SAEMA – ARARAS/SP

CONTRATO Nº 039/2017

DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA ETA DO SAEMA DE ARARAS

RELATÓRIO FINAL
VOLUME 4: PROPOSTAS DE MELHORIAS E PLANOS DE AÇÕES

Dezembro 2017

DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA ETA DO SAEMA DE ARARAS

SAEMA – ARARAS/SP

CONTRATO Nº 039/2017

Responsabilidade técnica:
Eng. Civil Luiz Di Bernardo – CREA-SP 0600314035
Engª. Civil Angela Di Bernardo Dantas – CREA-SP 5060728293
Eng. Civil Paulo Eduardo Nogueira Voltan – CREA-SP 5062066120

RELATÓRIO FINAL
VOLUME 4: PROPOSTA DE MELHORIAS E PLANO DE AÇÕES

[Proposição de melhorias]
[Plano de ações]

Dezembro 2017

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 1
2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 2
3 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS E ADEQUAÇÕES 5
3.1 NOVA UNIDADE DE PRÉ-OXIDAÇÃO E ADSORÇÃO 9
3.2 UNIDADES DE MISTURA RÁPIDA E DE DIVISÃO DE VAZÃO 11
3.3 CONJUNTOS DE FLOCULAÇÃO/DECANTAÇÃO 12
3.3.1 Unidades de floculação 12
3.3.2 Unidades de decantação 13
3.4 UNIDADES DE FILTRAÇÃO 16
3.4.1 Reservatório de água para lavagem dos filtros 20
3.5 ENCAMINHAMENTO DA ÁGUA TRATADA AOS DOS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA TRATADA 21
3.6 PRODUTOS QUÍMICOS 23
3.7 SISTEMA DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS PELA ETA 24
3.8 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA AO LONGO DO TRATAMENTO NA ETA 27
3.9 ENSAIOS DE LABORATÓRIO E PARÂMETROS PARA SUA EXECUÇÃO 31
3.10 SEGURANÇA DO TRABALHO 34
4 PLANOS DE AÇÕES 35
4.1 PLANO DE AÇÕES PARA MELHORIAS OPERACIONAIS 36
4.2 PLANO DE AÇÕES PARA MELHORIAS E ADEQUAÇÕES GERAIS DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS 37
4.3 PLANO DE AÇÕES PARA MELHORIAS E ADEQUAÇÕES ESTRUTURAIS GERAIS NO PRÉDIO ADMINISTRATIVO 37
4.4 PLANO DE AÇÕES PARA A EXECUÇÃO DOS PROJETOS E OBRAS DAS MELHORIAS HIDRÁULICAS, ESTRUTURAIS E ELÉTRICAS 38
4.4.1 Projeto executivo hidráulico 39
4.4.2 Projeto executivo estrutural e de fundações 40
4.4.3 Projeto executivo elétrico 41
4.4.4 Projeto de automação 41
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho, resultado da contratação da HIDROSAN pelo Serviço de água, esgoto e meio ambiente do município de araras – SAEMA, consiste na elaboração do Diagnóstico e Proposição de Melhorias na ETA de Araras, conforme contrato nº 039/2017.

Para o desenvolvimento do trabalho, além de livros especializados tanto de autoria dos profissionais da HIDROSAN quanto de outros autores, foi considerada a experiência da equipe da HIDROSAN na realização de trabalhos similares ao estudo elaborado.

O trabalho foi desenvolvido em etapas, quais sejam:

- Etapa 1: Levantamento dos dados, realização de ensaios, e pesquisa de campo;
- Etapa 2: Estudo, avaliação e apresentação do diagnóstico;
- Etapa 3: Apresentação das propostas de melhorias para a ETA.

O Relatório Final foi dividido nos seguintes volumes:

- Volume 1: Análises e resultados consolidados e diagnóstico da ETA;
- Volume 2: Avaliação estrutural das unidades da ETA;
- Volume 3: Avaliação das instalações elétricas da ETA;
- Volume 4: Propostas de melhorias e plano de ações.

Neste volume, Volume 4, são apresentados as propostas de melhorias para a ETA e o plano de ações.

As versões parciais entregues durante o desenvolvimento deste trabalho deverão ser desconsideradas.

2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A partir das inspeções e dos ensaios *in loco* realizados pela equipe da HIDROSAN nas unidades que compões a ETA de Araras e apresentados no Volume 1, destacam-se as seguintes discussões e conclusões:

- Em relação às unidades da ETA e aos ensaios hidrodinâmicos:
    - Não há medição da vazão proveniente das adutoras que abastecem a ETA e nem da vazão de água tratada;
    - A calha Parshall apresenta dimensões ligeiramente diferentes das medidas padrões para calha Parshall com garganta de 61 cm. Além disso, foi constatado que a estrutura da Parshall se encontra deteriorada, o que pode comprometer a mistura dos produtos químicos e a medição de vazão para valores inferiores a 300 L/s;
    - Na tentativa de dividir equitativamente a vazão entre os módulos, a equipe do SAEMA ajusta manualmente as comportas na entrada dos conjuntos de floculação/decantação; porém, os resultados dos ensaios e observações do diagnóstico indicaram que tanto com as comportas ajustadas, como com as comportas abertas, não há divisão equitativa de vazão entre os 4 módulos;
    - A existência de um degrau no canal de água coagulada entre os conjuntos 2 e 3 provoca perda de carga elevada neste ponto, piorando ainda mais a divisão de vazão;
    - As unidades de floculação são do tipo mecanizada, porém todos os misturadores mecânicos encontram-se fora de operação há anos; os gradientes de velocidade médios nas passagens entre as câmaras de floculação resultam acima de 20 s^{-1}, chegando a mais de 60 s^{-1} para a vazão máxima verificada por conjunto, o que pode provocar a ruptura dos flocos formados e comprometer a etapa subsequente (sedimentação). Segundo relatos da equipe do SAEMA, os floculadores nunca foram limpos e encontram-se com lodo em boa parte de suas alturas úteis, decorrentes dos equipamentos não estarem em funcionamento; está situação provoca zonas

mortas, curtos-circuitos e, consequentemente, caminhos preferenciais e diminuição do tempo de detenção nos floculadores;

- As unidades de decantação são do tipo convencional, e as taxas de escoamento superficial são elevadas, especialmente para as vazões da ETA superiores a 560 L/;
- Os 9 filtros existentes apresentam três configurações diferentes em relação ao fundo dos filtros (fundo falso com bocais, crepinas e blocos tipo S), o que resulta em diferentes perdas de carga em função da taxa de filtração, e em diferentes vazões de ar e água para lavagem dos filtros. Em uma das visitas realizadas pela equipe da HIDROSAN à ETA, constatou-se que os filtros 8 e 9 possuem um único vertedor de água filtrada, diferentemente dos demais filtros, que possuem vertedores individuais. Além disso, nas verificações realizadas, constatou-se que alguns filtros tiveram seus drenos tampados, o que aumenta o tempo de drenagem antes da lavagem;
- Em relação à lavagem dos filtros com ar seguido de água, observou-se que a distribuição de ar não é uniforme, e que os tempos de lavagem são variáveis de acordo com observações visuais dos operadores. A água para lavagem dos filtros é proveniente de um reservatório elevado, e constatou-se que a velocidade ascensional varia entre filtros, e é controlada pela abertura parcial de uma válvula borboleta localizada na tubulação geral de água para lavagem, de acionamento manual.

- Em relação à qualidade da água bruta e durante o tratamento:
  - As análises físico-químicas das amostras dos mananciais que abastecem a ETA apresentaram elevadas concentrações de COT, o que pode indicar a necessidade de complementação do tratamento para a remoção dos compostos orgânicos.
  - As análises microbiológicas dos mananciais que abastecem a ETA indicaram a presença de alguns gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicos para os seres humanos, como a *Microcystis* e o *Cylindrospermopsis*, apesar da densidade de cianobactérias ter resultado abaixo do limite estabelecido pela

Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água classe 2, de 50.000 células.mL^{-1};

- Atualmente, não é realizado o controle da qualidade da água filtrada (individual e geral), mas, somente da água tratada, sendo que os valores de referência para a turbidez apresentados na Portaria 2914/2011 são para a água filtrada, preferencialmente individualmente em cada filtro a cada 2 h.

- Em relação aos produtos químicos utilizados na ETA e aos ensaios de tratabilidade feitos pela equipe da HIDROSAN:
  - Nos ensaios em jarteste com a água representativa da época de chuvas, constatou-se a necessidade de uso do alcalinizante e coagulação com sulfato de alumínio em valores de pH superiores a 6,70 para a obtenção de água decantada com turbidez inferior a 5 uT; os dados operacionais da ETA nos últimos 36 meses indicaram que não houve o uso de alcalinizante para ajuste do pH de coagulação, mesmo para valores de turbidez da água bruta superiores a 100 uT;
  - Os resultados dos ensaios em jarteste com o uso de polímero como auxiliar de floculação indicaram que houve melhora da sedimentação quando do uso do polímero sintético como auxiliar de floculação, principalmente para água representativa da época de chuvas (200 uT);
  - A recirculação da água de lavagem dos filtros sem tratamento prévio é uma prática que pode comprometer a qualidade da água produzida na ETA; o acúmulo de microrganismos como cistos e oocistos de *Giardia sp* e de *Cryptosporidium sp*, e a provável inclusão de metais pesados devido à recirculação, podem comprometer o funcionamento da ETA ao prejudicar a qualidade da água final (Cornwell e Leer, 1994; Souza e Di Bernardo, 1999). Na amostra composta coletada da água de lavagem dos filtros foram detectadas elevadas concentrações de alumínio e de ferro. Nos ensaios de clarificação, o uso de polímero sintético reduziu em mais de 90 % a concentração desses metais, reforçando a importância do tratamento desta água antes de retorná-la ao início da ETA.

3 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS E ADEQUAÇÕES

Em função das análises e dos resultados apresentados no Volume 1, foram elaboradas proposições de melhorias e adequações operacionais para a ETA. Na Figura 3.1 é apresentado o esquema com as áreas sugeridas pela HIDROSAN para a construção das novas unidades de tratamento propostas para a ETA, visando:

- complementar o tratamento existente: novas unidades de pré-oxidação e de adsorção em carvão ativado;
- adequar a mistura rápida e a divisão de vazão: novas unidades de mistura rápida e de divisão de vazão;
- adequar as unidades existentes para o tratamento da vazão máxima da ETA de 730 L/s: construção de mais 2 filtros;
- adequar o sistema de lavagem com ar dos filtros;
- adequar o sistema de lavagem com água dos filtros: construção de um novo reservatório de água para lavagem dos filtros;
- instalar novas tubulações de água tratada aos reservatórios;
- adequar a localização das instalações dos produtos químicos: ortopolifosfato de sódio e de ácido fluossilícico (produtos já utilizados na ETA);
- prever as instalações dos novos produtos químicos incluídos no tratamento: CAP e de polímero sintético como auxiliar de floculação.

