

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DO EFLUENTE CLARIFICADO ORIUNDO DAS LAVAGENS DAS UNIDADES DE DECANTAÇÃO E FILTRAÇÃO NA ETA EM GUARATINGUETÁ, OBJETIVANDO REUSO PARA A REDUÇÃO DAS PERDAS NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Ailton César Teles de Barros⁽¹⁾

Engenheiro Civil na Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), Pós-graduação *Lato Sensu* em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Universidade Estácio de Sá, Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Estácio Radial de São Paulo/Campus Santo Amaro e em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo/Campus Colatina.

Paulo Ricardo Amador Mendes⁽²⁾

Técnico em Saneamento na Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), Pós-graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Química e Graduação em Engenharia Industrial Química pela Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo (USP).

Rafael Medeiros Ribeiro⁽³⁾

Técnico em Saneamento na Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), Graduação sanduíche em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Técnico em Química pelo Colégio Técnico de Lorena - Universidade de São Paulo (USP).

Tatiane do Nascimento Lopes⁽⁴⁾

Técnica em Saneamento na Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal do ABC (UFABC), Especialização em Gestão de Projetos pela ETEC e em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental pela Faculdade Oswaldo Cruz; Graduação em Tecnologia em Hidráulica e Saneamento pela Fatec São Paulo e em Engenharia Ambiental pela Faculdade Oswaldo Cruz e Técnica em Química pela ETEC “Júlio de Mesquita”.

João Vitor Pena de Souza⁽⁵⁾

Estagiário em Engenheiro Civil na Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), Estudante de graduação (Bacharelado) em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Salesiano de São Paulo (Unisal).

Endereço⁽¹⁾: Rua Luiz Guimarães de Almeida, nº 55, casa 05 - Vila Eliana Maria - Guaratinguetá – São Paulo - CEP: 12.512-150 - Brasil - Tel: +55 (12) 98280-2242 – Tel.: (12) 3122-7200 – Ramal 7222 - E-mail: actbarros3@hotmail.com

RESUMO

Nas estações de tratamento de água (ETAs), durante o processo de purificação de água, é necessária a paralisação das unidades operacionais de decantação e filtração após certo tempo de funcionamento para a realização da descarga e lavagem para a remoção das impurezas retidas. Trabalho este necessário para a maximização da eficiência de operação. Para tanto, durante as lavagens destas unidades, ocorre o descarte de grande volume de água. Mediante o descarte de quantidade considerável de água durante a lavagem destas unidades operacionais, viu-se a oportunidade de avaliar o potencial qualitativo e quantitativo deste volume de água para o reaproveitamento no processo de tratamento, objetivando reduzir as perdas inerentes ao tratamento. O volume médio mensal descartado corresponde a 32.304 m³, equivalendo a aproximadamente 13 piscinas olímpicas. Através da análise dos parâmetros físicos inicialmente realizados, a qualidade do efluente clarificado apresentou-se equivalente a água decantada para os parâmetros cor, turbidez e pH após o ensaio de sedimentação durante o tempo de 3,0 horas. A princípio, seria possível o reaproveitamento no sistema de tratamento. Para tanto, serão necessários estudos complementares, através da avaliação dos parâmetros químicos e bacteriológicos, para melhor certificação do potencial qualitativo, de forma a aumentar a oferta de água tratada.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente do tratamento, Recirculação de Água, Redução de Perdas.

INTRODUÇÃO

Nas estações de tratamento de água (ETAs), durante o processo de purificação de água retirada dos mananciais superficiais, é necessária a paralisação das unidades de decantação e filtração de forma intercalada após certo

intervalo de tempo de funcionamento para a realização da lavagem e remoção das impurezas retidas durante o funcionamento. Remoção esta necessária de forma a maximizar a eficiência de operação destas unidades durante a clarificação da água, tornando-a parcialmente potável para a sequência do tratamento, com posterior distribuição e consumação humana.

O reaproveitamento da água minimiza a vazão de descarte de efluentes e seus custos de lançamento. A implantação de reuso requer uma série de cuidados, a fim de evitar contaminações, riscos à saúde e prejuízos ao processo industrial. Antes de tomar qualquer decisão, é preciso avaliar as necessidades da indústria, a gestão da demanda, a caracterização dos efluentes, o potencial de reuso e a concepção do sistema como um todo (REVISTA HYDRO, 2011, *apud* BARROS e GOMES, 2012).

Existe a necessidade fazer a lavagem da unidade filtrante após certo tempo de funcionamento, geralmente realizada por meio da introdução de água no sentido ascensional para promover a fluidificação parcial do meio granular (expansão do leito filtrante) com a liberação das impurezas (DI BERNARDO e DANTAS, 2005, *apud* BARROS e GOMES, 2012).

De acordo com Franco e Maia (2014), o bom funcionamento do sistema de tratamento de água depende da lavagem de filtros, que deve ser realizada quando o filtro estiver colmatado. Os filtros rápidos, que são utilizados em grande parte das ETAs convencionais, normalmente são lavados uma a duas vezes por dia, por meio da injeção ascendente de água, com velocidade controlada para proporcionar a expansão do meio filtrante, importante na remoção dos resíduos (FRANCO; MAIA, 2014).

