

# Estação de Tratamento de Água do Guarará

**CLAUDIO MANFRINI \***

Diretoria de Produção da Companhia Metropolitana  
de Água de S. Paulo -- COMASP

Entre as obras do Sistema Juqueri, destaca-se a instalação para tratamento de suas águas, denominada Estação de Tratamento de Água do Guarará.

E destaca-se não só pela sua capacidade que a situa em 2.º lugar no mundo (só ultrapassada pela Estação de Tratamento de Chicago) como também pelos recursos tecnológicos que lhe foram incorporados.

O projeto básico dessa instalação, de autoria da firma James M. Montgomery Consulting Engineers, Inc. da Pasadena, California, U.S.A., sob orientação direta do Eng. William W. Aultman, seu Vice-Presidente Executivo, tendo como Engenheiro de Projeto o Eng. Richard S. Holmgren Jr., foi elaborado com base em conceitos modernos, muitos deles utilizados pela primeira vez entre nós.

A categoria do trabalho realizado foi de alto nível, tendo causado profundo impacto em nosso meio, ainda prêsos às vèzes a técnicas já ultrapassadas. E aqui é importante que se afirme que essa evolução foi possível graças ao apóio e encorajamento dado pela Diretoria da COMASP à equipe técnica encarregada dos estudos.

O projeto executivo foi atribuído ao convênio formado pelas firmas Planidro; Consultores da Engenharia Hidráulica e Sanitária Ltda e J. C. de Figueiredo Ferraz, ambas de São Paulo, permanecendo a firma J. M. Montgomery Consulting Engineers, Inc. como supervisora do projeto.

## PRINCIPAIS CONCEITOS INCORPORADOS AO PROJETO

Os conceitos incorporados ao projeto da Estação do Guarará, apesar de modernos, já foram suficientemente provados em instalações construídas nos EE.UU.

São êles:

- 1 — Mistura rápida efetuada com emprêgo de agitadores capazes de aplicar elevada energia na água. É garantida desta forma uma dispersão dos produtos químicos em tôda a massa de água a ser tratada, antes que ocorram reações parciais entre grande parte desses produtos e reduzido volume de água.
- 2 — Proximidade entre a câmara de mistura rápida e as câmaras de floculação, para evitar que durante o início da coagulação a água não seja adequadamente agitada.
- 3 — Floculação em câmara com agitadores capazes de aplicar energia tão elevada quanto possível, levando à formação de flocos compactos, facilmente decantáveis.
- 4 — Utilização de polieletrólitos cationicos para facilitar a coagulação da matéria coloidal presente, sempre que a qualidade de água o exigir.
- 5 — Decantação com elevada taxa de aplicação superficial tornada possível graças à perfeita floculação. Saída da água decantada através de ver-

(\*) Eng. Civil pela Escola Politécnica da USP — Eng. Sanitarista pela Faculdade de Higiene e Saúde Pública da USP — Instrutor da Cadeira de Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias da F.H.S.P. da U.S.P.

tedores não afogados suficientemente longos para reduzir a saída de flocos ainda não decantados.

- 6 — Utilização de filtros com dupla camada filtrante constituída de areia e antracito para permitir maior taxa de filtração que a usualmente adotada.
- 7 — Utilização de polieletrólitos aniônicos na água decantada para facilitar a retenção de partículas em suspensão no leito de antracito, reduzindo assim a colmatação do leito de areia e conseqüentemente aumentando o tempo entre lavagens.
- 8 — Adoção de padrão de turbidez mais rigoroso para a água filtrada, uma vez que a remoção de turbidez tem íntima relação com a remoção de vírus, de bactérias e de outros microorganismos presentes na água.

## DESCRIÇÃO GERAL DA ESTAÇÃO

O projeto básico da Estação de Tratamento foi elaborado para uma vazão de 22 m<sup>3</sup>/s admitindo uma sobrecarga de 10%. Posteriormente, um estudo mais apurado dos mananciais que serão captados mostrou que a disponibilidade de água permitirá a adução de até 33 m<sup>3</sup>/s. Esta passou a ser a vazão nominal para a elaboração do projeto executivo.

