção maior do que o que se poderia adotar.

Agora, sabemos que o projeto desta unidade mesmo permitindo adoção de gradientes mais baixos que os tradicionais, deve se situar entre 18 e $45s^{-1}$, utilizando seixos com diâmetro de 6,3mm, e período de detenção em torno de 11min⁽¹⁸⁾.

Com isto, certamente conseguiremos resultados bem superiores aos obtidos e ainda uma estrutura menor e, portanto, mais econômica.

4.2.3 - DECANTAÇÃO

A câmara de decantação, apesar de ter sido dimensionada obedecendo aos parâmetros já consagrados para este tipo de sedimentador (de alta taxa), teria melhor desempenho se dotada de placas paralelas com dimensões superiores (entre 1 e 1,20m de comprimento) àquela utilizada (de 0,60m), devido ao percurso adicional necessário para transição do fluxo turbulento para o laminar.

4.2.4 - FILTRAÇÃO

Esta unidade teve um desempenho muito bom ao longo de toda a pesquisa, de tal forma que concluímos que os parâmetros adotados, apesar de um pouco conservadores com taxa de aplicação em torno de $150 \text{ m}^3/\text{m}^2$ x dia e leito simples, são indicados para seu dimensionamento.

4.3 - CUSTO DAS ETASPs

Sobre o custo destas estações, em comparação àquelas abertas ou por gravidade, mesmo do tipo com novas técnicas, certamente é bem mais reduzido, devido a sua simplicidade estrutural, oportunidade de fabricação em série, custos menores de instalação, terreno e casa de química.

Para uma quantificação real desta diferença, seria necessária a elaboração de dois projetos, com as mesmas capacidades e previstos para construção no mesmo terreno, orçados de forma detalhada na mesma época. Como não dispúnhamos de todas estas condições e tal estudo prolongaria sobremaneira este trabalho, procuramos, de forma aproximada, estimar estes custos, chegando à conclusão abaixo descrita:

- Custo de uma ETA, por gravidade, em concreto armado, composta de mistura rápida em vertedor instalado em câmara de chegada, floculação em chicanas de madeira, decantação laminar e filtros rápidos de gravidade, leito simples, com capacidade para 25 l/s, conforme projeto da CAGEPA, para a cidade de Manguepe, Estado da Paraíba Cr\$ 6.154.217,00.

- Custo de uma ETA compacta, sob-pressão, composta de misturador rápido hidráulico, floco-decantadores e filtros rápidos de pressão, com leito simples, com capacidade para 25 l/s, conforme proposta da firma TECNORTE⁽⁹⁾, também para a cidade de Mamanguape, Estado da Paraíba Cr\$ 4.184.867,00.

Ambos os preços, por terem sido estabelecidos em épocas distintas, acerca de 1 ano e 1 ano e meio, foram atualizados, corrigindo-se através da UPC (Unidade Padrão de Capital) do B.N.H. (Banco Nacional de Habitação).

Por esta comparação, meio grosseira, pode-se verificar uma diferença para menos, a favor da ETASP, de cerca de 32%.

Para a ETASP desenvolvida neste estudo, uma vez que a mesma utiliza parâmetros mais ajustados, admitimos uma diferença um pouco inferior, estimada, a partir de uma consulta a um fabricante - TECNORTE⁽⁹⁾, sobre seu provável custo, em 25% a menos do custo daquela mesma ETA citada para Mamanguape.

4.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta forma, após estes comentários e conclusões, considerando que este trabalho se constitui em uma primeira pesquisa com uma ETA deste tipo e utilizando princípios bem modernos, em parte ainda não totalmente estabelecidos, concluímos que o mesmo correspondeu de forma satisfatória a nossa expectativa. Tendo em vista ainda as vantagens descritas que estas estações proporcionam, principalmente em se tratando de aplicações em pequenas comunidades, queremos recomendar que sejam de

envolvidos esforços no sentido de se estudar, de forma mais detalhada e prolongada, seu desempenho, corrigindo os defeitos aqui apontados, procurando estabelecer, de forma mais segura, parâmetros que proporcionem, cada vez mais, melhores padrões de qualidade do efluente final, com os custos ainda mais redu zidos.

Esperamos, desta maneira, ter prestado alguma contribui ção para o equacionamento da solução do angustiante problema de abastecimento de água para comunidades de pequeno porte no Brasil, problema que persiste a desafiar técnicos e governan - tes do nosso país.

NEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLO GIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO	LOCAL: M A R É S 04 / 03 1980 DATA
---	--	--

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

COLETA HORA	ÁGUA BRUTA			DOSAGENS (mg/l)		ÁGUA DECANT.		ÁGUA FILTRADA			VAZÃO l/h
	Côr	Turb.	pH	Cal	Sulfa to	Côr	Turb.	Côr	Turb.	pH	
8:00	525	150	5,6	+ ácido	25						50
11:00	"	"	5,9	"	"	17,5	4,0	5,0	0,3	5,9	"
13:00	"	"	5,6	-	"	17,5	3,0	7,5	0,4	5,2	"
15:00	"	"	5,7	-	"	25,0	6,0	5,0	0,2	4,4	"
17:00	"	"	5,9	-	"	28,0	8,0	7,0	0,2	4,2	"

OBSERVAÇÕES: Alcalinidade de água preparada, com adição de ácido e pH = 5,6 foi de 5,0

Teste de Jarros para pH = 5,6 e dosagens de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 mg/l de sulfato, apresentou o melhor resultado para a dosagem de 25 mg/l.

Dosagem de 25 mg/l corresponde a 20 gotas/min. a concentração de 1,05% de solução.

NEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO	LOCAL: M A R É S 01 / 04 1980 DATA
---	--	--

ANALISES FÍSICO-QUÍMICAS

COLETA HORA	ÁGUA BRUTA			DOSAGENS (mg/l)		ÁGUA DECANT.		ÁGUA FILTRADA			VAZÃO l/h
	Côr	Turb.	pH	Cal	Sulfato	Côr	Turb.	Côr	Turb.	pH	
9:00	330	150	7,2		90						100
10:00			7,3		"	35	15	2,5	0,4	4,1	"
12:00			7,4		"	35	13	2,5	0,3	-	"
14:00			7,2		"	30	15	3,0	0,4	-	"
16:00			7,0		"	30	14	2,5	0,6	3,9	"

OBSERVAÇÕES: Alcalinidade inicial (pH = 7,2) = 23 mg/l

Teste de Jarros: 19) para dosagem de 60 mg/l, o melhor resultado foi com pH = 7,2.