A recuperação da água de lavagem de filtro não é feita somente para eliminar o problema dos impactos ambientais causados pela descarga no corpo receptor, mas também para eficiência energética (FONTANA, 2004, *apud* FRANCO e MAIA, 2014).

Braga *et. al.* (2005) descreve sobre as possibilidades e maneiras de reuso, dependendo das características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Junto ao reaproveitamento da água de lavagem dos filtros, Campos (2014) descreve a necessidade de diminuir o volume de água consumido na lavagem dos filtros no processo de tratamento. Um estudo registrou procedimentos diferentes na lavagem dos filtros, empreendidos por diversos operadores, buscando verificar o efeito no processo de lavagem (OLIVEIRA *et al.*, 2006, *apud* CAMPOS, 2014).

OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo analisar os potenciais quantitativo e qualitativo do efluente líquido proveniente da descarga e lavagem dos decantadores e dos filtros na estação de tratamento de água (ETA) na cidade de Guaratinguetá, tendo em vista a utilização do efluente clarificado (ou sobrenadante) na recirculação ou reaproveitamento no processo de tratamento de forma a reduzir as perdas no processo de purificação da água. Com isso, maximizar o volume aduzido para tratamento, ofertando maior volume de água para a população.

Como forma secundária de utilização deste volume de água clarificada, alternativa a ideia principal de utilização, é avaliar o emprego para finalidade não potável, tais como a lavagem de logradouros públicos municipais em dias de feira e a limpeza preventiva em redes coletoras de esgoto (RCE).

METODOLOGIA UTILIZADA

Como forma de estudar o efluente líquido descartado nas descargas e lavagens dos decantadores e filtros da ETA, foram seguidas as seguintes ações:

1. Quantificação dos volumes de água descartado nas unidades operacionais decantadores e filtros;
2. Geração de amostragens periódicas dos efluentes durante as descargas e lavagens dos filtros (diária) e dos decantadores (mensal);
3. Acondicionamento da fração do efluente para a realização do ensaio de sedimentação em intervalo de tempo de 3:00 horas;
4. Obtenção de amostras do efluente acondicionado para análise dos parâmetros definidos para o estudo;

As figuras 03 e 04 abaixo representam respectivamente as unidades de decantação (total de 4 unidades) em operação e em processo de esvaziamento ou descarga na ETA em Guaratinguetá.

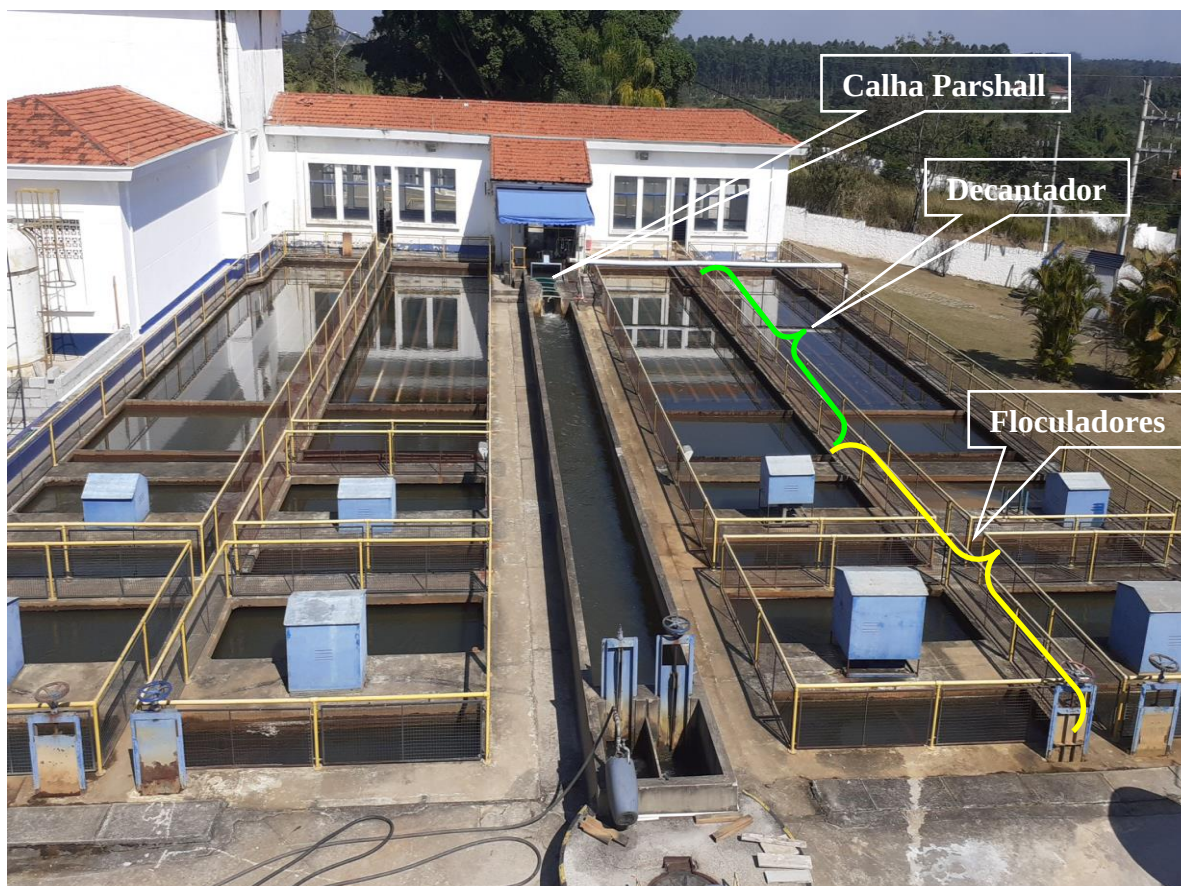


Figura 03: vista das unidades de floculação e decantação na ETA em Guaratinguetá.
Fonte: própria (2021).



