

O concreto nas estações de tratamento de água – cases na Sabesp

SILVIO LEIFERT – ENG. | CEO SYGHA CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA.

RESUMO

O NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO TRAZ EM SEU ESCOPO O ENORME DESAFIO DE UNIVERSALIZAR OS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO ATÉ 2033. ESTE ARTIGO ABORDA OS CUIDADOS QUE DEVEM SER ADOTADOS PARA QUE A CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) TENHA VIDA ÚTIL ADEQUADA, EFICIÊNCIA EM SUA OPERAÇÃO E CUSTO DE MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS REDUZIDOS.

PALAVRAS-CHAVE: CONCRETO, ETAs, DURABILIDADE.

1. INTRODUÇÃO

A promulgação da Lei Federal 14.026 em 15 de julho de 2020, que altera a Lei Federal 11.445/2007, tem como foco a melhoria considerável da saúde e da qualidade de vida da população brasileira, o que, em outras palavras, significa incorporar aos sistemas públicos de água e esgotamento sanitário cerca de 100 milhões de pessoas (ABCON/SINDCON, 2022).

Dentre os vários outros artigos desta lei merece destaque o Artigo 2 - Princípios Fundamentais, em particular os incisos:

- I - universalização do acesso e efetiva prestação dos serviços;
- V - adoção de métodos; técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais;
- VIII - estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e a utilização de tecnologias, a melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução de custos para os usuários.

Os artigos 10B e 11B definem a data de 31 de dezembro de 2033 como o marco da universalização dos serviços e que índices de 99% da população deva ser atendida com água potável, onde 90% desta população deve contar com coleta e tratamento de esgoto.

O esforço de todos devem estar alinhados para que juntos possamos atingir estes marcos na data prevista.

1.1 Ciclo da água e esgotamento sanitário

O entendimento do ciclo do abastecimento de água e do esgotamento, representado na Figura 1, é fundamental para se atingir o desafio que se tem que enfrentar para o atingimento das metas.

Cada fase do ciclo tem sua função específica e suas estruturas devem ser definidas em função do seu porte, das tecnologias existentes, do rito operacional, da sua manutenção, e estar de acordo com os princípios da Lei.

O concreto armado já foi material soberano nas fases da captação, estações de tratamento de água e reservação, sendo que hoje disputa mercado com outras tecnologias ou materiais, tais como estações compactas de tratamento; soluções com utilização de membranas, por exemplo, as de ultrafiltração; reservatórios em chapas metálicas aparafusadas, dobradas; porém, ganha espaço a utilização de tubos cravados para execução de coletores tronco.

Importante notar que em função do porte e do custo, o concreto continua sendo um material muito importante no saneamento e para que venha atender às exigências técnicas e legais devem ser adotadas soluções adequadas, tanto na fase de desenvolvimento da solução de engenharia/ ambiental, como na execução das estruturas como no seu controle tecnológico: escolha do tipo de cimento, conhecimento dos agregados e elaboração do seu traço, focando não só na resistência, mas na trabalhabilidade e principalmente na durabilidade. Esses temas serão abordados nos próximos itens, tendo como referência sua aplicação nas estações de tratamento de água.



FIGURA 1

ETAPAS DO CICLO DO SANEAMENTO

FONTE: SLIDEPLAYER.COM.BR/SLIDE/3035976/

2. O CONCRETO NAS ETAS – CASE SABESP

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) é

responsável pela operação de 375 municípios, dos quais 37 estão localizados na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e que perfazem um total de 28 milhões de pessoas atendidas (Sabesp, 2022).

Na RMSP, o abastecimento é operado com uso do SIM (Sistema integrado de abastecimento na região metropolitana de São Paulo), representado na Figura 2.

O plano diretor ou o de saneamento apresenta a visão futura, por exemplo, de 30 anos, indicando a necessidade de ampliação das ETAs ou a necessidade de novos mananciais e respectivas ETAs.