29) com pH = 7,2 e dosagens variáveis de 50, 60, 70, 80 e 90 mg/l de sulfato, obteve-se os seguintes resultados de turbidez, após 10 minutos de decantação: 15, 12, 12, 13 e 8UJ pelo que se decidiu aplicar a dosagem mais elevada de 90 mg/l que correspondem a 36 gotas/min.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLO GIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO	LOCAL: M A R É S <u>02 / 04</u> 1980 DATA
---	--	---

ANALISES FÍSICO-QUÍMICAS

COLETA HORA	ÁGUA BRUTA			DOSAGENS (mg/l)		ÁGUA DECANT.		ÁGUA FILTRADA			VAZÃO l/h
	Côr	Turb.	pH	Cal	Sulfa to	Côr	Turb.	Côr	Turb.	pH	
7:30	395	150	6,7		60						100
9:30	385	"	6,8		"	35	14	3,0	0,3	4,1	"
11:00	"	"	6,9		"	30	12	2,0	0,4	-	"
12:30	"	"	7,0		"	30	10	2,5	0,2	-	"
14:00	"	"	7,1		"	25	9	2,5	0,3	-	"
15:30	"	"	7,2		"	30	9	2,5	0,3	4,1	"

OBSERVAÇÕES: Alcalinidade inicial = 21 mg/l

Concentração de solução de sulfato = C = 1,7%

Alcalinidade da água bruta (preparada) final = 23 mg/l

ANEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLO GIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO	LOCAL: M A R É S <u>10</u> / <u>04</u> 1980 DATA
---	--	--

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

COLETA HORA	ÁGUA BRUTA			DOSAGENS (mg/l)		ÁGUA DECANT.		ÁGUA FILTRADA			VAZÃO l/h
	Côr	Turb.	pH	Cal	Sulfa to	Côr	Turb.	Côr	Turb.	pH	
7:50	580	200	7,0								100
9:00	"	"	7,2		90	65	15	5,0	0,2	4,1	"
10:30			7,0		"	50	17	7,5	0,2	-	"
12:00			7,1		"	40	17	7,5	0,15	4,1	"
13:30			6,7		"	35	15	2,5	0,15	-	"
15:00			6,8		"	35	18	5,0	0,3	4,2	"
16:30			6,8		"	45	15	2,5	0,15	-	"

OBSERVAÇÕES: Alcalinidade inicial: (pH = 7,0) = 25 mg/l

Às 12:20 h, rebaixou-se o pH (com ácido) para 6,5.

ANEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO B

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO - B	LOCAL: M A R É S 04 / 03 1980 DATA
---	--	--

PERDA DE CARGA (m.c.a.)						
HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	OBS.
11:00	0,435					
13:00	0,558					
15:00	0,694					
17:00	0,943					

OBSERVAÇÕES: _____

ANEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO B

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO - B	LOCAL: M A R É S <u>28</u> / <u>03</u> 1980 DATA
---	--	--

PERDA DE CARGA (m.c.a.)						
HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	OBS.
8:00	0,394					
9:00	0,490					
11:00	0,707					
13:00	0,843					
15:00	1,102					

OBSERVAÇÕES: _____

ANEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO B

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO - B	LOCAL: M A R É S <u>01 / 04</u> 1980 DATA
---	--	---

PERDA DE CARGA (m.c.a.)						
HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	OBS.
9:30	0,612					
10:00	0,598					
12:00	0,816					
14:00	1,183					
16:00	1,414					

OBSERVAÇÕES: _____

ANEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO B

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO - B	LOCAL: M A R É S 02 / 04 1980 DATA
---	--	--

PERDA DE CARGA (m.c.a.)						
HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	OBS.
9:30	1,006					
11:00	1,550					
12:30	1,741					
14:00	1,999					
15:30	2,149					

OBSERVAÇÕES: Perda superior ao limite estabelecido. O filtro deverá ser lavado.

ANEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO B

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO - B	LOCAL: M A R É S <u>10</u> / <u>04</u> 1980 DATA
---	--	--

PERDA DE CARGA (m.c.a.)						
HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	HORA	FILTRO	FLOCO DECANT.	OBS.
8:15	0,884					
9,00	1,074					
10:30	1,510					
12:00	1,904					
13:30	2,040					
15:00	2,353					
16:30	2,557					

OBSERVAÇÕES: A perda no filtro ultrapassou o limite estabelecido, devendo ser lavado.

Esta carreira de filtração fez 30h e 50min, tendo sido iniciada no dia 7/04/80,
operando da seguinte maneira:

dia 7/04 - 7h e 20 min

" 8/04 - 7h

" 9/04 - 8h

" 10/04 - 8h e 30 min.

ANEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO C

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO - C	LOCAL: M A R É S <u>06</u> / <u>03</u> 1980 DATA
---	--	--

LAVAGEM DA E.T.A.				
F I L T R O		FLOCO DECANTADOR		OBS.
TURBIDEZ (U.J.)	TEMPO (S)	TURBIDEZ (U.J.)	TEMPO (S)	
250	0"			
1700	15"			
1250	30"			
850	1'00"			
650	1'30"			
270	2'00"			
115	3'00"			
80	4'00"			
25	5'00"			
15	7'00"			
10	10'00"			

OBSERVAÇÕES: Motivo da lavagem: turbidez do efluente do filtro, maior que 1UJ
 Água de lavagem: 3,0 UJ de turbidez
 Taxa de lavagem: 1000 m³/m²/dia

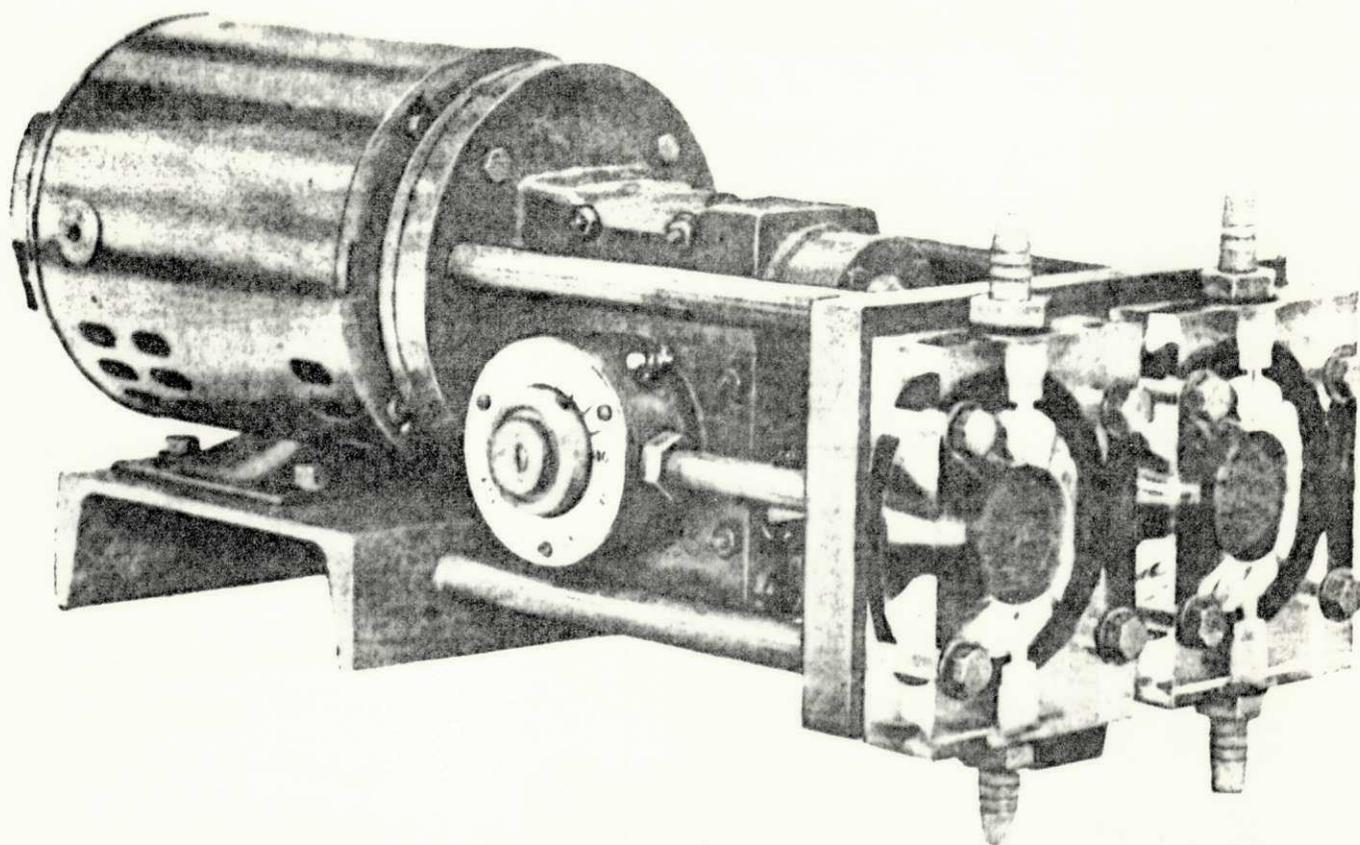
ANEXO I - BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO - MODELO C