Figura 04: unidade de decantação em processo de descarga na ETA em Guaratinguetá.
Fonte: própria (2021).

A figura 05 a seguir mostra o modelo de unidade filtrante (total de 4 unidades) em operação e em processo de lavagem.

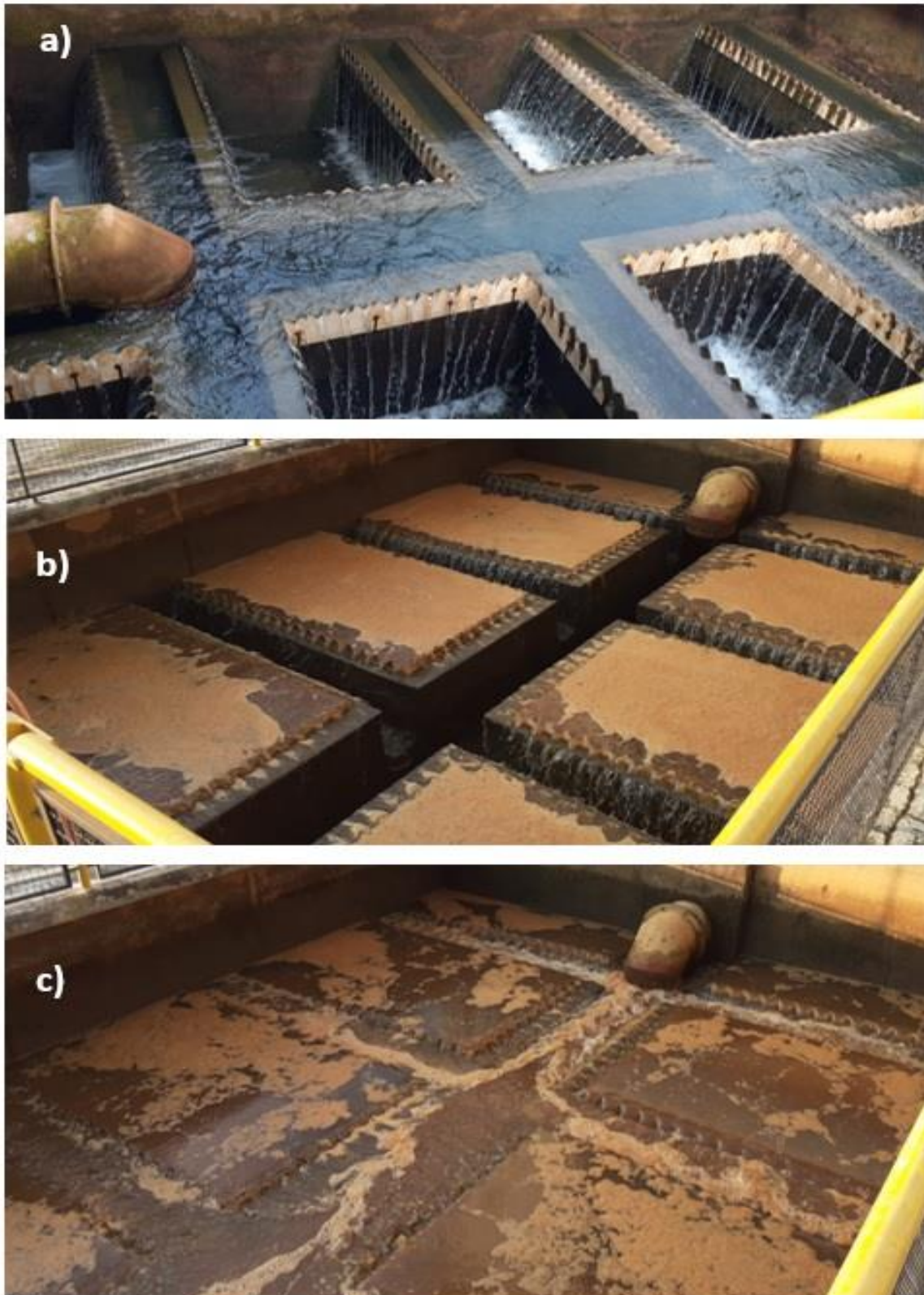


Figura 05: unidade de filtração em operação (a), em início de lavagem (b) e durante a lavagem na ETA em Guaratinguetá. Fonte: própria (2021).