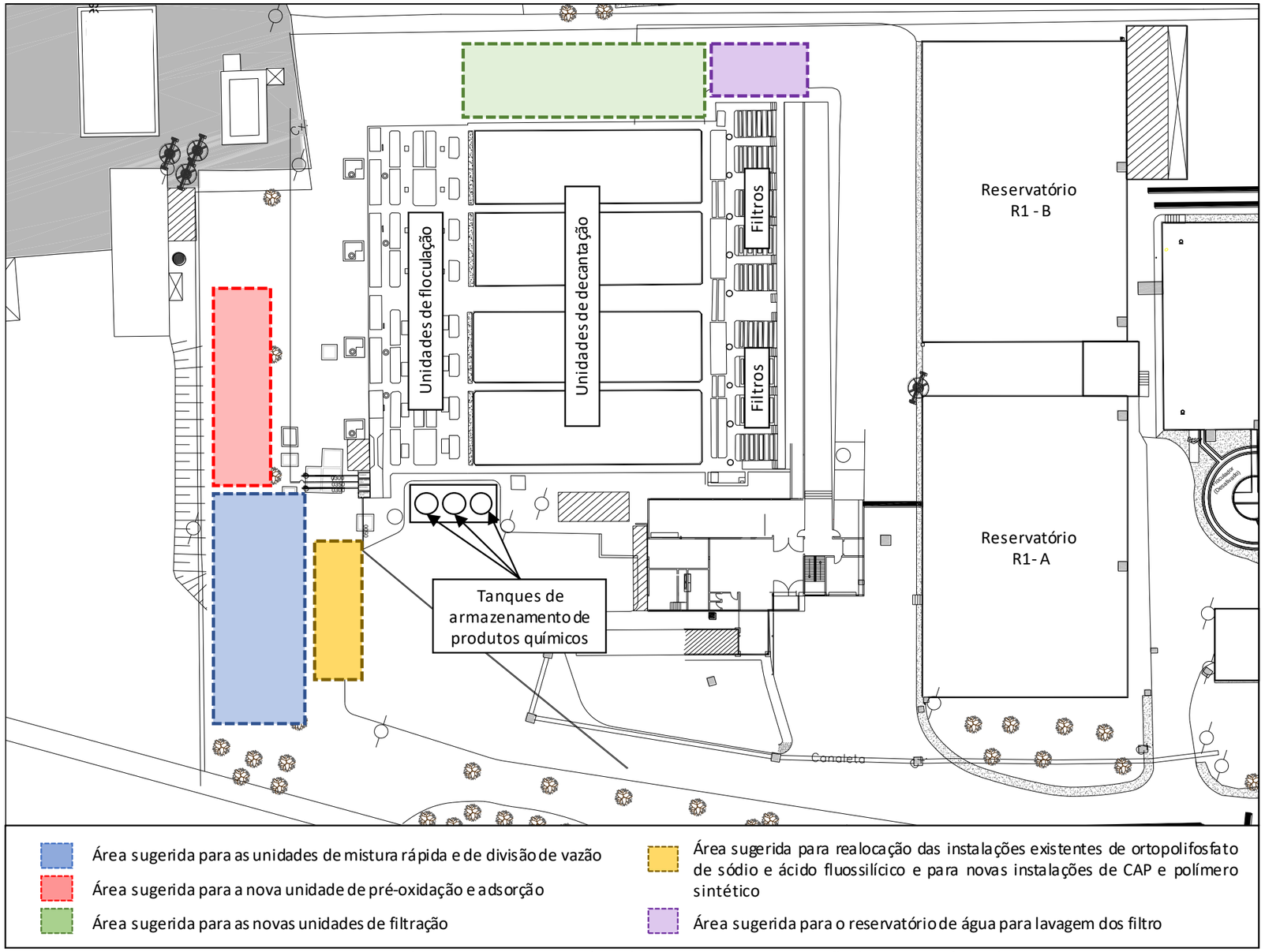


Figura 3.1 – Esquema em planta com as áreas sugeridas pela HIDROSAN para a construção das novas unidades da ETA

Ressalta-se que as áreas sugeridas foram baseadas nas áreas disponíveis validadas com a equipe do SAEMA, uma vez que não há levantamento cadastral completo da ETA. Na ocasião de elaboração do projeto executivo das reformas, deverá ser feito o *as built* da ETA para verificar se a construção das unidades nas áreas propostas é exequível.

Antes da contratação da reforma da ETA, o SAEMA deverá definir qual a vazão máxima de tratamento. Atualmente, a vazão máxima é de 730 L/s, porém os filtros trabalham com elevada taxa média de filtração (370 $m^3/m^2/d$). A filtração é o processo final de remoção de impurezas e, portanto, a principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o padrão de potabilidade. Para garantir o bom funcionamento das unidades de filtração, a HIDROSAN sugere que a taxa média de filtração seja de no máximo 300 $m^3/m^2/d$. Assim:

- para a vazão máxima da ETA de 730 L/s: deverão ser construídos pelo menos mais dois filtros, de modo que a taxa média de filtração fique em torno de 300 $m^3/m^2/d$; ou
- a vazão máxima da ETA deverá ser limitada em 600 L/s, o que também resulta a taxa média de filtração em torno de 300 $m^3/m^2/d$.

Além disso, os filtros existentes deverão ser reformados para que possam operar adequadamente com taxa declinante variável, com meio filtrante de dupla camada (antracito e areia), e eficiência que garanta a produção de água potável, carreiras de filtração superiores a 24 h, sem a ocorrência de transpasse no final.

Para a definição da vazão a ser tratada, o SAEMA deverá considerar:

- a demanda de água nos vários setores de distribuição da cidade, juntamente com o plano diretor de água do município;
- a influência da vazão da ETA no tamanho, e indiretamente nos custos de implantação das novas unidades de pré-oxidação e de adsorção; das novas unidades de mistura rápida e de divisão de vazão; das instalações de produtos químicos; e das unidades do Sistema de Tratamento dos Resíduos Gerados na ETA;
- reforma da unidade de filtração para 730 L/s, considerando que primeiramente deverá ser feita a construção de dois filtros adicionais, seguida da reforma dos demais individualmente.

Caso o SAEMA opte pela vazão de 730 L/s, além da construção dos 2 filtros, a HIDROSAN sugere o uso do polímero sintético com auxiliar de floculação, visando garantir a qualidade da água decantada (turbidez inferior a 5 uT), principalmente em épocas de turbidez mais elevada na mistura das águas brutas (turbidez superior a 100 uT).

A reforma dos conjuntos de floculação/decantação deverá ser feita em um conjunto por vez. A HIDROSAN sugere que a vazão máxima na ETA durante este período seja de 547,5 L/s, mantendo a vazão máxima por conjunto de 182,5 L/s. Ressalta-se que o tempo de reforma vai depender da solução de extração de lodo dos decantadores a ser adotado pelo SAEMA/projeto executivo e da recuperação estrutural necessária, conforme Volume 2.

Em relação aos resíduos gerados na ETA, atualmente é realizado o descarte irregular do efluente oriundo das limpezas dos decantadores e da lavagem dos filtros, além da recirculação de parte da água de lavagem dos filtros ao início da ETA sem tratamento prévio. Para regularizar esta situação, o SAEMA deverá contratar o projeto executivo do Sistema de Tratamento dos Resíduos gerados na ETA. Como na ETA não há área suficiente para a construção deste sistema, sua concepção deverá considerar a área disponibilizada pelo SAEMA ao lado da represa Hermínio Ometto (área em destaque na Figura 3.2)

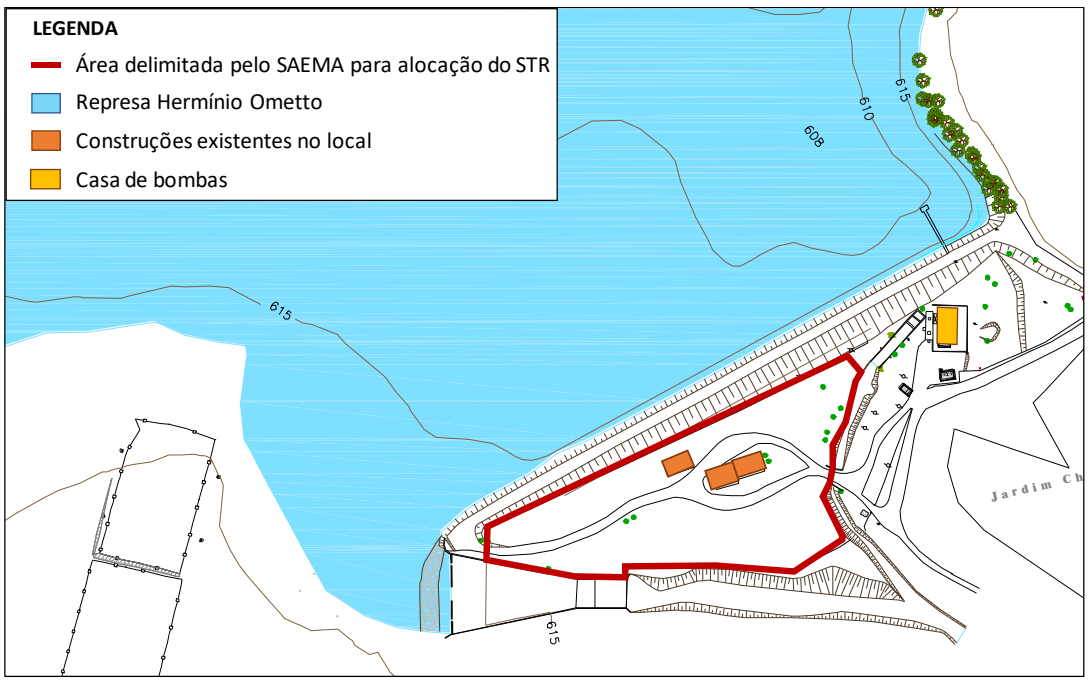


Figura 3.2 – Esquema com a área delimitada pelo SAEMA para a construção do STR

O STR deverá ser composto por tanques de regularização, de clarificação e sistema de desaguamento. A área disponível para a construção do STR é de aproximadamente 12.400 m², sendo suficiente para o uso de *bags* de geotecido para o desaguamento. Esta alternativa de desaguamento, comparada aos sistemas mecanizados (adensadores mecânicos seguidos de centrífugas, por exemplo) apresenta vantagens em relação à simplicidade de operação e aos menores custos de implantação, devendo ser considerada no estudo de alternativas para o STR. Este estudo também deverá considerar o tipo de remoção do lodo dos decantadores (ver item 3.3.2) e a frequência de lavagem dos filtros.

Considerando a limpeza dos decantadores a cada 30 dias e carreiras de filtração de 12 a 24 h, o índice de perdas atual da ETA é menor que 3 %, sem contabilizar as perdas por vazamentos. Após a reforma da ETA e a construção do STR, este índice tenderá a zero, uma vez que os vazamentos serão reparados e o STR permitirá a recuperação de água. Na alternativa descrita, a água recuperada poderá ser direcionada ao poço de sucção da represa Hermínio Ometto.

Nos itens a seguir são detalhadas as questões específicas e as melhorias em cada unidade da ETA (novas e existentes).

3.1 NOVA UNIDADE DE PRÉ-OXIDAÇÃO E ADSORÇÃO

Atualmente o cloro é utilizado na pré-oxidação da água bruta, sendo que este produto químico é dosado no mesmo local de aplicação do coagulante (sulfato de alumínio). Além da inativação de microrganismos patogênicos na água, a pré-oxidação/desinfecção com cloro possibilita: a oxidação de ferro e manganês, a prevenção de crescimento e manutenção da estabilidade biológica nos sistemas de reservação e distribuição, a remoção de sabor e odor, a prevenção do crescimento de algas nos decantadores e filtros e a remoção de cor. As desvantagens do uso deste oxidante/desinfetante estão associadas ao fato do cloro livre reagir com diversos compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água, formando subprodutos indesejáveis, que podem ser tóxicos ao ser humano e causar sabor e odor à água.

A pré-oxidação com cloro de águas com elevadas concentrações de COT (como observado nas águas brutas dos mananciais que abastecem a ETA) pode formar subprodutos orgânicos halogenados, que são comprovadamente cancerígenos. Conforme o Anexo 20º do Ministério Público brasileiro (Lei º 2.200-2 de 24 de Agosto de 2001), estes subprodutos são limitados em 0,10 mg/L de trialometanos e 0,08 mg/L de ácidos haloacéticos.

