

Sistema Cantareira: Análise operacional ETA Guarau

Mário Jínti Omori (1)
Célio Márcio Filgueiras Galvão (2)

Resumo

A ETA Guarau iniciou sua operação em 12/73. Com 13 anos de operação ininterrupta, atingindo portanto sua maturidade, podemos analisar seu comportamento em situações de vazão de tratamento acima das taxas nominais de projeto e seus reflexos.

Apesar de as premissas de projeto serem exigidas e ultrapassadas por períodos relativamente longos, até a concretização das obras de expansão, a resposta das instalações da ETA Guarau, quando traduzidas em confiabilidade operacional, qualidade e quantidade de água produzida, revela o acerto com que estas unidades operacionais foram construídas.

Outros fatores preponderantes revelaram-se neste período, tais como a perfeita integração dos operadores de tratamento e o sistema de manutenção implantado, permitindo explorar e exigir ao máximo as instalações projetadas.

1 Introdução

Normalmente, a implantação de uma ETA é efetuada em etapas, com modulações que permitem atender às demandas previstas do período considerado.

Entretanto, por motivos diversos, nem sempre o cronograma acompanha a evolução da demanda e, quando não se têm outras alternativas de abastecimento, as instalações da ETA são sobrecarregadas ao máximo até a conclusão da próxima etapa.

Sobrecargas de 10% acima das vazões nominais são toleradas com facilidade; entretanto, em ocasiões de altas temperaturas, tais sobrecargas podem atingir valores acima de 30% e em ocasiões de parada de um decantador para lavagem e manutenção anual há sobrecargas nos filtros devido à degradação da qualidade da água decantada, obrigando os filtros a trabalharem em condições para as quais não foram previstas na ocasião do projeto.

Um controle operacional adequado, com pessoal operacional e de manutenção trabalhando harmonicamente, supera as condições adversas, permitindo obtenção de índices de regularidade de funcionamento da ETA e de qualidade dentro dos padrões estabelecidos.

2 Parâmetros de projeto

A ETA Guarau foi projetada para ser construída em 3 etapas.

A 1.a etapa, de 11 m³/s, iniciou sua operação em dezembro de 1973. A 2.a etapa, de 22 m³/s, foi concluída em meados de 82 e a 3.a etapa, de 26 m³/s, será concluída em 2/88.

A ETA foi concebida para tratamento convencional, com projeto moderadamente conservativo de acordo com os padrões da época e que fosse capaz de produzir uma água filtrada satisfatória durante todo o tempo, quando operada por pessoal devidamente treinado e supervisionado.

Além de outros, o grande avanço tecnológico introduzido no projeto foram os filtros rápidos de dupla camada areia-antracito, com taxa de filtração constante de 340 m³/m².dia e trabalhando a nível constante.

Louve-se essa decisão, que se vem mostrando com o passar dos anos acertada, pois as grandes restrições de qualquer ETA, que são os filtros, vêm apresentando uma performance adequada e absorvendo os choques de tratamento a que são submetidos.

A maturação de um empreendimento do porte do Sistema Cantareira é longa. Em 1966 foi iniciado pelo antigo DAE-Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo o desenvolvimento do então Projeto Juqueri para um suprimento adicional de água para a área metropolitana de São Paulo.

Em 1967, o Relatório de estudo de viabilidade foi executado e, juntamente com a Serete Engenharia, foi contratada a James M. Montgomery para preparação do projeto básico, concluído em julho de 1968.

Em 1969, foi contratada a Planidro juntamente com a Figueiredo Ferraz para preparação dos detalhamentos e especificações que constariam do projeto executivo. Nesta época foi con-

tratada a assessoria da James M. Montgomery para revisão e checagem final dos projetos e especificações, com início imediato das obras. Os projetos de ampliação da 2.a e 3.a etapas foram contratados à firma Ambitec.

Portanto, levaram 7 anos para que a primeira gota d'água pudesse beneficiar a população e mais 13 anos para atingir a maturidade.

Passados os primeiros meses de operação, bastante atribulados, situação que pode até ser considerada normal para a época, pois não se tinham todos os equipamentos instalados e os operadores, apesar de preparados, não eram perfeitamente senhores da situação. Aos poucos, com a finalização das montagens e melhor assimilação das instalações, verificou-se a boa performance da maioria das unidades operacionais, mostrando o acerto dos parâmetros adotados.

O anexo VII mostra os parâmetros básicos de projeto da ETA Guarau.

3 Evolução da vazão

Devido à cota privilegiada do reservatório da ETA (830 m), a zona de influência do Sistema Cantareira alcança com facilidade setores onde o fornecimento de água efetuada por outros sistemas da Sabesp se tornara deficiente.

O porte das linhas adutoras saindo da ETA Guarau facilita a adução de água, transferindo grandes vazões aos reservatórios de distribuição.

Dessa forma, seria lógico que a evolução da demanda avançasse rapidamente, ultrapassando por vezes, principalmente nos meses quentes do ano, o cronograma de ampliação previsto.

O Sistema Produtor Cantareira produziu, em outubro de 1986 22,2 m³/s, valor 8,3% superior em relação a outubro de 1985. A sua participação no Sistema Integrado cresceu de 51,82% em outubro de 1985 para 54,54% em outubro de 1986.

Neste mês de outubro de 1986, a vazão total do Sistema Integrado que abastece toda Região Metropolitana de São Paulo alcançou 40,7 m³/s.

Um sistema de distribuição de água, quando bem operado e tendo-se a oportunidade de recuperar os níveis

(1) Engenheiro Industrial Químico — Chefe do Departamento de Produção Norte — Sabesp.
(2) Engenheiro Civil — Chefe da Divisão do Sistema Cantareira de Água Tratada.

dos reservatórios setoriais nas horas de menor consumo, transfere, como no caso do Sistema Cantareira, uma variação de vazão, em relação à média, de 15% diretamente na operação da ETA.

Se estivessemos trabalhando na ETA com vazões médias de 22 m³/s, e alcançando-se picos de 25 m³/s, a situação poderia ser considerada dentro dos parâmetros.

Entretanto, em dias típicos de calor, trabalhando-se com vazões de água tratada de 25,2 m³/s com picos de 28,9 m³/s, ou seja, a taxa acima de 30% daquelas nominais, as solicitações em todas as unidades de tratamento podem ultrapassar momentaneamente as premissas do projeto, sobrecarregando as instalações, porém fornecendo ainda água potável dentro do exigido pela demanda, e dentro de um perfeito controle operacional.

A tabela 1 do Anexo I mostra a evolução média da vazão de água tratada desde o início de operação e o Anexo V mostra as variações horárias num dia típico de calor no mês de novembro de 1986.

Logicamente esta situação de sobrecarga das instalações não pode continuar perpetuamente, sob o risco de deteriorarmos rapidamente as instalações. Na ETA Guarau, tendo-se consciência que tal situação é passageira até o término das obras de ampliação, todo esforço é concentrado no controle e otimização da operação, permitindo assim que sejam tratadas e distribuídas vazões acima das nominais de 22,0 m³/s, concorrendo na minimização dos problemas que poderão advir da falta de água.

4 Análise operacional da ETA

Uma ETA, quando bem operada e possuindo um projeto adequado, deverá produzir água de boa qualidade e quantidade com mínimo gasto de produtos químicos e água de lavagem.

O anexo I mostra a evolução dos principais parâmetros desde o início da operação.

Nota-se que em 1978, 5 anos após o início de operação, atingiu-se praticamente a vazão prevista para a 1.a etapa de obras: 11 m³/s.