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (MODELO REDUZIDO) BOLETIM DIÁRIO - C	LOCAL: M A R É S <u>15</u> / <u>01</u> 1980 DATA
---	--	--

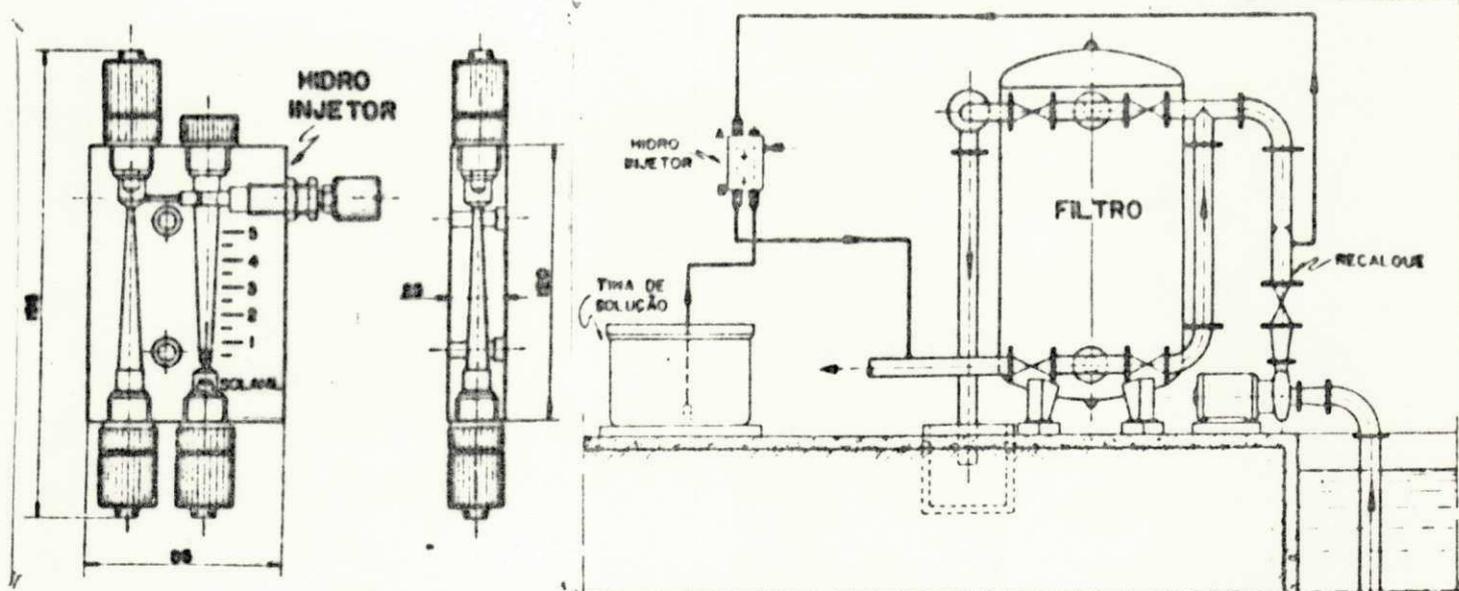
LAVAGEM DA E.T.A.				
F I L T R O		FLOCO DECANTADOR		OBS.
TURBIDEZ (U.J.)	TEMPO (S)	TURBIDEZ (U.J.)	TEMPO (S)	
3700	0'15"	1390	0'15"	
2700	1'	3000	0'30"	
260	2'	1200	1'00"	
52	3'	1520	1'30"	
28	4'	1300	2'00"	
19	5'	120	2'30"	
7,1	7'	48	3'00"	
5,4	9'	17	4'00"	
5,2	12'			

OBSERVAÇÕES: Motivo da lavagem: Perda de carga no filtro maior que o limite estabelecido.
 Taxa da lavagem: 1,200 m³/m²/dia
 Água de lavagem: 1,200 de turbidez

ANEXO II - Sistemas de Dosagens



Bomba Dosadora com Diafragma Modelo ATAG⁽³⁾
 Capacidade até 30 l/h, por cabeça
 Pressão de funcionamento até 4 kg/cm²



Hidro-injetor - Modelo SOLANIL⁽⁶⁾
 Capacidade até 15 l/h

ANEXO III - A

PROJETO DE NORMA AQUISIÇÃO DE ETA(S) COMPACTAS PRÉ-FABRICADAS
 CETESB D1.004

SUMÁRIO

	<u>Página</u>
1 Objetivo.....	
2 Referências.....	
3 Definições.....	
4 Dados a serem fornecidos aos concorrentes.....	
5 Dados a serem fornecidos pelos concorrentes.....	
6 Dados adicionais.....	
Tabela 1.....	
Tabela 2.....	

1. OBJETIVO

1.1 - Esta Norma tem por objetivo estabelecer as condições necessárias à aquisição de ETAs compactas pré-fabricadas, destinadas à produção de água potável.

1.2 - Esta Norma aplica-se exclusivamente ao relacionamento entre fornecedor e comprador, dando algumas condições para a composição das partes técnicas de editais de concorrência.

1.3 - Não é objetivo desta Norma a consideração de itens não pertinentes à parte técnica, tais como:

- a) prazo para entrega das propostas;
- b) processo de cotação de preços;

- c) condições e forma de pagamento;
- d) garantias comerciais exigidas;
- e) associação de empresas para propostas;
- f) prazo de validade de proposta;
- g) penalidades;
- h) reajustes de preços;
- i) critérios de julgamento;
- j) e outros relativos à parte comercial e jurídica.

2 - REFERÊNCIAS

Para a aplicação desta Norma e complementá-la no que necessário, poderão ser consultado as:

- a) leis federais de licitação;
- b) leis estaduais de licitação;
- c) leis municipais de licitação;
- d) especificações do órgão comprador;
- e) normas CETESB:
 - E1.112 - Roteiro de inspeção para ETAs compactas;
 - E7.701 - Estações compactas pré-fabricadas, tipo sob pressão;
 - E7.702 - Estações compactas pré-fabricadas, tipo de tanques abertos para tratamento de água.
- f) normas nacionais e/ou internacionais afins.

3 - DEFINIÇÕES

Para efeito desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.5.

3.1 - Comprador

Empresa ou entidade governamental que adquire, por meio de um contrato ou acordo, material, equipamento ou execução de algum serviço.

3.2 - Fabricante

Empresa que fabrica o material ou equipamento objeto da aquisição, podendo ser o próprio fornecedor.

3.3 - Fornecedor

Empresa executora do contrato ou acordo firmado com o comprador, fornecendo material, equipamento ou serviço.

3.4 - Inspetora

Representante do comprador, credenciada e habilitada a aceitar ou recusar serviços, materiais ou equipamentos objetos de aquisição, procedendo a inspeções e ensaios durante a fabricação e/ou no recebimento, a fim de assegurar a qualidade especificada no documento de compra.