A maior parte das substâncias que causam sabor e odor, cor, mutagenicidade e toxicidade (incluindo agroquímicos, disruptores endócrinos, fármacos, cianotoxinas em geral etc.) pode ser adsorvida em carvão ativado. Assim, para minimizar a concentração dos subprodutos formados nas reações de oxidação do cloro com o COT presente na água, a HIDROSAN sugere a construção de uma unidade de pré-oxidação seguida de adsorção com CAP, antecedendo a unidade de mistura rápida e de divisão de vazão.

Na ocasião do projeto desta unidade, sugere-se que os tempos mínimos de contato a serem considerados sejam de 15 min para a pré-oxidação (cloro ou outro oxidante mais forte, como por exemplo, o dióxido de cloro), e de 10 min para a adsorção em CAP.

Ressalta-se que a etapa de pré-oxidação deverá ser realizada antes da etapa de adsorção, sendo que deverá ser feito o controle da concentração de cloro residual na água pré-oxidada, de forma que o residual do oxidante não prejudique a etapa de adsorção.

Atualmente, não há a medição individual das vazões de água bruta dos mananciais que abastecem a ETA. Assim, na ocasião do projeto, deverão ser previstos medidores de vazão em todas as adutoras em funcionamento, além do remanejamento destas adutoras em função da localização da unidade de pré-oxidação e adsorção a ser construída.

Na Figura 3.3 é apresentado o esquema com a área proposta para a construção da nova unidade de pré-oxidação e adsorção. Ressalta-se que esta área deverá ser verificada na ocasião do projeto, com a contratação do *as built* da ETA.

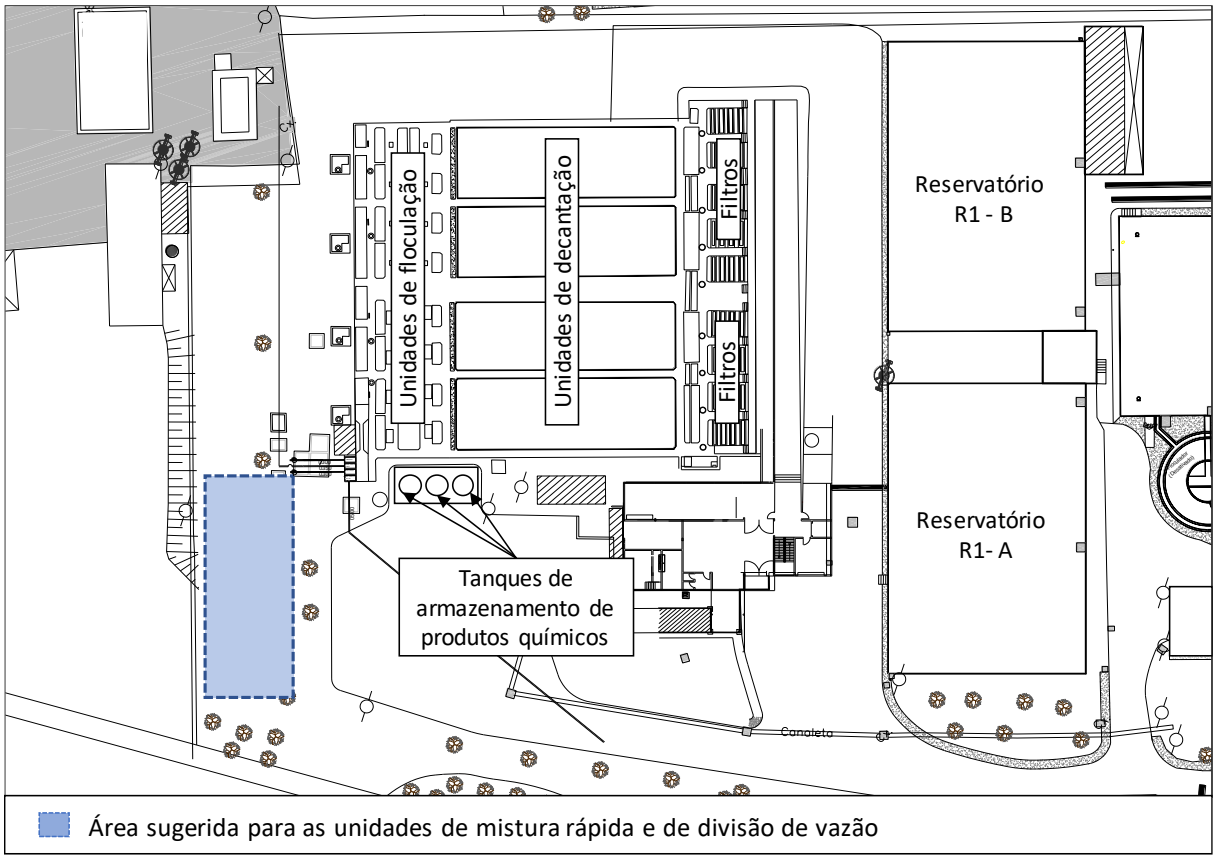


Figura 3.3 – Esquema em planta com a área proposta para a construção da nova unidade de pré-oxidação e adsorção

3.2 UNIDADES DE MISTURA RÁPIDA E DE DIVISÃO DE VAZÃO

Em função das deficiências das unidades de mistura rápida e de divisão de vazão existentes, a HIDROSAN sugere a construção de uma nova unidade de mistura rápida, logo após a unidade de pré-oxidação e de adsorção.

A unidade de mistura rápida poderá continuar por calha Parshall, desde que as medidas padrão sejam respeitadas (sugere-se a aquisição de calha Parshall pré-moldada), com garganta de 91,5 cm, que permite a medição de vazão total afluente à ETA na faixa de 17,3 a 1427,2 L/s.

Na nova unidade de mistura rápida, deverão estar previstos os pontos de aplicação do alcalinizante e do coagulante. A jusante do ressalto hidráulico, deverão ser previstas malhas para a mistura do polímero sintético como auxiliar de floculação (ponto de aplicação no ressalto hidráulico, antes das malhas).

Propõe-se também uma nova unidade de divisão de vazão, composta por vertedores, que permitirão a divisão equitativa da vazão entre os conjuntos de floculação/decantação, e o fechamento isolado dos conjuntos quando necessário.

A HIDROSAN propõe que as novas unidades sejam construídas na área em destaque na Figura 3.4, sendo que esta área deverá ser verificada na ocasião do projeto, com a contratação do *as built* da ETA.

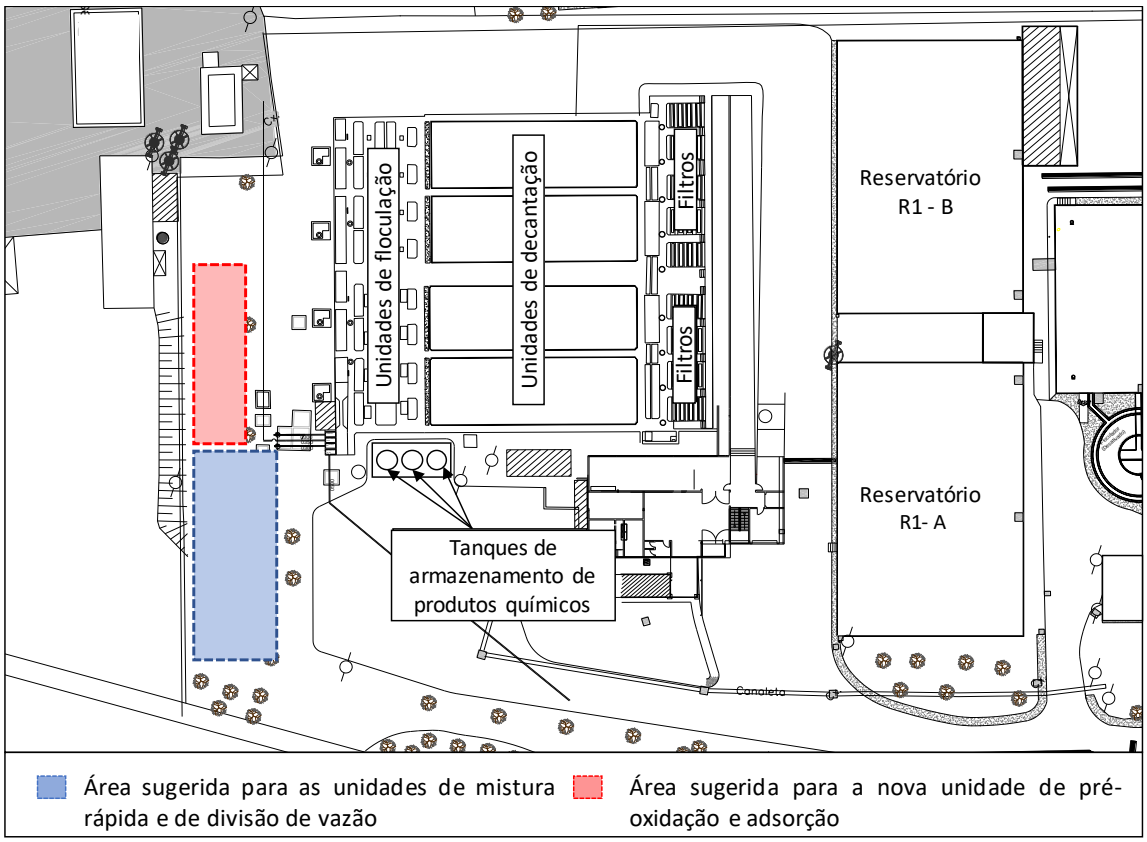


Figura 3.4 – Esquema em planta com a área proposta para as novas unidades de mistura rápida e de divisão de vazão

3.3 CONJUNTOS DE FLOCULAÇÃO/DECANTAÇÃO

3.3.1 Unidades de floculação

Para a adequação das unidades de floculação, sugere-se que as passagens entre as câmaras de floculação sejam aumentadas de forma que os gradientes de velocidades médios nas passagens e

na saída da última câmara sejam inferiores a 10 s^{-1} para todas as condições de operação da ETA, visando evitar a quebra de flocos e prejudicar a etapa seguinte, de sedimentação.

Deverão ser especificados misturadores de turbina e de paletas, considerando o escalonamento dos gradientes de velocidade médios nas câmaras de floculação em função da qualidade da água bruta (gradientes entre 10 e 60 s^{-1}). Este escalonamento poderá ser otimizado durante a pré-operação da ETA a partir de ensaios.

Os drenos dos floculadores deverão ser reformados, uma vez que, atualmente, estes se encontram obstruídos e/ou com problemas de abertura e deverão ser feitas limpezas anuais nos floculadores para evitar o acúmulo de lodo em suas câmaras.

Para a vazão máxima da ETA de 730 L/s, a HIDROSAN avalia que não será necessária a ampliação do número de conjuntos de floculação, sendo que cada conjunto irá funcionar com até 182,5 L/s, resultando um tempo teórico de floculação de aproximadamente 22 min.

Segundo o laudo da avaliação estrutural apresentado no Volume 2, na reforma dos floculadores também deverá constar:

- Manutenção estrutural para reabilitação;
- Novo sistema de impermeabilização;
- Reforço do sistema de proteção anticorrosiva;
- Revisão das instalações de tubulações, registros, válvulas e equipamentos para reparos e manutenções corretivas e preventivas.

3.3.2 Unidades de decantação

Após a floculação, a água floculada é encaminhada aos canais individuais de água floculada (um canal para cada decantador), que possuem orifícios para distribuição. No diagnóstico realizado, Volume 1, foi constatada a necessidade de adequação desses orifícios para diminuir a velocidade e o gradiente de velocidade médio e evitar a quebra dos flocos. Assim, na ocasião da elaboração do projeto executivo de reforma dos decantadores, esta adequação deverá ser contemplada (gradientes de velocidade médios menores que 20 s^{-1} para todas as condições de operação da ETA), além de avaliar a necessidade de adequação/substituição das cortinas de distribuição existentes.