A partir desta época, até meados de 1982, durante cerca de 4 anos, quando se concluiu a 2.a etapa de obras, com a operação de mais 16 filtros, permanecendo os 4 conjuntos floculadores-decantadores, as 16 unidades de filtração remanescentes sofreram sobrecargas de até 50% da taxa nominal de filtração, conforme pode ser visualizada no Anexo II.

Com a conclusão dessa etapa em 1982, até 1988, quando está previsto

Anexo I — Tabela 1 — Evolução dos dados operacionais da ETA Guarau

ANO	VAZÃO AGUÁ TRATADA (m ³ /s)	SULFATO ALUMINIO (mg/l)	TURBIDEZ AGUÁ BRUTA (FTU)	TURBIDEZ AGUÁ FINAL (FTU)	TAXA FILTRAÇÃO (m ³ /m ² .d)	AGUA LAVAGEM (%)
73	0,175					
74	2,055	21,8	18,4	0,19	301	0,98
75	3,673	20,2	24,6	0,41	296	1,37
76	5,889	14,5	34,0	0,91	320	1,87
77	9,036	13,2	22,1	0,36	287	2,01
78	10,485	11,5	20,8	0,28	321	1,99
79	12,040	13,9	18,3	0,25	378	2,17
80	14,201	13,4	25,3	0,29	444	1,82
81	14,702	14,6	18,9	0,24	466	1,94
82	15,982	14,4	12,4	0,22	374	1,95
83	17,490	11,1	23,3	0,18	294	1,71
84	19,045	9,4	8,4	0,15	304	1,48
85	19,728	9,5	7,5	0,14	309	1,57
*86	22,137	10,5	5,0	0,18	353	2,08

* 11/86

Anexo I — Tabela 2 — Evolução mensal 1986

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
VAZÃO TRATADA	120	120,8	121,7	122,7	122,1	121,9	122,6	122,3	122,6	123,2	123,6
TAXA FILTRAÇÃO	1312	1324	1339	1355	1347	1364	1370	1363	1363	1370	1382
% ÁGUA LAVAGEM	1,25	1,29	1,46	1,81	1,95	2,57	2,59	2,25	2,49	2,15	2,08
CARREIRA FILT (H)	138	137	133	124	123	116	115	118	115	117	117

o término da 3.a etapa, as instalações voltaram a sofrer sobrecarga, conforme mostrado no Anexo III, quando já se atingiu mais de 21% da taxa nominal dos filtros.

Uma análise de dados anuais, como mostrado no Anexo I, não revela as dificuldades operacionais e nem as várias implicações que isto acarreta à qualidade da água, que ocorrem durante as 24 hras do dia.

Dessa forma, o Anexo II destaca um dia dentro do período anterior à ampliação dos filtros, quando se atingiu uma grande sobrecarga.

A — Análise da vazão

A vazão neste dia oscilou da seguinte forma:

$$\begin{aligned} O_{\max} &= 18,30 \text{ m}^3/\text{s} \\ O_{\min} &= 15,15 \text{ m}^3/\text{s} \\ O_{\text{med}} &= 16,63 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Houve um pico máximo de 10% em relação à média e esta média estava 51% maior do que aquela projetada para os filtros.

Entretanto, nesta época, os floculadores e decantadores estavam construídos para 22 m³/s.

B — Análise da turbidez remanescente dos decantadores

Apesar de a turbidez estar acima da média típica desta água, em razão do período chuvoso, houve uma remoção de turbidez de 93%, considerando-se a seguinte variação:

Turbidez (FTU)	Bruta	Decantada	% Remoção
Máxima	53	4,0	
Mínima	48	3,0	
Média	49,4	3,5	93

As razões da performance nesta etapa foram:

- Tempo de detenção do floculador = 32 min
- Taxa de decantação = 61 m³/m².dia

Anexo II

DATA : 17/02/81
 TEMPO DE DETENÇÃO FLOCULADOR : 32 min
 TAXA DECANTAÇÃO : 61 m3/m2.dia
 TAXA FILTRAÇÃO : 510 m3/m2.dia
 ÁGUA DE LAVAGEM : 1,9 %
 CARREIRA DE FILTRAÇÃO : 17,8 Horas

DADOS OPERACIONAIS

Hora	Vazão ETA	Turb. Bruta	Turb. Decant.	% Remoção	Turb. Filtrada	Turb. Final	Dosagem Sulf. Al.
1	15,55	51	4,0	92	0,30	0,29	22,0
2	15,36	50	3,8	92	0,27	0,26	22,5
3	15,27	49	3,5	92	0,25	0,24	22,5
4	15,31	49	3,3	93	0,24	0,22	22,7
5	15,26	49	3,2	93	0,22	0,21	22,6
6	15,15	48	3,6	90	0,28	0,23	22,2
7	15,25	48	3,6	92	0,29	0,24	22,1
8	15,24	48	3,3	93	0,30	0,33	22,2
9	17,96	49	3,5	92	0,27	0,30	22,3
10	16,62	49	3,6	92	0,27	0,28	22,1
11	16,82	48	3,9	91	0,26	0,27	22,8
12	16,90	48	3,8	92	0,25	0,28	22,9
13	17,66	48	3,8	92	0,26	0,28	23,1
14	17,70	50	3,5	93	0,28	0,30	23,3
15	17,47	50	3,6	92	0,31	0,30	23,3
16	17,51	49	3,0	93	0,25	0,26	24,1
17	17,43	50	3,1	93	0,28	0,29	24,8
18	17,74	50	3,5	93	0,28	0,29	24,5
19	17,87	51	3,8	92	0,30	0,26	24,1
20	18,30	53	3,9	92	0,29	0,30	23,2
21	17,94	53	3,8	92	0,28	0,29	22,4
22	16,25	50	3,4	93	0,30	0,30	22,1
23	16,20	49	3,5	92	0,30	0,31	21,8
24	16,27	48	3,5	92	0,27	0,30	21,8
MAX	18,30	53	4,0		0,33	0,33	
MIN	15,15	48	3,0		0,22	0,21	
MED	16,63	49,4	3,5	93	0,27	0,27	22,8

Anexo III

DATA : 22/11/86
 TEMPO DE DETENÇÃO FLOCULADOR : 20 min
 TAXA DECANTAÇÃO : 99 m3/m2.dia
 TAXA FILTRAÇÃO : 414 m3/m2.dia
 ÁGUA DE LAVAGEM : 2,15 %
 CARREIRA DE FILTRAÇÃO : 14,6 Horas