3.5 - ETA compacta

Instalação destinada a alterar características físicas e/ou químicas e/ou biológicas apresentadas por uma água, ou eliminar substâncias potencialmente presentes consideradas indesejáveis, reduzindo-as a níveis pré-estabelecidos.

4 - DADOS A SEREM FORNECIDOS AOS CONCORRENTES

4.1 - Desenhos

Esboços esquemático do espaço disponível para a instalação da ETA compacta, citando:

- a) geometria do local;
- b) eventuais delimitações de alturas;
- c) cotas de nível do terreno nos limites da área destinada à instalação da ETA, bem como os pontos com os quais esta será hidraulicamente conectada (afluentes, efluentes e descargas).

4.2 - Especificações técnicas

Deverão ser listadas todas as especificações técnicas, consideradas preferenciais pelo comprador, no que se referem a:

- a) equipamentos e materiais;
 - vasos de pressão;
 - conexões, registros, tubos, válvulas, roscas;
 - misturadores;
 - bombas dosadoras;
 - filtros;
 - flocculadores e decantadores;
 - dosadores (cloradores, dosadores de solução);
 - medidores de vazão e de pressão;
 - materiais para revestimento anticorrosivo;
 - acessórios (turbidímetro, comparadores ópticos, etc);

- e outros que possam ser considerados opcionais;
- b) processos;
- preparo de superfícies metálicas para o revestimento anticorrosivo;
 - execução do revestimento;
 - soldagem;
 - e outros que possam ser empregados;
- c) ensaios;
- de materiais (componentes) e processos;
 - de desempenho.

NOTA: Deverão estar esclarecidos, em cada uma das especificações técnicas do item 4.2, quais os requisitos que devem ser obedecidos, bem como quais as eventuais alterações necessárias.

4.3 - Características Técnicas

O comprador deverá detalhar as características técnicas no que se refere a:

- a) vazões de trabalho, citando as mínimas e máximas;
- b) tempo diário de funcionamento, detalhando a necessidade de intervalos;
- c) pressões de trabalho, citando as mínimas e máximas no afluente e efluente da ETA;
- d) características físico-químicas e biológicas da água a ser tratada, de preferência durante todas as estações do ano;

- e) características físico-químicas e biológicas da água após o tratamento, atendendo aos padrões de potabilidade vigentes;
- f) características elétricas disponíveis da rede para a instalação da ETA;
- g) demais características do processo deverão obedecer aos valores afixados nas Tabelas 1 e 2.

4.4 - Cronograma

4.4.1 - O comprador poderá fixar a data-limite de entrega da ETA.

4.4.2 - O comprador poderá exigir do fornecedor o cronograma de fabricação e de eventuais montagens, para efeito de inspeção.

4.5 - Inspeção

4.5.1 - O comprador deverá especificar quais as fases do processo de fabricação que serão inspecionadas por ele ou seu representante.

4.5.2 - Deverá ficar perfeitamente esclarecido se o comprador aceita ou não produtos acabados ("em estoque"), bem como quais os critérios de aceitação e rejeição em qualquer dos casos.

4.6 - Embalagem, transporte e armazenamento

O comprador deverá especificar, se julgar necessário, o tipo de embalagem para cada componente do conjunto, bem como o meio de transporte até o local de entrega, e o armazenamento.

4.7 - Local de entrega

O edital deverá citar o endereço de entrega, vias de acesso , e definir a responsabilidade pelo processo de carga e descarga do equipamento.

4.8 - Peças de reposição

O comprador deverá solicitar, se julgar necessário, a relação e quantidade de peças de reposição, para um determinado período de operação além da garantia.

4.9 - Montagem e operação

A critério do comprador este poderá solicitar todos ou alguns dos itens abaixo:

- a) montagem completa da ETA no local de instalação;
- b) somente a supervisão da montagem;
- c) colocação da ETA em operação;
- d) treinamento do pessoal de operação da ETA.

4.10 - Garantias

4.10.1 - O comprador deverá exigir garantias para os componentes do conjunto e por prazos definidos.

4.10.2 - O comprador deverá exigir garantias quanto ao desempenho da ETA para os limites de qualidade pré-fixados para a água tratada.

4.11 - Manuais técnicos

O comprador deverá citar no edital a exigência do fornecimento

de manuais técnicos de instalação, operação e manutenção que devem acompanhar a ETA por ocasião do fornecimento desta, bem como citar a quantidade de cópias desejadas.

5 - DADOS A SEREM FORNECIDOS PELOS CONCORRENTES

5.1 - Os concorrentes, em suas propostas, deverão citar todos os detalhes referentes a todos os itens questionados pelo comprador, relativos ao capítulo 4 desta Norma.

5.2 - O fornecedor deverá prover o comprador com os seguintes documentos técnicos:

- a) memorial descritivo de operação da ETA, incluindo os dados técnicos de projeto;
- b) descrição técnica dos componentes da ETA;
- c) catálogos dos componentes da ETA;
- d) planta do conjunto, desenhos gerais etc.

6 - DADOS ADICIONAIS

Todas e quaisquer informações técnicas consideradas adicionais às listadas no capítulo 4 desta Norma, bem como alternativas aos dados requeridos pelo comprador deverão ser citadas.

TABELA 1 - Parâmetros de processo para ETAs compactas sob pressão.

Processo ou Operação	Com clarificação	Simples filtração
Características da água bruta	Cor máxima 100 mgPt/l	Cor máxima 30 mgPt/l
	Turbidez máx. 100 NTU	Turbidez máx. 20 NTU
Capacidade da ETA	Produção nominal 3; 6; 9; 12 l/s	Produção nominal 3;6;9;12 l/s
Mistura rápida	Perda de carga 9,49 μ Pa	
	Tempo de detenção 0,5 a 1,0 segundo	
Floculação e decantação - turbulenta	Taxa $4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	
	Tempo de detenção 60 minutos mínimo	
Floculação e decantação -laminar	Taxa $8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	
	Tempo de detenção -floculação 15 minutos mínimo	
	Tempo de detenção -decantação 30 minutos mínimo	
Filtração	Taxa $300 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ máximo	Taxa $120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ máx
Lavagem do Filtro	Taxa $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	Taxa $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
	Consumo da produção 3% máximo	Consumo da produção 6% máximo

NOTA 1: O coagulante deve ser o sulfato de alumínio.

NOTA 2: O leito filtrante deve ser em areia e antracito

NOTA 3: Recomenda-se que a filtração se processe com simples sentido de fluxo.

NOTA 4: Recomenda-se que o filtro seja lavado com água tratada final.

ANEXO III-B**C E T E S B**

E7.701

ESTAÇÕES COMPACTAS PRÉ-FABRICADAS, TIPO SOB PRESSÃO, PARA TRATAMENTO DE ÁGUA

SUMÁRIOPáginas

1	Objetivo.....	
2	Referências.....	
3	Definições.....	
4	Condições Gerais.....	
5	Condições Específicas.....	
6	Ensaio.....	
	Anexo.....	

1 - OBJETIVO

1.1 - Esta Norma fixa as características construtivas mínimas exigíveis para o recebimento em fábrica de Estações Compactas pré-fabricadas para tratamento de água que trabalhem sob pressão.

1.2 - Esta Norma se aplica às estações, tipo sob pressão, cuja finalidade seja a produção de água potável.