As figuras 06 a 09 a seguir mostram a forma de acondicionamento da fração do efluente gerado durante as lavagens dos decantadores e dos filtros para a realização dos ensaios de sedimentação, assim como a obtenção das amostras em intervalo de tempo de 30 minutos até o fechamento do ensaio da sedimentação no tempo total de 3 h e visualizações do ensaio realizado durante o estudo.

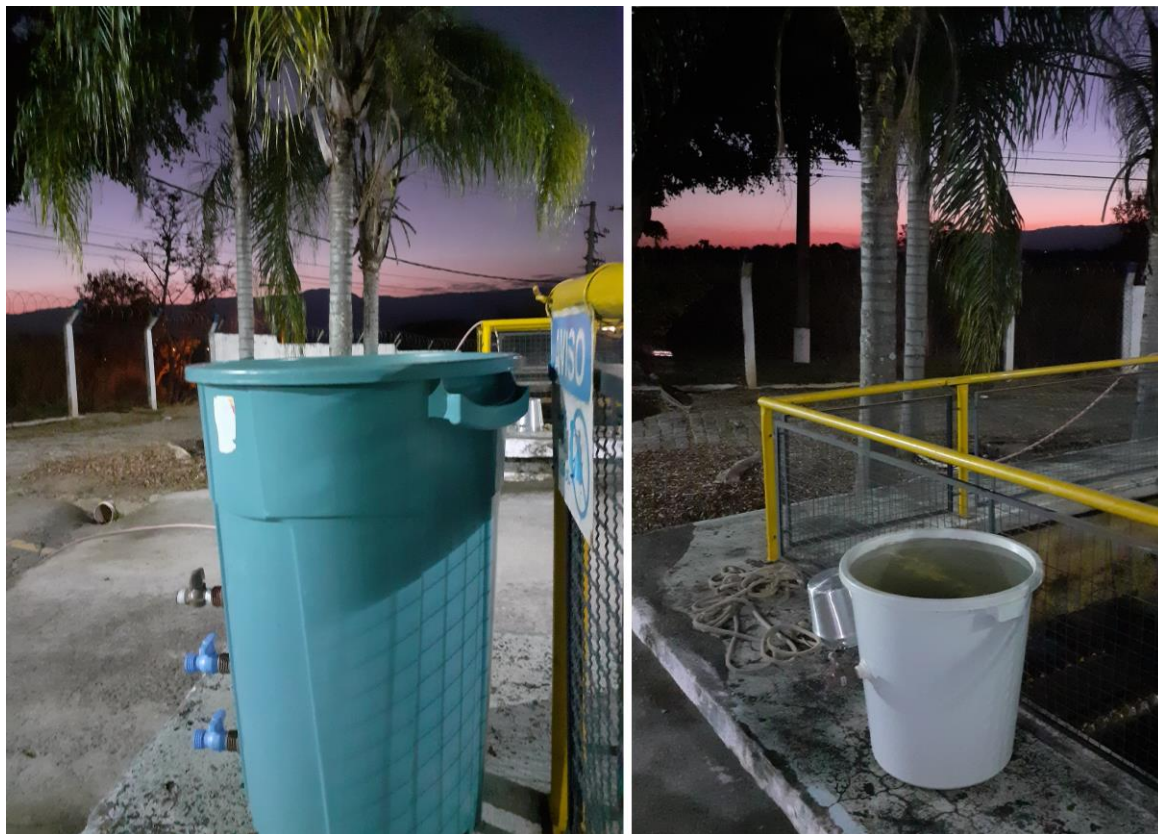


Figura 06: recipientes utilizados para o acondicionamento das frações dos efluentes para os ensaios de sedimentação. Fonte: própria (2021).



Figura 07: amostras sendo obtidas para análise dos parâmetros. Fonte: própria (2021).



Figura 08: ensaio de sedimentação com efluente de filtro.
Fonte: própria (2021).



Figura 09: ensaio de sedimentação com efluente de decantador.
Fonte: própria (2021).

A figura 10 abaixo mostra os aparelhos utilizados na ETA para a realização das análises dos parâmetros cor, turbidez e pH (potencial hidrogeniônico).



Figura 10: aparelhos de utilização para análise dos parâmetros.
 Fonte: própria (2021).

RESULTADOS OBTIDOS

As figuras 11 a 14 apresentadas a seguir representam as curvas dos valores médios diários para os parâmetros cor e turbidez das águas bruta e decantada analisados para o período de 01/janeiro/2020 a 20/julho/2021.