Como decorrência da topografia do local em que será construída a Estação, foi ela projetada segundo um retângulo alongado, com comprimento de 850 metros e largura de 100 metros.

As unidades dispõem-se simetricamente com relação aos seus eixos centrais, o eixo menor definindo duas alas, cada uma alimentada separadamente com água bruta, por meio de dois condutos distintos.

Em cada ala existem quatro decantadores, cada um precedido de uma câmara de floculação. As dimensões principais dessas unidades são as seguintes:

### Câmaras de floculação:

Largura .....	47,00 m
Comprimento .....	35,30 m
Profundidade média .....	4,90 m

### Decantadores

Largura .....	47,00 m
Comprimento .....	125,00 m
Profundidade mínima .....	4,80 m
Profundidade máxima .....	6,70 m
Volume útil .....	29.375,00 m <sup>3</sup>

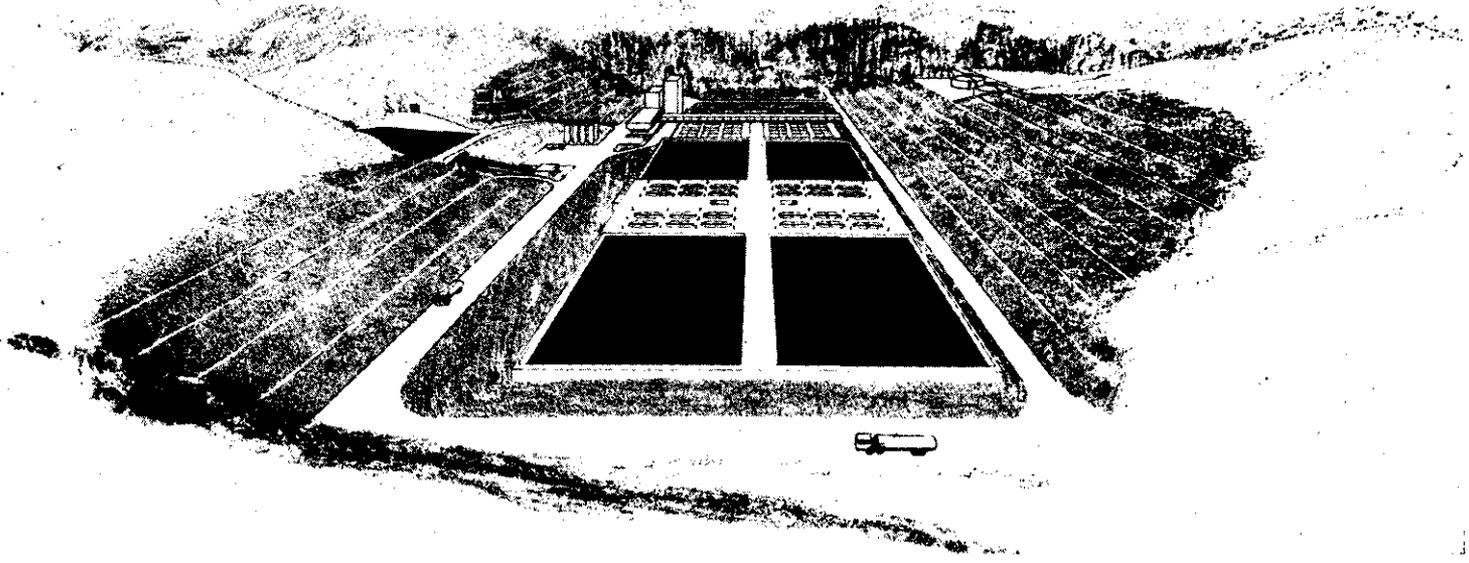
Entre as duas alas de decantadores foram localizados 48 filtros rápidos organizados em três grupos de 16 filtros, cada grupo disposto ao longo de ambos os lados de um corredor de comando. As dimensões de cada filtro são as seguintes:

Largura total do leito .....	2 x 4,00 m
Comprimento .....	22,00 m
Área .....	176 m <sup>2</sup>

A casa de química, localizada próxima à junção das duas alas que constituem a Estação de Tratamento, com uma área total de 3.800 m<sup>2</sup> distribuída em 8 pisos, compreende: armazenamento de produtos químicos, sala de dosagem,



# ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE AGUA DO GUARAÚ



contrôle do sistema, laboratório, administração, refeitório, vestiários, sanitários. Está ligada diretamente às galerias de comando dos filtros, de modo a facilitar ao máximo os trabalhos de operação da Estação.

Os reservatórios de água para lavagem serão construídos sobre o terreno, em uma elevação próxima à instalação. Esses reservatórios, com capacidade total de 7.570 m<sup>3</sup> permitirão a lavagem de até 7 filtros sem reabastecimento.

## PARTICULARIDADES DO PROJETO

**Câmaras de mistura rápida** — Cada ala apresenta uma câmara de mistura rápida dotada de dois agitadores com gradiente de velocidade igual a 1.000 s<sup>-1</sup>. O volume da câmara de mistura é de 150 m<sup>3</sup>, resultando agitadores com potência total de 300 C. V..

**Câmaras de floculação e decantadores** — A floculação deverá se fazer mediante a aplicação inicial de alto gradiente de velocidade, de até 75 s<sup>-1</sup>, seguida de agitação mais branda, com gradiente de velocidade de até 50 s<sup>-1</sup>.

Foram especificados agitadores de eixo vertical com fluxo de água vertical no sentido de cima para baixo, e dispositivo para reduzir a rotação da água no plano horizontal. Cada câmara será dotada de 8 agitadores com alto gradiente de velocidade e 4 agitadores com gradiente de velocidade mais baixo. A potência aplicada pelos primeiros deverá ser de até 5 C. V. e pelos segundos de até 2 C. V. O período de detenção será de 36 minutos.

Os agitadores especificados apresentam a vantagem de criar uma cortina virtual entre suas zonas de ação, reduzindo o curto circuito através da câmara. Torna-se assim desnecessário compartimentar a câmara de floculação mediante a colocação de cortinas, como é exigido no caso de agitadores que apresentam movimento de água no sentido horizontal.

Os decantadores trabalharão com uma taxa de aplicação de 55,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia. O período de detenção será de apenas 131 minutos e a velocidade média da água será de 0,98 m/min.

A saída de água dos decantadores se fará por um conjunto de calhas em forma de grelha, situado na extremidade de jusante das unidades, e ocupando 24% da área superficial das mesmas. O comprimento total da lâmina vertente deverá ser inferior a 3 l/s.m, condição importante para reduzir a saída de flocos em processo de sedimentação, juntamente com a água. Para facilitar o nivelamento das bordas das calhas foram elas dotadas de placas horizontais de altura ajustável.

A uniformidade da vazão através dos decantadores (e respectivas câmaras de floculação), é obtida por meio de vertedores retangulares colocados nas entradas de água.

A água decantada em cada ala da instalação é coletada e forçada a passar toda por um só canal, onde poderão ser adicionados produtos químicos destinados a facilitar a filtração ou a melhorar o estado do leito filtrante. Nesse ponto existe um agitador rápido para dispersar uniformemente os produtos adicionados.

A remoção do lodo retido nos decantadores é feita com auxílio de equipamentos dotados de raspadores com movimento de rotação apoiados em colunas centrais.

Esses equipamentos levam o lodo até um poço, de onde será removido por meio de bombas. São previstos dois equipamentos por decantador. É assim coberta uma área correspondente a 75% da área de fundo dos decantadores, com início em sua extremidade de montante onde ocorre a sedimentação da maior parte dos sólidos.