1.3 - Esta Norma não se aplica nos seguintes casos:

- a) estações para tratamento de águas que exijam remoção de dureza;

b) estações para tratamento de águas que contenham substâncias que lhes conferem qualidades que as tornam impróprias para o consumo humano e cuja remoção depende de processo especial.

NOTA: Por acordo entre comprador e fornecedor, a estação poderá ser provida de acessórios ou dispositivos que realizem um ou mais tratamentos específicos porém, estes, devem obedecer suas normas específicas.

2 - REFERÊNCIAS

Na aplicação desta Norma pode ser necessário consultar:

a) da ABNT,

- PB-110 - Conexões de Ferro Maleável - Classe 10;
- PB-15 - Conexões para Tubos de Ferro Fundido centrífugo;
- P-NB-109- Projeto e Construção de Vasos de Pressão Soldados não Sujeitas a Chama;
- P-EB-182- Tubos de Aço Carbono para Condução de Fluidos;
- PB-14 - Rosca Whitworth Gás;
- EB-369 - Registros de Pressão para Instalações Hidráulicas Prediais;
- EB-387 - Registros de Gaveta para Instalações Hidráulicas Prediais;
- PB-37 - Válvulas de Ferro Fundido, de Gaveta Única

b) da CETESB,

- E7-130 - Tanques de Preparação de Solução de Sulfato

de alumínio;

- M4.550 - Bocais Distribuidores de Água de Lavagem de Filtros;
- E7-300 - Bombas Dosadoras, Tipo Diafragma;
- E7.411 - Misturadores para Soluções ou Suspensões;
- E7-620 - Filtros de Pressão;
- E2-160 - Rotâmetros.

c) da ANSI,

- B16.5 - Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings;
- B16.9 - Factory-Made Wrought Steel Buttewelding Fittings.

d) da SSPC,

- SP5-63T - White Metal Blast Cleaning;
- SP6-63T - Commercial Blast Cleaning;
- SP10-63T- Near White Metal Blast Cleaning;
- Vis 1-67T- Pictorial Surface Preparation Standards for Painting Steel Surfaces.

3 - DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1. a 3.5.

3.1 - Água potável

Água que se enquadra dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela autoridade competente.

3.2 - Estação de tratamento de água

Instalação destinada a alterar características físicas e/ou químicas e/ou biológicas apresentadas por uma água, ou potencialmente presentes, consideradas indesejáveis, reduzindo-as a níveis pré-estabelecidos. É designada abreviadamente ETA.

3.3 - Estação compacta pré-fabricada para tratamento de água

Estação de tratamento de água cujas unidades são construídas em fábrica e depois transportadas ao local de seu uso. É designada abreviadamente ETA compacta pré-fabricada.

3.4 - Capacidade nominal da ETA

Volume de água que pode ser tratada na unidade de tempo, pela ETA, de modo a enquadrá-la dentro dos padrões de potabilidade.

3.5 - Unidades da ETA

Cada um dos elementos em que um certo processo de tratamento se realiza.

3.5.1 - Câmara de mistura

Unidade na qual são adicionados os reagentes da floculação. É também chamada câmara de reação.

3.5.2 - Floco-decantador

Tanque, com um conjunto de compartimentos e elementos, onde se realizam os processos de floculação e decantação.

3.5.3 - Filtro de Pressão

Tanque contendo material filtrante e acessórios no qual se realiza a filtração sob pressão hidráulica.

3.5.4 - Conjunto para manobras

Conjunto de válvulas, conexões e tubos interligados que permitem alterar a vazão e o sentido do fluxo da água entre unidades e acessórios da ETA.

4 - CONDIÇÕES GERAIS

4.1 - Descrição do equipamento

4.1.1 - Basicamente, o equipamento consta das unidades e acessórios relacionadas a seguir:

a) unidades:

- câmara de mistura
- floco-decantador
- filtros

b) acessórios

- tanques de preparação dos reagentes
- agitadores para a preparação das soluções ou suspensões dos reagentes
- bombas dosadoras
- rotâmetros
- manômetros
- dispositivos regulador de vazão
- clorador

NOTA: Dependendo da qualidade da água bruta, e por acordo entre comprador e fornecedor, poderá ser dispensado o floco-decantador. No caso de dispensa do floco-decantador recomenda-se que seja reservado o espaço suficiente para o caso de, no futuro, a qualidade da água bruta exigir a instalação desta unidade.

4.1.2 - Não são consideradas partes integrantes da ETA, para fins desta Norma:

- a) o equipamento para bombeamento da água bruta, quando necessário;
- b) o equipamento para bombeamento da água tratada, quando necessário;
- c) qualquer construção civil necessária para a montagem e/ou funcionamento;
- d) instalações elétricas e respectivos quadros de comando.

4.1.3 - Outros acessórios como comparador colorimétrico, aparelho para teste de jarros, etc, devem ser objeto de acordo entre comprador e fornecedor e cada acessório deve obedecer a sua norma específica.

4.1.4 - A ETA deve ser provida de dispositivo que permita regular a vazão para a qual foi projetada.

4.1.5 - O sistema de dosagem deve apresentar possibilidade de aplicar as soluções dosadas em pelo menos quatro pontos diferentes distanciados convenientemente, um do outro, de maneira a permitir uma boa flexibilidade de operação.

NOTA: Ver no anexo um esquema de uma ETA compacta pré-fabricada.

4.2 - Condições de utilização

As ETAs fabricadas conforme esta Norma se destinam a funcionar em regime contínuo expostas ao tempo ou cobertas parcial ou totalmente.

4.3 - Identificação

4.3.1 - A ETA compacta pré-fabricada deve ser provida de uma placa geral, metálica, firmemente presa na unidade floco-decantador ou filtro, contendo indelevelmente marcadas, no mínimo, as informações relacionadas a seguir:

- a) a expressão: ETA Compacta pré-fabricada;
- b) razão social e endereço do fabricante;
- c) pressão máxima de trabalho e capacidade nominal;
- d) modelo e/ou tipo de fabricação, de acordo com o catálogo do fabricante;
- e) número e/ou letras de fabricação ou de série;
- f) mês e ano de fabricação;
- g) mês e ano de início de operação (a ser preenchido por ocasião do início real);
- h) peso em serviço.

4.4 - Inspeção e aceitação

O fornecedor deve apresentar ao comprador, para aprovação, os desenhos da ETA referentes à planta, fluxograma e conjunto. De

vem também ser enviadas ao comprador os manuais de instalação , operação e manutenção das unidades da ETA. Estes documentos e os desenhos de fabricação de cada componente devem ser utilizados para a instalação.

4.4.1 - As ETAs pré-fabricadas conforme esta Norma podem ser inspecionadas pelo comprador ou seu representante.

4.4.1.1 - O fabricante deve facilitar o livre acesso, do comprador ou seu representante, a todas as fases de fabricação e à realização de ensaios.

4.4.1.2 - A instalação para a realização de ensaios deve estar sujeita a aprovação prévia do comprador ou seu representante.

4.4.2 - A ETA compacta será aceita se for constatado que cumpre com todos os requisitos desta Norma.

5 - CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 - Tanques de chapa de aço

As exigências previstas em 5.1.1 a 5.1.25 são aplicáveis à câmara de mistura, floco-decantador e filtro.

5.1.1 - Devem ser projetados e construídos como previstos em ABNT-P-NB-109 nas suas partes pertinentes, ou segundo outra norma de projeto e construção de vasos de pressão internacionalmente reconhecida.

5.1.2 - Os tampos podem ser do tipo, elipsoidal, torisférico , semisférico, cônico ou toricônico.

