

I-030 - TRATAMENTO AVANÇADO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO – ESTUDO DE CASO: ETA VI DE INDAIATUBA - SP

Cristiano Luchesi Niciura ⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/USP). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Chefe do Departamento de Saneamento da Engecorps Engenharia S.A.

Maíra Gimenes

Engenheira Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Saneamento Ambiental pela Universidade Presbiteriana Mackenzie.

José Geraldo Sartori Brandão

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/USP). Engenheiro de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho pela FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo. Coordenador de Projetos na Engecorps Engenharia S.A.

Marcos Oliveira Godoi

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/USP). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Diretor Técnico da Engecorps Engenharia S.A.

Sidney Seckler Ferreira Filho

Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. Mestre e Doutor pela Universidade de São Paulo. Professor Associado da Escola Politécnica – USP.

Endereço⁽¹⁾: Alameda Tocantins, 125, 4º andar - Edifício West Side, CEP 06455-020 - Alphaville - Barueri - SP – Brasil, e-mail cristiano.niciura@engecorps.com.br

RESUMO

O presente trabalho contém a descrição do Estudo de Caso do Projeto da ETA VI de Indaiatuba – SP, envolvendo o tratamento avançado da água captada no Rio Jundiá que, em certas épocas do ano, apresenta características típicas de manancial contaminado com origem antrópica. Inicialmente, apresenta-se o conhecimento do problema, com a descrição das principais características em torno do tema, incluindo resultados de ensaios e testes com a água bruta. Na sequência, são apresentados os aspectos técnicos do projeto, relacionados com os processos e operações unitárias envolvidas, as restrições, os cuidados, as dificuldades e as recomendações provenientes do trabalho.

PALAVRAS CHAVES: Tratamento de Água, Tratamento Avançado, Rio Jundiá e Projeto Executivo.

INTRODUÇÃO

A bacia do Rio Jundiá está inserida na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 (UGRHI 5), que representa a porção paulista das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (reconhecidas como Bacias PCJ, conforme ilustração da Figura 1, ocupando, juntas, uma área de 15.303 km², inseridas nos estados de São Paulo (92,6% da área) e Minas Gerais (7,4% da área). Está inserida exclusivamente no Estado de São Paulo e apresenta área de 1.114 km², compreendendo as cidades de Atibaia, Jundiá, Jarinu, Itupeva, Indaiatuba, Salto, Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista, além de 75% do município de Cabreúva e 11% do município de Mairiporã.

O Rio Jundiá, incluindo o Ribeirão Jundiázinho, percorre cerca de 139 km desde sua nascente, na Serra da Pedra Vermelha em Mairiporã, até a sua foz no Rio Tietê, localizada no município de Salto. Apresenta características de rios de planície com vastas várzeas, muitas vezes entrecortadas por meandros.

Em termos de disponibilidade hídrica, a bacia do Rio Jundiá apresenta, conforme Plano da Bacia PCJ (Agência de Águas PCJ, 2011), $Q_{7,10}$ igual a 2,30 m³/s e $Q_{disponível}$ igual a 3,50 m³/s, salientando-se que esta última é composta pela $Q_{7,10}$ acrescida de uma vazão de 1,2 m³/s, proveniente da transposição da sub-bacia do Rio Atibaia.



Figura 1: Mapa das Bacias PCJ (Agência de Águas PCJ, 2011).

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas conforme a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. As águas doces são classificadas em cinco classes, cada qual destinada aos seguintes usos:

- Classe Especial: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- Classe 1: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas, incluindo as inseridas em Terras Indígenas; à recreação de contato primário; e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas, bem como de frutas desenvolvidas rentes ao solo;
- Classe 2: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de áreas com as quais o público possa ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca;
- Classe 3: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais; e
- Classe 4: à navegação; e à harmonia paisagística.

Nessa condição e, em consonância com o Decreto Estadual nº 10.755/1977, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água inseridos no Estado de São Paulo, estabeleceu-se que o Rio Jundiá apresenta três classes ao longo de seu curso:

- Classe 1: Rio Jundiá e todos os seus afluentes até a Barragem prevista do Reservatório do Jundiá, no município de Mogi das Cruzes;
- Classe 4: Trecho do Rio Jundiá a partir da confluência com o Córrego Pinheirinho até a confluência com o Rio Tietê, no município de Salto;
- Classe 2: Todos os demais trechos do Rio Jundiá.