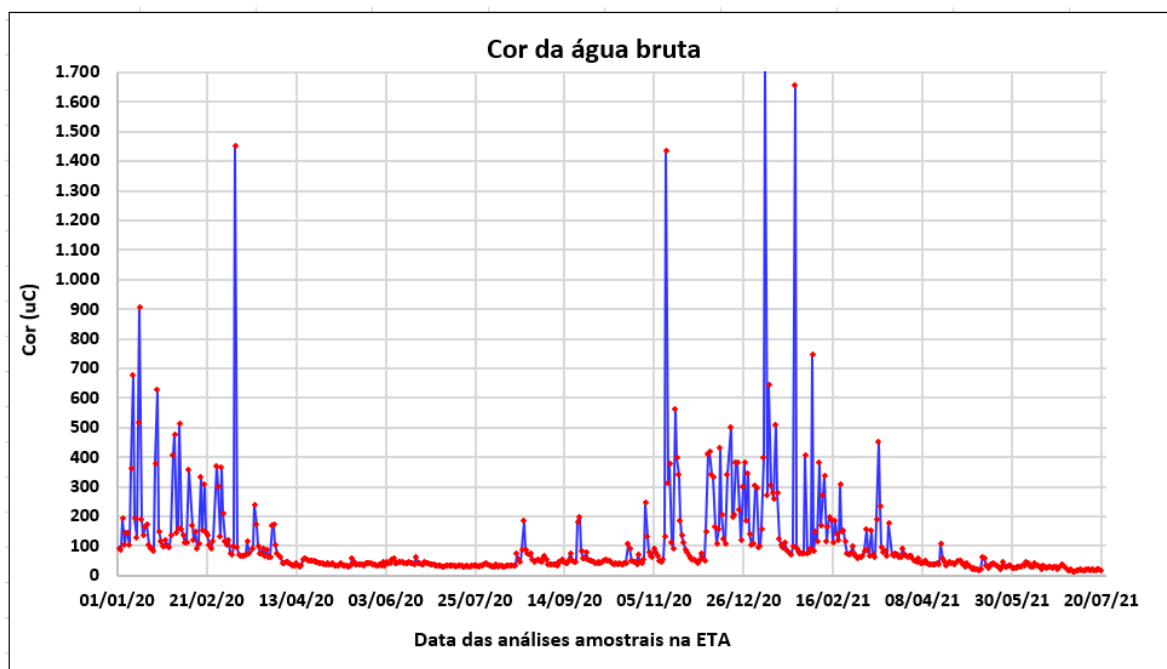


Figura 11: cor média diária da água bruta.
 Fonte: empresa (2021).

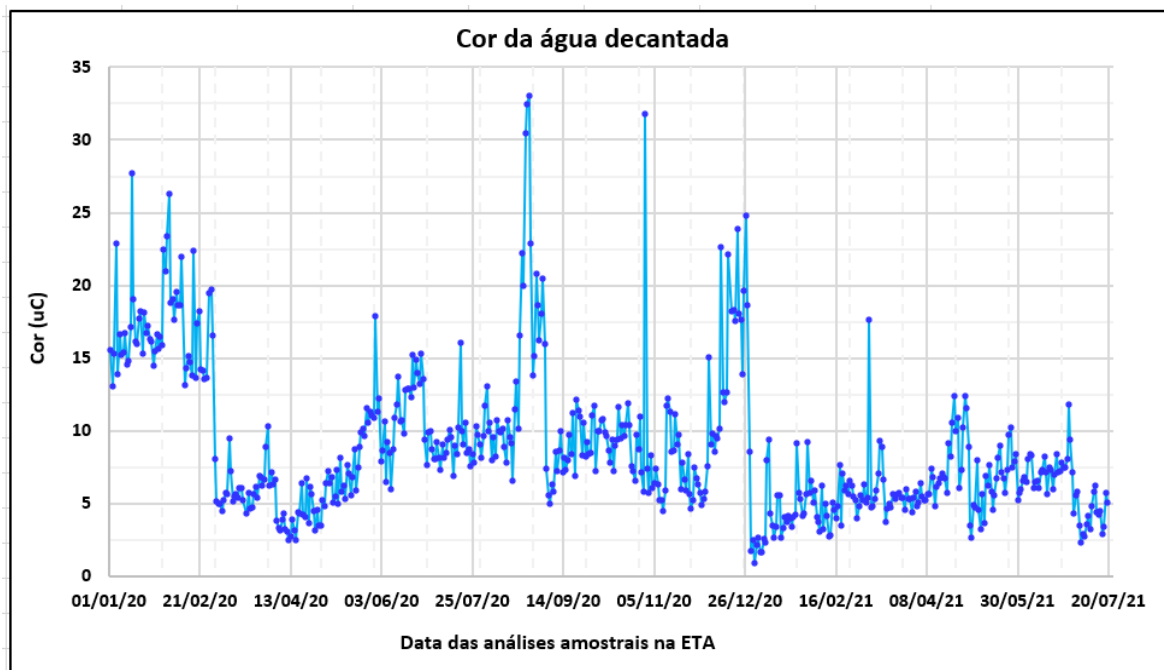


Figura 12: cor média diária da água decantada.
 Fonte: empresa (2021).

