

# A concepção do Sistema Produtor Alto Tietê

**MÁRIO JINITI OMORI**  
**CÉLIO M. F. GALVÃO**  
**JOSÉ ROBERTO KACHEL DOS SANTOS**

*Engenheiros da Sabesp*

*Os autores fornecem uma breve descrição das instalações do Sistema Produtor Alto Tietê, Região Metropolitana de São Paulo, sua concepção, uso múltiplo das águas, desenvolvimento tecnológico e gerenciamento operacional.*

O Sistema Produtor Alto Tietê, com operação inicial prevista para o ano de 1991, será um complexo operacional dotado da mais alta tecnologia e incorporando avanços nos processos operacionais como:

- os processos de filtração direta e filtração *on-line* como alternativas aos processos de floculação e/ou decantação
- a filtração, pioneira no Brasil, será em leito filtrante com areia de grossa granulometria e camada profunda
- o processo de recuperação de água de lavagem e descarga de lodo com lagoas para disposição e adensamento desse lodo
- o sistema de instrumentação para controle da operação com a utilização de computadores atuando nesse processo, otimizando as tomadas de decisões, minimizando custos, maximizando os recursos

A implantação do sistema será feita de forma modular por etapas. Nessa primeira etapa, uma vazão média de 5 m<sup>3</sup>/s estará disponível para o consumo, utilizando-se para tanto as barragens dos rios Jundiá e Taiacupeba.

O prosseguimento das obras do Sistema Alto Tietê será em função da implantação das barragens Paraitinga, Itatinga, Itapanhaú e Biritiba e suas interligações com as barragens do Jundiá, Taiacupeba e Ponte Nova, o que produzirá uma vazão regularizada de 20,3 m<sup>3</sup>/s. Desse total, 15 m<sup>3</sup>/s serão utilizados para abastecimento público, sendo a vazão restante destinada à diluição de esgotos, irrigação e consumo industrial ao longo da Bacia do Alto Tietê.

A concepção do Sistema Produtor Alto Tietê foi desenvolvida pelo consórcio Iesa, Promon e Ambitec, com a participação da Sabesp que, através de um Grupo de Gerenciamento, com profissionais das áreas de planejamento, construção e operação, pôde incorporar ao projeto sua experiência na operação, manutenção e construção de ETAs e EEA's de grande porte.

No desenvolvimento do projeto executivo, técnicos da área operacional tiveram oportunidade de participação, com a incorporação ao projeto de resultados obtidos em instalações pilotos montadas na ETA Rio Claro que levaram à otimização das características do meio filtrante.

## **A QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA E O GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

A qualidade da água bruta dos mananciais componentes do Sistema

Alto Tietê tem sido monitorada desde 1976 pela Cetesb. Ensaios complementares realizados pelo consórcio projetista permitem antecipar como características que:

- as águas dos mananciais são de baixa turbidez e elevada cor, principalmente nos rios Biritiba, Jundiá, Itapanhaú e Taiacupeba.

- concentrações elevadas de ferro de manganês foram observadas em alguns dos mananciais

- a demanda de cloro mostrou-se relativamente alta em alguns meses do ano, para as represas de Ponte Nova, Biritiba e Jundiá

- as represas de Jundiá e Taiacupeba apresentam número excessivo de algas, bem como presença de material orgânico solubilizado.

Considerando que as alternativas do Plano Diretor para o Sistema Alto Tietê prevêem, além do uso da água para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo,

- recuperação de várzeas para agricultura

- controle de cheias

- aumento da vazão de diluição de esgotos urbanos e industriais

- irrigação

- recreação e piscicultura.

observa-se que as atividades de gerenciamento dos recursos hídricos deverão merecer especial importância da Sabesp a fim de evitar o comprometimento desses recursos, notadamente na bacia de Taiacupeba, pelo:

- afluxo de sólidos suspensos aos reservatórios: reflorestamento

- afluxo de poluentes urbanos: águas pluviais e esgotos

- afluxo de nutrientes e pesticidas: atividades hortifrutigranjeiras.

