

I-1474 - ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE TUBOS VERTICAIS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FLOCULADA EM DECANTADORES LAMELARES DE ALTA TAXA – ESTUDO DE CASO: ETA BOTAFOGO

Marcele Fernanda Mendonça Presbítero⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). MBA em Tecnologia e Gestão da Construção Civil pela Universidade de Pernambuco (UPE). Técnica em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Coordenadora de Produção da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Euris de Oliveira Santos⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Licenciatura em Matemática pela Faculdade de Teologia Integrada (FATIN). Pós graduação em Metodologia de Ensino em Matemática e Física pela Faculdade de Teologia Integrada (FATIN). Técnico em Saneamento pela Escola Técnica Estadual Professor Agamenon Magalhães (ETEPAM). Gerente de Produção Metropolitana da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Tacitana Lima Cintra da Silva⁽³⁾

Química Industrial pela Universidade Católica de Pernambuco. Especialista em Tecnologia Ambiental pela Universidade Católica de Pernambuco. Química da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Samuel Barbosa da Silva Júnior⁽⁴⁾

Técnico em Química pelo SENAI. Graduando em Química Industrial pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Assistente de Saneamento e Gestão da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Maria de Fátima Barbosa da Silva⁽⁵⁾

Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Bacharel em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Empregada da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Endereço⁽¹⁾: Av. Cruz Cabugá, 1387, Santo Amaro – Recife/PE - CEP: 50040-905 - Brasil - Tel: (81) 3412-9175 - e-mail: marcelepresbitero@compesa.com.br

RESUMO

A ETA Botafogo é uma estação de tratamento de água do tipo convencional, localizada no município de Igarassu, na região metropolitana do Recife, em Pernambuco. A unidade é a terceira maior ETA do estado, sendo responsável pelo fornecimento de aproximadamente 17% do volume de água distribuído na RMR.

Os decantadores existentes na ETA Botafogo foram projetados no início da década de 1980, quando o sistema de alta taxa começou a ser utilizado no Brasil. Nessa época, era comum a elaboração de projetos sem considerar a uniformidade na distribuição da água floculada sob a área coberta pelos módulos tubulares. A distribuição irregular e a velocidade elevada na entrada do decantador provocava a quebra e ressuspensão dos flocos, comprometendo a eficiência do processo de tratamento. A turbidez da água nas calhas coletoras, nos pontos mais críticos do decantador, alcançava valores na faixa de 40 uT, ou seja, valores bastante altos de forma a ser possível visualizar uma densa nuvem de partículas suspensas no início do tanque.

Desse modo, com a intensa investigação do processo, verificou-se que seria necessária a execução de uma intervenção que possibilitasse maior uniformidade do fluxo da água e por tanto, maior eficiência no processo de decantação. Diante disso, foram instalados tubos verticais perfurados para admissão e distribuição de água floculada ao longo de toda seção transversal do decantador, resultando na redução da velocidade da água na entrada do tanque, reduzindo também a formação de turbilhonamentos e promovendo uma melhor sedimentação das partículas sólidas. Os resultados das análises de turbidez da água decantada após a intervenção se apresentaram cerca de 86% mais baixos em relação aos valores que eram obtidos anteriormente, demonstrando, dessa forma, a otimização e melhoria da eficiência do processo.

PALAVRAS-CHAVE: Decantadores de Alta Taxa, Melhoria da Qualidade, Turbidez, Cortina de Distribuição, Tratamento de Água.

INTRODUÇÃO

A decantação é um processo físico no qual as partículas sólidas em suspensão, em meio líquido de menor densidade, apresentam movimento descendente em razão da ação da força gravitacional. Esse fenômeno proporciona a separação das fases sólidas e líquidas, promovendo a clarificação da água.

Em estações de tratamento convencionais, a água passa pela etapa de sedimentação em tanques chamados de decantadores. Nessa fase, as partículas sólidas aglutinadas se depositam no fundo dos tanques, enquanto que a fase líquida segue para a etapa de filtração. Existem dois tipos de decantadores, os convencionais e os de alta taxa.

Os decantadores convencionais possuem concepção mais antiga, consistindo em tanques retangulares com escoamento horizontal. Demandam maiores áreas de aplicação, são mais comuns e de mais fácil manutenção. Enquanto que os decantadores de alta taxa possuem instaladas, em seu interior, placas ou módulos paralelos inclinados, aumentando assim a sua superfície de decantação, possibilitando a aplicação de maiores taxas de escoamento superficial e demandando menores áreas.