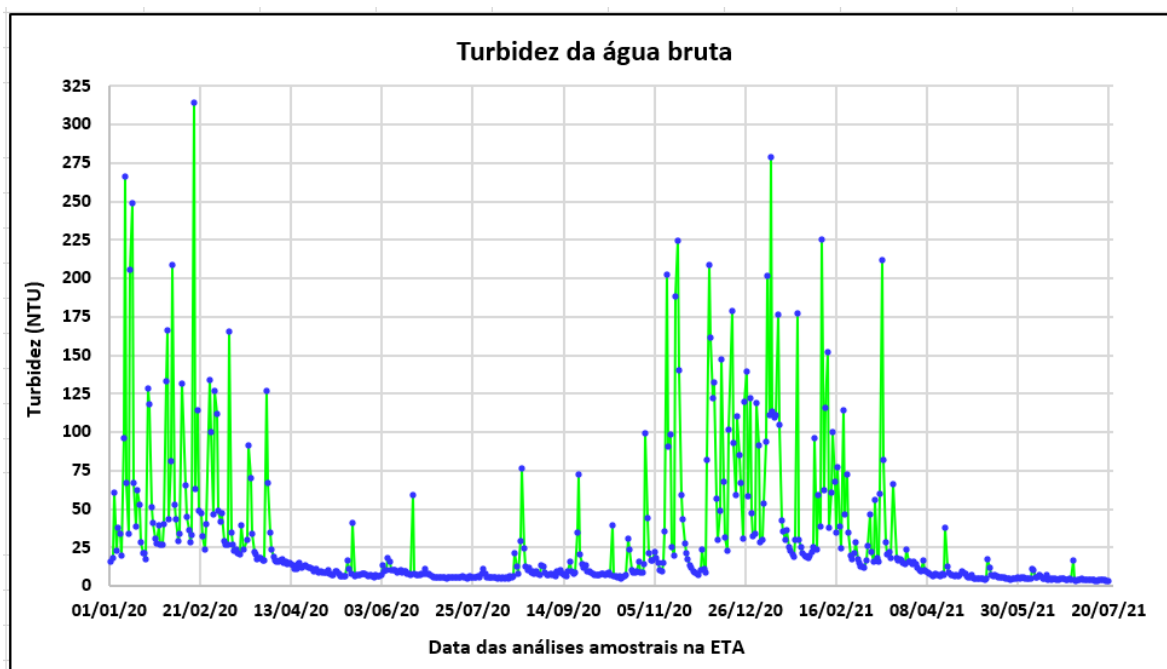


Figura 13: turbidez média diária da água bruta.
 Fonte: empresa (2021).

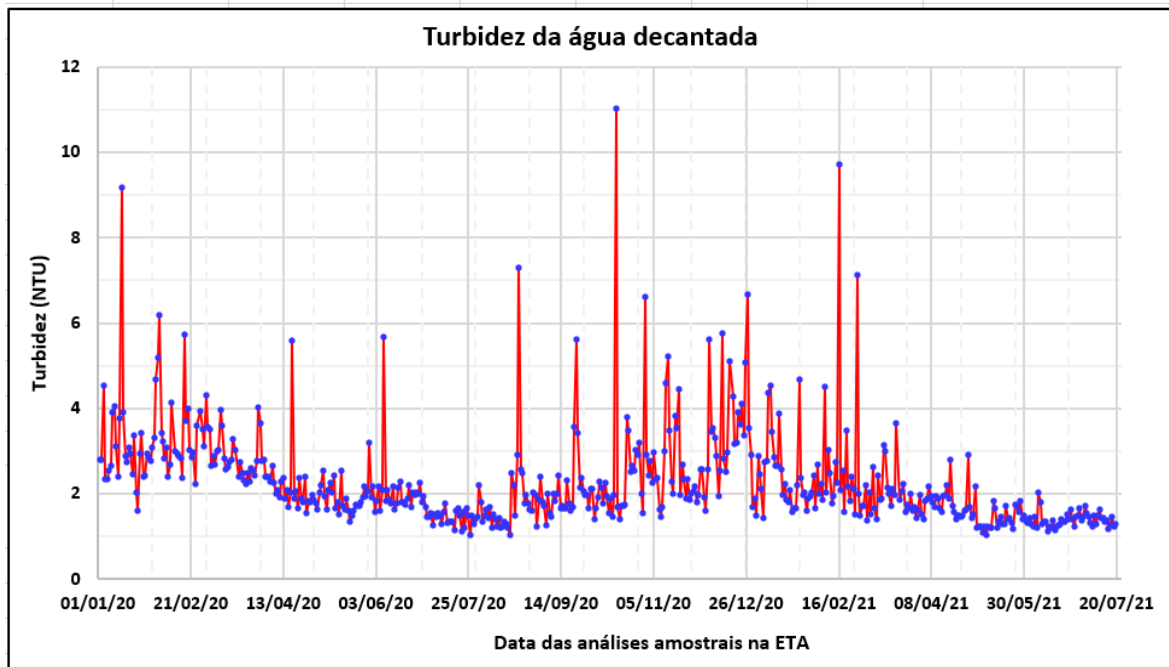


Figura 14: turbidez média diária da água decantada.

Fonte: empresa (2021).

Dos gráficos expostos anteriormente nas figuras 11 a 14, tem-se as sínteses para os parâmetros cor e turbidez apresentadas em frequências relativas e acumuladas, conforme as figuras 15 a 18 representadas a seguir.