DADOS OPERACIONAIS

Hora	Vazão ETA	Turb. Bruta	Turb. Decant.	% Remoção	Turb. Filtrada	Turb. Final	Dosagem Sulf. Al.
1	25,19	3,9	2,8	28	0,15	0,18	11,2
2	23,78	4,1	2,5	39	0,13	0,18	11,2
3	23,90	4,0	2,4	40	0,13	0,18	11,2
4	23,48	3,9	2,3	41	0,14	0,17	11,2
5	23,51	4,1	2,6	36	0,15	0,22	11,1
6	23,41	4,0	2,5	37	0,15	0,21	11,5
7	25,50	3,9	2,9	26	0,15	0,20	11,3
8	28,24	3,9	3,3	15	0,15	0,20	11,4
9	20,56	3,9	3,0	23	0,14	0,19	11,5
10	28,33	4,0	2,9	27	0,14	0,19	11,5
11	28,24	3,9	3,0	23	0,14	0,18	11,7
12	28,15	4,1	2,9	29	0,14	0,18	11,5
13	27,91	4,0	2,8	30	0,13	0,18	11,6
14	27,47	3,8	2,6	32	0,13	0,17	11,6
15	27,76	3,9	2,7	31	0,13	0,17	11,6
16	29,35	3,8	2,7	29	0,13	0,18	11,7
17	29,05	3,9	2,9	27	0,15	0,19	11,8
18	28,72	3,9	3,0	23	0,17	0,22	12,0
19	28,70	3,9	3,2	20	0,16	0,20	12,2
20	28,46	4,0	3,4	15	0,15	0,21	12,2
21	28,45	4,1	3,4	17	0,14	0,20	11,9
22	28,39	4,2	3,2	24	0,15	0,20	11,9
23	27,23	4,3	3,1	28	0,15	0,20	11,6
24	26,17	4,3	3,2	36	0,16	0,20	11,8
MAX	29,35	4,3	3,4		0,17	0,22	12,2
MIN	23,41	3,8	2,3		0,13	0,17	11,1
MED	27,00	4,0	2,8	30	0,14	0,19	11,6

Anexo IV

DATA : 28/09/81
 TEMPO DE DETENÇÃO FLOCULADOR : 34 min
 TAXA DECANTAÇÃO : 58 m3/m2.dia
 TAXA FILTRAÇÃO : 485 m3/m2.dia
 ÁGUA DE LAVAGEM : 1,3 %
 CARREIRA DE FILTRAÇÃO : 20 Horas

DADOS OPERACIONAIS

Hora	Vazão ETA	Turb. Bruta	Turb. Decant.	% Remoção	Turb. Filtrada	Turb. Final	Dosagem Sulf. Al.
1	15,05	4,8	1,3	73	0,16	0,18	13,4
2	15,02	4,6	1,3	71	0,17	0,20	13,7
3	15,14	4,6	1,4	69	0,16	0,21	13,7
4	15,19	4,8	1,3	73	0,15	0,19	12,7
5	15,22	4,8	1,3	73	0,16	0,20	12,7
6	13,98	5,2	1,5	71	0,14	0,16	12,8
7	14,35	5,2	1,4	73	0,18	0,20	12,7
8	15,55	4,4	1,3	70	0,21	0,26	13,8
9	14,62	4,3	1,3	69	0,20	0,26	12,7
10	14,65	4,3	1,3	69	0,20	0,24	12,7
11	16,68	4,2	1,3	69	0,24	0,27	12,7
12	17,17	4,4	1,4	70	0,25	0,27	12,7
13	17,45	4,3	1,4	67	0,22	0,25	12,7
14	17,39	4,3	1,5	65	0,25	0,27	12,6
15	17,53	4,3	1,5	65	0,25	0,26	12,6
16	17,47	4,3	1,5	65	0,27	0,27	12,7
17	17,13	4,4	1,5	65	0,26	0,28	12,5
18	17,36	4,5	1,5	65	0,25	0,27	12,7
19	17,32	4,5	1,5	65	0,25	0,26	12,7
20	17,24	4,5	1,5	65	0,24	0,26	12,7
21	15,14	4,3	1,4	65	0,18	0,22	12,7
22	14,05	4,2	1,3	69	0,19	0,22	12,8
23	14,03	4,0	1,3	67	0,20	0,20	12,8
24	14,75	4,1	1,3	68	0,20	0,20	12,8
MAX	17,53	5,2	1,5		0,27	0,28	
MIN	13,98	4,0	1,3		0,14	0,16	
MED	15,82	4,4	1,35	70	0,20	0,23	12,8

Anexo V

DATA : 30/11/86
 TEMPO DE DETENÇÃO FLOCULADOR : 24,7 min
 TAXA DECANTAÇÃO : 80 m3/m2.dia
 TAXA FILTRAÇÃO : 336 m3/m2.dia
 ÁGUA DE LAVAGEM : 1,7 %
 CARREIRA DE FILTRAÇÃO : 18 Horas

DADOS OPERACIONAIS

Hora	Vazão ETA	Turb. Bruta	Turb. Decant.	% Remoção	Turb. Filtrada	Turb. Final	Dosagem Sulf. Al.
1	23,40	4,8	2,4	50	0,11	0,16	11,0
2	23,60	4,9	2,4	51	0,10	0,15	11,0
3	21,39	7,2	2,2	69	0,12	0,16	11,1
4	21,34	7,5	2,2	70	0,11	0,16	11,4
5	21,39	7,8	2,3	70	0,13	0,18	11,7
6	21,42	10,0	2,4	76	0,12	0,19	12,1
7	21,67	12,0	2,5	79	0,14	0,17	11,7
8	21,70	15,0	2,8	81	0,14	0,19	12,2
9	21,78	18,0	3,1	82	0,15	0,19	13,6
10	21,70	20,0	3,4	83	0,15	0,20	14,4
11	21,14	21,0	3,6	82	0,15	0,20	17,9
12	22,51	24,0	4,5	81	0,16	0,20	19,1
13	22,52	25,0	4,0	84	0,20	0,21	19,0
14	22,60	26,0	4,5	83	0,16	0,24	18,9
15	22,63	26,0	4,6	82	0,17	0,22	18,9
16	22,14	27,0	4,2	84	0,21	0,25	19,4
17	21,60	25,0	3,8	84	0,18	0,25	20,1
18	21,63	23,0	3,6	83	0,16	0,23	20,1
19	21,67	23,0	3,6	84	0,18	0,22	19,9
20	21,42	23,0	3,7	84	0,18	0,23	20,0
21	21,30	18,0	3,6	80	0,20	0,25	20,2
22	21,19	19,0	3,5	81	0,19	0,22	20,0
23	21,20	19,0	3,6	81	0,16	0,22	20,0
24	22,07	18,0	3,7	79	0,17	0,19	20,3
MAX	23,60	27,0	4,6		0,20	0,25	20,3
MIN	21,19	4,8	2,2		0,10	0,15	11,0
MED	21,91	17,6	3,3	81	0,15	0,20	16,4

- Grande número de partículas coloidais
- Potencial zeta da água bruta = -13,5 mV

- Potencial zeta da água coagulada = -6,1 mV
- Dosagem média de sulfato de alumínio = 22,8 mg/l

C — Análise da filtração

Os filtros tiveram o seguinte desempenho:

Anexo VI — Índice de performance da ETA Guarauá (%)

SISTEMA CANTAREIRA DE AGUA TRATADA DPN2

ETA GUARUETA GUARAU

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1974					68,00	73,00	81,00	75,00	78,00	80,00	88,00	91,00
1975	84,00	68,00	68,00	72,00	65,00	72,00	71,00	74,00	74,00	77,00	72,00	73,00
1976	77,00	68,00	65,00	58,00	51,00	62,00	72,00	74,00	80,00	82,00	85,00	79,00
1977	87,00	90,00	93,00	95,00	97,00	96,00	94,00	95,00	95,00	91,00	78,00	92,00
1978	91,00	92,00	96,00	96,00	95,00	89,00	87,00	92,00	88,00	95,00	86,00	91,00
1979	92,00	77,42	92,14	80,87	99,22	93,60	93,40	85,70	91,20	91,90	86,00	79,10
1980	75,80	80,20	78,50	96,40	96,80	84,70	89,70	89,00	92,60	97,60	97,20	94,50
1981	79,51	86,41	95,75	90,57	99,99	99,93	99,88	95,28	98,15	98,82	93,60	99,96
1982	99,35	99,14	95,78	99,87	93,58	98,89	99,72	93,83	99,28	99,72	97,76	99,79
1983	96,65	97,82	94,25	89,81	98,30	94,32	95,04	84,89	89,23	95,96	99,60	99,53
1984	99,70	99,60	97,22	97,49	98,28	99,03	99,61	99,99	99,99	99,38	99,66	99,92
1985	99,30	97,59	94,50	97,96	97,86	93,80	93,90	100,00	94,99	99,98	99,94	0,99
1986	98,10	99,72	99,92	98,85	99,98	99,17	99,43	99,98	98,72	100,00		

- Taxa de filtração média = 510 m³/m².dia
- Carreira de filtração média = 17,8 horas
- Água de lavagem = 1,9%

Turbidez (FTU)	Filtrada	Final*
Máxima	0,31	0,33
Mínima	0,22	0,21
Média	0,27	0,27

* Após correção do pH.