Em decantadores de alta taxa, segundo Di Bernardo (2005), três requisitos básicos precisam ser atendidos para que o decantador apresente eficiência satisfatória, sendo eles, a distribuição uniforme da água em toda área coberta pelos módulos, a uniformidade também na coleta da água decantada e a remoção adequada do material depositado no fundo do tanque.

A eficiência da decantação é diretamente influenciada pela maneira como a água floculada entra no decantador. Conforme apresentado por Di Bernardo (2005), a ocorrência de curtos-circuitos hidráulicos tem sido creditada, principalmente, a forma como a água entra e sai do decantador. As correntes secundárias oriundas de curtos-circuitos, convecção térmica, ação dos ventos na superfície, agem maioritariamente no sentido de prejudicar a decantação.

A quebra e ressuspensão de flocos é um problema comum em decantadores em que não foram observados na fase de projeto a necessidade de instalação de dispositivos adequados para a distribuição de água floculada ao longo de sua seção longitudinal, como também a ausência de variação da seção do canal de alimentação, provocando irregularidades na distribuição de vazão no decantador. Os flocos quebrados, mais leves, acabam sendo arrastados pelas calhas coletoras, prejudicando a qualidade da água decantada, que precisaria apresentar valores de turbidez satisfatórios de modo a não comprometer a operação dos filtros.

A ETA Botafogo, estação de tratamento de água localizada no município de Igarassu-PE, possui um decantador de alta taxa cuja distribuição de água apresentava irregularidades, comprometendo assim sua eficiência. Convencionalmente, a distribuição de água em decantadores de alta taxa é realizada através de tubos perfurados ou canais instalados ao longo da seção longitudinal do decantador, porém em razão da impossibilidade da instalação desses dispositivos no decantador 2 da ETA Botafogo, foi proposta a introdução de um conjunto de tubos verticais perfurados na entrada do tanque, cujos resultados serão apresentados neste trabalho.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar os resultados obtidos após a instalação de tubos verticais perfurados para a distribuição de água floculada na entrada de um decantador de alta taxa da ETA Botafogo, localizada em Igarassu-PE. Análise dos ganhos em melhoria da eficiência e qualidade da água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETA Botafogo é uma estação de tratamento de água do tipo convencional, localizada no município de Igarassu, na região metropolitana do Recife, em Pernambuco. A ETA teve sua operação iniciada em 1985, com capacidade para tratar cerca de 1.000l/s, posteriormente, passou por obras de ampliação, aumentando assim sua capacidade nominal para 2.200l/s. A unidade consiste na terceira maior ETA do estado de Pernambuco, sendo responsável pelo fornecimento de aproximadamente 17% do volume de água distribuído

na Região Metropolitana do Recife (RMR), abastecendo cerca de 850.000 pessoas nos municípios de Igarassu, Abreu e Lima, Paulista e Olinda.

A concepção da ETA Botafogo (Figura 1) é do tipo convencional, ou por ciclo completo, além de possuir um sistema de tratamento para os efluentes gerados. Sete mananciais contribuem para a produção de água do sistema, sendo eles os Rios Catucá, Cumbe, Arataca, Conga, Tabatinga, Utinga e Pitanga. Em Botafogo, a mistura rápida ocorre através de calha Parshall. A ETA possui três flocculadores mecanizados, três decantadores de alta taxa com módulos tubulares, seis filtros rápidos de gravidade compostos por antracito, areia e com camada suporte formada por seixos. A estação utiliza, atualmente, o sulfato de alumínio como coagulante, o polímero não iônico como coadjuvante na floculação e o cloro liquefeito como desinfectante.



Figura 1: Imagem aérea da ETA Botafogo.

O sistema de floculação é composto por três unidades de flocculadores mecanizados, cada um dividido em quatro compartimentos em série, dimensionados para um determinado gradiente hidráulico. Cada flocculador está associado a um decantador, ligados entre si por um canal de alimentação.

O sistema de decantação é formado por três decantadores que estão dimensionados para uma vazão de projeto de 730 l/s cada um, com uma taxa de escoamento superficial de 130,0 m³ /m² /dia, considerada a vazão média. Cada decantador é do tipo de alta taxa com largura e comprimento de 19,3 m e 28,6 m respectivamente. A operação do sistema de decantação compreende desde a entrada do afluente vindo do canal de água floculada, passando pela zona de decantação através dos módulos tubulares e, em seguida, a água decantada é recolhida por canais transversais com vertedor de seção triangular. O fundo dos decantadores é constituído de uma zona de concentração e extração de lodo em formato piramidal com três descargas para o lodo sedimentado através de três saídas de DN 300 mm. Os módulos tubulares são de PVC, com seção retangular, 0,6 m de comprimento e 60° de ângulo de inclinação.