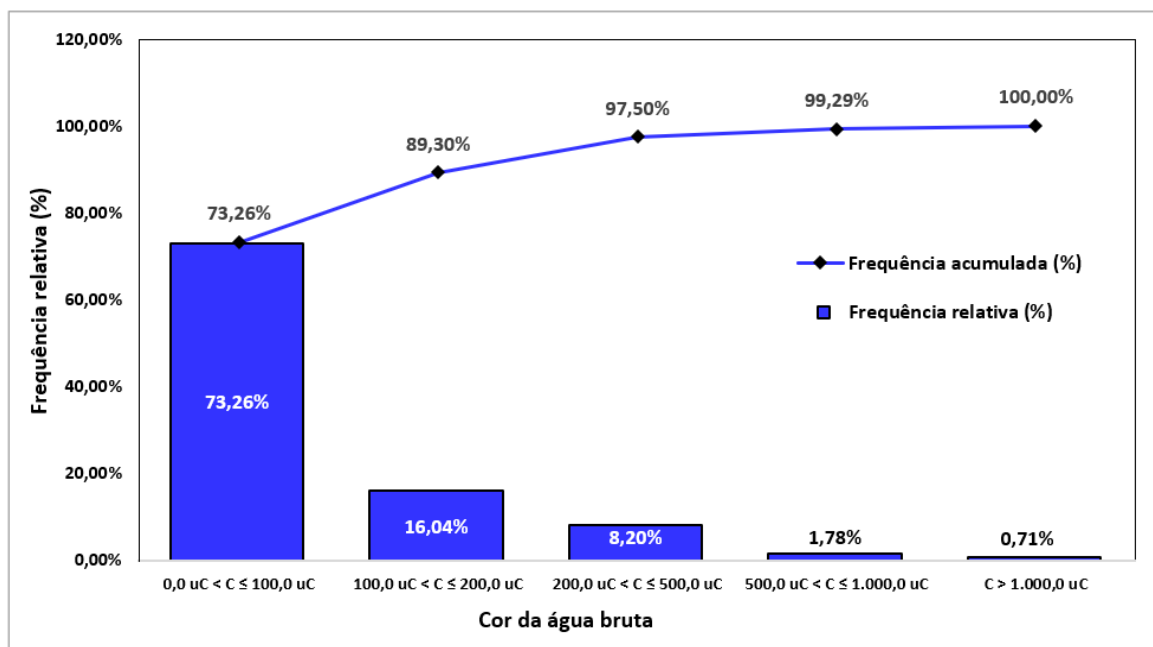


Figura 15: síntese das frequências diárias para o parâmetro cor da água bruta.

Fonte: empresa (2021).

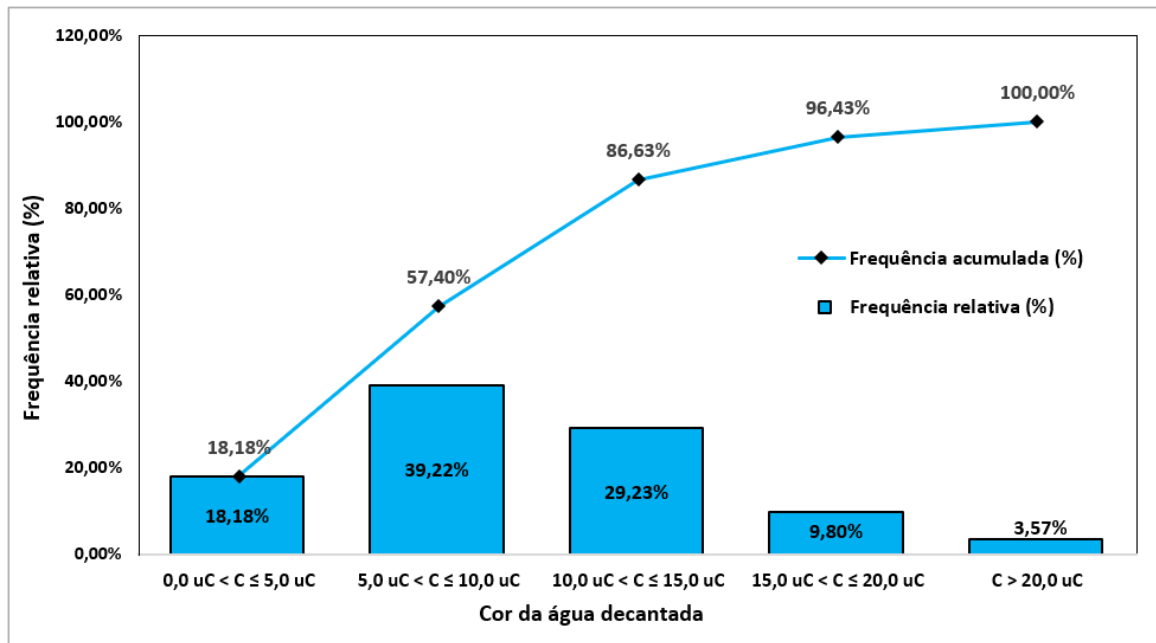


Figura 16: síntese das frequências diárias para o parâmetro cor da água decantada.
 Fonte: empresa (2021).