Apesar da elevada taxa de filtração, os filtros apresentaram bom desempenho.

Uma análise interessante, mostrada no Anexo IV, considerando-se ainda o mesmo período anterior, com vazão, tempo de detenção dos floculadores e taxa de decantação semelhantes, entretanto com alteração na turbidez da água bruta, mostra que a ETA respondeu da seguinte forma:

D — Análise da vazão

A vazão comportou-se da seguinte forma:

Omax = 17,53 m³/s
Omin = 13,98 m³/s
Omed = 15,82 m³/s

A vazão de pico em relação à média foi de 10% e a média esteve 43% acima da vazão nominal dos filtros.

E — Análise da turbidez remanescente dos decantadores

Neste dia, a turbidez da água bruta estava com valores baixos e a resposta dos decantadores não foi tão eficiente como aquela do período anterior.

A remoção média de turbidez foi de 70%, com o seguinte comportamento dos decantadores:

Turbidez (FTU)	Bruta	Decantada	% Remoção
Máxima	5,2	1,5	
Mínima	4,0	1,3	
Média	4,4	1,35	70

Os outros parâmetros foram:

- Tempo de detenção do floculador = 34 min.
- Taxa de decantação = 58 m³/m².dia
- Pequeno número de partículas coloidais.
- Potencial zeta da água bruta = -6,1 mV
- Potencial zeta da água coagulada = +6,5 mV
- Dosagem M-dia de sulfato de alumínio = 12,8 mg/l

F — Análise da filtração

O comportamento dos filtros foi:

- Taxa de filtração média = 485 m³/m².dia
- Carreira de filtração média = 20 horas
- Água de lavagem = 1,3%

Turbidez (FTU)	Filtrada	Final*
Máxima	0,27	0,28
Mínima	0,14	0,16
Média	0,20	0,23

* Após correção do pH.

O Anexo III mostra o comportamento da ETA num período onde tanto os floculadores, decantadores e filtros estão com grande sobrecarga, enquanto se aguarda a conclusão das obras da 3.a etapa.

G — Análise da vazão

A vazão neste dia oscilou da seguinte forma:

Omax = 29,35 m³/s
Omin = 23,41 m³/s
Omed = 27,00 m³/s

O pico de vazão em relação à vazão média foi de 8% e a média esteve 22% acima da vazão nominal.

Percebe-se um grande esforço no controle da vazão por parte do Centro de Controle de Abastecimento da Sabesp, com operação mais coordenada dos reservatórios de distribuição, impedindo que os picos de vazão sejam repassados à operação da ETA, auxiliando no bom comportamento da ETA.

H — Análise da turbidez remanescente dos decantadores

Neste período, a turbidez da água bruta esteve baixa, com comportamento típico de um período de estiagem, e a porcentagem de remoção de 30%, inferior ao alcançado no item E, quando a turbidez da água bruta foi semelhante.

Turbidez (FTU)	Bruta	Decantada	% Remoção
Máxima	4,3	3,4	
Mínima	3,8	2,3	
Média	4,0	2,8	30

Outros dados foram:

- Tempo de detenção do floculador = 20 min
- Taxa de decantação = 99 m³/m².dia
- Pequeno número de partículas coloidais
- Potencial zeta da água bruta = -18 mV
- Potencial zeta da água coagulada = -3 a -4 mV
- Dosagem média de sulfato de alumínio = 11,6 mg/l
- Dosagem de polieletrólito não iônico = 0,038 mg/l

I — Análise da filtração

O comportamento dos filtros foi:

- Taxa de filtração média = 414 m³/m².dia
- Carreira de filtração = 14,6 horas
- Água de lavagem = 2,15%

Turbidez (FTU)	Filtrada	Final*
Máxima	0,17	0,22
Mínima	0,13	0,17
Média	0,14	0,19

* Após correção de pH.

Uma consideração importante é a

comparação da turbidez filtrada deste item I com o F, em que apesar da diminuição da carreira de filtração de 20 h para 14,6 horas, se obteve melhor qualidade de água filtrada.

Um dos fatores foi ocasionado pela utilização de polieletrólito, que condiciona melhor os flocos, tornando-os mais resistentes para filtração.

Se verificarmos os itens E e H, a turbidez da decantada era de 1,35 contra 2,8 FTU, mas mesmo assim a água filtrada foi melhor.

Outro fator a ser considerado é a análise do tempo de detenção, taxa de decantação e porcentagem de remoção que apesar de estarem em melhores condições conforme mostrado no item E (70% de remoção de turbidez, 34 min. de detenção no floculador e taxa de decantação 58 m³/m².dia) contra o item H (30% de remoção de turbidez, 20 min de detenção no floculador e taxa de decantação 99 m³/m².dia) o comportamento da qualidade da água filtrada foi sensivelmente melhor.

O Anexo V mostra o comportamento da ETA num período em que as taxas nominais estão dentro das taxas preconizadas em projeto, quando submetida a aumento de turbidez da água bruta.

J — Análise da vazão

A vazão observada foi:

Omax = 23,60 m³/s

Omin = 21,14 m³/s

Omed = 21,91 m³/s

O pico de vazão esteve 7% acima da média e a vazão média na vazão nominal da ETA.

K — Análise da turbidez remanescente dos decantadores.

A porcentagem média de remoção de turbidez foi de 81%, variando entre 50% e 84%.

Turbidez (FTU)	Bruta	Decantada	% Remoção
Máxima	27	4,6	
Mínima	4,8	2,2	
Média	17,6	3,3	81

Constata-se que, na presença de poucos núcleos primários, a porcentagem de remoção também se reduz, mesmo trabalhando a taxas nominais no floculador e decantador.

Outros dados foram:

- Tempo de detenção do floculador = 24,7 min.
- Taxa de decantação = 80 m³/m².dia
- Número de partículas coloidais variando.