No projeto original da ETA a água proveniente das unidades de floculação entra nos decantadores através de uma difusão longitudinal que é incompatível com a tipologia da decantação instalada, decantação de alta taxa. Atualmente apenas os decantadores 1 e 3 encontram-se com a distribuição do fluxo de água originário do flocculador por tubulação de distribuição.

No caso decantador 2, a água entra no canal de coagulada por uma janela, com dimensões de 1,0x5,0 m, e segue através de aberturas circulares na laje de fundo do canal de acesso aos decantadores, como mostrado na Figura 2. O resultado é a variação nas taxas de aplicação ao longo do decantador, prejudicando seu funcionamento e a qualidade do seu efluente.



Figura 2: Acesso da água floculada ao decantador 2.

Conforme pode ser observado na Figura 2, a concepção promove que a vazão de entrada se dê preferencialmente do lado que está voltado para a abertura que vêm do floculador, além de provocar velocidades mais altas no primeiro terço do decantador, no seu sentido longitudinal, conforme mostrado na Figura 3. A seção constante do canal também proporciona a formação de “zona morta” no ponto mais afastado da janela de entrada da água.

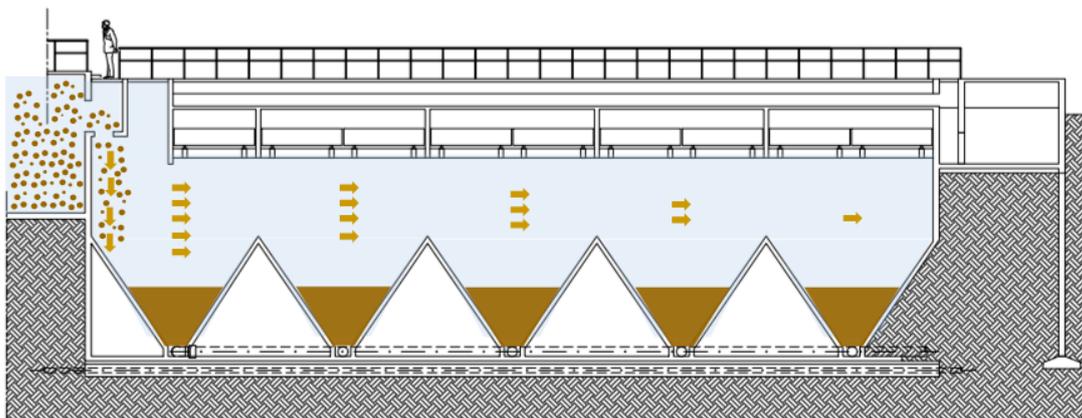


Figura 3: Dissipação da velocidade da água ao longo do decantador 2.

A ocorrência de turbilhonamentos, quebra de flocos, ressuspensão e arraste são resultados do desequilíbrio na distribuição da água ao longo da seção transversal do decantador e das velocidades elevadas no seu primeiro terço (sentido longitudinal), conforme pode ser observado na figura 4.



Figura 4: Ressuspensão de flocos no decantador 2.

Em termos gerais, a intervenção proposta para a solução do problema consistiu na instalação de 24 tubos de PCV Defofo, na entrada do decantador, com diâmetro nominal de 500 mm, altura útil de 2,50 m e altura total de 3,00 m, perfurados com 16 furos, com diâmetro nominal de 150 mm, totalizando área superficial dos furos com 0,28 m² por tubo. Os tubos foram tamponados em uma de suas extremidades e instalados lado a lado, formando uma espécie de cortina, conforme pode ser observado nas Figuras 5 e 6.