A utilização conflitante do sistema para controle de cheias e atendimento da demanda deverá levar à elaboração de modelos de operação das represas envolvendo a Sabesp e o Daee.

## **AS INSTALAÇÕES E PROCESSOS NO SISTEMA ALTO TIETÊ**

Sistema Produtor Alto Tietê formará um conjunto operacional compreendendo:

- elevatórias de água bruta e tratada

- estação de tratamento de água

- subestações elétricas

- sistema de recuperação de água de lavagem e lagos de lodo

- reservatórios de água tratada

- adutoras de água bruta e tratada

- unidades auxiliares,

que se interligarão ao Sistema Adutor Metropolitan Alça Leste, na área de influência do Sistema Rio Claro.

As unidades principais do Sistema estão sendo implantadas numa área de 50 ha, localizada à margem esquerda da represa de Taiacupeba, a cerca de 45m acima do nível d'água e a 500m da Rodovia Índio Tibiriçá (Suzano-Ribeirão Pires), no município de Suzano.

A alimentação elétrica do Sistema será feita por uma dupla linha de transmissão 138/88 KV da Eletropaulo que se interligará a uma subestação principal interna à área do Sistema Alto Tietê. Na subestação principal, as tensões serão rebaixadas para 13,8 kV e distribuídas às três principais unidades do Sistema: elevatórias de água bruta (EEAB), estação de tratamento de água (ETAT) e elevatória de água tratada (EEAT).

Estima-se, na 1ª etapa de implantação, um consumo médio de 2.530 MWh com uma demanda máxima de 5.350 KW para uma potência instalada de 7.920 KW.

Painéis de relés de transmissão (ERT), situados nas três unidades da subestação, farão a transmissão e recepção dos sinais elétricos, permitindo a sinalização, controle e comando remoto dos conjuntos motobombas de água bruta e tratada, a partir da mesa de comando da subestação (PSE) e ou painel de controle da ETA (PCC).

## **CAPTAÇÃO — RECALQUE E ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA**

a. Uma estação elevatória de água (EEAB), situada dentro da represa de Taiapuêba, permitirá o recalque da água bruta à ETA Taiapuêba.

b. A EEAB estará apoiada em seis tubulões de concreto armado vazados, onde a água será admitida por manobras convenientes de comportas instaladas em três níveis distintos de cada tubulão, permitindo, desse modo, a seleção da água bruta a ser enviada à ETA Taiapuêba.

A água será amostrada nos três níveis da represa e enviada ao laboratório da ETA onde, além dos ensaios de rotina, a água será analisada por um medidor de carbono orgânico total, dando indicações da poluição orgânica, potencial de formação de trinalometano e eutrofização da represa.

c. Os conjuntos motobombas, em número de três nessa primeira etapa, estarão instalados nos tubulões, funcionando em paralelo com vazão unitária de 2,83 m<sup>3</sup>/s a 57,50 mca.

Cada linha de recalque das bombas (48") estará interligada a um dos dois barriletes principais (84") que formarão as duas adutoras de recalque, possuindo cada linha uma válvula borboleta motorizada intertravada com a bomba correspondente e permitindo comando à distância ou local.

d. Os motores elétricos (3.500 cv, 13200v), em operação normal, poderão ser acionados a partir do painel PCC da ETA ou no PSE da subestação principal onde estarão os disjuntores de partida e os painéis de controle e comando do sistema elétrico.

e. O sistema de proteção dos motores será feito por um painel situado na EEAB, dotado de relés sensíveis multifunções que possibilitarão a atuação e sinalização, via painéis ERT, na subestação e ETA das diversas condições de funcionamento e ocorrências nos conjuntos motobombas, adutoras e sistemas auxiliares.

f. As duas adutoras de água bruta conduzirão a água recalçada à ETA Taiapuêba por dois sistemas de tubulações em aço carbono, 84", assentadas em paralelo, numa extensão de 477 m, satisfazendo a vazão de final de plano (17 m<sup>3</sup>/s).