Para poder ter-se uma melhor compreensão do que é uma ETA, a Figura 3 representa o esquemático de um processo de tratamento, chamado de convencional.

Em síntese, o processo de tratamento se inicia na chamada câmara de mistura rápida, que é um local de adição dos produtos químicos do processo. Em seguida, a água vai para a câmara de floculação (onde são formados os flocos), avança para a bacia de decantação (onde são retirados os flocos maiores), acessa a área de filtração (local de retirada dos flocos menores e redução da turbidez), para então receber a dosagem final dos produtos químicos que vão garantir a potabilidade até o consumidor final. O reservatório de água final tem dupla função, uma de disponibilizar o tempo de contato dos produtos adicionados, e outra para armazenar água de forma a permitir uma melhor otimização da produção ao longo do período de vinte e quatro (24) horas.

A utilização do concreto como material das estruturas vai depender do porte da ETA mas, normalmente, para altas vazões, o seu uso é economicamente viável em todas as etapas descritas. Para o reservatório de água final, caso seja possível utilizar a forma circular, seu grande concorrente é o reservatório em chapas aparafusadas ou dobradas, em particular se o volume necessário for menor ou igual a 15.000 m³. Caso o layout da ETA obrigue o uso de outra forma geométrica, obrigatoriamente o reservatório será em concreto.

É importante destacar que cada fase do processo possui característica hidráulicas e técnicas peculiares e, portanto, cuidados especiais devem ser tomados ao longo do ciclo de vida da ETA, de forma a garantir sua perenidade.

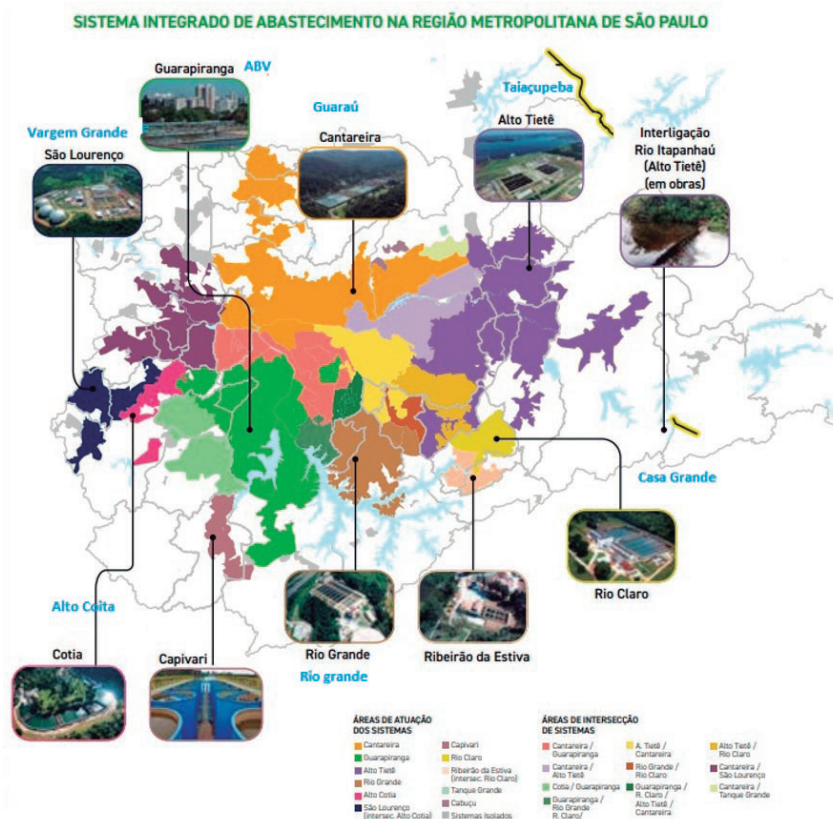


FIGURA 2
SIM

FONTE: SABESP (2022)

A Figura 4 representa o ciclo de vida de uma edificação, que independe de ser um edifício, uma ponte ou uma estação de tratamento de água. O que se deve atentar são suas fases e os cuidados que cada uma requer, para que seu uso seja de grande duração, retardando-se ao máximo a necessidade de reciclar ou demolir.