Anexo VII — Critérios de projeto

DESCRICAÇÃO	UNIDADES	E T A P A S (m ³ /s)			CAP.MAX(m ³ /s)
		11	22	26	
CAPACIDADE DA ESTACAÇÃO					
Nominal	m ³ /s	11	22	26	33
Maxima(10% de sobrecarga)	m ³ /s	12.1	24.2	28.6	36.3

MISTURA RAPIDA

Tipo		Turбина		Difusores Hidraulicos	
Tempo de Detencao minimo	seg	13.7	1	1	1
Volume Medio	m ³	150	22.5	22.5	22.5
Profundidade	m	3	3	3	3
Dimensoes Internas	m	5x10	5x1.5	5x1.5	5x1.5
Velocid. d'agua no canal	m/s	0.73	1.46	1.15	1.10
Gradiente de Veloc.Maxima	s-1	1000	1000	1000	1000
Misturadores Rapidos	unid.	2	-	-	-
Potencia dos Misturadores	HP	125	50	50	50
Potencia Total	HP	250	50	100	100

FLOCULADORES

Tempo de Detencao	min.	49	25	32	33
Numero de Bacias	unid.	4	4	6	8
Volume de cada Bacia	m ³	8.134	8.134	8.134	8.134
Volume Total	m ³	32.536	32.536	48.804	65.072
Prof.Medida da Agua	m	4,9	4,9	4,9	4,9
Area de cada Bacia	m ²	1.660	1.660	1.660	1.660
Dimensoes Internas	m x m	47x35,3	47x35,3	47x35,3	47x35,3
Floculadores por Bacia	unid.	12	12	12	12
Unid.com gradiente alto (G=75 s-1) por Bacia....	unid.	8	8	8	8
Unid.com gradiente baixo (G=50 s-1) por Bacia....	unid.	4	4	4	4
Total de Floculadores	unid.	48	48	72	96
Potencia por Unidade:					
- gradiente alto.....	HP	7,5	7,5	7,5	7,5
- gradiente baixo.....	HP	5	5	5	5

DECANTADORES

Tempo de Detencao	min.	178	89	112	119
Veloc. Horizontal Media	m/min	0,70	1,40	1,10	1,05
Taxa de Decantacao	m ³ /m ² .dia	40,44	81	64	60,66
Numero de Bacias	unid.	4	4	6	8
Volume de cada Bacia	m ³	29.375	29.375	29.375	29.375
Volume Total	m ³	117.500	117.500	176.250	235.000
Profundidade da Agua:					
- na parede.....	m	4,9	4,9	4,9	4,9
- no centro.....	m	5,2	5,2	5,2	5,2
- media.....	m	5,0	5,0	5,0	5,0
Area de cada Bacia	m ²	5.875	5.875	5.875	5.875
Dimensoes Internas	m	47x125	47x125	47x125	47x125
Taxa de Tiragem	l/sxm	2,99	5,98	4,25	3,86
Comprimento de Vertedouro por Bacia.....	m	919,5	919,5	1.215	1.215
Comprimento Total de Vertedouro.....	m	3.678	3.678	6.108	8.538
Distanc.entre Vertedouros (centro a centro).....	m	3,13	3,13	3,13	3,13
Numero de calhas com Vertedouros duplos por Bacia (equivalente)....	unid.	15	15	15	15
Raspador de lodo circular com Pantografo:					
- unid.por Bacia.....	unid.	2	2	2	2
- total.....	unid.	8	8	12	16
- potencia por unid....	HP	1,5	1,5	1,5	1,5
- veloc.maxima no extremo da pa.....	m/min	1	1	1	1
Taxa de Decantacao com um Decant. fora de operacao	m ³ /m ² .dia	54	108	76	69,42
Taxa de Decantacao c/dois Decant. fora de operacao	m ³ /m ² .dia	-	-	96	86
Taxa do Vertedouro com um Decant.fora de operacao	l/segxm	3,99	7,98	5,31	4,50
Taxa do Verted. com dois Decant.fora de operacao	l/segxm	-	-	6,54	5,15

Continuação do Anexo VII

DESCRICAO	UNIDADES	E T A P A S (m3/s)			CAP. MAX (m3/s)
		11	22	26	33
FILTROS					
Tipo: Rápidos, Dupla Camada de Areia e Carvão Antracito					
Numero de Filtros	unid.	16	32	48	48
Taxa de Filtração:					
- todos os filtros.....	m3/m2xdia	337,5	337,5	226	337,5
-com dois filtros fora de operação.....	m3/m2xdia	385,71	385,71	304	385,71
Vazão de Filtração:					
- todos os filtros.....	m3/s	0,69	0,69	0,54	0,69
-com dois filtros fora de operação.....	m3/s	0,79	0,79	0,62	0,79
Area da Superf. Filtrante:					
-por fitro.....	m2	176	176	176	176
-total.....	m2	2,816	5,632	8,448	8,448
Dimensoes Internas	m	4x22	4x22	4x22	4x22
Meio Filtrante:					
-pedregulho graduado de 1/2"ate no.14 profund....	cm	46	46	46	46
-areia profundidade.....	cm	30	30	30	30
- tamanho efetivo.....	mm	0,85-0,90	0,85-0,90	0,85-1,00	0,85-1,00
-coef.uniformidade	< que	1,7	1,7	1,5	1,5
-carvão antracito.....					
- peso especifico.....	unid.	1,5-1,6	1,5-1,6	1,42	1,42
- dureza.....	M0H	2,2	2,2	2,7	2,7
Fundo Falso Pre-moldado em concreto					
Lavagem Contra-Corrente:					
- taxa maxima(0,76 m/min)	m3/m2xdia	1,100	1,100	1,100	1,100
- vazao max. por filtro com duas camaras	m3/s	2,24	2,24	2,24	2,24
Lavagem Superficial:					
- taxa maxima(0,127 m/min)	m3/m2xdia	182	182	182	182
- vazao max. por filtro	m3/s	0,37	0,37	0,37	0,37
Voi.Requer.para Lavagem Completa de Filtro (8min)	m3	1,253	1,253	1,253	1,253
Reser.de Agua de Lavagem:					
- numero de reservatorios	unid.	1	2	2	2
- capacidade.....	m3	3,130	3,130	3,130	3,130
- cota max.da agua acima das calhas dos filtros	m	27 (+)	27 (+)	27 (+)	27 (+)
- bomba de agua de lavagem					
- numero de bombas	unid.	3	5	6	8
- cap.de cada bomba	m3/s	0,28	0,28	0,28	0,28

- Potencial zeta da água bruta = -18 mV
- Potencial zeta da água coagulada = -3,2 a -6 mV
- Dosagem média de sulfato de alumínio = 16,4 mg/l
- Dosagem média de polieletrólito não iônico = 0,034 mg/l

L — Análise da filtração

Os filtros tiveram o seguinte comportamento:

- Taxa de filtração média = 336 m³/m².dia
- Carreira de filtração = 18 horas
- Água de lavagem = 1,7 %

Turbidez (FTU)	Filtrada	Final*
Máxima	0,20	0,25
Mínima	0,10	0,15
Média	0,15	0,20

* Após correção de pH.

Pela análise do Anexo V, nota-se uma resposta das instalações a cada aumento de turbidez de água bruta, com um bom sincronismo entre as dosagens de produtos químicos e a qualidade da água filtrada, mostrando o acerto dos parâmetros de projeto.

A dosagem de coagulante supervisionada pela leitura do Zeta Potencial também se mostra eficiente, com dosagem mínima de 11 mg/l a turbidez de 4,8 FTU e de um escalonamento crescente, porém sem que houvesse a duplicação da dosagem, quando houve aumento para 7,2 FTU na 3.a hora, ou quando a turbidez triplicou na 7.a hora.

Observa-se que o processo de tratamento está sob controle, obtendo-se dessa forma uma melhor otimização da operação, com redução na dosagem de produtos químicos e obtendo-se uma água final de alta qualidade.

M — Outras conclusões

Na etapa de 11 m³/s, embora a ETA Guarau tratasse vazões cerca de 50% maiores que a nominal, como os decantadores estavam já dimensionados para a etapa de 22 m³/s, essa sobre-

carga não era sentida pelos filtros, já que a eficiência da remoção de turbidez dos decantadores era aceitável tanto para altos como para baixos valores de turbidez.