Com isso, observa-se que o Rio Jundiá apresenta uma tendência de piora na sua qualidade das águas desde sua nascente até a sua foz, restringindo-se, portanto, os usos possíveis.

Nesse contexto, vale destacar um estudo desenvolvido, em 2013, pelo Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE) de Indaiatuba, denominado ‘Estudo de Tratabilidade da Água do Rio Jundiá’, objetivando obter parâmetros químicos e físico-químicos das condições de tratabilidade do mesmo, no trecho inserido no território do município, mediante ensaios realizados em laboratório (Ensaio Jar test), de modo a avaliar a evolução da qualidade das águas ao longo dos últimos anos, bem como estimar a faixa “ótima” de dosagem de produtos químicos (coagulante, alcalinizante, oxidante), para obtenção de água de qualidade, em consonância com os padrões estabelecidos na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Além dos ensaios Jar Test, o SAAE também avaliou a qualidade da água mediante análises de amostras coletadas em três pontos pré-estabelecidos no Rio Jundiá, considerando dois períodos ao longo do ano (chuvoso e estiagem), contando, para isso, com apoio da equipe interna do Laboratório de Águas do SAAE e de laboratórios de terceiros. Em geral, foram observados os seguintes resultados:

✓ Laboratório de Águas do SAAE:

- Ensaios Microbiológicos: 1º Período – Estiagem - foram realizados 15 ensaios para quantificação de Coliformes Termotolerantes, cujos valores variaram intensamente no período monitorado, onde 87% dos ensaios resultaram em valores abaixo de 50.000 e cerca de 60% abaixo de 25.000. 2º Período – Chuvoso – os maiores valores observados coincidem com altos valores de turbidez, indicando as condições do rio nas horas que sucedem fortes torrenciais; os demais valores assemelham-se aos do período seco;
- Ensaios Hidrobiológicos: 1º Período – Seco - visou quantificar a contagem de cianobactérias, cujos resultados indicaram que quase 70% dos valores estão abaixo de 30.000 cels/ml e apenas 18% estão acima de 100.000 cels./ml, sendo este o valor máximo para corpos de água enquadrados na Classe 3, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005. 2º Período – Chuvoso – apenas uma amostra apresentou valor acima de 100.000 cels/ml para cianobactérias, enquanto os valores observados para DBO foram satisfatórios em todas as análises, estando inferior a 10 mg/l, limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d’água Classe 3;
- Ensaios de Inorgânicos: 1º Período – Seco - buscou-se avaliar os parâmetros cor, turbidez, ferro total, oxigênio dissolvido, fósforo total e nitrogênio amoniacal. Os valores máximo e mínimo de cor foram, respectivamente, 145 UC e 60 UC. Já a turbidez apresentou 82 NTU como valor máximo e 17 NTU, como mínimo. O ferro total teve como resultado médio valores situados na faixa de 2 a 4 ppm, sendo os valores mínimo e máximo observados de 1,95 ppm e 4,7 ppm, respectivamente. Em relação ao oxigênio dissolvido, aproximadamente 53% dos valores estiveram acima do limite para Classe 3 estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, cujos valores inferiores ao limite foram prioritariamente observados nos meses de agosto e setembro. Quanto ao fósforo total, quase em sua totalidade os valores apresentaram-se acima do limite máximo para corpos d’água de Classe 3, enquanto os valores de nitrogênio amoniacal, apesar de estarem dentro do limite estabelecido, indicaram a necessidade de cloração ao break-point. 2º Período – Chuvoso – os parâmetros cor e turbidez apresentaram picos, com valores acima de 100 NTU, tendo sido observadas alterações significativas nos respectivos ensaios Jar test. Para o ferro total, houve grande variação em função das chuvas, cujos valores mínimo e máximo corresponderam a 1,90 mgFe/l e 33,25 mgFe/l, respectivamente, com indicação prévia de necessidade de utilização de pré-oxidação no tratamento. Já os valores de fósforo total não apresentaram grandes variações em relação ao período seco, com valores também acima do limite para corpos d’água da Classe 3. O nitrogênio amoniacal apresentou alta variação dos valores, sendo que ao final do período os mesmos se encontravam abaixo da média do período seco.