2.1 O projeto de engenharia

O projeto de engenharia se inicia com a elaboração dos estudos de qualidade das águas do manancial, com coletas de amostra nos períodos seco e chuvoso, de forma a se definir adequadamente o processo de tratamento a ser adotado, as diferentes estruturas que o comporão e as respectivas tecnologias. Neste momento, o plano de compartimentação da vazão, em conformidade com o plano diretor, deve ser detalhado, de forma a se prever o menor impacto possível na operação quando das futuras ampliações.

A seguir, define-se o processo de operação da ETA, o seu nível de automação, os controles que serão necessários e as unidades de apoio, tais como laboratório, centro de operação, áreas de estocagem dos insumos que serão utilizados no processo, as instalações de dosagem e respectivos processos, o sistema de remoção dos lodos gerados na fase de decantação e sua destinação, o sistema de retrolavagem dos filtros e destinação dos lodos, a viabilidade de se recuperar as águas utilizadas nos processos anteriormente citados. Quanto maior for a vazão de tratamento, mais interessante, do ponto de vista do processo, do custo operacional e da preservação da água bruta, será a implantação desta recuperação e, dentro desta mesma lógica, deve-se analisar a viabilidade de implantação do sistema de desidratação mecânica dos lodos gerados visando a redução do impacto ambiental, como também dos custos de destinação adequada dos mesmos.

Nesta etapa, deve-se prever as unidades de apoio, as pessoas que trabalharão na operação e na manutenção, além dos controles de acesso, segurança patrimonial e logística interna.

Estes projetos deverão estar de acordo com as respectivas normas técnicas brasileiras e as normas de segurança do trabalho. Na sequência, se detalha os projetos mecânicos dos diferentes processos, com a definição dos diversos equipamentos, suas dimensões, os processos de montagem, com indicação de necessidade de se prever concretagens em segunda etapa, e respectivas armaduras. Especial atenção deve ser dada à instrumentação primária necessária à correta operação da estação, de tal forma a se evitar possíveis retrabalhos que impactam na redução da vida útil desses equipamentos. Outro ponto a observar é quanto à questão da manutenção, de forma a se prever os espaços necessários para tal fim, além dos equipamentos auxiliares para que esta possa ser adequadamente realizada e com a devida segurança.

O projeto elétrico pode ser iniciado a partir dos dados de consumo de carga e potência dos diversos equipamentos, de forma a que se possa local e dimensionar a entrada de energia elétrica, a carga total, os centros de carga secundários com respectiva ventilação e disposição dos cubículos e quadros, os circuitos de alimentação; força e de controle bem como o acesso dos cabos a esses equipamentos, o lançamentos dos eletrodutos e cablagem, bem como a malha de aterramento e dispositivos de proteção contra descargas atmosféricas e surtos.

Importante que se tenha em mente que as salas onde estarão os quadros e painéis tenham suas dimensões de tal forma que permitam a manutenção adequada e segura dos mesmos, bem como permita a desmontagem desses painéis e sua retirada para manutenção externa. Por exemplo, se o acesso aos painéis for pela parte traseira, o espaço entre o mesmo e a parede seja de tal forma que permita realizar os serviços e retiradas de chaves ou disjuntores pois, caso contrário, haverá retrabalho e custos adicionais que podem impactar na durabilidade dos mesmos.

Estes projetos devem destacar as peças, tubos, dutos, eletrodutos que devam ser inseridos nas estruturas, comumente nominados de embutidos, e reportar os mesmos ao responsável pelo desenvolvimento do projeto estrutural para que este tome os devidos cuidados quando do detalhamento dos desenhos de forma e armação.