5.1.3 - Os tampos devem ser rebordeados com exceção dos cônicos e semisféricos.

5.1.4 - A construção dos tempos devem ser a partir de chapa inteira ou por soldagem de no máximo seis elementos iguais.

5.1.5 - Os diâmetros internos devem ser escolhidos nos padronizados na ABNT-P-NB-109.

5.1.6 - Todos os diâmetros de um anel qualquer devem ser iguais aos diâmetros perpendiculares do anel ao qual está soldado, dentro de uma tolerância de $\pm 0,5\%$ em relação ao diâmetro projetado.

5.1.7 - As dimensões das diferentes partes devem ser aquelas de projeto, constantes nos desenhos aprovados pelo comprador.

5.1.8 - As tolerâncias nas medidas devem ser aquelas constantes nos desenhos aprovados pelo comprador ou, na falta destas:

- a) para diâmetros internos $\pm 1\%$ do previsto e não maior que 13 mm;
- b) outras dimensões: $\pm 2\%$ do previsto e não maior que 25 mm.

5.1.9 - Cada tanque deve ser provido de, no mínimo, três olhais externos para movimentação do equipamento.

5.1.10 - A altura de cada anel deve ser igual ou superior a 1000 mm, admitindo-se que num dos anéis esta dimensão seja inferior, quando necessário para a obtenção da altura especificada do tanque.

5.1.11 - As soldas longitudinais de um mesmo anel devem ser separadas entre si por pelo menos 1000 mm de distância, medida na circunferência.

5.1.12 - As soldas longitudinais entre 2 anéis quaisquer devem ficar defasadas entre si de no mínimo 30° .

5.1.13 - Todas as soldas devem ser por cordão contínuo.

5.1.14 - Todas as peças passantes, soldadas, devem ter cordões em ambos os lados da peça transpassada.

5.1.15 - Devem apresentar facilidade de acesso a qualquer parte de seu interior para exame, manutenção e limpeza.

5.1.16 - As soldas de anéis, entre anéis, de tampos e entre tampos e parte cilíndrica devem ser do tipo topo a topo com penetração e fusão total, sem trincas, mordedura ou porosidade visual.

5.1.17 - Devem ser providos de pelo menos um ponto para colheita de amostras, a uma distância não inferior a 20 cm da parede.

5.1.18 - Defeitos considerados reparáveis, pelo comprador, devem ser corrigidos. Qualquer defeito encontrado, em decorrência da eliminação de outro, deve ser reparado integralmente.

O comprador ou seu representante deve acompanhar a execução de qualquer reparo de solda devendo realizar ensaio por líquidos penetrantes.

5.1.19 - Por acordo entre comprador e fornecedor pode ser verificada a qualidade das soldas por ensaios de radiografia, utili

zando-se os padrões fixados em ABNT-P-NB-109 para comparação.

5.1.20 - A menor dimensão interna das bocas de visita não deve ser inferior a 450 mm.

5.1.21 - Não devem apresentar qualquer vazamento ou deformação quando ensaiados hidrosticamente como disposto em 6.1.

5.1.22 - A ligação de qualquer peça ao tanque deve ser através de flange com pescoço.

5.1.23 - Antes de receber qualquer revestimento, todas as soldas devem ter acabamento por esmerilhamento, lixamento, etc., de modo a eliminar quaisquer reentrâncias, saliências, respingos, etc.

5.1.24 - O revestimento protetor interno deve ser conforme um dos seguintes sistemas:

5.1.24.1 - O sistema 1 compreende as seguintes etapas:

- a) preparação da superfície por jateamento abrasivo ao metal branco, conforme SSPC-SP5-63T, padrão visual SSPC - Vis 1-67T Sa3, até que a CETESBE publique norma sobre o assunto.
- b) aplicação de duas demãos de composição epóxi de dois componentes rica em zinco (92% Zn na película) formando película seca com espessura mínima de 75 μ por demão.
- c) aplicação de composição de alcatrão epóxi formando película seca com espessura mínima de 150 μ por demão.

5.1.24.2 - O sistema 2 compreende as seguintes etapas:

- a) preparação das superfícies por jateamento abrasivo ao grau comercial, conforme SSPC-SP6-63T, padrão visual SSPC-Vis 167T Sa2, até que a CETESB publique norma sobre o assunto;
- b) aplicação de uma ou duas demãos de alcatrão epóxi, formando película seca com espessura mínima de 300 u;
- c) aplicação de duas demãos de esmalte borracha clorada não saponificável, formando película seca com espessura mínima de 30 u por demão.

5.1.25 - O revestimento protetor externo deve ser conforme um dos seguintes sistemas:

5.1.25.1 - O sistema 1 compreende as seguintes etapas:

- a) preparação da superfície por jateamento abrasivo ao grau comercial conforme SSPC-SP6-63T e padrão visual SSPC-Vis 1-67T Sa2, até que a CETESB publique norma sobre o assunto.
- b) uma demão de tinta zarcão-óleo de linhaça, formando película seca de 35 u e 50 u;
- c) uma demão de tinta intermediária com pigmento misto zarcão-óxido de ferro e veículo de resina alquídica e óleo de linha-a, formando película seca de 25 u a 35 u;
- d) acabamento com duas demãos de esmalte sintético semi-brilhante formando película seca de 25 u a

35 u por demão. A última demão deve ser necessariamente a pistola.

5.1.25.2 - O sistema 2 compreende as seguintes etapas:

- a) preparação da superfície por jateamento abrasivo ao grau comercial conforme SSPC-SP6-63T e padrão visual SSPC-Vis 1-67T Sa2, até que a CETESB publique norma sobre o assunto;
- b) duas demãos de zarcão-cromato de zinco formando película seca de 35 u a 50 u por demão;
- c) acabamento como sistema 1.

NOTA: Na execução dos revestimentos protetores, internos e externos, devem ser observadas as recomendações dos fabricantes das tintas utilizadas.

5.2 - Tanques de preparação de soluções

5.2.1 - Devem ser de material resistente à corrosão pela solução à qual se destinam. Podem também ser utilizados materiais não resistentes à corrosão mas, nestes casos, os tanques devem receber revestimento anti-corrosivo.

5.2.2 - Os tanques destinados à solução de sulfato de alumínio devem ser como previsto em CETESB E7.130 nas suas partes pertinentes.

5.2.3 - Os tanques de cimento-amianto não são admitidos para essa finalidade.

5.2.4 - Devem ser providos de placa indicativa da solução a que se destinam e do seu volume útil, em m³.

5.2.5 - O volume útil deve ser, no mínimo, igual àquele necessário para manter a dosagem prevista durante 8, 12 ou 24h. Este período, entre duas preparações consecutivas de solução, deve ser o especificado pelo comprador.

5.2.6 - Devem ter marca indelével, indicativa do nível máximo de trabalho do líquido, que é aquele que fornece o volume útil, descontado o volume do nível inferior destinado à retenção de impurezas.

5.2.7 - Cada tanque deve ser provido de um misturador que atenda aos requisitos fixados em CETESB E7.411.

5.3 - Rotâmetro

Deve atender às exigências da E2.160 da CETESB.

5.3.1 - Deve ser de vidro borossilicato, e ter resistência à pressão interna no mínimo igual a 1,5 vezes a pressão máxima de serviço da ETA.

5.3.2 - Deve ter escala graduada e precisão não inferior a $\pm 3\%$ do fundo da escala.

5.3.3 - A sua capacidade de medida deve ser tal que trabalhe no terço médio da escala.