Atualmente, a limpeza dos decantadores é realizada manualmente a cada 30 dias e o resíduo é descarregado irregularmente. Para adequar a destinação do resíduo, deverão ser avaliadas as

alternativas para a destinação do lodo gerado em conjunto com a configuração do sistema de tratamento de lodo. Sugere-se que as seguintes alternativas sejam estudadas:

- instalação de equipamentos de remoção de lodo por sucção, visando diminuir o volume das unidades componentes do sistema de tratamento dos resíduos. Para esta alternativa, deverão ser previstas todas as adequações necessárias nos decantadores para a implantação dos equipamentos, e o cronograma de execução da obra, incluindo a regularização do fundo dos decantadores para permitir a extração mecanizada de lodo (decantadores 1 e 2 possuem rampa e decantadores 3 e 4 não a possuem, conforme mostrado na Figura 3.5)
- manutenção da remoção manual atualmente praticada, com esvaziamento total dos decantadores. O tanque de recebimento do resíduo dos decantadores deverá atender ao volume mínimo de 1 decantador, além das lavagens dos filtros;
- drenagem parcial da água decantada, com retorno desta água para o canal de água decantada, e encaminhamento do restante do volume para o STR. Para esta alternativa, deverá ser avaliado o incremento da vazão afluente aos filtros e a necessidade de redução da vazão afluente à ETA para que a taxa média de filtração não supere o 300 $m^3/m^2/d$.

Figura 3.5 – Foto dos decantadores 2 e 4 vazios, respectivamente

As cristas dos vertedores triangulares das calhas de coleta de água decantada deverão ser inspecionadas e adequadas, de forma que todas fiquem na mesma cota e os níveis de água nos decantadores e nas calhas de coleta deverão ser calculados para as condições de funcionamento da ETA, visando verificar os níveis de operação e garantir que as cristas e as calhas não sejam afogadas.

Para a vazão máxima de 730 L/s, apesar das velocidades de sedimentação resultarem elevadas para decantadores convencionais, a HIDROSAN avalia que não há a necessidade de ampliação do sistema nem a instalação de placas/módulos tubulares, devido à baixa turbidez da água bruta (mesmo durante o período de chuvas) e ao desempenho satisfatório dos decantadores existentes em praticamente todo o período analisado. Porém, para evitar valores superiores a 5 uT nos períodos de chuvas, a HIDROSAN sugere que seja implantado sistema de polímero sintético para uso como auxiliar de floculação visando à melhora da qualidade da água decantada (fato observado nos ensaios de tratabilidade realizados).

Segundo o laudo da avaliação estrutural apresentado no Volume 2, na reforma dos decantadores, também deverá constar:

- Manutenção estrutural para reabilitação;

- Novo sistema de impermeabilização;
- Reforço do sistema de proteção anticorrosiva;
- Revisão das instalações de tubulações, registros, válvulas e equipamentos para reparos e manutenções corretivas e preventivas.

3.4 UNIDADES DE FILTRAÇÃO

No diagnóstico realizado, Volume 1, constatou-se a necessidade de reforma dos filtros, devendo esta ser prioritária em relação às demais melhorias, uma vez que os filtros são as unidades da ETA com o funcionamento mais comprometido. Assim, deverá ser executada obra de reforma e modernização destas unidades, que garantirão a produção de água em conformidade com o padrão de potabilidade (Portaria 2914/2011) em qualquer época do ano.

Na reforma dos filtros, os seguintes itens deverão ser contemplados:

- Reforma e padronização dos sistemas de drenagem dos filtros, com a instalação de drenos em todos os filtros. Na ocasião do projeto, a empresa responsável deverá definir, juntamente com o SAEMA, qual sistema de drenagem será adotado, considerando lavagem com ar seguida de água, em função dos sistemas já existentes e melhor custo-benefício;
- Troca da camada suporte de todos os filtros, de acordo com o sistema de drenagem adotado;
- Troca dos meios filtrantes de todos os filtros (areia e antracito), sendo que estes deverão ser especificados respeitando as relações encontradas na literatura;
- Substituição de comportas e válvulas que apresentam vazamento e/ou estão com o funcionamento comprometido, sendo que todas deverão apresentar acionamento eletromecânico;
- Inspeção e avaliação da necessidade de reforma dos vertedores individuais de saída de água filtrada, de forma que estes apresentem as mesmas larguras e as mesmas cotas para as cristas vertedoras;

- Cálculo dos níveis de água no canal comum de alimentação dos filtros para a operação com taxa declinante variável. A filtração com taxa declinante variável apresenta as seguintes vantagens em relação à taxa constante:
    - Melhora da qualidade da água filtrada, pois a taxa filtrante diminui do início para o final da carreira, não ocorrendo o transpasse;
    - Redução do risco sanitário em função da não ocorrência do transpasse;
    - Produção efetiva maior de água filtrada;
    - Redução dos índices de perda de água na ETA, devido ao aumento da duração das carreiras de filtração;
    - Redução dos custos operacionais com lavagem dos filtros;
    - Redução dos custos de tratamento da água de lavagem dos filtros.
- Cálculo dos ângulos de aberturas das válvulas borboletas localizadas nas tubulações individuais de água filtrada em função da vazão afluente à ETA;
- Realização de orifícios no canal comum de alimentação dos filtros que possibilite melhor distribuição da água decantada ao longo do canal;
- Instalação de medidores de nível no canal comum de alimentação e nos filtros para controle dos níveis de operação;
- Reforma e padronização do sistema de lavagem com ar, respeitando as relações de velocidade nas tubulações e garantindo a distribuição equitativa do ar, em função do sistema de drenagem adotado;
- Adequações do sistema de lavagem com água, com a definição da velocidade ascensional e equalização das vazões de água para lavagem em todos os filtros, além da instalação de medidor de vazão para controle da lavagem.

Além dos itens supracitados, a HIDROSAN sugere que sejam seguidas as seguintes premissas no projeto de reforma dos filtros:

- Taxa média de filtração máxima em torno de 300 $m^3/m^2/d$. Assim, na ocasião do projeto o SAEMA deverá considerar:
    - Construir pelo menos 2 filtros adicionais para a vazão máxima da ETA de 730 L/s (ver Figura 3.6);

- Fixar a vazão máxima de tratamento da ETA em 600 L/s, mantendo o número de filtros existente.

- Relação entre taxa máxima e taxa média de filtração inferior a 1,5;
- O nível de água máximo no canal comum de alimentação dos filtros deverá ser menor que a cota da crista dos extravasores deste canal, para todas as condições de operação da ETA;
- O nível de água mínimo no canal comum de alimentação dos filtros deverá garantir que estes funcionem como vasos comunicantes;
- Material filtrante composto por areia e antracito, sendo que a especificação desses materiais deverá garantir a mistura parcial entre os grãos maiores do antracito com os menores da areia e a expansão mínima dos maiores grãos de ambos os materiais granulares durante a lavagem com água;
- Lavagem do filtro: com ar seguida de água;
- Distribuição equitativa do ar para lavagem e taxa de aplicação de ar para lavagem entre 12 e 20 L/s/m²;
- Velocidade ascensional de água para lavagem compatível com o meio filtrante especificado e idêntica para todos os filtros, garantindo a expansão mínima de 5 % do D_{90} do material granular (geralmente compreendida entre 0,6 e 1,0 m/min);
- Volume de água para lavagem para atendimento de pelo menos 10 min de lavagem com água para a vazão adotada;
- Execução da reforma de 1 filtro de cada vez.

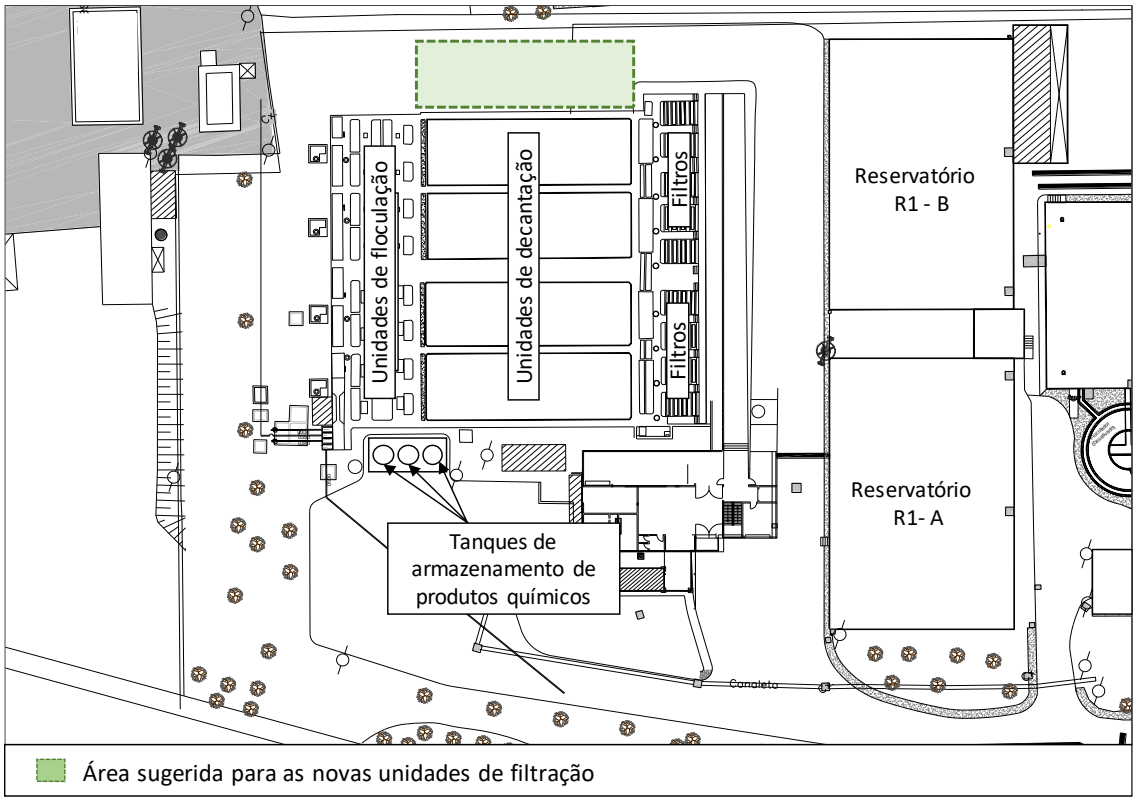


Figura 3.6– Esquema em planta com a área proposta para as novas unidades de filtração

Ressalta-se que, segundo o laudo da avaliação estrutural apresentado no Volume 2, para a reforma dos filtros, também deverá constar:

- Manutenção estrutural para reabilitação;
- Novos sistemas de impermeabilização, incluindo todas as paredes internas e as calhas de coleta de água para lavagem dos filtros e a galeria de tubulações;
- Reforço do sistema de proteção anticorrosiva;
- Revisão das instalações de tubulações, registros, válvulas e equipamentos para reparos e manutenções corretivas e preventivas.

3.4.1 Reservatório de água para lavagem dos filtros

Caso o SAEMA opte pela manutenção do reservatório de água para lavagem dos filtros, deverá ser garantido que:

- O tempo de enchimento do reservatório seja menor que o intervalo mínimo entre lavagens consecutivas dos filtros;
- O volume do reservatório seja suficiente para uma lavagem com água por até 10 min, considerando a velocidade ascensional adotada para o projeto de reforma;
- Seja instalado um medidor de nível no reservatório, garantindo os níveis mínimo e máximo de operação.

Além disso, deverá ser prevista a recuperação desse reservatório, conforme recomendações apresentadas no Volume 2 (o que implicará na paralisação das lavagens dos filtros), e adequação do sistema de abastecimento deste reservatório.