- ✓ Laboratórios de terceiros: 1º Período – Seco - foram coletadas duas amostras de água do Rio Jundiá, uma em julho e outra em outubro, cujos resultados indicaram, principalmente, que os parâmetros coliformes termotolerantes e fósforo total não atenderam aos limites estabelecidos para corpos d’ água Classe 3. 2º Período – Chuvoso – foi coletada uma amostra de água do Rio Jundiá, em abril, tendo-se observado que apenas o parâmetro coliformes termotolerantes não atendeu ao limite estabelecido.

Diante destes resultados, os Ensaio de Jar test foram realizados buscando-se avaliar as melhores técnicas a serem utilizadas no tratamento, bem como quais as etapas requeridas e quais os produtos químicos possivelmente demandados. Ao todo, foram realizados 23 ensaios de coagulação/floculação, 2 diagramas de coagulação com 14 ensaios em cada um, e 14 ensaios de pré-oxidação, também considerando dois períodos de amostragens da água do Rio Jundiá, período seco e período chuvoso.

Conclusões preliminares do estudo indicaram que a remoção de cor e turbidez pode ser assegurada mediante a correta dosagem de coagulantes e pH de coagulação, bem como se deve atentar a sazonalidade na escolha da tecnologia adequada ao tratamento e dos produtos químicos a serem aplicados, uma vez que pode ocorrer significativa variabilidade na qualidade da água do Rio Jundiá ao longo do ano, em especial devido à concentração de nitrato. Destaca-se que os estudos realizados visando obter parâmetros da qualidade da água do rio demonstraram tendência de melhora nas principais variáveis de interesse, de modo a viabilizar tecnicamente a remoção das principais substâncias, valendo-se da realização de pré-tratamento, compreendendo as etapas de pré-oxidação e adsorção. Assim sendo, as águas do Rio Jundiá compreendidas no território de Indaiatuba apresentam parâmetros de qualidade que torna viável técnica e economicamente a sua utilização para consumo humano, mediante a aplicação de um tratamento avançado.

Nesse sentido, salienta-se que em função de diversas discussões e realização de estudos, dentre os quais o 'Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, para o período de 2010 a 2010, com Propostas de Atualização do Enquadramento dos Corpos d'água e de Programas para Efetivação de Enquadramento dos Corpos d'água até o ano de 2035' (aprovado na Deliberação dos Comitês PCJ nº 097/10, de 09/12/2010), no qual é proposta a mudança da classe do Rio Jundiá, no trecho situado a partir da confluência com o Córrego Pinheirinho até a confluência com o Rio Tietê, de Classe 4 para Classe 3, e estudos complementares de qualidade das águas do Rio Jundiá (Informação Técnica n 062/14/CJJ), solicitando o reenquadramento do trecho do Rio Jundiá inserido no município de Indaiatuba até a foz no Córrego do Barnabé, obteve-se como resultado a Deliberação CRH nº 162, de 09/09/2014, a qual referendou a proposta de alteração da classe de qualidade do Rio Jundiá, de Classe 4 para Classe 3, no trecho compreendido entre a foz do Ribeirão São José e a foz do Córrego do Barnabé, contida na Deliberação dos Comitês PCJ nº 206/2014.

Dessa forma, mediante promulgação das deliberações acima, pode-se considerar a possibilidade de captação de água bruta para abastecimento público no trecho do Rio Jundiá que atravessa o município de Indaiatuba, resultando na necessidade de elaboração do Projeto ETA VI.

METODOLOGIA

Em consonância com os resultados e conclusões obtidas pela equipe técnica do SAAE, no Projeto da ETA VI observou-se a necessidade de alternativas de tratamento consideradas "avançadas", de forma a promover a remoção de compostos que usualmente não são retidos em sistemas convencionais, quais sejam:

- ✓ Pré-Oxidação e Intercloração: a pré-oxidação é o processo no qual é adicionado um agente oxidante em água bruta, visando eliminar matéria orgânica e oxidar metais como ferro e manganês, tornando-os insolúveis, o que permite sua remoção nas próximas etapas do tratamento. Em semelhança, a intercloração também é um processo no qual é adicionando um agente oxidante em etapas intermediárias do tratamento, visando manter residual mínimo em níveis satisfatórios, para "proteção" dos filtros. Em geral, os principais agentes oxidantes empregados são cloro, dióxido de cloro, permanganato de potássio, ozônio, peróxido de hidrogênio e ozônio combinado com peróxido de hidrogênio. Além desses, novos agentes passaram a ser empregados, destacando-se o hipoclorito de cálcio e o hipoclorito de sódio. Vale mencionar que a seleção do melhor agente a ser utilizado em cada uma das etapas, pré-oxidação e intercloração, deve ser cuidadosamente estudada, de modo a identificar a melhor solução para cada qualidade da água bruta a ser tratada;
- ✓ Aplicação de Carvão Ativado: o carvão ativado é uma forma de carbono tratado para aumentar significativamente suas propriedades de adsorção, sendo um material extremamente poroso (com área superficial interna entre 600 a 1.200 m²/g) e de origem natural, com capacidade de remover odores, mau gosto e substâncias orgânicas dissolvidas. É fornecido na forma granular (CAG) ou em pó (CAP), sendo este último o mais usual nas etapas de pré-tratamento em ETAs.

SISTEMA DE TRATAMENTO PROPOSTO

Com relação aos aspectos qualitativos, na concepção do Sistema de Tratamento foram considerados processos e operações capazes de promover a remoção e/ou inativação de contaminantes que, eventualmente, poderão estar presentes na água bruta do Rio Jundiáí, especialmente nas ocasiões de estiagem prolongada. Nesse sentido, além das unidades convencionais de tratamento (mistura rápida, floculadores, decantadores, filtros e desinfecção), previu-se no Projeto da ETA VI uma unidade de Pré-Tratamento, para aplicação de Carvão Ativado em Pó (CAP) e Dióxido de Cloro, visando à remoção, quando necessária, de substâncias causadoras de odor e sabor, além de conferir segurança adicional com respeito à qualidade microbiológica da água tratada, como uma “pré-desinfecção”, sem o inconveniente da formação de subprodutos do Cloro gasoso. No Pré-Tratamento, também foi prevista a Aeração do meio líquido, visando à retirada do Nitrogênio gasoso decorrente da Pré-cloração (Breakpoint), a qual será efetuada na linha de recalque, junto à captação. As dosagens previstas para dimensionamento dos sistemas de armazenamento, preparo e aplicação dos produtos foram:

- ✓ Hipoclorito de Cálcio junto a captação: solução de hipoclorito de cálcio a 12% e dosagens mínima e máxima estimadas em 40 mg/L a 100 mg/L;
- ✓ Dióxido de Cloro: solução preparada “in loco” e dosagens mínima e máxima estimadas em 0,5 mg/L a 2,0 mg/L;
- ✓ Carvão Ativado em Pó (CAP): suspensão preparada “in loco” a 5% e dosagens mínima e máxima estimadas em 10 mg/L a 40 mg/L;
- ✓ Policloreto de Alumínio (PAC): solução a 18% e dosagens mínima e máxima estimadas em 20 mg/L a 100 mg/L;
- ✓ Alcalinizante para pré e pós correção do pH: suspensão de Hidróxido de Cálcio (industrializada), adquirida a 30% e dosagens mínima e máxima estimadas em 5 mg/L a 20 mg/L (tanto na pré como na pós alcalinização);
- ✓ Hipoclorito de Cálcio na pós-cloração: solução de Hipoclorito de Cálcio a 12% e dosagens mínima e máxima estimadas em 1,0 mg/L a 4,0 mg/L;
- ✓ Ácido Fluossilícico: Solução de Ácido Fluossilícico a 22% e dosagens mínima e máxima estimadas em 0,6 mg/L a 1,0 mg/L;

Com isso, além da utilização dos produtos convencionais para coagulação, desinfecção e fluoretação, foram tomados os devidos cuidados para redução da Amônia da água bruta, assim como de outros contaminantes eventualmente presentes no Rio Jundiáí (inclusive agentes patogênicos), decorrentes do lançamento indevido de despejos poluentes. Caso a qualidade da água bruta seja adequada ao tratamento convencional, poderá ser desviada (by-pass) diretamente para a Mistura Rápida, para coagulação. No Fluxograma da Figura 2 pode-se observar o sistema proposto.

Merece destaque o fato de que no Pré-Tratamento também foi previsto no projeto como uma unidade de proteção ao Bloco Hidráulico Principal, principalmente em condições críticas, atuando como “caixa de areia” nas ocasiões em que a água bruta apresentar pior qualidade. Com isso, evitar-se-á a paralisação dos módulos para limpeza e descarga de fundo, oferecendo ao operador maior flexibilidade em eventos críticos.