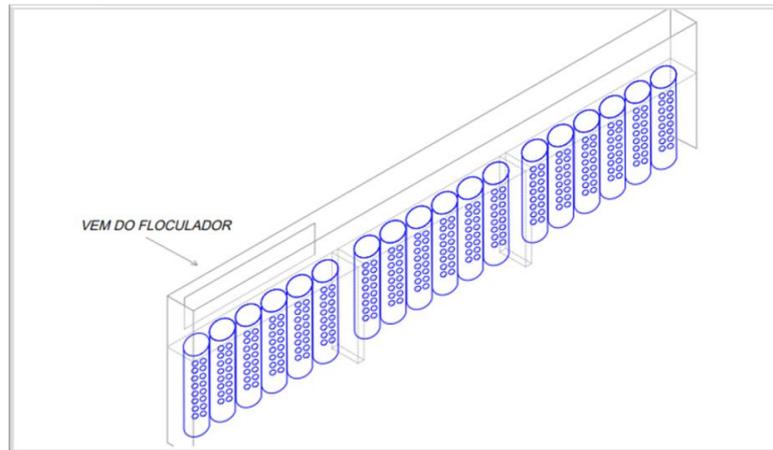


Figura 5: Esquema de instalação dos tubos de distribuição.



Figura 6: Tubos de distribuição.

A cortina foi desenvolvida conforme preconiza a NBR 12216 (ABNT, 1992), de acordo com os seguintes requisitos:

- Distância entre os orifícios menor ou igual a 0,5 m;
- Relação entre a área total dos orifícios e a área transversal do decantador menor ou igual a 0,5;
- Gradiente de velocidade médio decorrente dos jatos dos orifícios menor ou igual a 20 s⁻¹;
- Velocidade média de escoamento nos orifícios entre 0,10 a 0,30 m /s.

Desta forma, para a cortina de distribuição proposta para o decantador 2 da ETA Botafogo, têm-se:

- Vazão do decantador: 850 l/s;
- Diâmetro dos orifícios da cortina: 150 mm;
- Número de orifícios: 384;
- Área dos orifícios: 6,78 m²;
- Velocidade média de escoamento nos orifícios: 0,13 m/s;
- Vazão por orifício: 0,0022 m³/s;
- Número de Reynolds (Temperatura: 20°C): $(998,2 \times 0,13 \times 0,15) / 0,00105$: 18538;

- A cortina desenvolvida possui distância entre os orifícios variando entre 0,07 e 0,30 m;
- A relação entre a área total dos orifícios e a área transversal do decantador é igual a 0,11;
- Alcance dos jatos: 1,29 m (obtido através de Di Bernardo et. al., 1980, em função do número de Reynolds);
- Gradiente de velocidade médio: $(0,15 \times 0,3) \times ((\pi \times 0,13^3) / (8 \times 1,007 \times 10^{-6} \times 0,61^2 \times 1,29))^{1/2}$: $12,9 \text{ s}^{-1}$ (obtido através de Di Bernardo et. al., 1980).

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

RESULTADOS OBTIDOS

Com a instalação dos tubos verticais de distribuição de água floculada no decantador 2 da ETA Botafogo foi possível observar maior equilíbrio na distribuição da água ao longo da seção transversal do decantador e também a redução da velocidade de entrada da água no tanque. À medida que os tubos foram sendo instalados, foi observado o deslocamento da nuvem de flocos em sentido ao lado decantador onde ainda não haviam tubos. Ao final da intervenção foi verificada uma redução significativa na quebra e ressuspensão de flocos.

De modo a avaliar os parâmetros de qualidade da água antes e depois da intervenção, foi estabelecida uma sistemática de coletas de amostras de água decantada no local de maior incidência de ressuspensão de flocos, que seria no início da calha coletora de número 1.

Na Figura 7 são mostrados os dados de turbidez da água decantada em função da turbidez da água bruta antes e depois da intervenção, observando-se que, mesmo com o emprego de vazões mais altas, ocorreu melhora da qualidade da água decantada. Antes da intervenção o decantador 2 operava com vazões médias de 700l/s e após a intervenção, a unidade passou a operar com 850l/s, sem prejuízos relevantes a qualidade da água decantada.