Caso o SAEMA opte pela desativação do reservatório de água para lavagem dos filtros e o canal de água tratada, deverão ser:

- Previsto um novo reservatório de água para lavagem;
- Especificadas bombas para a lavagem dos filtros;
- Definido o local de sucção e de instalação das bombas;
- Adequadas as tubulações de água para a lavagem dos filtros;
- Elaborado um projeto para o novo sistema de lavagem com água dos filtros, considerando o estudo das alternativas dos locais para a captação da água para lavagem (utilização de água filtrada ou água tratada). Na Figura 3.7 é apresentada a sugestão de área para a implantação do novo sistema.

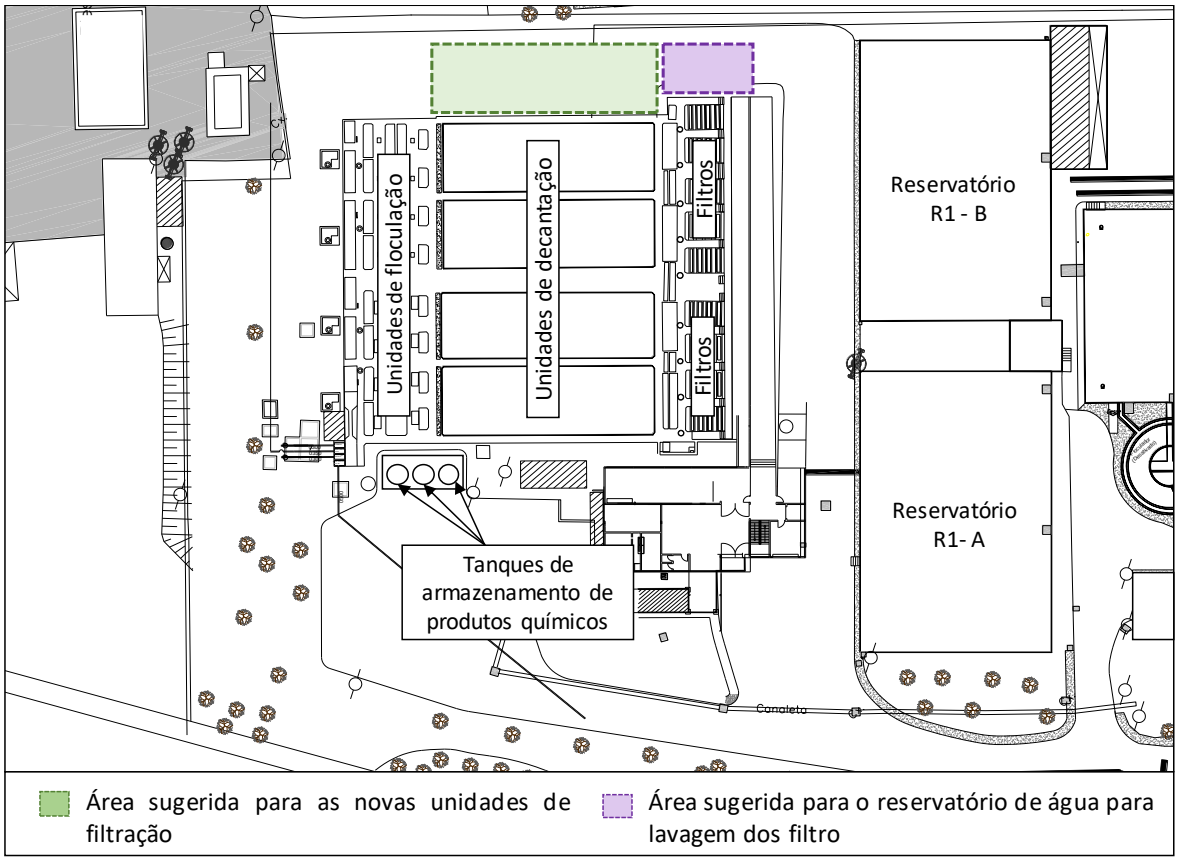


Figura 3.7 – Esquema com área sugerida pela HIDROSAN para a construção do novo sistema para lavagem dos filtros com água

3.5 ENCAMINHAMENTO DA ÁGUA TRATADA AOS DOS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA TRATADA

Atualmente os reservatórios de água tratada são abastecidos por 3 tubulações, sendo 2 de DN 500 e 1 de DN 600, conforme apresentado na Figura 3.8.

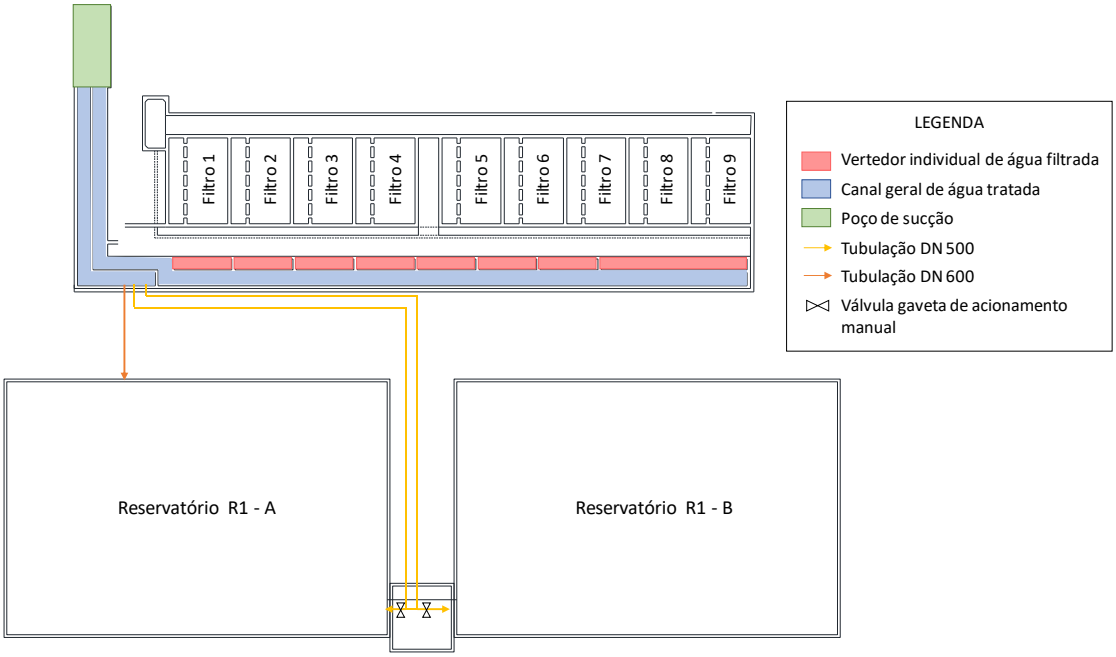


Figura 3.8 – Esquema do sistema de abastecimento dos reservatórios de água tratada existente

Na configuração apresentada na Figura 3.8, o sistema existente consegue veicular a vazão de 730 L/s. Porém, não é possível o isolamento do reservatório R1-A e do canal geral de água filtrada, dificultando a realização de intervenções neste reservatório e no canal, e não há a medição da vazão encaminhada aos reservatórios de água tratada. Para remediar esta situação, a HIDROSAN propõe que o canal de água tratada existente seja desativado, uma vez que a estrutura está parcialmente comprometida e sua recuperação demandaria tempo e elevados custos (ver laudo da avaliação estrutural, Volume 2). O novo sistema de encaminhamento da água tratada aos reservatórios de água tratada deverá contemplar:

- A adequação dos pontos de aplicação de produtos químicos: ortopolifosfato de sódio e de ácido fluossilícico; e um novo ponto para a aplicação a pós-cloração da água filtrada, visando garantir o residual na rede;
- Tubulações para abastecimento dos reservatórios de água tratada com diâmetros condizentes com a vazão de projeto. O diâmetro das tubulações que abastecem os reservatórios de água tratada deverá possibilitar o encaminhamento da vazão total de água tratada produzida para um único reservatório, quando necessário;
- Dispositivos que permitam o isolamento dos reservatórios entre si e entre o canal de água filtrada geral, garantindo a flexibilidade operacional do sistema;

- Equipamentos para a medição de vazão encaminhada para cada reservatório e, consequentemente, o controle da vazão de água tratada produzida e do índice de perdas;
- A adequação do sistema de lavagem dos filtros com água, conforme item 3.4;
- Descarga livre dos vertedores individuais de água filtrada para todas as condições de operação da ETA;
- Manual de operação.

3.6 PRODUTOS QUÍMICOS

As instalações dos produtos químicos deverão ser reformadas, considerando:

- A adequação dos pontos de aplicação dos produtos químicos em função das reformas e das novas unidades da ETA;
- A verificação do período mínimo de atendimento dos produtos químicos para atendimento da legislação, considerando a vazão máxima da ETA e as dosagens máximas de cada produto químico;
- A verificação dos volumes dos tanques de contenção;
- A verificação das capacidades das bombas dosadoras existentes na ETA, visando ao atendimento das vazões mínimas e máximas requeridas (considerando as dosagens mínima e máxima de cada produto químico e as vazões mínima e máxima da ETA);
- O dimensionamento das instalações dos produtos químicos que forem utilizados para a complementação do tratamento (sistemas de armazenamento, preparo da solução/suspensão e dosagem): CAP e polímero sintético como auxiliar de floculação (ver Figura 3.9);
- A adequação dos locais para o armazenamento e dosagem do ortopolifosfato de sódio e do ácido fluossilícico (ver Figura 3.9).

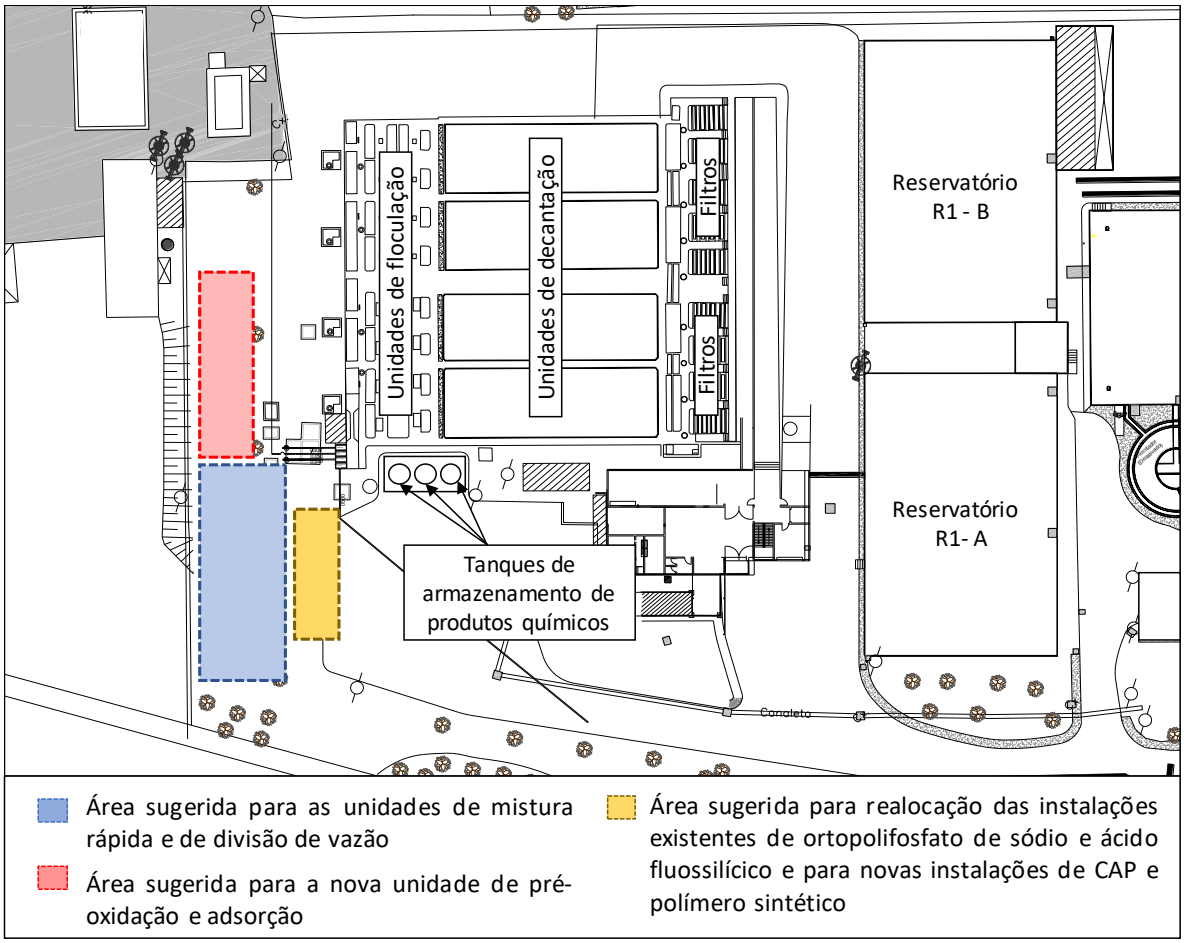


Figura 3.9 – Esquema em planta com a área proposta para as novas instalações de CAP e polímero sintético

3.7 SISTEMA DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS PELA ETA

A HIDROSAN propõe que seja elaborado o projeto do Sistema de Tratamento dos Resíduos Gerados na ETA, contendo:

- O estudo de alternativas, incluindo custo de implantação e operação;
- O local para implantação do STR;
- O dimensionamento do sistema para a condição crítica: máxima geração de lodo;
- O cálculo da vazão de água recuperada que poderá retornar à ETA e a verificação da capacidade de absorção desta vazão pela ETA.