Também merece destaque o fato de que, apesar de ser amplamente divulgada a aplicabilidade do CAP no tratamento avançado de água de abastecimento, não é comum, em Projetos Executivos de ETAs de pequeno porte, como no caso em apreço, a previsão de Sistemas de Preparo e Dosagem do produto. Geralmente, o Carvão Ativado em Pó é empregado como medida corretiva e emergencial em estações já em operação, em decorrência da redução da qualidade da água captada. Nessas condições, a maior parte das instalações são provisórias e inadequadas, com operação manual, com pouco controle e de forma intermitente e precária. Nesse cenário, constatou-se que existem poucos fornecedores de equipamentos “automatizados”, principalmente para ETAs de menor capacidade. Dentre esses, poucos apresentam tecnologias completas, com exemplos de equipamentos em funcionamento com bom desempenho e que contenham dispositivos “assessorios” para operação segura e precisa, como filtros coletores de pó, “quebras de arco”, controles de dosagem, etc.

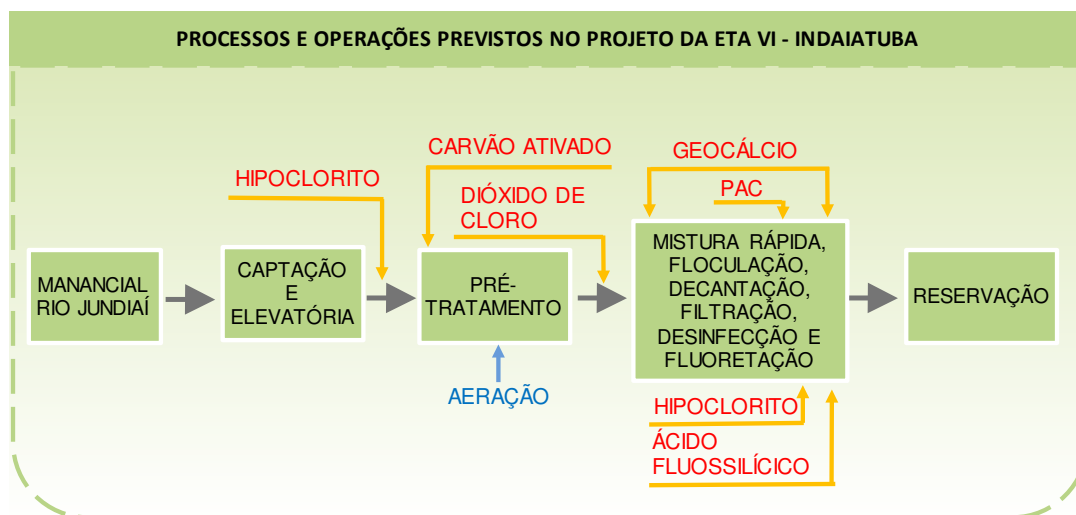


Figura 2: Fluxograma de Processo Simplificado da ETA VI

É importante mencionar ainda que no projeto foi considerada a possibilidade de controle da dosagem de coagulante e alcalinizante (e eventualmente até a troca dos produtos inicialmente previstos), com ampla faixa de variação, visando à maximização da remoção de Compostos Orgânicos Naturais (CON). Conforme constatado por Ferreira Filho e Marchetto (2006), que estudaram a otimização da ETA Rio Grande – Região Metropolitana de São Paulo, a remoção de compostos causadores de gosto e odor com CAP pode ser prejudicada devido à demanda adicional do produto frente à presença de CONs (já que o processo de adsorção não é seletivo e em parte é consumido com os Compostos Orgânicos). Nessa situação, a otimização da dosagem de coagulante e alcalinizante contribui efetivamente para melhor aproveitamento do CAP, pois promove a remoção adequada e eficiente da matéria orgânica presente no meio, para a qual seria necessário mais agente de adsorção. Os autores comentam ainda que, em alguns casos, a dosagem de coagulante a ser aplicada no processo pode ser determinada pela necessidade de remoção destes compostos orgânicos e não pela meta de redução de cor e/ou turbidez, como possivelmente pode ocorrer na ETA VI.

Com relação à modulação das unidades previstas no projeto, considerou-se a divisão do sistema em duas etapas, sendo a primeira com capacidade de atendimento de 150 L/s e a segunda em mais 150 L/s, totalizando 300 L/s.