As adutoras estão montadas no piso inferior da ponte de acesso à EEAB, prosseguindo, a seguir, enterradas até a ETA, descarregando em uma estrutura de chegada. Nesse percurso passarão sobre os trilhos da EFSJ em túnel *linner*.

Estudos de transientes hidráulicos desenvolvidos para as adutoras em situação de vazão máxima levaram à implantação de tanques de amortecimento unidirecional que garantirão uma lâmina mínima de 4 m sobre as adutoras, quando da ocorrência de transientes críticos.

g. Medidores de vazão permitirão a indicação local de vazão veiculada e a transmissão das mesmas com sinais elétricos (4-20mA) ao PCC da ETA Taiapuêba, onde essas vazões serão indicadas, registradas e totalizadas, atuando sobre o sistema de dosagem de produtos químicos.

## **ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE TAIAPUÊBA**

a. Também projetada de forma modular, a ETA Taiapuêba, nessa primeira etapa, contará com três unidades de floculação e decantação, uma bateria de 10 unidades de filtração, casa de química e demais unidades auxiliares, de modo a permitir o tratamento de vazão média prevista de 5m<sup>3</sup>/s.

b. Já na etapa inicial de operação, toda água utilizada na lavagem de filtros será levada a um sistema de recuperação onde, após clarificada, voltará ao processo de tratamento.

c. O lodo proveniente dos decantadores e dos tanques de clarificação da água de lavagem será levado às lagoas para adensamento e posterior

remoção do mesmo, evitando-se, dessa forma, a poluição dos mananciais ou outras fontes de água da região.

Nessa primeira etapa de operação, estima-se que a produção de lodo seja de 4,5 ton/dia o que, dados os volumes das lagoas e adensamento pretendido (35%), levará a um ciclo de limpeza de 720 dias. Na segunda etapa final, mantendo-se as mesmas unidades e taxa de adensamento, o ciclo será reduzido para 240 dias.

d. Estudos desenvolvidos nas técnicas de tratamento de água mostraram a possibilidade de otimização desse tratamento pelo conhecimento das características da água bruta, notadamente quanto a diâmetro médio e concentração das partículas presentes na água bruta.

Considerando que a presença do carbono orgânico dissolvido na água, temperatura, tipo de coagulante e polímeros etc. utilizados no tratamento afetam a distribuição do tamanho das partículas na massa líquida, tais estudos mostraram que a escolha do coagulante, dos auxiliares de coagulação, controle e sua relação íntima com a eficiência do processo de filtração são fatores fundamentais na escolha da configuração ótima do processo de tratamento, podendo levar a uma substancial redução nos custos desse tratamento pela redução no processo de produtos químicos, redução no consumo de energia elétrica, mantendo-se, porém, a qualidade da água final em níveis elevados.

e. A ETA Taiapuêba, através de alterações convenientes em sua configuração, poderá utilizar os processos de:

**Filtração por contato:** após adição de coagulante e mistura rápida.

**Filtração direta:** após adição de coagulante, mistura rápida e floculação.

**Filtração convencional:** após adição de coagulante, mistura rápida, floculação e decantação.

A utilização de polímeros como auxiliares de filtração e/ou decantação, quando necessária, está prevista na ETA Taiapuêba, melhorando o condicionamento dos flocos e sua distribuição e/ou aumentando sua resistência às forças cisalhantes do processo de filtração.

A fim de possibilitar a escolha correta do processo a ser adotado e buscando a otimização do tratamento, o laboratório da ETA Taiapuêba será dotado, além de equipamentos rotineiros, de:

- contador de partículas,
- medidor de carbono orgânico total e
- espectrofotômetro de amplo espectro.

Uma ETA piloto, reproduzindo em escala os processos reais de tratamento, permitirá que as novas técnicas presentes no projeto sejam adequadamente utilizadas, buscando-se uma formulação de menor custo para a eficiência pretendida.