**Filtros** — São previstos 48 filtros, cada um com 176 m<sup>2</sup> de área filtrante, para atender a vazão de 30 m<sup>3</sup>/segundo, resultando uma taxa de filtração de 308 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia, facilmente obtida com a utilização de dupla camada filtrante, constituída de areia e antracito.

A vazão total a ser filtrada é distribuída uniformemente pelos filtros em operação. Para isso os filtros apresentam na sua entrada vertedores retangulares todos com as mesmas características, ou seja, todos os vertedores têm a mesma largura e a soleira em uma mesma cota. Cada filtro é dotado de um controlador de nível que comanda o registro de saída de água filtrada, regulando-se dessa forma sua vazão.

Os filtros são duplos, com um conduto central para recepção de água filtrada e distribuição de água para lavagem em contra corrente. Acima desse conduto situa-se um canal receptor de água de lavagem dos filtros e distribuidor de água decantada.

Além da lavagem em contra corrente, os filtros são dotados de lavagem superficial por meio de tubos horizontais, perfurados de modo a terem os jatos de água dirigidos horizontalmente.

O fundo do filtro é constituído de peças de concreto pré-moldadas, com secção transversal em forma de V invertido tendo junto ao vértice bocais de secção circular com o eixo horizontal. Essas peças são colocadas transversalmente a condutos secundários para coleta de água filtrada e distribuição de água para lavagem, ligados por sua vez ao referido conduto central.

A lavagem dos filtros deverá se fazer quando a perda de carga ultrapassar o valor considerado máximo para sua boa operação ou quando a turbidez da água filtrada ultrapassar cerca de 0,3 UTJ. Para o controle desses elementos, cada filtro disporá de um medidor-indicador e registrador de perda de carga e de um medidor-indicador e registrador de turbidez, ambos com alarme para valores máximos.

A água filtrada é coletada por um conduto forçado existente abaixo do fundo dos filtros. Esse conduto funciona sob carga constante, garantida por um longo vertedor de saída, cuja cota praticamente coincide com a cota da superfície do leito filtrante. Esse detalhe é particularmente interessante pois evita a entrada de ar no fundo dos filtros e seu esvaziamento total em operações mal conduzidas, o que poderia causar graves perturbações no leito filtrante, no início da lavagem em contra corrente.

## PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS

É prevista a aplicação dos seguintes produtos químicos: sulfato de alumínio para coagulação, cal para correção do pH e eventualmente para a floculação, cloro para desinfecção e para controle de algas nas unidades da E. T. A., fluossilicato de sódio para fluoretação, polieletrólito catiônico como auxiliar de coagulação, polieletrólito aniônico como auxiliar de filtração.

A casa de química apresenta ainda área disponível para armazenamento, preparo e dosagem de outros produtos químicos ainda não definidos e que poderão a ser utilizados na técnica de tratamento de água.

**Sulfato de alumínio** — A estação de tratamento deverá receber sulfato de alumínio em solução concentrada (a cerca de 50%), transportada em carros tanques. Essa forma de recebimento de sulfato de alumínio garante uma qualidade superior do produto e uma sensível redução do seu preço.

A solução será descarregada, mediante bombas estacionárias, em 8 depósitos cilíndricos com diâmetro de 5,00 m e altura de 8,00 m, colocados externamente à casa de química.

Dos depósitos, a solução será levada por meio de tubulação até o ponto de aplicação na câmara de mistura rápida. A dosagem será feita mediante controle de vazão da solução, obtido por meio de válvulas reguladoras comandadas por medidores magnéticos ou por dosadores volumétricos colocados diretamente sobre as câmaras de mistura.

**Cal** — A instalação trabalhará com cal virgem moída e transportada a granel em carros silos de aço, fechados. Sua descarga se fará por gravidade diretamente do carro para um silo subterrâneo, de onde será transportada pneumà-

ticamente para três silos elevados contidos no interior da casa de química, com volume suficiente para armazenamento de cerca de 600 toneladas.