A qualidade de água filtrada, embora a sobrecarga nos filtros, podia ser eficientemente controlada pelo sistema de supervisão e operação instalado nos filtros, o qual permitia a lavagem dos mesmos no momento correto, minimizando o consumo de água de lavagem.

Na etapa de 22 m³/s, a sobrecarga de vazão nas instalações foi diretamente transmitida aos decantadores.

Observa-se que para baixa turbidez de água bruta a eficiência dos decantadores caiu para 30%. A sobrecarga nos filtros, embora nas mesmas proporções que as da 1.a etapa, levou à diminuição das carreiras de filtração pela passagem de maior quantidade de flocos aos filtros.

Apesar deste fato, houve melhoria na qualidade da água filtrada, a qual foi conseguida pela utilização de polieletrólito não iônico como auxiliar de filtração, tornando os flocos mais resistentes, facilitando sua retenção pelas camadas filtrantes.

Ainda a observar que a dosagem de sulfato de alumínio se manteve nos mesmos níveis dos períodos anteriores devido ao controle sobre o processo de tratamento que a ETA Guarau permite, além de outros fatores que serão citados adiante.

Nesta etapa de 22 m³/s, quando a vazão esteve dentro do previsto em projeto, não ocorreu sobrecarga nos filtros havendo ainda melhorias nas carreiras de filtração e melhoria na qualidade da água filtrada, demonstrando, assim, o papel preponderante do tempo de detenção da água nos floculadores, na operação de uma Estação de Tratamento de Água.

5 — Fatores concorrentes para boa performance de uma ETA

Destacamos alguns fatores que concorrem primordialmente para o bom desempenho de uma Estação de Tratamento de Água.

A — Dimensionamento hidráulico de canais e condutos

A existência de restrição hidráulica impede de imediato uma ETA de tratar mais água além da vazão nominal.

Deve-se ter em mente o fator custo e o lay-out das instalações. A ETA Guarau foi projetada basicamente para tratar 10% da vazão nominal, sendo que, à chegada, canais de água bruta e canais de água tratada foram dimensionados para a etapa final do sistema.

Os canais intermediários de distribuição de água bruta, coagulada e junção de água decantada, foram projetados para 24,2 m³/s na 1.a etapa de construção, quando a vazão de projeto era de 11 m³/s. Esse fato permitiu ultrapassar o período pré-definição de início de construção e operação da 2.a etapa, embora houvesse sobrecarga nos filtros.

Os parâmetros adotados para dimensionamento dos diversos canais e condutos para a etapa básica de 22 m³/s foram:

— Conduto afluente de água bruta para 1.a e 2.a etapas.

Q_{max} = 22 m³/s + 10% = 24,2 m³/s

V_{max} = 2 m/s

— Canal afluente à câmara de mistura rápida

Q_{max} = 24,2 m³/s

V_{max} = 1,56 m/s

Dimensões = 5 m de largura x 3,09 m de altura de água = 15,5 m².

— Canal de água misturada para os floculadores

Q_{max} = 24,2 m³/s

V_{max} = 1,56 m/s

Dimensões = 5 m de largura x 3,09 m de altura de água = 15,5 m².

— Canal de água misturada afluente aos floculadores (decrecente)

Q_{max} = 12,1 m³/s

V_{max} = 0,75 m/s

Dimensão inicial = 5,4 m de largura x 2,99 m de altura de água = 16,1 m².

— Canal de coleta de água decantada no final de cada decantador.

Q_{max} = 6,05 m³/s

V_{max} = 1,2 m/s

Dimensões = 2,5 m de largura x 2,0 m de altura de água = 5 m²

— Canal de água decantada dos decantadores 1 e 2.

Q_{max} = 12,1 m³/s

V_{max} = 1,51 m/s

Dimensões = 4 m de largura x 2 m de altura de água = 8 m².

— Canal principal afluente aos filtros (Este-Oeste).

Q_{max} = 12,1 m³/s

V_{max} = 1,0 m/s

Dimensões = 5,0 m de largura x 2,4 m de altura de água = 12,0 m².

— Canal afluente aos filtros (condutos laterais e final).

Q_{max} = 6,05 m³/s

V_{max} = 1,0 m/s

Dimensões = 2,5 m de largura x 2,4 m de altura de água = 6,0 m².

— Canal afluente Norte/Sul dos filtros (acima da galeria de tubulações).

Q_{max} = 6,05 m³/s

V_{max} = 0,5 m/s

Dimensões = 2 x 2,5 m de largura x 2,4 m de altura de água = 13,0 m².

— Canal efluente dos filtros (adjacente à galeria de tubulação).

Q_{max} = 6,05 m³/s

V_{max} = 0,78 m/s

Dimensões = 5 m de largura x 1,55 m (mínimo) = 7,75 m².

Canal principal de água filtrada

Q_{max} = 36,3 m³/s

V_{max} = 1,69 m/s

Dimensões = 4,0 m de largura x 5,35 m de altura de água = 21,4 m².

— Dimensões das válvulas borboletas dos filtros

Afluente = 36"

Efluente = 30"

Contra Corrente = 36"

Lavagem Superficial = 16"

Descarga = 48"

Para as vazões atuais, próximas a 30% acima da nominal, existe uma sobrelevação do nível dos canais que é absorvida pela borda livre suficiente em todas as unidades. Verifica-se no canal de água misturada e afluente aos floculadores uma alteração significativa de comportamento, prejudicando sobretudo a distribuição de água aos floculadores, obrigando a medidas corretivas com intercalação de stop-logs para o equilíbrio das vazões. Ainda neste canal de água misturada, percebe-se um prejuízo na pré-cloração, pois o aumento da velocidade da água antes da divisão do fluxo para os floculadores não permite uma boa homogeneização e distribuição de vazão. Este problema está sendo contornado com o auxílio de stop-log no canal de água misturada, antes da divisão do fluxo.

B — Mistura rápida do coagulante

Originalmente a mistura rápida de produtos químicos era provida de agitadores mecanizados com eixo vertical no canal de água misturada.

Estes misturados conferiam à água um gradiente de velocidade de 1.000 (l/s) e possuíam um motor de 150 HP com redutor e eixo de 3 m. Inúmeros problemas mecânicos obrigaram a encurtar o comprimento das pás; entretanto, resolvido o problema mecânico, criava-se um outro de mistura, não ocorrendo mais a homogeneização do coagulante em toda massa líquida. A mudança do ponto de aplicação de cal e sulfato de alumínio logo a jusante das válvulas dissipadoras de energia na chegada da água bruta, onde existe uma grande agitação, resolveu provisoriamente o problema da mistura. A eficiência deste novo ponto de aplicação foi logo comprovada pela constatação da homogeneização do coagulante em todo canal de água coagulada e pela otimização da dosagem mediante o monitoramento pelo Zetâmetro.

Toda eficiência de uma ETA pode ser comprometida pela não observância do fator mistura e homogeneização do coagulante, pois, sendo o tempo de hidrólise do sulfato de alumínio crítico,

de alguns milissegundos, corre-se o risco de introduzirmos esta água com deficiência de mistura aos floculadores, prejudicando deste modo a decantação e, conseqüentemente, a filtração.

C — Conjunto floculador-decantador

Após a perfeita mistura e homogeneização do coagulante, a etapa floculação e decantação concorre para a eficiência da filtração.

Na 1.a etapa foram construídos 4 conjuntos floculador-decantadores, os quais deveriam igualmente condicionar o volume de água previsto para a 2.a etapa e aguardar a construção da 3.a etapa de ampliação da estação.