5.3.4 - As subdivisões da escala devem ser compatíveis com a precisão indicada.

5.3.5 - Deve ser provido de proteção metálica, com exceção da parte da escala cuja proteção deve ser com plástico transparente.

5.3.6 - Deve ser montado corretamente observando as instruções do fabricante. Não deve servir como meio de fixação de tubulação.

5.3.7 - Deve ser montado em derivação, com válvulas de isolamento e de retenção, podendo trabalhar com o diferencial de pressão de uma placa de orifício calibrado.

5.4 - Bombas Dosadoras

5.4.1 - Devem ser como especificado em CETESB E7.300 do tipo simples ou múltiplos cabeçotes.

5.4.2 - Cada cabeçote deve ser capaz de fornecer uma vazão igual ou superior à máxima vazão prevista para o reagente de maior consumo, à pressão máxima de trabalho.

5.4.3 - Deve ter capacidade de dosar simultaneamente e de forma independente os reagentes indicados pelo comprador.

5.5 - Câmara de mistura

5.5.1 - Deve ser construída conforme desenho do fabricante e obedecer ao prescrito em 5.1.

5.5.2 - Deve apresentar facilidade de acesso, a qualquer parte de seu interior, para exame, manutenção e limpeza. Deve ser constituída de duas metades separáveis, parafusadas ao longo de sua maior dimensão.

5.5.3 - Recomenda-se que constitua uma unidade independente do floco-decantador.

5.6 - Floco-decantador

5.6.1 - Deve ser construído conforme desenho do fabricante e obedecer ao disposto em 5.1.

5.6.2 - Recomenda-se que seja provido de três coletores de amostras que permitam retirada de amostras de diferentes zonas que se encontrem em diferentes etapas de floculação.

5.6.3 - Deve ser provido de manômetro conforme 5.15, na canalização de entrada de águas, provido de válvula de isolamento.

5.7 - Filtros

Devem ser como especificado em CETESB E7.620.

5.7.1 - Os tanques dos filtros devem ser como especificado em 5.1.

5.7.2 - Os bocais distribuidores de água de lavagem, quando utilizados, devem ser como especificado em CETESB M4-550. Devem ser facilmente substituíveis.

5.7.3 - Devem ser providos de dois manômetros conforme 5.15 sendo um da entrada da água decantada e outro na saída da água filtrada.

5.7.4 - Devem ser providos de válvula de alívio de pressão.

5.8 - Conjunto para manobras

5.8.1 - Os tubos, conexões, válvulas, etc. do quadro de manobra devem satisfazer aos requisitos específicos previstos nesta Norma.

5.8.2 - Deve permitir alterar o sentido do fluxo da água de maneira prevista no fluxograma.

5.9 - Válvulas

5.9.1 - As válvulas de globo devem obedecer ao disposto em ABNT EB-369.

5.9.2 - As válvulas de gaveta:

a) se de liga de cobre devem obedecer ao disposto em ABNT-P-EB-387;

b) se de ferro fundido devem obedecer ao disposto em ABNT-PB-37.

5.9.3 - Outras válvulas, aqui não mencionadas, devem satisfazer suas normas específicas.

5.9.4 - As válvulas devem ser facilmente manobráveis tanto em vazio como em carga.

5.10 - Roscas

As roscas de tubos e conexões da ETA devem ser conforme ABNT-PB-14.

5.11 - Tubos

Os tubos utilizados na ETA devem ser como especificado em ABNT - EB-182, de aço carbono, sem costura, classe M, com revestimento protetor de zinco classe B.

5.12 - Flanges

5.12.1 - Os flanges de aço, devem ser conforme ANSI B.16.5 , classe 150 ou superior.

5.12.2 - Os flanges de ferro fundido devem ser conforme ABNT-PB 15 e ter espessura de acordo com ABNT-PB-37.

5.13 - Conexões

Devem ser:

- a) de aço zincado, e obedecer a ABNT-PB-110; ou
- b) de ferro fundido, e obedecer a ABNT-PB-15; ou
- c) de aço forjado, para solda, conforme ANSI B.16.9.

5.14 - Ligações

5.14.1 - Devem ser flangeadas ou rosqueadas para diâmetro nominal de até 80 mm.

5.14.2 - Devem ser flangeadas para diâmetro nominal acima de 80 mm.

5.14.3 - As ligações rosqueadas devem conter quantidade suficiente de uniões que permita, com facilidade, a montagem e desmontagem dos tubos e/ou peças.

5.15 - Manômetros

Devem ser de diâmetro não inferior a 100 mm e previstos para trabalhar no terço médio da escala.

6 - ENSAIOS

6.1 - Ensaio hidrostático dos tanques

Cada tanque deve ser ensaiado hidrostaticamente como disposto na ABNT-P-NB-109 a 1,5 vezes a pressão máxima de serviço da ETA, antes de receber qualquer tipo de revestimento.

6.2 - Ensaio hidrostático do conjunto para manobras

Deve ser ensaiado como um todo (conjunto das válvulas e tubos) ou em partes, dependendo das condições das instalações.

6.3 - Ensaaios de outros componentes

Devem ser realizados conforme a norma específica do componente em questão.

ANEXO IV-A

CAGEPA - AGÊNCIA REGIONAL DO LITORAL
DIVISÃO DE TREINAMENTO - LABORATÓRIO
REGIONAL.

BOLETIM DE ANÁLISE S/Nº
 EXPEDIDO PARA AGÊNCIA REGIONAL

PROTOCOLO DE AMOSTRA

REMETENTE: José Reynolds Cardoso de Melo
 PROCEDÊNCIA: Marés
 MANANCIAL: Barragem
 COLETADOR: José Reynolds Cardoso de Melo
 NATUREZA DA AMOSTRA: Água Bruta
 PONTO DE COLETA: Chegada da ETA
 DATA E HORA DA COLETA: 04/03/80 - 8:00 horas
 DATA E HORA DA ENTRADA NO LAB.: 04/03/80 - 8:00 horas
 PARA ANÁLISE: Físico-química
 APRESENTAÇÃO: Garrafa plástica de um litro

RESULTADOS

- 1 - Aspecto "in-natura": Clara

 2 - Odor, a frio: Ausente

 3 - Odor, a quente: Ausente

 4 - Temperatura (°C)..... Ambiente
 5 - pH:..... 6,4

6 - CO ₂	4,70 mg/l
7 - Acidez mineral.....	10,50 mg/l
8 - Sólidos totais (103°C).....	120,00mg/l
9 - Turbidez.....	5,6 mg/l
10 - Cor (Pt-CO).....	100,00mg/l
11 - Amônia (NH ₃).....	0,00 mg/l
12 - Nitritos (NO ₂ ⁻).....	0,00 mg/l
13 - Nitratos (NO ₃ ⁻).....	0,00 mg/l
14 - Oxigênio consumido (meio ácido).....	5,20 mg/l
15 - Alcalinidade, em hidróxidos (CaCO ₃).....	0,00 mg/l
16 - Alcalinidade, em carbonatos (CaCO ₃).....	0,00 mg/l
17 - Alcalinidade, em bicarbonatos (CaCO ₃).....	16,00 mg/l
18 - Alcalinidade total (CaCO ₃).....	16,00 mg/l
19 - Cloretos (Cl ⁻).....	30,00 mg/l
20 - Ferro (Fe ⁺⁺⁺).....	0,30 mg/l
21 - Dureza total (CaCO ₃).....	60,00 mg/l
22 - Sulfato (SO ₄ ⁻).....	0,00 mg/l
23 - Flúor (F ⁻).....	0,18 mg/l
24 - Sabor.....	Agradável

OBS: 1 - Sólidos totais, após uma sedimentação espontânea de 04 dias.