Esses silos alimentarão por gravidade dosadores gravimétricos que descarregarão a cal virgem em extintores contínuos, providos de dispositivos para remoção de insolúveis.

A escolha de dosagem de cal virgem seguida de extinção, decorre das seguintes vantagens, quando comparada com a dosagem de cal já hidratada: menor peso, preço mais baixo, maior facilidade para escoamento em tremonhas, menor problema de poeira, facilidade para remoção de insolúveis.

Os dosadores e extintores de cal serão colocados logo abaixo dos silos de cal. Um sistema de parafusos sem fim permitirá carregar qualquer dosador (são previstos 4 aparelhos) com cal armazenada em qualquer um dos silos elevados.

É prevista a dosagem de cal na água bruta para sua floculação, na água decantada e na água filtrada para correção final do pH.

Para transporte de cal a COMASP deverá contar com carros próprios, em número suficiente para garantir não só o abastecimento da Estação de Tratamento do Guarau, como também das demais Estações de Tratamento por ela operadas.

**Cloro** — Será transportado e armazenado em carros tanques com capacidade para 15 toneladas de cloro líquido. Esses carros serão estacionados em área externa próxima à Casa de Química e ligados mediante tubulações à evaporadores dispostos junto aos aparelhos cloradores, instalados em sala especial existente na referida casa.

Dos dosadores, o cloro será levado sob vácuo através de tubulação até os pontos de aplicação, onde estarão localizados os ejetores responsáveis pela produção do vácuo.

Será feita a pré-cloração da água com dosagem suficiente para levar ao "break-point", e para obter após a filtração um residual inferior ao preconizado na água a ser distribuída. A post-cloração da água filtrada elevará o residual para o nível desejado. Sempre que necessário, poderá ser feita a cloração da água decantada, antes de sua entrada nos filtros.

**Fluosilicato de Sódio** — Será recebido no térreo da Estação de Tratamento, devidamente embalado em sacos. Do térreo será transportado por elevador até um depósito situado acima dos silos de alimentação dos dosadores.

A dosagem será feita a seco com pré-diluição em tanque situado logo abaixo dos dosadores. A solução será levada por tubulações até os pontos de aplicação. É prevista a aplicação nas duas saídas de água decantada ou na saída de água filtrada.

**Polieletrólitos** — Serão recebidos devidamente embalados no andar térreo da Casa de Química e transportados por elevador até o depósito cujo piso situa-se acima dos tanques de solução. Nesse piso é feita sua pré-diluição e passado para os tanques de diluição final que abastecerão os dosadores.

A dosagem será feita por bombas de pistão de curso e velocidades variáveis, localizadas no piso principal da Casa de Química.

O polieletrólito catiônico será dosado na câmara de mistura rápida e o polieletrólito aniônico será dosado nas duas saídas de água decantada. Poderá ainda ser dosado na água de lavagem dos filtros, servindo nesse caso como condicionador do leito filtrante para aumentar a eficiência da filtração logo após sua lavagem.

## **INSTRUMENTAÇÃO E CONTRÔLES**

A instalação será dotada de instrumentação e contrôles necessários para permitir sua operação a partir de um painel central, onde serão colocados as indicações e os registros relacionados com a água bruta, com a saída de água

filtrada, com os dosadores, com os equipamentos das câmaras de mistura e de floculação, e com os equipamentos dos decantadores. Nele serão instalados os dispositivos necessários para a regulação e ajustagem da dosagem de produtos químicos, a menos da ajustagem da dosagem de clóro que será feita no próprio aparelho. Esses dispositivos regularão automaticamente as dosagens em função da vazão da Estação de Tratamento. Um quadro luminoso e sinais acústicos colocados em pontos convenientes, acusarão as falhas que vierem a ocorrer na E.T.A. O sinal acústico poderá ser desligado logo após ter entrado em funcionamento porém o sinal luminoso somente se desligará após a correção da falha.