As unidades componentes do STR e seus volumes estão diretamente relacionados ao tipo de remoção do lodo dos decantadores e à lavagem dos filtros. Assim, as seguintes alternativas a serem estudadas para a remoção do lodo dos decantadores:

- manutenção do tipo de limpeza dos decantadores realizada atualmente (limpeza manual);
- drenagem parcial da água decantada, sendo esta direcionada ao canal de água decantada; ou
- instalação de equipamentos para a remoção intermitente do lodo, o que implicará em redução significativa dos volumes das unidades componentes do STR.

Conforme citado anteriormente, deverão ser previstas unidades para a clarificação e o desaguamento do lodo, considerando o uso de *bags* de geotecido, uma vez que a área delimitada pelo SAEMA para a implantação do STR é suficientemente grande para a utilização dos *bags*, que em comparação com outros sistemas de desaguamento, apresenta operação mais simples e concentrações mais elevadas de SST no lodo desaguado, desde que tempo de secagem seja superior a 120 dias;

Ressalta-se que o teor de SST no lodo desaguado depende de diversos fatores, como as características do lodo, do clima da região, além do tempo de permanência do lodo no *bag* de geotêxtil. Dessa forma, existe grande incerteza sobre o comportamento da curva de secagem do lodo nos *bags*, principalmente para os períodos críticos de operação (períodos chuvosos), nos quais haverá maior geração de lodo na ETA. Estudos indicam que, em condições favoráveis, pode-se obter teores de SST no lodo desaguado superiores a 35 % em até 30 dias, como mostrado na Figura 3.10.

Figura 3.10 - Curva de tendência do desaguamento de lodo em geotecido (Melo, 2009)

Na Figura 3.11 é apresentada a área necessária para a implantação de *bags* de geotecido. Esta área foi estimada considerando:

- o teor mínimo de SST do lodo desidratado de 25 %, a ser obtido com aproximadamente 120 dias de repouso do *bag*;
- o valor de turbidez médio diário do mês de março de 2016, de 52 uT (mês crítico, em que houve a maior produção de massa seca de lodo na ETA, durante o período analisado);
- a vazão máxima da ETA igual a 730 L/s.

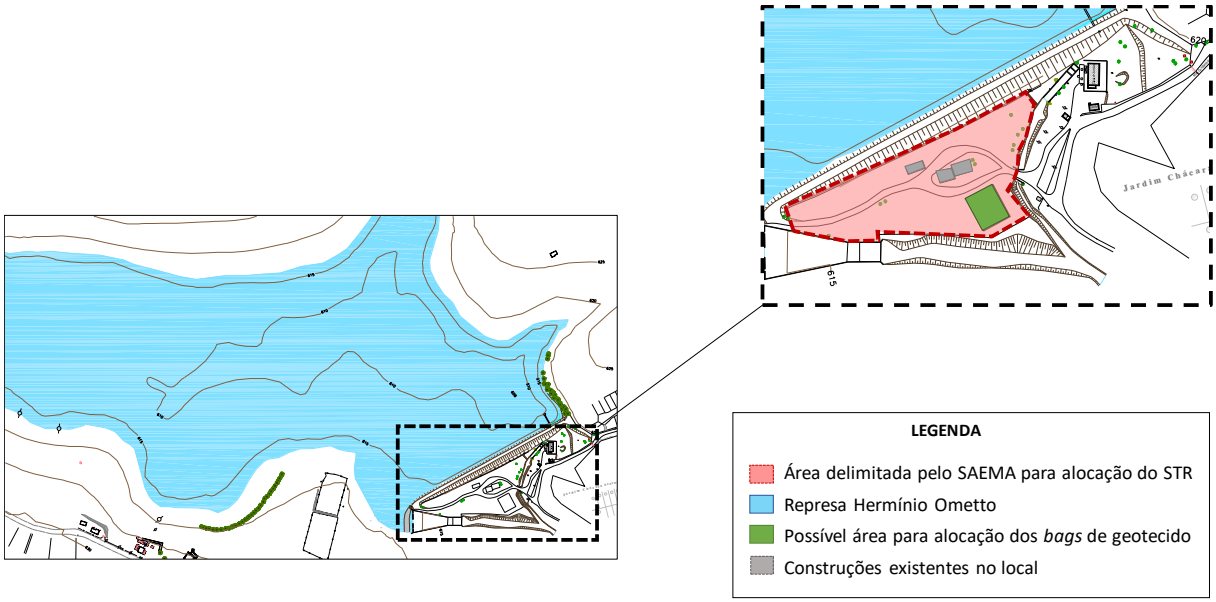


Figura 3.11 – Esquema em planta com a área necessária para a instalação dos *bags* de geotecido

3.8 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA AO LONGO DO TRATAMENTO NA ETA

Conforme citado no item 2, as águas brutas afluentes à ETA apresentam concentrações elevadas de COT e foi detectada a presença de alguns gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicos para os seres humanos, como *Microcystis* e *Cylindrospermopsis*.

A fim de garantir a qualidade da água produzida e facilitar a avaliação e o controle dos desempenhos das diversas unidades que compõem a ETA de Araras, possibilitando o ajuste das dosagens de produtos químicos, sugere-se o monitoramento de alguns parâmetros de qualidade referentes aos afluentes e efluentes das unidades de tratamento existentes atualmente na ETA, conforme apresentado na Tabela 3.1. A frequência de coleta das amostras e os parâmetros monitorados poderão ser alterados em função da análise da equipe do SAEMA e de resultados da pré-operação da ETA, após sua reforma.

A geração de um banco de dados após o monitoramento destes parâmetros durante pelo menos um ano, permitirá a automação das aplicações de produtos químicos em função da qualidade da água bruta e da vazão afluente à ETA.

Tabela 3.1 – Tipo de controle, localização das amostragem e parâmetros sugeridos pela HIDROSAN

Amostra	Localização da amostragem	Parâmetros sugeridos	Frequência
Água bruta (dos mananciais e da mistura)	Adutora da água bruta de cada manancial na ETA (individual), e câmara de chegada, mistura *in natura*	Turbidez, cor aparente, pH, alcalinidade, metais, metais complexados, nitrogênio amoniacal e COT	1 x dia
		Microbiologia (*E. Coli*, bactérias heterotróficas, fitoplâncton e cianobactérias)	1 x dia
		Clorofila a	1 x semana
		Protozoários (Criptosporídio e Giárdia)	1 x mês
Água coagulada	Canal de água coagulada	pH de coagulação	A cada 2 h
Água decantada geral	Canal comum de alimentação dos filtros	Turbidez	A cada 2 h
		Cor aparente	A cada 2 h
Água decantada individual	Saídas dos decantadores 1 a 4	Turbidez, cor aparente e pH	A cada 2 h
Água filtrada geral	Canal geral de água filtrada	Turbidez	Monitoramento contínuo
		COT	A cada 2 h
		Cor aparente	Horária
Água filtrada (individual)	Saída de água filtrada de cada filtro da ETA	Turbidez	Monitoramento contínuo
		Cor aparente	Horária
Água tratada	Tubulação que abastece os reservatórios de água tratada	Turbidez	Monitoramento contínuo
		pH, flúor e cloro livre e cloro total	A cada 2 h
		Cor aparente	Horária
		Metais, microbiologia (*E. Coli*, bactérias heterotróficas e outros)	1 x dia
		Subprodutos orgânicos halogenados (trialometanos e ácidos haloacéticos)	1 x semana
		Protozoários (Criptosporídio e Giárdia)	1 x mês

Caso as concentrações de nitrogênio amoniacal na água bruta superem 1,5 mg/L, o que demanda maiores dosagens de cloro, deverá ser realizado o monitoramento deste parâmetro 1 vez ao dia na água filtrada. Além disso, deverá ser medido o cloro combinado (cloro total – clor livre = cloro combinado), visando não ultrapassar 4,0 mg/L, limite estabelecido pela Portaria 2914/2011).

A seguir é apresentada a lista de equipamentos sugeridos pela HIDROSAN para que seja realizado o mnitoramento da qualidade da água:

- Equipamento para medição de turbidez (bancada):
    - Digimed Turbidímetro DM-TU Nefelométrico, Range 0-1000 uT; ou
    - Hach Turbidímetro portátil 2100q, Nefelométrico, Range 0-1000 uT; ou
    - Merck Turbidímetro portátil 1100T, Nefelométrico, Range 0-1100 uT.
- Equipamento para medição de tubidez (em linha):
    - Digimed Turbidímetro + SST - TB-45MX, Transfluênoia, Range 0-1000 uT *limpeza automática; ou
    - Digimed Turbidímetro TB-44B, Transfluênoia, Range 0-100 uT; ou
    - Hach Turbidímetro processo SS7+ SC200 C/ 1 Entrada, Transfluênoia, Range 0-9999 uT.
- Equipamento para medição de pH (bancada):
    - Digimed pHmetro de Laboratório Modelo DM-22, Potenciométrico; ou
    - Hach Medidor de pH MOD PH31 C/Acess e Eletrodo 5010T, Potenciométrico; ou
    - Orion Kit medidor de Bancada Orion Star A211 PH, Potenciométrico.
- Equipamento para medição de cor aparente, metais, nitrogênio amoniacal, alcalinidade, clorofila-a, flúor, cloro livre e total:
    - igimed – Espectrofotômetro DM-ESPEC2; ou
    - Hach - Espectrofotômetro de bancada com faixa de comprimento de onda Ultra Violeta/Visível - DR6000; ou
    - Merck - Spectroquant® Prove 600 espectrofotômetro UV / Vis.
- Analisador de Carbono Orgânico Total:
    - Analisador de Carbono Orgânico TOC-L Shimadzu ou equivalente técnico; ou
    - Analisador de TOC GE SIEVERS M5310C – GE.

Ressalta-se que a Tabela 3.1 considera as unidades existentes na ETA. Após sua reforma, caso o SAEMA opte pela adição da etapa de adsorção após a pré-oxidação, outros parâmetros de controle deverão ser inclusos no monitoramento da ETA, como por exemplo a concentração de cloro residual antes da etapa de adsorção, visando não comprometer esta etapa.