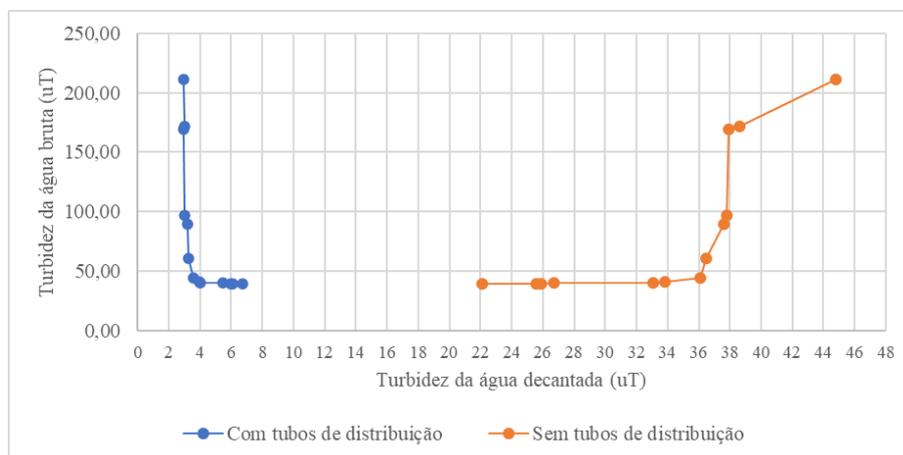


Figura 7: Resultados da operação de decantador de alta taxa com e sem cortina de distribuição formada por tubos verticais perfurados.

A turbidez da água decantada no início da calha coletora 1 (ponto mais crítico) se apresentava na faixa de 20 a 45 uT antes da instalação da cortina. Após a intervenção, esses valores passaram a estar na faixa de 2 a 7 uT. A análise dos dados mostra que, na ETA Botafogo, a redução dos valores de turbidez da água decantada também está diretamente relacionada ao aumento da turbidez da água bruta. Visto que, nestes casos, o processo de floculação se torna mais eficiente, formando flocos melhores e mais pesados.

A melhoria significativa do problema de ressuspensão de flocos pôde também ser verificada visualmente, conforme observado nas Figuras 8 e 9.



Figura 8: Operação de decantador de alta taxa antes e depois da instalação de cortina de distribuição formada por tubos verticais perfurados.

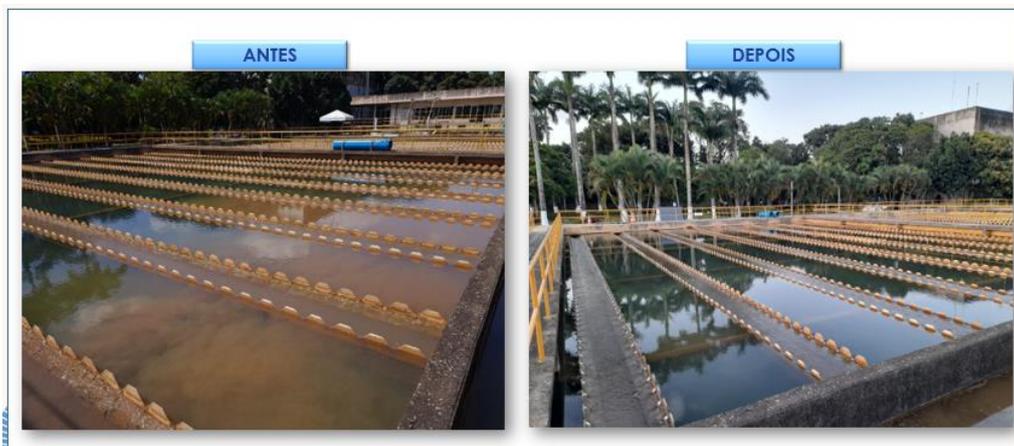


Figura 9: Operação de decantador de alta taxa antes e depois da instalação de cortina de distribuição formada por tubos verticais perfurados.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com a NBR 12216 (ABNT, 1992), a entrada de água nos decantadores deve ser feita por dispositivo hidráulico capaz de distribuir a vazão uniformemente, através de toda a seção transversal, e garantir velocidade longitudinal uniforme e coincidente em intensidade, direção e sentido com a que, teoricamente, lhe seria atribuída.

Conforme apontado por Ferreira Filho, S.S. (2020), decantadores de alta taxa projetados com velocidade de sedimentação entre 20 m/dia e 60 m/dia apresentam boa eficiência na remoção de flocos e produzem efluentes com baixa concentração de suspensões, colaborando para a qualidade da água decantada e para a manutenção de carreiras de filtração adequadas.

Na ETA Botafogo o desequilíbrio na distribuição de água floculada ao longo da área coberta por módulos tubulares comprometia a velocidade de sedimentação das partículas, além de provocar a quebra e ressuspensão dos flocos formados no processo de floculação.

Como alternativa não convencional para a solução do problema foi proposta a construção de uma cortina de distribuição composta por tubos perfurados, instalados na vertical. Como resultado obteve-se uma redução significativa na quantidade de flocos quebrados, influenciando diretamente na redução dos valores de turbidez da água decantada e contribuindo para a melhoria da qualidade da água.