Importante notar que os projetos de terraplenagem e de estrutura só poderão ser iniciados quando o projeto de processos estiver com grau de detalhamento tal que não venha a sofrer alterações que impactem nesses documentos. A questão temporal é um fator de risco à qualidade do projeto e da futura construção, ou seja, se não houver uma adequada gestão do desenvolvimento dos projetos, o impacto sobre qualidade e durabilidade será tal que sua mitigação se tornará muito custosa e com probabilidade de baixo sucesso.

O foco do projeto estrutural deve ser não só a resistência, mas principalmente a durabilidade das estruturas de concreto. Obviamente devem ser seguidas as normas da ABNT, em particular a NBR

6118:2014 - Estruturas de Concreto. Porém merecida atenção deve ser dada à questão de controle da fissuração pois existe o risco de despassivação por elevado teor do íon cloreto, ao recobrimento da armadura (independentemente da Tabela 7.2 "Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10 \text{ mm}$ " da ABNT NBR 6118 indicar variação entre 20 mm e 45 mm, recomenda-se a utilização do cobrimento nominal mínimo de 40 mm também para as lajes em ambas as faces); quando em contato com a água, observar atentamente a questão da retração; o fator $a/c \leq 0,45 \text{ l/Kg}$; o consumo mínimo de 360 Kg de cimento e o $f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$ recomendados pela Norma Técnica da Sabesp NTS0018 (2022), disponível em www.sabesp.com.br.

O projeto deve utilizar mísulas junto às lajes de fundo das estruturas hidráulicas de uma ETA, como, por exemplo, decantadores, floculadores, dentre outros, pois a técnica de concretar lajes e mísulas em uma única vez reduz significativamente a probabilidade de vazamento, além de facilitar em muito o travamento das formas das paredes. A seção da mísula 15 cm x 15 cm tem demonstrado, na prática, uma boa solução. Porém, se o projeto determinar dimensões superiores às acima indicadas, estas devem ser acatadas.

A busca pela redução de custos muitas vezes pode levar à definição de peças estruturais mais esbeltas, o que pode ser compensado quando da definição da taxa de armação e o seu detalhamento. Importante é que se tenha em mente que o espaço ocupado pela armação e respecti-

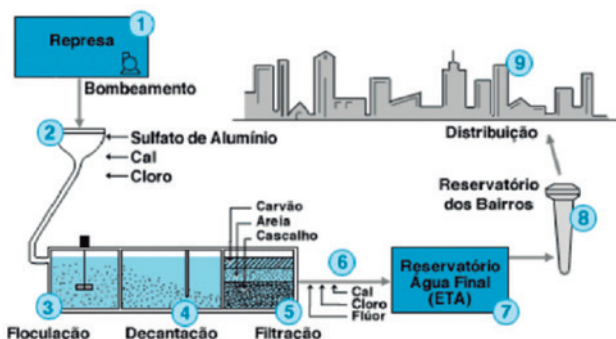


FIGURA 3

ESQUEMA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

FONTE: SABESP - www.sabesp.com.br/água



FIGURA 4

O CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES DE QUALQUER NATUREZA

FONTE: SABESP - CONTEUDO.ESPACOSMART.COM.BR/CICLO-DE-VIDA-DE-UM-EDIFICIO/

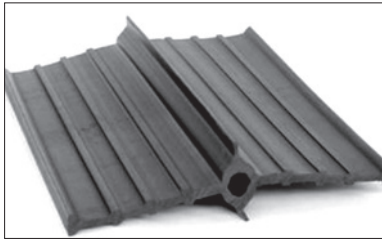


FIGURA 5

VISTA DA JUNTA TIPO *FUGENBAND*

FONTE: FUGENBAND.COM.BR/JUNTA-DE-PVC-FUGENBAND-TIPO-O/

vo traspasse vai obrigar utilização de agregado de menor diâmetro, e em função do consumo de cimento, vai se ter um maior calor de hidratação o que se reverte em aumento de retração, fato este que deve ser observado pelo engenheiro projetista.