Junto à área dos filtros haverá um painel secundário onde serão indicados e registrados os dados relacionados com os filtros. Um quadro luminoso e sinais acústicos convenientemente colocados acusarão as falhas que eventualmente venham a ocorrer nessa área. No quadro luminoso do painel central haverá apenas indicação de falhas nos filtros sem especificar de que natureza são essas falhas.

Junto à área de armazenamento de solução de sulfato de alumínio e de clóro líquido haverá também um painel secundário com registro e indicações referentes a essa área e quadro luminoso para acusar as diferentes falhas que poderão ali ocorrer. No painel central haverá indicação de ocorrência de falhas nessa área de armazenamento, sem especificar de que natureza são essas falhas.

## CASA DE QUÍMICA

A casa de química foi estudada de modo a facilitar a circulação interna e centralizar as atividades afins. Dentro desses critérios foram organizadas as seguintes áreas principais:

- Dosagem de produtos químicos. Os dosadores foram distribuídos em salas contíguas convenientemente isoladas, interligadas por um corredor central que dá acesso às escadas, ao elevador e a outras áreas de trabalho situadas no mesmo nível.
- Armazenamento de fluossilicato e de polieletrólitos situados próximos ao elevador.
- Preparo de solução de polieletrólitos.
- Sala de operação da E.T.A. onde se situa o painel central de controle, situada em posição que permite sua ligação fácil com todas as áreas da instalação.
- Laboratório de controle.
- Administração com acesso direto para visitantes que ficarão entretanto limitados a essa área.
- Descargas de cal, fluossilicato e polieletrólito, cobertas.
- Oficina para reparos.
- Salas de equipamentos auxiliares.
- Vestiários.
- Refeitório.

## ETAPAS DE CONSTRUÇÃO

A construção da E.T.A. deverá se fazer em três etapas sucessivas, com capacidade de 11 m<sup>3</sup>/s cada uma.

Terminada a última etapa a instalação deverá ter 2 câmaras de mistura rápida, 8 câmaras de floculação, 8 decantadores e 48 filtros.

A construção das unidades obedecerá ao seguinte esquema:

- 1.ª etapa — Casa de Química completa.

- câmara de mistura rápida.
  - 4 câmaras de floculação.
  - 4 decantadores.
  - 16 filtros
  - Conduto de entrada de água bruta para a ala correspondente aos decantadores construídos.
  - Conduto de saída de água filtrada.
  - 4 reservatórios para sulfato de alumínio.
  - 1 reservatório de água para lavagem.
- 2.ª etapa — 1 câmara de mistura rápida.
- 2 câmaras de floculação.
  - 2 decantadores.
  - 16 filtros.
  - Conduto de entrada de água bruta para a ala correspondente aos decantadores construídos.
  - Complementação do conduto de saída de água filtrada.
  - 2 reservatórios de sulfato de alumínio.
  - 1 reservatório de água para lavagem.
- 3.ª etapa — 2 câmaras de floculação.
- 2 decantadores.
  - 16 filtros.
  - 2 reservatórios de sulfato de alumínio.

O projeto básico estabelece entretanto que após a construção da primeira etapa, tenham início pesquisas para verificar a possibilidade de aumentar as taxas de aplicação nas unidades, através de técnicas e operação da instalação mais apuradas.

Pretende-se com isso conseguir o tratamento de 33 m<sup>3</sup>/s em um conjunto de 6 decantadores e respectivas câmaras de mistura e de floculação e em um total de 32 filtros, o que corresponderá aos seguintes valores de operação:

- período de detenção nas câmaras de floculação — 27 min.
- Taxa de aplicação nos decantadores — 74 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia.
- Taxa de filtração 460 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia.

Esses valores são razoáveis quando comparados com os conseguidos em outras instalações, restando apenas saber se seriam eles por nós alcançados. Quanto a esse aspecto, a Direção da COMASP afirma que serão envidados todos os esforços para obter profissionais altamente capacitados, capazes de operar a instalação dentro da mais elevada técnica disponível.