O monitoramento dos diversos parâmetros que medem a eficiência das diversas etapas do processo será feito por medidores contínuos de turbidez, cloro residual, fluor residual, pH, os quais permitirão o registro de indicações desses parâmetros, permitindo o acompanhamento passo a passo do processo e permitindo, a qualquer instante, a tomada de medidas corretivas.

f. O controle da dosagem do coagulante, fator de importância no controle dos custos de uma ETA, será realizado por um instrumento (*streaming current detector*) inserido no canal após a mistura rápida e capaz de monitorar, continuamente, a mobilidade eletroforética das partículas em suspensão na água, enviando sinais aos dosadores de coagulante, de modo a manter na água a dosagem ótima, necessária à desestabilização das partículas, otimizando o processo de coagulação.

Estima-se na ETA Taiapuêba um consumo diário médio de 6,5 ton/dia de coagulante na primeira etapa de operação, que evoluirá a 20 ton/dia na etapa final, justificando a precisão exigida no controle de dosagem desse coagulante.

Os equipamentos e instalações de armazenamento, transferência e dosagem de coagulante poderão trabalhar tanto com sulfato de alumínio quanto com cloreto férrico.

g. A aplicação dos produtos químicos à água, idêntico aos demais produtos químicos, será por difusores no início e no final do processo de tratamento.

Para ajustes no processo de tratamento, e dada a disposição dos canais

de água decantada que reunirão toda a água a ser encaminhada aos filtros em um único ponto, existe a possibilidade de dosagem intermediária de produtos químicos: cal, cloro e polímeros.

**h.** O processo de floculação na ETA Taiacupeba, com a divisão de cada unidade em 3 compartimentos, permitirá que a água receba a energia necessária à formação dos flocos, de forma controlada em 3 zonas de agitação.

Acompanhando o fluxo d'água, as duas primeiras zonas terão, cada uma, apenas 2 níveis de energia fornecida por moto-agitadores de 2 velocidades. O 3º nível, em cada compartimento, permitirá o ajuste contínuo do gradiente de energia por inversores de velocidades, até um máximo de  $30s^{-1}$ .

**i.** Os decantadores, retangulares e de fluxo horizontal, com um tempo de detenção de 127 min. permitirão a remoção contínua de lodo que será encaminhado a poços no final de cada decantador e daí, por abertura temporizada de válvulas, encaminhados às lagoas para adensamento.

**j.** O sistema de filtração na ETA Taiacupeba será por filtros com camada única de grossa glaunulometria e camada profunda, o que tem levado a carreiras de filtração mais longas, maior penetração dos flocos no meio filtrante e maior produção de água filtrada por unidade.

Tais resultados foram confirmados por ensaios em instalações pilotos na ETA Guaraú e ETA Rio Claro.

A operação dos filtros, inclusive o processo de lavagem, será automatizada, sendo os mesmos do tipo taxa e nível constante.

Com base nos testes, esperam-se carreiras de filtração de 60 h com taxas de aplicação de  $500 m^3/m^2$  dia.

Um vertedor no canal da água tratada com a crista pouco acima do fundo do filtro impedirá a ocorrência de pressão negativa no meio filtrante pelo abaixamento excessivo do nível.

Num dos filtros, tomadas de pressão instaladas a cada 10 cm permitirão a transmissão e indicação eletrônica das pressões desenvolvidas ao longo do meio filtrante, fornecendo indicações quanto à eficiência do processo de filtração e permitindo avaliação do processo de lavagem.

A lavagem de um filtro será feita com o uso de ar e água e se desenvolverá em 3 fases:

**1ª fase:** Admissão de ar no meio filtrante, taxa de  $1.800 m^3/m^2$  dia durante 1,5 min — despreendimento das impurezas retidas no leito

**2ª fase:** Admissão simultânea de ar ( $1.800 m^3/m^2$  dia) e água ( $600 m^3/m^2$ ) durante 3 minutos — remoção das impurezas do leito.

**3ª fase:** Após o corte do ar, a água deverá ser aumentada gradualmente até a taxa de  $1.500 m^3/m^2$  dia, permanecendo 4-6 min. nessa faixa — polimento na remoção e retirada do ar retido no filtro.

Um turbidímetro de água de lavagem, instalado no canal que receberá essa água, emitirá sinais de alarme quando a turbidez remanescente atingir valores que permitam ao filtro retornar à operação.