Dessa forma, o tempo de detenção cairia de 49 min para 25 min. Entretanto, com as atuais vazões de pico, este tempo caiu para 18 min. Os floculadores possuem 3 baterias de misturadores em linha, com gradientes de velocidade nas duas primeiras baterias de alta energia de 75 (l/s) e a 3.a bateria de baixa energia adjacente e entrega dos decantadores com 50 (l/s), todos eles dotados de variados de velocidades.

Para se obter nestas condições de vazão a maior eficiência dos floculadores, a equipe de operação da ETA tem alterado a rotação dos mesmos de modo a conferir a melhor agitação possível para a formação dos flocos.

Para melhor formação dos flocos e torná-los mais resistentes ao aumento da velocidade nas cortinas, canais e leito filtrante, está sendo dosado um polieletrólito não iônico após a adição do coagulante.

Com as obras de ampliação da 3.a etapa e a construção de mais dois conjuntos floculador-decantadores o tempo de detenção nos floculadores irá para 31 min quando na vazão nominal.

Os 4 decantadores possuem tempo de detenção de 89 min para a vazão nominal; e com os picos de vazões atuais, este tempo cai para 65 min. Com a construção de mais decantadores, este tempo de detenção aumentará para 112 min.

A cortina de entrada dos decantadores do tipo de tábuas justapostas permite um fluxo uniforme não ocasionando condições de formação de curtos-circuitos. Neste aspecto, concorrem também os abafadores existentes na entrada dos floculadores e o dispositivo anti-rotacional existente logo abaixo das pás dos floculadores.

Os decantadores possuem remoção contínua de lodo, permitindo o funcionamento ininterrupto por um ano, quando os mesmos são esvaziados para manutenção geral. Por ocasião desta manutenção, torna-se crítica a situação dos decantadores, pois, apesar de a mesma ocorrer no período de inverno, nesta época podem acontecer

dias de calor intenso com elevações da vazão tratada. Nestas situações, se o decantador for o da ala oeste da estação, praticamente toda vazão solicitada não sofre restrição hidráulica. Entretanto, se o decantador paralisado é o da ala este (mais próximo aos filtros), aumenta-se muito a perda de carga no canal de água decantada, afogando completamente as calhas de coleta de água decantada da ala oeste, transferindo a sobre-elevação de nível até a chegada de água bruta com risco de extravasamento da bacia que recebe esta água. Procura-se aliviar esta ala restringindo-se o fluxo d'água e forçando a veiculação para o decantador da ala oeste.

Nesta ocasião, a degradação da água decantada é patente, transferindo toda esta situação aos filtros, obrigando ao encurtamento das carreiras, com aumento significativo da água de lavagem destes filtros.

D — Filtros

Os filtros são de dupla camada areia-antracito projetados para trabalhar a uma taxa constante de 340 m³/m².dia. Na época de sua introdução no Brasil, todas as nossas ETAs com filtros de areia eram projetadas para taxas de 120 m³/m².dia. A partir de então, pela boa performance apresentada por este tipo de filtro, houve uma transferência dessa tecnologia a muitas instalações de todo o país. O leito filtrante assimila bem os choques de turbidez e vazão com produção de água com qualidade uniforme em tempos relativamente longos. O filtro funciona automaticamente durante sua carreira de filtração, com mecanismo de atuação na válvula efluente, o qual é comandado pelo nível de água da caixa do filtro. O acesso da água do canal de água decantada à caixa do filtro é efetuado mediante um vertedor, o qual assegura teoricamente uma distribuição de água uniforme a todos os filtros.

O leito filtrante é constituído de 46 cm de carvão antracitoso e 30 cm de areia, com área filtrante de 176 m² por filtro. No canal geral de água filtrada, um outro vertedor garante uma cota de segurança que não permite a formação de pressões negativas no leito filtrante.

O monitoramento da turbidez e perda de carga indica ao operador a necessidade de lavagem do filtro. A mesa de comando dos filtros possui indicação das taxas de lavagem contra corrente e superficial à qual o filtro está submetido, durante o processo de lavagem. Um temporizador das etapas de lavagem permite a sinalização na mesa, do início de cada etapa, orientando o operador quanto ao tempo de cada operação.

Um sistema de lavagem bem projetado evita a perda de carvão antracito, formação de bolas de lodo e permite a utilização plena de toda profundidade do leito filtrante.

Em todos esses anos de operação, a perda de carvão antracitoso foi insignificante, não ocorrendo a formação de bolas de lodo. A água de lavagem contra corrente é introduzida no fundo falso de forma suave mediante uma válvula que é bloqueada por alguns minutos, quando a taxa de lavagem contra corrente atinge a expansão requerida do leito. Após esse período, a válvula é comandada para fornecer a taxa de 1.100 m³/m².dia (0,76 m/min), não ocasionando choques bruscos ao leito filtrante. Por outro lado, a filtração da água reinicia-se também suavemente controlada pela válvula efluente com taxas próximas à nominal; pois quando o leito está limpo a tendência de abaixamento rápido do nível de água é contrabalanceada pelo estrangulamento da válvula efluente. A medida que a perda de carga vai aumentando eleva-se o nível de água na caixa do filtro, o controlador de nível vai comandando a abertura da válvula até que esta esteja completamente aberta e a perda de carga no seu valor máximo.

As carreiras de filtração, quando os filtros trabalham nas taxas nominais, alcançam cerca de 30 horas, reduzindo-se para 10-12 horas quando submetidas a taxas de 460 a 475 m³/m².dia (um filtro sendo lavado). Nessas ocasiões, além da taxa elevada nos filtros o pré-condicionamento da água nas unidades anteriores não é dos melhores.

A porcentagem de água de lavagem que normalmente é abaixo de 1,5% eleva-se para 3%.

E — O controle da qualidade da água tratada

Apesar de bastante solicitada e tendo-se alterações bruscas na turbidez da água bruta, em decorrência de problemas devidos ao assoreamento generalizado que vem ocorrendo na bacia do Reservatório de Águas Claras; a qualidade da água final produzida pela ETA Guaraú vem-se mantendo em níveis elevados, atestando a eficiência das instalações e o acerto com que toda a equipe operacional vem trabalhando.

A qualidade da água final é acompanhada mediante o índice de performance da ETA Guaraú, o qual engloba aqueles parâmetros nos quais a ETA Guaraú tem condições de intervir.

Tais parâmetros e seus limites, fixados para a ETA Guaraú são:

pH
Cor
Turbidez

Cloro Residual Livre
Alumínio Residual
Ferro Residual
Bacteriologia

= pHs +/- 0,50
< 2,5 UC
< 0,50 NTU
= 1,0 +/- 0,2 ppm
< 0,10 ppm
< 0,30 ppm
ausência de contaminação

O anexo VII mostra a evolução do índice de performance da ETA Guaraú.

F — Instrumentação e automação

Sem dúvida alguma, um dos principais fatores que ajuda a atravessar um período crítico de taxas de solicitações fora do normal é a instrumentação e as facilidades operacionais de que o operador pode lançar mão.

As dosagens de produtos químicos são corrigidas automaticamente e proporcionalmente à vazão de água. Desta forma, toda alteração de vazão, imposta pela demanda de distribuição de água é logo sentida e acompanhada pelos dosadores, garantindo a adição adequada e suficiente, de sulfato de alumínio, cal, cloro, polieletrólito e flúor. Um sistema de medição de pH, cloro residual e turbidez monitoram todas as fases do tratamento, dando alarmes por ocasião de leituras fora do padrão estabelecido.