2 - Dureza, pelo método E.D.T.A.

3 - Período para análise 04/03/80 à 08/03/80

ANTONIO BATISTA GUEDES

Eng^o Químico da Divisão de Tratamento
da Agência Regional do Litoral
C.R.Q - 01300210 - 1a.Região

ANEXO IV-B

CAGEPA - AGÊNCIA REGIONAL DO LITORAL
DIVISÃO DE TRATAMENTO - LABORATÓRIO REGIONAL

BOLETIM DE ANÁLISE S/Nº

EXPEDIDO PARA AGÊNCIA REGIONAL DO LITORAL

PROTOCOLO DE AMOSTRA

REMETENTE: José Reynolds Cardoso de MeloPROCEDÊNCIA: MarêsMANANCIAL: BarragemCOLETADOR: José Reynolds Cardoso de MeloNATUREZA DA AMOSTRA: Água TratadaPONTO DE COLETA: Saída da ETA compacta pesquisadaDATA E HORA DA COLETA: 04/03/80 - 12:30 horasDATA E HORA DA ENTRADA NO LAB.: 04/03/80 - 13:00 horasPARA ANÁLISE: Físico-QuímicoAPRESENTAÇÃO: Garrafa plástica de 01 litro

RESULTADOS

1 - Aspecto "in natura": Clara2 - Odor, a frio: Ausente3 - Odor, a quente: Ausente

4 - Temperatura (°C).....	Ambiente
5 - pH:.....	5,2
6 - CO ₂	1,80 mg/l
7 - Acidez mineral.....	10,80 mg/l
8 - Sólidos totais (103°C).....	25,00 mg/l
9 - Turbidez.....	0,30 mg/l
10 - Cor (Pt-CO).....	7,50 mg/l
11 - Amônia (NH ₃).....	0,00 mg/l
12 - Nitritos (NO ₂ ⁻).....	0,00 mg/l
13 - Nitratos (NO ₃ ⁻).....	0,00 mg/l
14 - Oxigênio consumido (meio ácido).....	1,90 mg/l
15 - Alcalinidade, em hidróxidos (CaCO ₃).....	0,00 mg/l
16 - Alcalinidade, em carbonatos (CaCO ₃).....	0,00 mg/l
17 - Alcalinidade, em bicarbonatos (CaCO ₃).....	3,00 mg/l
18 - Alcalinidade total (CaCO ₃).....	3,00 mg/l
19 - Cloretos (Cl ⁻).....	30,10 mg/l
20 - Ferro (Fe ⁺⁺⁺).....	0,00 mg/l
21 - Dureza total (CaCO ₃).....	60,50 mg/l
22 - Sulfato (SO ₄ ⁼).....	0,00 mg/l
23 - Flúor (F ⁻).....	0,18 mg/l
24 - Sabor.....	Agradável

OBS.: 1 - Sólidos totais, após uma sedimentação espontânea de 04 dias.

2 - Dureza, pelo método E.D.T.A.

3 - Período para análise 07/03/80 à 11/03/80

ANTONIO BATISTA GUEDES

Engº Químico da Divisão de Tratamento
da Agência Regional do Litoral
C.R.Q. - 01300210 - 1a. Região

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB. "Estações Compactas Pré-Fabricadas, Tipo Sob-Pressão, para Tratamento de Água", Projeto de Norma E 7.701, São Paulo, 1979.
2. CETESB. "Aquisição de ETAS Compactas Pré-Fabricadas", Projeto Norma, D. 1.004, São Paulo, 1978.
3. ATAG. "Unidades Compactas para Tratamento de Água", Tratamento de Águas e Saneamento Ltda, São Paulo, 1977.
4. FILTRÁGUA. "Sistemas de Tratamento de Água", Equipamentos para Tratamento de Água, São Bernardo do Campo, 1979.
5. BARBARÁ, "Catálogo Geral 77", Rio de Janeiro, Julho/1977 .
6. SOLANIL. "Instalações para Tratamento de Água", Tratamento de Água S.A., São Paulo, 1978.
7. FILSAN. "Catálogo Geral 9/76, Sistema de Clarificação e Filtração", Equipamentos para Saneamento S/A, Santo Amaro, 1976.

8. HIDROTEC. "Equipamentos para Tratamento de Água", Tratamento de Água e Instalações Técnicas Ltda. Salvador, 1977.
9. TECNORTE. "Equipamentos para Tratamento de Água", Tecnomecânica Norte S.A., Fortaleza, 1978.
10. ICOMACEDO S/A, Indústria e Comércio, "Filtro de Dupla Filtragem para Água", Fortaleza, 1976.
11. AZEVEDO NETTO, J.M. "Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água", Vol. 2, 2^a. ed., CETESB, São Paulo, 1977.
12. AZEVEDO NETTO, J.M. e DI BERNARDO. "Instalações piloto de Superfiltração", Engenharia Sanitária, 13, nº 3, jul/set, 1974, pp. 104 - 110.
13. CLARITEC. "Equipamentos Diversos", Equipamentos para Tratamento de Água Ltda, São Paulo, 1975.
14. DEGRÉMONT. "Manual Técnico del Agua", Sociéte Générale d'Epuration ed d'Assainissement, 1973.
15. PARLATORE, A.C. Mistura e Floculação, in: AZEVEDO NETTO, J. M. et al, "Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água", vol. 2, 2^a. ed., CETESB, São Paulo, 1977, pp.719-66.
16. ARBOLEDA, J. "Teoria, Diseño Y Control de los Processos de Clarificacion del Agua", OPS/CEPIS, Série Técnica 13, Washington D.C., 1973.
17. HAMMER, M.J. "Water and Wastewater Technology", John Wiley and Sons, New York, 1977.

18. RICHTER, C.A. "Estação de Tratamento para Pequenas Comunidades - Estudo em uma Estação Piloto", SANEPAR, Curitiba, 1979.
19. SANCHEZ, G. "Sedimentadores de Sólidos de Contacto de Flujo Ascendente", simpósio sobre novos métodos de tratamento de água, Assunción, Paraguay, 1972.
20. BADRINATH, S.D. "An Economical Upflow Clarification for Surface Waters With Low Turbidity", Journal of Indian Water Workes Association, Sep., 1977.
21. LEME, F.P. "Teoria e Técnicas de Tratamento de Água", CETESB, São Paulo, 1979.
22. HAZEN, A. "On Sedimentation", Journal and Proceedings of the Institute of Sewege Purification, Reprint, 6, 1961, pp. 521-31.
23. AZEVEDO NETTO, J.M. "Tratamento de Águas de Abastecimento", Edit. da USP, São Paulo, 1966.
24. AWWA, ASCE, CSSE. "Water Treatment Plant Design", American Water Workes Association, Inc., New York, 1969.
25. TEBBUTT, T.H.Y. "Principles of Water Quality Control", Pergamo Press, 2nd Ed., Oxford, 1977, pp. 109-18.
26. WEBER, Jr., W.J. "Physicochemical Processes for Water Quality Control", Wiley Interscience, USA, 1972, pp. 162-96.

27. CLARK, J.W. VIESSMAN. W. Jr. and HAMMER, M.J. "Water Supply and Pollution Control", Harper and Row Publishers, 3rd, Ed. London, 1977, pp. 381-404.