Quanto às juntas de dilatação, estas devem ser previstas pelo menos a cada 15 m. No caso de ser necessário afastamento maior, devem ser considerados no cálculo os efeitos da retração térmica do concreto (como consequência do calor de hidratação), da retração hidráulica e dos abaixamentos de temperatura. Qualquer armadura eventualmente existente no concreto simples deve terminar pelo menos a 6 cm das juntas (ABNT NBR 6118, 2014).

Recomenda-se, no caso das ETAs, que se procure manter valores próximo dos 15 m e a utilização de juntas já inseridas na concretagem. Dentre as disponíveis recomenda-se o uso das *fugenband* (Figura 5), com perfis flexíveis em PVC para selagem de juntas de construção e de dilatação no



FIGURA 6

FALHA DE CONCRETAGEM

concreto em presença de pressão de água. Estas resistem ao envelhecimento provocado pelos raios UV e possuem boa resistência à diversos produtos químicos.

As Normas Sabesp NTS0018 (Elaboração de projetos, 2022) e NTS0022 (Elaboração de projetos de estação de tratamento de água, 1999) apresentam uma visão interessante das disciplinas e dos cuidados que se deve ter na elaboração de projetos de ETA.

A amplitude de disciplinas que são abarcadas no projeto de ETA e seu inter-relacionamento obriga que se tenha um pleno domínio do chamado estado da arte de cada uma delas. Faz -se importante que esses projetos sejam desenvolvidos no ambiente BIM (*Building Information Modeling*) pois este permite uma interação on-line entre todos os envolvidos, informando as atualizações ocorridas. Permite também o esclarecimento de dúvidas, facilita a descrição dos serviços e levantamento de respectivas quantidades, propicia a elaboração das especificações técnicas, lista de materiais e termo de referência, o que ajuda a elaboração do orçamento. Na fase de obras, o BIM é um grande facilitador para transmissão de informações ao campo, propicia a elaboração de alterações on line e após cada etapa construída, pode-se gerar os desenhos como construído (*As Built*).

2.2 Os cuidados na construção e no controle tecnológico

A implantação da ETA Guaraú, por exemplo, foi um marco de introdução de novos conceitos sob o aspecto construtivo e de controle de qualidade do concreto, em particular com a criação do laboratório de concreto, responsável pelo desenvolvimento dos traços, pelos ensaios da qualidade do cimento, do concreto, do aço e de outros materiais, como os utilizados nas juntas de dilatação, além da técnica de tratamento dos nichos dos tirantes das formas, com o chamado *dry-pack*. Outro item importante foi a obrigatoriedade do tirante ser perdido, ou seja, incorporado à estrutura de concreto.

Quando da construção da sua segunda etapa, novos conceitos foram introduzidos, em particular devido ao processo de lixiviação constatado nas estruturas da primeira etapa.

Assim sendo, o conceito de durabilidade foi acerbado, com a introdução de restrição do fator de água/ cimento para

$a/c \leq 0,47$, hoje limitado pela Sabesp a 0,45 kg/l (ver NTS 0018, 2022), a introdução do cimento Portland com utilização de escória de alto forno, sendo o percentual de escória ajustado ao longo da construção em conjunto com a fabricante de cimento, a limitação da altura de lançamento do concreto a 2,50 m com intuito de evitar sua desagregação, sendo que em peças com alta taxa de armadura esta altura era reduzida, o lançamento de argamassa com traço do concreto nas retomadas de concretagem, o controle pleno dos agregados na usina, bem como a disponibilização de silo de estocagem de cimento dedicado à obra, o tratamento das juntas de concretagem com o devido apicoamento iniciado, no mínimo, com idade de 32 h, a utilização de cura química nas paredes e com espelho d'água nas lajes, e a preocupação com a formas.

A Figura 6 apresenta uma falha de concretagem e a Figura 7 apresenta a técnica utilizada para reparo de falhas de concretagem, a utilização da junta *fugenband* e o uso de tirante inserido no concreto.

Segundo a ABCP (1993), a forma é o elemento que, em contato com o material a ser moldado, vai dar a forma geométrica à peça projetada. O material da forma passa a ser o compensado com revestimento, o que reduz o número de juntas e favorece a estanqueidade. Importante também é o seu correto dimensionamento, em função dentre outros fatores, à velocidade de concretagem, consistência do concreto e seu peso próprio.