Ocorre, porém, que a modulação deve considerar também as situações críticas de operação do sistema, com eventuais paralisações dos módulos para manutenções, por exemplo. Nessa condição, previu-se a configuração ilustrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Configuração da Modulação das Unidades Previstas em Projeto

Situação	Etapa	Vazão Total (L/s)	Vazão por Módulo (L/s)				Condição de Operação
			1	2	3	4	
1	1	150	50	50	50	-	3 em operação
2			75	75	×	-	3 em operação, 1 em manutenção
3			150	×	-	-	1 em operação, 1 em manutenção.
4	2	300	75	75	75	75	4 em operação
5			100	100	100	×	3 em operação, 1 em manutenção

Diante disso, as cinco situações previstas preveem o seguinte:

- ✓ Situação 1: Primeira etapa, com 3 módulos executados, operando em vazão nominal de 50 L/s cada;
- ✓ Situação 2: Primeira etapa, com 3 módulos executados, estando 1 em manutenção, de forma que cada um estará operando com vazão de 75 L/s;

- ✓ Situação 3: Primeira etapa, com 2 módulos executados, estando 1 em manutenção, de forma que o em operação estará em sobrecarga com 150 L/s;
- ✓ Situação 4: Segunda etapa, com 4 módulos executados, operando em vazão nominal de 75 L/s cada;
- ✓ Situação 5: Segunda etapa, com 4 módulos executados, estando 1 em manutenção, de forma que cada um estará operando com vazão de 100 L/s.

Com isso, conclui-se que na situação crítica, cada módulo deve ser capaz de suportar 100 L/s (Situação 5) e, em contraposição, a vazão mínima em cada um será de 50 L/s, na Primeira Etapa, com três módulos em operação. Dessa forma, o dimensionamento hidráulico e de processo pode ser efetuado em um range de vazões mais restrito, portanto, com resultados mais precisos e seguros.

Deve-se destacar também o fato de que não é indicada a execução de somente 2 módulos na Primeira Etapa, pois o range de vazão a atender seria muito amplo, de 50 a 150 L/s em cada unidade, com consequente sobrecarga e/ou possibilidade de condições hidráulicas não recomendadas no caso de vazões mínimas. Desse modo, estabeleceu-se para Primeira Etapa a execução de 3 módulos, com previsão de instalação de mais uma unidade na segunda, prevenindo no projeto as interfaces necessárias para futura ampliação.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A qualidade da água do Rio Jundiaí, em determinadas épocas do ano (estiagens), impôs à concepção do Projeto da ETA VI de Indaiatuba a necessidade de previsão de tratamento avançado no sistema, mediante emprego de tecnologias que promovam a oxidação, adsorção e remoção de compostos usualmente encontrados em mananciais com indícios de poluição (como a Amônia). Dessa forma, além das unidades convencionais de tratamento, que visam à remoção de material particulado e cor aparente, o Projeto contempla operações e processos reconhecidamente eficientes na remoção de poluentes de origem antrópica, de modo a promover o tratamento adequado e eficiente da água bruta, incluindo a prevenção da formação de subprodutos da oxidação.

Como recomendação, sugere-se aos fabricantes de equipamentos de preparo e dosagem de CAP o desenvolvimento de modelos compatíveis com ETAs de pequeno e/ou médio porte, providos de dispositivos que garantam a segurança dos operadores e precisão da quantidade de produto aplicada. Além disso, em projetos de Estações em que a água bruta apresenta variações significativas de qualidade, em especial nos parâmetros relacionados a CONs, que sejam adotados sistemas versáteis de dosagem de produtos químicos, com amplo range de vazões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência de Água PCJ. Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 - 2020, com Propostas de Atualização do Enquadramento dos Corpos d'Água e de Programa de Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água até o Ano de 2025: Relatório Final. São Paulo: Agência de Águas PCJ, 2011. 815 p.
2. FERREIRA FILHO, S.S e MARCHETTO, M. Otimização multi-objetivo de estações de tratamento de águas de abastecimento: remoção de turbidez, carbono orgânico total e gosto e odor. Eng. Sanit.Ambient., vol.11, no.1, Rio de Janeiro, 2006.
3. SAAE INDAIATUBA. Estudo de Tratabilidade da Água do Rio Jundiaí. SAAE Indaiatuba, 2013. 192 p.