O resultado da intervenção se mostrou positivo, visto que a faixa de turbidez da água decantada, nos pontos mais críticos, que estava na faixa de 20 a 45 uT, passou a variar entre 2 a 7 uT, representando uma redução média de 86% dos valores de turbidez.

Outro ponto positivo observado foi o aumento da carreira de filtração, demandando mais tempo entre as lavagens, e resultados de água filtrada mais satisfatórios.

Apesar das melhorias observadas, a instalação da cortina não extinguiu as zonas mortas, demonstrando que apesar dos ganhos em qualidade da água, ainda existem desequilíbrios no canal de entrada, maioritariamente devidos a sua seção não variável.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Convencionalmente e conforme preconiza a NBR 12216 (ABNT, 1992), a distribuição de água em decantadores de alta taxa deve ser realizada através de tubos ou canais de distribuição, instalados ao longo de sua seção longitudinal. A ETA Botafogo, estação de tratamento de água, localizada no município de Igarassu-PE, possui três decantadores modulares de alta taxa, em que um deles, o decantador 2, não possui esse sistema de distribuição, o que provoca desequilíbrio das vazões e velocidades na entrada do tanque, ocasionando quebra de flocos e comprometimento da qualidade da água decantada.

A obtenção de uma água decantada com valores de turbidez satisfatórios, de modo a não ocasionar a saturação prematura dos filtros e provocar implicações negativas nas carreiras de filtração, é essencial para uma boa operação da estação de tratamento, de modo a produzir água com qualidade e atendendo aos parâmetros estabelecidos pela portaria.

A Portaria GM/MS Nº 888 de 2021 estabelece que os valores de turbidez para a água filtrada devem ser de até 0,5 uT, em 95% das amostras. Na ETA Botafogo, para que esses valores sejam alcançados a água decantada deve apresentar turbidez na faixa de 7 uT. O desequilíbrio na entrada de água no decantador 2 prejudicava a eficiência do tratamento, resultando em uma água decantada com valores de turbidez na faixa de 20 a 45 uT (nos pontos mais críticos). Valores esses, fora da faixa desejável para que a água filtrada se apresentasse dentro dos padrões estabelecidos pela portaria.

A execução de uma intervenção que possibilitasse a melhoria da água decantada era de extrema necessidade, porém, o tempo previsto para a execução das obras de adequação do decantador, com a instalação dos tubos de distribuição longitudinal, era de 180 dias, visto que seria necessário a construção de vigas de concreto, dentro do tanque, para a sustentação dos tubos. A paralisação da operação do decantador, para a realização da obra, provocaria a redução da vazão de produção do sistema, comprometendo a distribuição de água em localidades que já enfrentam rodízio severo, na ordem de 1x7, sendo um dia de distribuição para sete dias de intervalo.

Diante disso, foi proposta a instalação de tubos verticais perfurados ao longo da seção transversal do decantador, formando uma espécie de cortina, com o objetivo de uniformizar a distribuição de água na entrada do tanque e também reduzir as velocidades escoamento longitudinal no primeiro terço do decantador, reduzindo assim a ocorrência de correntes secundárias que provocavam a quebra e ressuspensão de flocos.

A instalação dos tubos foi realizada com os decantadores em operação, sem comprometimento da vazão do sistema e apresentou resultados positivos, contribuindo para a redução dos valores de turbidez da água decantada. Foi possível observar a redução significativa nas nuvens de flocos quebrados que anteriormente eram formadas no início do tanque.

Por fim, é interessante a continuidade do estudo expandindo a avaliação para a verificação do percentual de sobrecarga que o decantador absorve após a instalação dos tubos, visto que já foi observado inicialmente que o aumento de 150l/s na sua vazão de operação não provocou alterações significativas na qualidade do efluente. Também é importante a avaliação da interferência do alinhamento dos vertedores das calhas coletoras do decantador na formação de correntes secundárias e na qualidade da água decantada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12216: Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
2. BRASIL. Portaria Nº 888, de maio de 2021.
3. DI BERNARDO, L.; GIORGETTI, M. F. The use of perforated baffles at the inlet of settling basins. *JAWWA*, v. 72, n. 9, p. 528-553, 1980.
4. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. — 2ª ed. Vol. 1 — São Carlos: RiMa, 2005.
5. FERREIRA FILHO, S. S. *Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento*. Rio de Janeiro: GEN, 2020.