A turbidez da água filtrada individual deverá ser monitorada visando ao atendimento da Portaria 2914/2011 que estabelece que 95 % das amostras mensais aferidas devem estar abaixo de 0,5 uT e 100 % abaixo de 1,0 uT para filtros rápidos (Portaria 2914/2011).

Deve-se observar que, para o monitoramento do desempenho da ETA, será necessária a determinação sazonal de outros parâmetros de controle da água bruta e dos efluentes das unidades, além daqueles discriminados na Tabela 3.1, tais como concentração de substâncias químicas que representam risco à saúde, incluindo as orgânicas, inorgânicas como chumbo, cianeto, mercúrio, cromo entre outros, agrotóxicos e cianotoxinas.

Outras informações relevantes no Anexo 20º do Ministério Público brasileiro (Portaria 2914/2011) dizem respeito a subprodutos orgânicos halogenados (trialometanos e ácidos haloacéticos) em água tratada (valores na Tabela 3.2). Estes parâmetros deverão ser analisados sempre que possível, para que seja garantida a qualidade da água tratada.

Tabela 3.2 - Valores máximos de turbidez da água filtrada e de subprodutos da oxidação

Parâmetros	Valores máximos permitidos (VPM)
Turbidez (uT) (filtração rápida – tratamento completo ou filtração direta)	0,50
Trialometanos Total (mg/L)*	0,10
Ácidos haloacéticos total (mg/L)**	0,08

* Trialometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) - CAS = 67-66-3, Bromodiclorometano (BDCM) - CAS = 75-27-4, Dibromoclorometano (DBCM) - CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) - CAS = 75-25-2;

** Ácidos haloacéticos: Ácido monocloroacético (MCAA) - CAS = 79-11-8, Ácido monobromoacético (MBAA) - CAS = 79-08-3, Ácido dicloroacético (DCAA) - CAS = 79-43-6, Ácido 2,2 - dicloropropiônico (DALAPON) - CAS = 75-99-0, Ácido tricloroacético (TCAA) - CAS = 76-03-9, Ácido bromocloroacético (BCAA) CAS = 5589-96-3, 1,2,3, tricloropropano (PI) - CAS = 96-18-4, Ácido dibromoacético (DBAA) - CAS = 631-64-1, e Ácido bromodicloroacético (BDCAA) - CAS = 7113-314-7.

Vale ressaltar também que os parâmetros de controle recomendados na Tabela 3.1 visam à avaliação qualitativa sob o aspecto operacional, sendo indispensável a realização do controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu atendimento ao padrão de potabilidade, através de exames e análises das características físicas, químicas, microbiológicas e de radioatividade

em frequências estabelecidas em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo do manancial, segundo a Portaria 2914 do MS de dezembro de 2011.

Em atendimento à realização de controle e vigilância da qualidade da água, a determinação de parâmetros específicos, que requerem metodologias e equipamentos não disponíveis nas instalações locais, pode ser realizada por laboratórios especializados externos, desde que este possua certificado emitido por órgãos competentes para esse fim.

A HIDROSAN recomenda que haja pelo menos 2 a 3 funcionários qualificados por turno para desempenhar as funções de monitoramento e operação das unidades da ETA.

3.9 ENSAIOS DE LABORATÓRIO E PARÂMETROS PARA SUA EXECUÇÃO

Conforme apresentado no item 2, atualmente não há a utilização de alcalinizante para o ajuste de pH de coagulação, mesmo para as condições que requerem maiores dosagens de coagulante (sulfato de alumínio). Nos ensaios de tratabilidade realizados, observou-se que este coagulante apresentou as melhores condições de coagulação em pHs de coagulação superiores a 6,70, principalmente para a água característica do período chuvoso. Além disso, foi observado que o uso do polímero sintético como auxiliar de floculação melhorou significante a qualidade da água decantada.

Assim, recomenda-se que sejam feitos ensaios em jarteste visando otimizar as dosagens de coagulante e o pH de coagulação, avaliando a necessidade de aplicação do alcalinizante para ajuste do pH de coagulação e o uso de polímero sintético como auxiliar de floculação. Ressalta-se que elevadas dosagens de polímero poderão acarretar residual de acrilamida na água, cuja concentração máxima permitida na Portaria 2914/2011 é de 0,5 µg/L. Além disso, é importante destacar que a duração da carreira de filtração poderá ser reduzida em função da colmatação precoce do meio filtrante devido à dosagem excessiva do polímero. Este fenômeno deverá ser observado, principalmente quando estiver sendo aplicado polímero com dosagens superiores a 0,50 mg/L, sendo recomendado o estudo das dosagens de polímero, considerando seu aumento gradual (de 0,05 em 0,05 mg/L);

Em função da experiência da equipe técnica da HIDROSAN e dos resultados dos ensaios realizados, são recomendadas as faixas de valores de alguns parâmetros de execução dos ensaios de laboratório (Tabela 3.3).

Ressalta-se que os gradientes de velocidade médios na floculação (Gf) poderão ser otimizados com a realização de ensaios e de avaliações na ETA durante a fase de pré-operação após a reforma desta unidade.

Tabela 3.3 – Parâmetros de execução dos ensaios de laboratório em jarteste

Vazão máxima aduzida à ETA (L/s)	730
Número de conjuntos de decantação/ floculação em operação	4
Tempo de mistura rápida – Tmr (s)	10
Gradiente de velocidade da mistura rápida – Gmr (s^{-1})	1000
Polímero como auxiliar de floculação	Aplicação antes da floculação
Tempo total de floculação – Tf (min) *	18,5
Gradiente de velocidade na floculação – Gf (s^{-1})	20 a 60
Velocidade de sedimentação – Vs (cm/min)	3,0; 5,0; 7,0 cm/min

* como são quatro câmaras de floculação em série, resultado do tempo teórico de floculação corrigido por um fator k de 1,2 conforme equação Tf jarteste = Tf teórico / k;

OBS: Caso a vazão máxima aduzida seja fixada em 600 L/s, o tempo total de floculação deverá ser de 22,4 min.

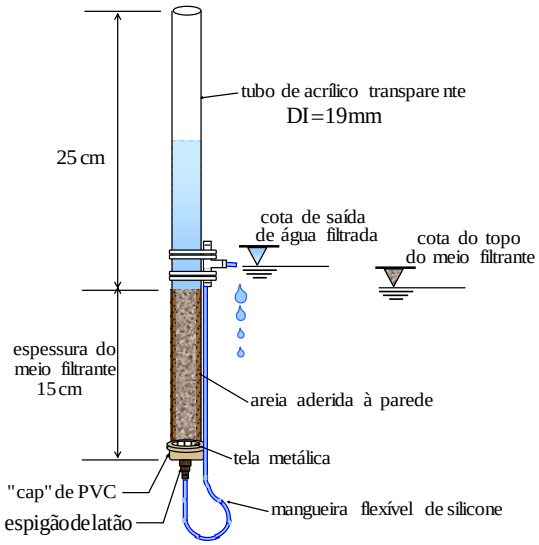
Os ensaios de laboratório poderão ser realizados pelos operadores da ETA utilizando-se um equipamento de jarteste com filtros de areia (FLA). O principal objetivo será possibilitar, sob condições reais de funcionamento, o ajuste das dosagens de produtos químicos de forma rápida e eficiente, de acordo com a qualidade da água bruta.

A metodologia para realização dos ensaios de laboratório pode ser encontrada na referência: DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDiBe, 2011.

Para a prática dos ensaios de laboratório, são recomendados os seguintes equipamentos de bancada:

- Equipamento de Reatores Estáticos (jarteste): jarteste constituído de 6 jarros e que fornece gradiente de velocidade médio entre 10 e 1200 s^{-1} (Figura 3.12);
- Filtros de laboratório de Areia (FLAs): filtros de acrílico com suporte para acoplamento no jarteste (Figura 3.12);

(a) Foto do jarteste e FLAs acoplados



(b) Esquema do filtro de laboratório de areia - FLA

Figura 3.12 – Filtros de laboratório acoplados no jarteste

- analisador de carbono orgânico total: leituras de carbono orgânico total;
- balança analítica: pesagem de reagentes para preparo de soluções e suspensões;
- espectrofotômetro: leituras de cor aparente, residuais de cloro livre, cloro total, metais e nitrogênio amoniacal;
- potenciômetro: leitura de pH;
- turbidímetro: leitura de turbidez;
- provetas e funis;
- vidrarias e reagentes diversos.

As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos e químicos da água devem atender às especificações das normas nacionais da edição atual da publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standartization Organization).

3.10 SEGURANÇA DO TRABALHO

A NBR 12216:1992, discorre no item 5.21-Segurança, sobre as condições mínimas de higiene e segurança do trabalho que devem ser observadas no projeto de uma ETA, sendo que esta norma deverá ser consultada pelo SAEMA para a realização das devidas adequações. Atenção especial deverá ser dada à adequação dos guarda-corpos e escadas, que atualmente oferecem riscos a quem transita pelas unidades da ETA.

Além das adequações que visam ao cumprimento da NBR 12216:1992, a HIDROSAN sugere que seja contratado um profissional de segurança do trabalho para a avaliação das melhorias necessárias para o atendimento das Normas Regulamentadoras – NR (cabíveis à ETA), que regulamentam e oferecem orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados à Segurança e Medicina do Trabalho.

4 PLANOS DE AÇÕES

A partir das melhorias elencadas nos itens anteriores, são apresentados a seguir os planos de ações visando contemplar as melhorias propostas. Estes planos foram divididos em quatro frentes:

- Plano de ações para melhorias operacionais;
- Plano de ações para melhorias e adequações gerais das instalações elétricas;
- Plano de ações para melhorias e adequações estruturais gerais no prédio administrativo;
- Plano de ação para a execução dos projetos e obras das melhorias hidráulicas, estruturais e elétricas.

Na Figura 4.1 é apresentada a linha do tempo e os planos de ações de acordo com o que a HIDROSAN julga prioritário, levando-se em consideração os relatórios das avaliações estruturais e das instalações elétricas da ETA.

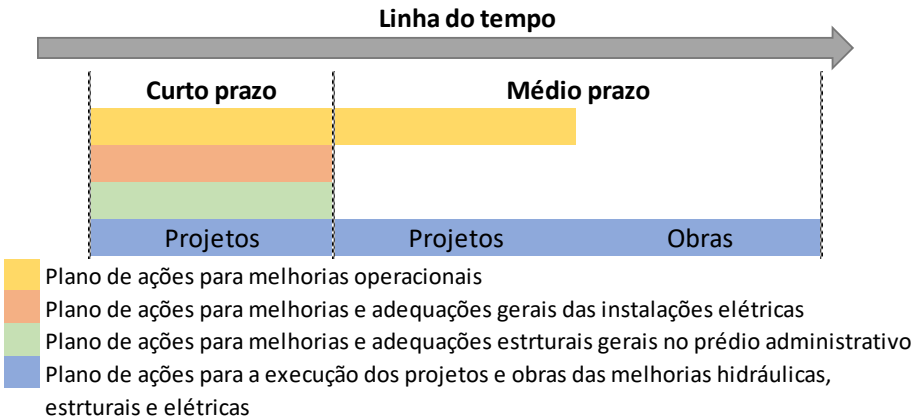


Figura 4.1 – Linha do tempo para a execução dos planos de ações

Ressalta-se que as adequações relativas à segurança do trabalho deverão ser iniciadas em conjunto com os planos descritos.