A implantação da ETA Taiacupeba



FIGURA 7

REPARO DE FALHA DE CONCRETAGEM, E DETALHE DA JUNTA *FUGENBAND* E DO TIRANTE

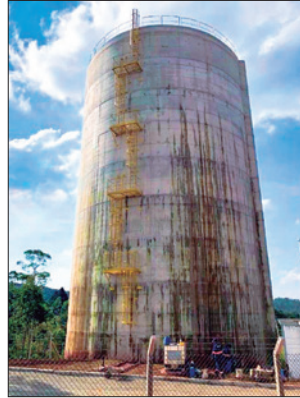


FIGURA 8

VAZAMENTO POR FISSURAÇÃO



FIGURA 9

TRATAMENTO DE VAZAMENTO COM INJEÇÃO DE POLIURETANO

agregou a este rol de cuidados o uso inicialmente de cimento Portland pozolânico, e devido à interrupção de sua fabricação, a introdução do cimento Portland de alto forno, e utilização de aditivos no concreto, em particular o retardador de pega e o plastificante, este último aplicado em con-

cretagem de estrutura de vigas e laje com alta densidade de armadura e volume da ordem de 1.200 m³ de concreto.

A implantação da segunda etapa desta ETA, trouxe utilização de microssilica no traço do concreto, o que permitiu maior plasticidade e elevação da altura de con-

cretagem, muito em função da utilização de formas pré-fabricadas que têm alturas definidas, e seu corte inviabilizaria o seu uso.

A ETA Vargem Grande, que iniciou sua operação em abril de 2018, é o coroamento dos conhecimentos adquiridos pela Sabesp ao longo deste quase 60 anos, porém trouxe novas variáveis, como, por exemplo, a utilização de concreto com $f_{ck} = 40$ MPa e consumo de cimento superior a 420kg/m³ de concreto, que geraram o surgimento de grande quantidade de fissuras, o que obrigou a um estudo mais detalhado dos traços utilizados, respeitando as Normas Sabesp, para minimizar este problema, além de introduzir novas técnicas de eliminação de vazamentos.

A Figura 8 dá uma visão dos vazamentos ocorridos por fissuração e a Figura 9 apresenta uma visão do tratamento de fissuras adotado na obra.

3. CONCLUSÃO

O Novo Marco Legal do Saneamento trouxe um enorme desafio ao setor de saneamento básico, em particular no que se refere aos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Os valores a serem investidos para o atingimento das metas estabelecidas para final de 2033 gravitam em torno de R\$ 700 milhões, o que sintetiza a sua grandeza.

Neste universo a utilização do concreto como material a ser empregado nas ETAs, bem como em outras estruturas que compõem o ciclo de saneamento, é de suma importância e os cuidados descritos no item 2 são orientadores que podem auxiliar os executores dos projetos de engenharia, construtores e tecnólogos de concreto a alcançarem resultados positivos tanto no quesito qualidade/ durabilidade, quanto da obtenção de resultados com custo final menores. ☹

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO - ABCON/ SINDCON. Panorama da participação privada no saneamento: Uma nova fronteira social e econômica para o Brasil, 2022, 73 pp. Disponível em: <https://abconsindcon.com.br/wp-content/uploads/2022/03/PAN21-BAIXA-final.pdf>.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, Rio de Janeiro, 2014, 238 pp.
- [3] COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP (2022). Norma Técnica NTS0018 - Elaboração de projetos: Considerações gerais. 41 pp.
- [4] COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. Norma Técnica NTS0022 - Elaboração de Projetos - Estações de Tratamento de Água -ETA, 1999, 9 pp.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. Boin, A.C. Curso de formas e escoramento na engenharia do concreto, 1993.
- [6] BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, Ano 158, n. 135, p. 1-8, 16 de jul. 2020.