Indicações e registro contínuo de turbidez remanescente ao longo do período de lavagem permitirão a otimização do processo, bem como do consumo de água de lavagem.

O ar e a água serão introduzidos no filtro por um sistema de tubulação e fundo falso "tipo bloco", com orifícios, que igualmente receberá a água filtrada encaminhando-a ao canal de água tratada.

A água necessária ao processo de lavagem virá de um reservatório metálico, cujo sistema de tubulação, antes da interligação com os efluentes dos filtros, será dotado de uma válvula de controle por orifícios que, recebendo sinais de um medidor de vazão, bloqueará o fluxo para as vazões desejadas, permitindo a dissipação das perdas desenvolvidas na mesma, evitando-se assim a cavitação da válvula.

Nessa primeira etapa, mesas de comando individuais permitirão, além do controle pneumático das válvulas dos filtros, que o processo de lavagem seja sinalizado, seqüenciando os passos dos processos à operação e fornecendo indicações quanto às grandezas envolvidas.

**k.** No canal de água tratada, a água, após recebimento de produtos químicos com a finalidade de proteção sanitária da mesma (cloro), saúde pública (fluor) e proteção dos sistemas de adução (cal), passará por um medidor de vazão ultrasônico, em canal aberto, que enviará sinais aos dosadores de cloro e fluor e, se necessário, atuará sobre os mesmos de modo a manter na água final os residuais desejados, os quais serão monitorados continuamente.

**l.** Diversos sistemas auxiliares estão presentes na ETA Taiacupeba com a função de fornecer meio ao funcionamento seguro e automatizado das instalações e processos, bem como a finalidade de estocagem, transferência e dosagem dos produtos químicos, tais como:

- sistema de cal
- sistema de cloro
- sistema coagulante
- sistema de fluor
- sistema de polímeros
- sistema de água de lavagem
- sistema de água de utilidade
- sistema de ar comprimido
- sistema de ar soprado
- sistema de amostragem
- sistema elétrico

**m.** O controle operacional e administrativo do sistema está situado na casa de química, em 4 pavimentos na forma de H, dividido em 2 setores:

**Setor Administrativo:** com cerca de  $900 m^2$ , distribuídos em 2 pavimentos, conterá auditório e salas diversas para o pessoal administrativo e chefias.

**Setor Operacional:** em  $2.600 m^2$  distribuídos em 4 pavimentos, conterá as salas de equipamentos auxiliares e controle operacional do sistema. Além disso, o Sistema contará com uma oficina para atendimento eletromecânico.

**n.** No 2º pavimento do setor operacional e de modo conjugado, estarão o laboratório e o painel central de controle da ETA Taiacupeba (PCC), além dos demais painéis, permitindo à operação o acompanhamento de todo o processo operacional.

No PCC, constituído por três setores: (processos de tratamento, produtos químicos e filtros), estarão centralizadas todas as informações necessárias ao perfeito gerenciamento da operação.

Baseado nos sinais enviados pelos elementos primários instalados nas diversas etapas do tratamento e seus sistemas auxiliares, o PCC fornecerá sinais para atuação, de forma automatizada ou via operador, nesse processo, especialmente no sistema de dosagem de produtos químicos.

Esse painel será interligado a terminais impressores e vídeo, permitindo o fornecimento e registro instantâneo de dados operacionais.

Já nessa primeira etapa, computadores interligados ao sistema permitirão a completa automação do mesmo.

**o.** Na etapa final, a ETA Taiacupeba será constituída por 8 unidades de floculação/decantação e 30 unidades de filtros.

Existe área reservada para futuras instalações de ozona e os filtros poderão ser alterados para utilização de carvão ativado granular, se forem necessários.

## RESERVATÓRIO E ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA

Da ETA Taiacupeba a água será levada ao reservatório de água tratada (RAT) com 2 câmaras e capacidade total de  $22.500 m^3$ , perfazendo um tempo de detenção e final de 50 min.