4.1 PLANO DE AÇÕES PARA MELHORIAS OPERACIONAIS

As melhorias e adequações operacionais da ETA de Araras, que deverão consistir em uma das frentes de ações, elencadas por prioridade de execução, são apresentadas a seguir:

- Aquisição de novos equipamentos analíticos e monitoramento da qualidade da água ao longo do tratamento na ETA conforme descrito no item 3.8, principalmente relativos ao:
    - monitoramento individual da turbidez da água filtrada, pelo menos a cada 2 horas, conforme recomenda a Portaria 2914/2011;
    - monitoramento do COT na água bruta e na água filtrada, para investigação do uso de agrotóxicos nas plantações de cana-de-açúcar próximas aos mananciais que abastecem a ETA.
- Ensaios para otimização das condições de coagulação (dosagem de coagulante x pH de coagulação) e avaliação da necessidade de aplicação de alcalinizante para o ajuste do pH de coagulação;

  Ensaios para ajuste do ângulo de abertura (número de voltas) da válvula borboleta localizada na tubulação geral de água para lavagem, para cada filtro, visando garantir uma expansão mínima de 30 % do meio filtrante e evitar a perda de material filtrante (sugere-se a construção de dispositivo similar ao da Figura 4.2).

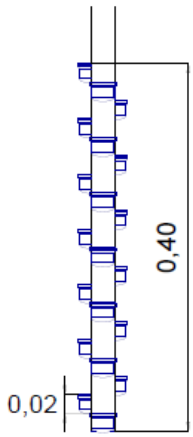


Figura 4.2 – Esquema do equipamento para medir a expansão do meio filtrante

4.2 PLANO DE AÇÕES PARA MELHORIAS E ADEQUAÇÕES GERAIS DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Na avaliação das instalações elétricas, apresentada no Volume 3, foram elencadas algumas ações prioritárias, visando à adequação das instalações existentes e à minimização dos riscos de acidentes. Estas ações deverão consistir em uma outra frente de ação, paralela às demais, e são descritas a seguir:

- Elaboração de um programa de manutenção anual que estabeleça uma rotina específica para cada componente do sistema elétrico;
- Manutenção nos painéis e quadros de distribuição de energia elétrica;
- Atualização da documentação e da identificação local dos disjuntores do quadro de distribuição de energia;
- Os locais de serviços elétricos, compartimentos e invólucros de equipamentos e instalações elétrica deverão ser exclusivos para esta finalidade, sendo expressamente proibido utilizá-los para outras finalidades;
- Avaliação quantitativa da resistência Ôhmica de aterramento das cabines elétricas anual.

As demais recomendações elencadas no Volume 3 poderão ser realizadas seguindo a ordem dos pacotes de projetos descrita no item 4.4.

4.3 PLANO DE AÇÕES PARA MELHORIAS E ADEQUAÇÕES ESTRUTURAIS GERAIS NO PRÉDIO ADMINISTRATIVO

No laudo da avaliação estrutural apresentado no Volume 2, estão descritas as unidades que necessitam de reforço/recuperação estrutural. As obras de reforço e recuperação estrutural relacionadas às unidades da ETA poderão ser realizadas seguindo a ordem dos pacotes sugerido no item 4.4. As obras referentes ao prédio administrativo, deverão ser realizadas em paralelo aos demais planos de ações e deverá contemplar a reforma dos revestimentos das fachadas e suas vigas de concreto armado, especialmente as vigas da fachada de frente com a ETA.

4.4 PLANO DE AÇÕES PARA A EXECUÇÃO DOS PROJETOS E OBRAS DAS MELHORIAS HIDRÁULICAS, ESTRUTURAIS E ELÉTRICAS

Para as melhorias e adequações Da ETA de Araras que necessitam de projeto, a HIDROSAN propôs uma série de pacotes técnicos, elencados por prioridade de execução das obras:

- Pacote 1: Reforma dos filtros e encaminhamento de água tratada aos reservatórios de água tratada (itens 3.4 e 3.5);
- Pacote 2: Sistema de Tratamento dos Resíduos Gerados pela ETA (item 3.7);
- Pacote 3: Reforma dos conjuntos de floculação/decantação (item 3.3);
- Pacote 4: Unidade de pré-oxidação e de adsorção, unidades de mistura rápida e de divisão de vazão e produtos químicos (itens 3.1, 3.2 e 3.6).

Ressalta-se que, conforme mencionado no item 3, antes da contratação de cada pacote, o SAEMA deverá definir qual a vazão máxima de tratamento da ETA.

Sugere-se que o projeto executivo de cada pacote seja iniciado a cada 6 meses, sendo que o Pacote 1 deverá ser feito o quanto antes.

Os projetos executivos dos pacotes descritos deverão incluir o detalhamento hidromecânico com manual de operação, estrutural, elétrico e de automação.

A concepção de cada projeto/pacote deverá ter como diretrizes:

- minimização de custos de implantação;
- minimização de custos operacionais;
- produção de água em conformidade com o Padrão de Potabilidade em vigor no Brasil, Portaria 2914/2011, e que não irá oferecer riscos à saúde da população de Araras;
- melhores alternativas para recuperação estrutural das unidades;
- melhores alternativas para a reforma do sistema elétrico;
- melhores alternativas para a implantação do sistema de automação;
- execução das obras sem que haja o prejuízo na produção de água (vazão e qualidade).

Além dos itens elencados acima, a concepção de cada pacote deverá conter:

- Pacote 1: estudo de alternativas, considerando os aspectos hidráulicos, os custos de implantação e operação, quanto a:
    - construção ou não de um novo reservatório de água para lavagem dos filtros;
    - localização do novo reservatório, abastecimento desse reservatório e sistema para lavagem dos filtros;
    - localização e composição do novo sistema de abastecimento dos reservatórios de água tratada.
- Pacote 2: estudo de alternativas, considerando os aspectos hidráulicos, os custos de implantação e operação, quanto a:
    - unidades componentes do STR, em função dos resíduos gerados na ETA, especialmente em relação ao tipo de remoção do lodo dos decantadores, que está diretamente relacionada com o Pacote 3.
- Pacote 3: estudo de alternativas, considerando os aspectos hidráulicos, os custos de implantação e operação, quanto a:
    - tipo de remoção do lodo dos decantadores, ver item 3.3.2.
- Pacote 4: estudo de alternativas, considerando os aspectos hidráulicos, os custos de implantação e operação, quanto a novos pontos para a aplicação dos produtos químicos existentes e a serem adquiridos.

4.4.1 Projeto executivo hidráulico

Para o projeto executivo hidráulico de cada pacote, deverão ser seguidas as normas vigentes e considerados os seguintes aspectos:

- levantamento planialtimétrico das unidades de tratamento;
- memoriais de cálculo, descritivos e dimensionamento hidráulico;
- manual de operação das ETAs e do STR;
- fluxograma de processo da ETAs e do STR para orientar o projeto de automação;
- peças gráficas detalhadas das instalações em escala 1:30 (ou 1:20 ou 1:25);
- desenhos hidromecânicos detalhados para montagem;

- especificação de todos os equipamentos, tubulações, válvulas, comportas, dispositivos de acionamento e outros; e
- lista de materiais e equipamentos;
- orçamento.

4.4.2 Projeto executivo estrutural e de fundações

Para o projeto executivo estrutural de cada pacote, deverão ser seguidas as normas vigentes e considerados os seguintes aspectos:

- recuperação estrutural das unidades existentes e demolições (se necessárias), de acordo com o laudo apresentado no Volume 2, com memorial descritivo e de cálculo e desenhos;
- memorais descritivos e de cálculo e desenhos para recuperação das estruturas existentes;
- sondagens nos locais das novas instalações a serem construídas;
- memoriais descritivo e de cálculo;
- plantas de armação com especificação e quantificação do tipo de aço;
- plantas de forma com o tipo de madeira, área e volume de concreto;
- especificação e detalhamento da impermeabilização das estruturas em contato com a água;
- especificação do tipo de espaçador, estabilizador e vibrador;
- especificação de procedimentos para juntas de concretagem e de dilatação;
- especificação da resistência e demais características do concreto para lançamento convencional ou bombeado;
- especificação procedimentos para fixação de peças de tubulações com aba de vedação;
- orçamento.

Deverá ser elaborado o Relatório, contendo: projeto estrutural em concreto armado e projeto de fundações e respectivos memoriais de cálculo; planilhas indicando o quantitativo de formas, aço e

volume de concreto para as edificações novas; especificações técnicas, resistência característica do concreto, módulo de elasticidade e cobrimento das armaduras.

4.4.3 Projeto executivo elétrico

O projeto elétrico também deverá seguir as normas vigentes e considerar o laudo da avaliação das instalações elétricas existentes, apresentado no Volume 3. O projeto elétrico de cada pacote deverá conter:

- adequações das instalações elétricas;
- manual descritivo e de cálculo;
- redes de distribuição de energia elétrica em baixa tensão para alimentação dos diversos equipamentos;
- quadros de força;
- SPDA, equipamentos de proteção em média e baixa tensão;
- definição do tipo de acionamento de válvulas; comportas; etc;
- dimensionamento dos acionadores selecionados e lista de materiais e equipamentos;
- orçamento das instalações elétricas.

4.4.4 Projeto de automação/instrumentação

O projeto de automação deverá conter:

- descrição do CLP (Controlador Logico Programável):
- especificação do CLP a ser empregado e sua quantidade de memória para que atenda o projeto de automação;
- especificação do protocolo de comunicação a ser utilizado, considerando redes de comunicação entre o CLP, Supervisório e Periféricos, tais como placas remotas e drives: Soft- Starter e inversores;
- especificação e quantificação de entradas e saídas digitais DIs\DOs e analógicas AIs/AOs que serão utilizadas no projeto;
- elaboração da base de dados do CLP contendo todos os tags de entrada e saídas digitais DIs\DOs e analógicas AIs/AOs e dispositivos de redes;

- fluxograma para desenvolvimento do Software do CLP;
- documentação técnica e manual para desenvolvimento e manutenção do software do CLP;
- diagramas elétricos dos painéis de automação e controle com interligações de campo atuadores e sensores.
- descrição do supervisório:
- especificação do supervisório a ser utilizado no projeto;
- especificação das quantidades de telas a serem desenvolvidas com fluxograma funcionais de interação com o centro de operação (CCO);
- especificação e quantificação da licença de engenharia e de Tags Runtime;
- elaboração da base de dados do supervisório contendo todos os tags de entrada e saídas digitais DIs\DOs e analógicas AIs/AOs e dispositivos de redes; e
- lista de materiais;
- orçamento.

Além dos tópicos listados, o projeto de automação deverá permitir a automação das diversas operações da ETA, como:

- Pacote 1: a operação de lavagem dos filtros;
- Pacote 2: a operação do sistema de tratamento dos resíduos gerados na ETA;
- Pacote 3: remoção do lodo dos decantadores, número de passagens e intervalo entre as passagens (no caso de removedores de lodo por sucção), em função da qualidade da água bruta e da vazão da ETA (necessária a criação de um banco de dados durante a pré-operação, de pelo menos 1 ano); o ajuste dos gradientes de velocidade médios dos misturadores das unidades de floculação em função da qualidade da água bruta e da vazão da ETA (necessária a criação de um banco de dados durante a pré-operação, de pelo menos 1 ano);
- Pacote 4: o ajuste das dosagens de produtos químicos, em função da qualidade da água bruta e da vazão da ETA (necessária a criação de um banco de dados durante a pré-operação, de pelo menos 1 ano).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRADILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – NBR 12216/1992.

CORNWELL, D. A.; LEER, R. G. (1994). Waste Stream Recycling. It's Effect on Water Quality. Journal AWWA, p. 50-63.

DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.

MELO, L. C. Q. C (2009). Palestra sobre desidratação, confinamento e tratamento do lodo gerado na ETA Botafogo da COMPESA. Recife: Esco & Geo Tübe.

www.hidrosanengenharia.com.br

hidrosan
compromisso com a água

Av. São Carlos, 2205, r. 106
Zip Code. 13560-900
São Carlos SP Brazil
phone +55 16 3371 3466

Av. São Carlos, 2205, sl.106
CEP: 13560-900
São Carlos SP
tel. 16 3371 3466