A dosagem de sulfato de alumínio é checada na água coagulada mediante leitura do potencial Zeta, permitindo uma otimização de dosagem, evitando-se o excesso ou falta do coagulante.

Toda operação dos filtros é automatizada, sendo necessária a intervenção do operador apenas por ocasiões das lavagens, cujo momento é indicado pelos alarmes de turbidez e perda de carga instalados em cada filtro.

Dessa forma, as operações de rotina são apenas supervisionadas e acompanhadas pelos operadores de tratamento, que estão ocupados na tarefa de manter e aumentar a confiabilidade operacional e otimizar o processo de tratamento.

Numa ETA do porte da do Guaraú, 1 ppm a mais de qualquer produto químico representa no final do dia um consumo adicional de quase duas toneladas e 1% a mais na água de lavagem representa o abastecimento de uma região de 75 mil habitantes, considerando-se a vazão nominal de 22 m³/s.

G — Treinamento

Toda ETA requer um pessoal treinado para exercer a função de operador de tratamento de água.

Na ETA Guaraú essa preocupação iniciou-se na fase final de montagem, quando uma equipe de operadores começou a ser treinada. A maioria dessa equipe passou pela supervisão da ETA e treinou os operadores que foram admitidos posteriormente. Como em toda a função, existiram as renovações do quadro, entretanto, os conhecimentos foram repassados para as novas equipes.

Os operadores passam por um treinamento básico de Operador de ETA da Sabesp e por um curso específico de Operação da ETA Guaraú, onde foram mostradas as peculiaridades de cada operação unitária de modo a integrar o homem às instalações que iria operar. Além disso, um curso de Instrumentação para Operadores permitiu entender o funcionamento dos diversos equipamentos e que somados ao conhecimento já adquirido do processo unitário de tratamento, consegue utilizar toda potencialidade e ante-ter correções necessárias para atingir o objetivo de tratar água em quantidade e qualidade.

A formação dessa mão-de-obra especializada não se fez da noite para o dia, necessitando de um longo período de maturação e investimentos por parte da Sabesp.

Uma ETA-piloto auxilia os operadores na simulação de alterações de dosagens e permite um contínuo aperfeiçoamento e treinamento na arte de tratar a água.

A equipe de operadores da ETA Guaraú é constituída de um supervisor, um operador de tratamento de água e 4 operadores de tratamento auxiliar por turno de trabalho. Esta equipe possui pessoal com cerca de 15 anos de experiência e é responsável pela operação da ETA na 2.a etapa e será a mesma que receberá e operará a 3.a etapa de ampliação.

H — Manutenção

Com o passar dos anos, conhecendo-se melhor o funcionamento da ETA Guaraú, foram introduzidas algumas modificações no processo: melhoria de aplicação de produtos químicos, alteração na tomada de amostragem para os turbidímetros etc., entretanto, a maioria das instalações e equipamentos está funcionando conforme projetados e construídos.

Esta situação só foi possível de ser atingida pela implementação da filosofia de que as manutenções de rotina e pequeno porte teriam que ser executadas por pessoal ligado à operação. Dessa forma, estando sob supervisão geral de quem opera, a prioridade da manutenção muda de sentido e estando lotada na mesma unidade operacio-

nal, a integração com os operadores de tratamento se torna mais amigável com o crescimento da autoconfiança mútua, situação esta benéfica a todos e que é repassada ao equipamento.

As grandes manutenções e aquelas mais especializadas são solicitadas à **Manutenção Central da Sabesp** e são acompanhadas pela equipe de manutenção da ETA Guaraú.

Além dos cursos inerentes a cada especialidade, todo pessoal de manutenção recebeu um treinamento específico dos equipamentos eletromecânicos e instrumental, adquirindo conhecimentos que os integram no processo da ETA e tendo como objetivo final o funcionamento harmônico da instalação que mantém.

A responsabilidade operacional de uma Divisão de Sistema Produtor é setorial, atingindo a ETA, adutoras, estações elevatórias e reservatórios. Dessa forma a equipe de manutenção também realiza serviços de pequeno porte e manutenção preventiva nesses locais e é constituída de um supervisor geral de manutenção, 1 controlador de programas de manutenção, 1 escriturário, além das equipes de manutenção mecânica, elétrica e instrumentação. A manutenção mecânica é formada por 1 encarregado de manutenção mecânica, 3 oficiais mecânicos de manutenção, 2 mecânicos de manutenção, 1 soldador, 2 mecânicos de manutenção praticantes e 2 ajudantes de manutenção. A equipe elétrica e de instrumentação é formada por 1 encarregado de manutenção elétrica e instrumentação, 3 oficiais elétricos de manutenção, 2 eletricitistas de manutenção, 1 eletricitista de manutenção praticante, 1 instrumentista, 1 instrumentista júnior, 1 instrumentista auxiliar e 1 ajudante de manutenção.

6 Conclusões

A situação de sobrecarga das instalações não é desejável numa ETA, entretanto face a situações emergenciais e tendo-se a perspectiva de pouca duração dessa fase, é necessário enfrentar este desafio de forma consciente, procurando extrair o máximo das instalações operacionais sem que no entanto atinjamos um estado de irreversibilidade, com deterioração das instalações e da qualidade da água.

Todo esforço operacional é compensado pela satisfação de ter contribuído para melhorar a falta de água em benefício do consumidor da Sabesp.

Um bom projeto assegura a confiabilidade operacional até a vazão nominal para qual a ETA foi construída; entretanto, grande parte da responsabilidade por ocasiões de sobrecarga e

situações emergenciais depende do pessoal operacional.

7 Recomendações

— Prever na fase de projeto uma folga adequada no dimensionamento hidráulico.

— Num projeto novo, dar condições de modulação aos floculadores-decantadores de tal forma que seja possível ultrapassar as etapas de implantação sem muito atropelo e definir na última etapa a taxa definitiva. Dessa forma daremos tempo a que toda experiência operacional seja adquirida e repassada à última unidade operacional e ao lay-out final da ETA.

— Estabelecimento de lay-out de tal forma que as expansões não interfiram nas etapas subsequentes, adotando um plano de obras do centro para fora.

— Parâmetros de projeto moderadamente conservativos, pois as demandas dos setores crescem sem muito planejamento e nem sempre o cronograma físico e financeiro da obra consegue acompanhar a realidade. O acerto final das taxas deverá ser afinado na etapa final.

— Prever um sistema de automação e instrumentação adequada das operações de rotina, deixando os operadores na supervisão da ETA e preocupados com a utilização do processo de tratamento através de observações "in loco" ou através de uma ETA-piloto.

— Programa de treinamento a todo pessoal ligado à operação, incluindo o nível mais alto de supervisão. É comum o treinamento dar ênfase aos operadores de tratamento, deixando de lado as chefias que recebem somente treinamento administrativo e gerencial. Esquecemos que um dos objetivos primordiais é o tratamento da água.

— Dar estrutura adequada à equipe de manutenção ligada à operação, com o estabelecimento de programas de manutenção preventiva e corretiva.

— Os dados operacionais deverão ser observados e organizados de tal forma a fornecer subsídios a novos projetos e reabilitações. Os profissionais ligados à operação da ETA deverão participar sempre que houver novos projetos.

— O pessoal ligado à operação deverá estar sempre preocupado e atento de forma a melhorar a operação identificando as dificuldades e procurando soluções. Lembramos que uma simples modificação de vazão ou alteração na qualidade da água bruta pode modificar o comportamento de uma unidade operacional, deixando a equipe de operação desorientada e fora de ação.