O reservatório estará interligado ao poço de sucção de uma elevatória que recalcará a água tratada ao sistema de adução com 3 motobombas nessa 1ª etapa e serão idênticas àquelas da EEAB, permitindo assim uma maior flexibilidade operacional e de manutenção.

O sistema de acionamento e proteção das motobombas será igualmente similar à EEAB, acrescido da indicação de nível de um reservatório de distribuição intermediário na adutora de água tratada.

A operação das motobombas será função desse nível que provocarão alarme e desligamento das motobombas em situações extremas.

## SISTEMA DE ADUÇÃO DE ÁGUA TRATADA

O sistema de adução terá a função de conduzir a água produzida e tratada pelo Sistema Alto Tietê até o Sistema Adutor Metropolitano, onde

será interligado ao SAM Leste de 1.800 mm de diâmetro.

Por flexibilidade operacional e para garantir pressões mínimas necessárias ao abastecimento dos reservatórios interligados ao SAM Leste, um reservatório de distribuição separará o sistema de adução em recalque e gravidade.

A adutora de recalque (100"), saindo da EEAT, seguirá ao reservatório de distribuição, tendo uma extensão de 4,8 m. Duas estruturas de proteção garantirão a segurança da adutora de recalque contra os transientes hidráulicos.

O reservatório de distribuição, situado à cota de 820,00, com capacidade de 20.000m<sup>3</sup>, circular e em concreto armado, terá seu nível medido continuamente por um sistema de borbulhamento padrão SCOA, enviando sinais aos painéis do Alto Tietê e ao CCO da Sabesp. Um medidor de vazão na entrada do reservatório igualmente enviará sinais ao CCO e à ETA.

A adutora de gravidade, a partir do reservatório de distribuição, seguirá em aço, numa extensão de 1,7 km, até os pontos de interligação com o SAM Leste à jusante do *booster* Guaió, existindo nesse ponto uma derivação bloqueada para prosseguimento dessa adutora, quando do prosseguimento das obras de ampliação do Sistema Produtor Alto Tietê.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho pretende ressaltar alguns tópicos que emergem facilmente de sua leitura:

■ A participação da área de operação, na fase de planejamento e execução de um projeto (especialmente em instalações complexas e de grande porte como é uma estação de tratamento de água) levará à otimização desse projeto, pela incorporação ao mesmo da experiência adquirida na operação e manutenção de instalações similares.

■ A tendência, cada vez maior, de utilização dos reservatórios e bacias hidrográficas com a finalidade de uso múltiplo levará a Sabesp a investir no treinamento e capacitação de técnicos necessários ao gerenciamento e proteção de recursos hídricos, de modo a evitar a degradação dos mesmos, o que onera os custos do tratamento dessa água.

■ As pesquisas e desenvolvimento de estudos na área de tratamento de água, hoje voltados à otimização dos processos com busca incessante da redução de custos, deverão igualmente merecer da Sabesp uma especial atenção com investimentos em tratamento, instalações pilotos, acompanhamento tecnológico, automação etc.

■ Essa necessidade se torna mais premente nas instalações de grande porte, pois uma falha na dosagem do coagulante de 1 ppm (provocado por processo manual ou inadequação do sistema), levará a um consumo extra diário de 1,5 ton de coagulante para vazões de 15 m<sup>3</sup>/s, com acréscimo significativo no custo do tratamento.

O alto investimento realizado pela Sabesp na construção e montagem do Sistema Produtor Alto Tietê deverá ser considerado quando da operação do mesmo, dotando-se a área responsável por tal, de condições técnicas e humanas que possibilitem o perfeito gerenciamento dessas instalações voltadas a:

- obtenção de critérios de operação e manutenção que deverão estar harmônicos, a fim de manter as instalações a nível de projeto;
- manutenção de uma política de estudos e pesquisas visando à otimização dos processos operacionais e a redução dos custos envolvidos;
- criação de política de desenvolvimento de pessoal, buscando o acompanhamento de novas tecnologias e mesmo reciclagem de conhecimento e motivação das equipes de operação e manutenção, mantendo-se a operação das instalações em processo seguro e confiável e fazendo ainda com que essas equipes se sintam participantes do processo.