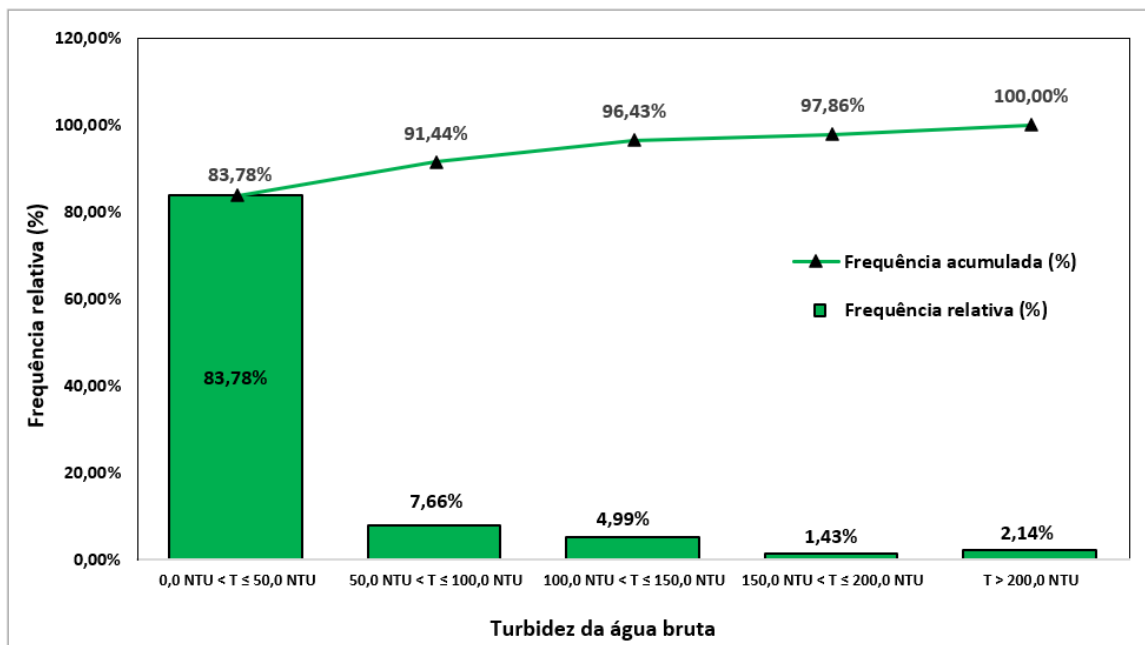


Figura 17: síntese das frequências diárias para o parâmetro turbidez da água bruta.
 Fonte: empresa (2021).

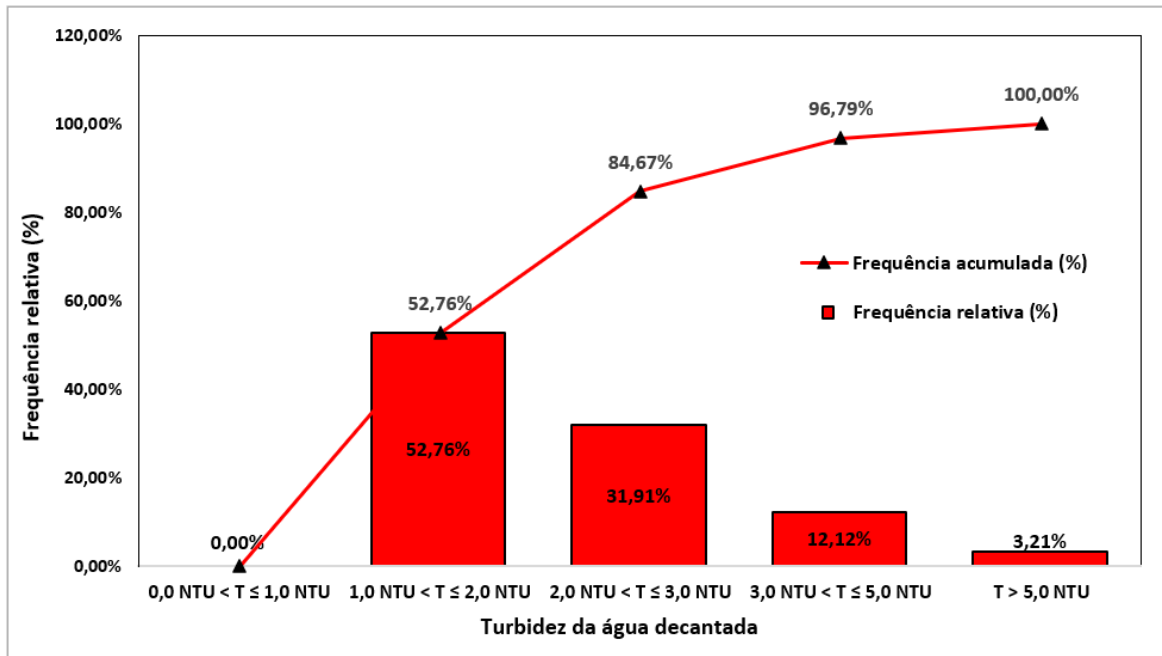


Figura 18: síntese das frequências diárias para o parâmetro turbidez da água decantada.
 Fonte: empresa (2021).

Através dos ensaios de sedimentação realizados, foram obtidos através das análises os valores para os parâmetros cor, turbidez e pH dos efluentes gerados durante as lavagens dos decantadores e filtros.

As figuras 19 a 24 mostradas a seguir representam as curvas dos parâmetros de estudo qualitativo, sempre utilizando como referência os parâmetros da água bruta e decantada.

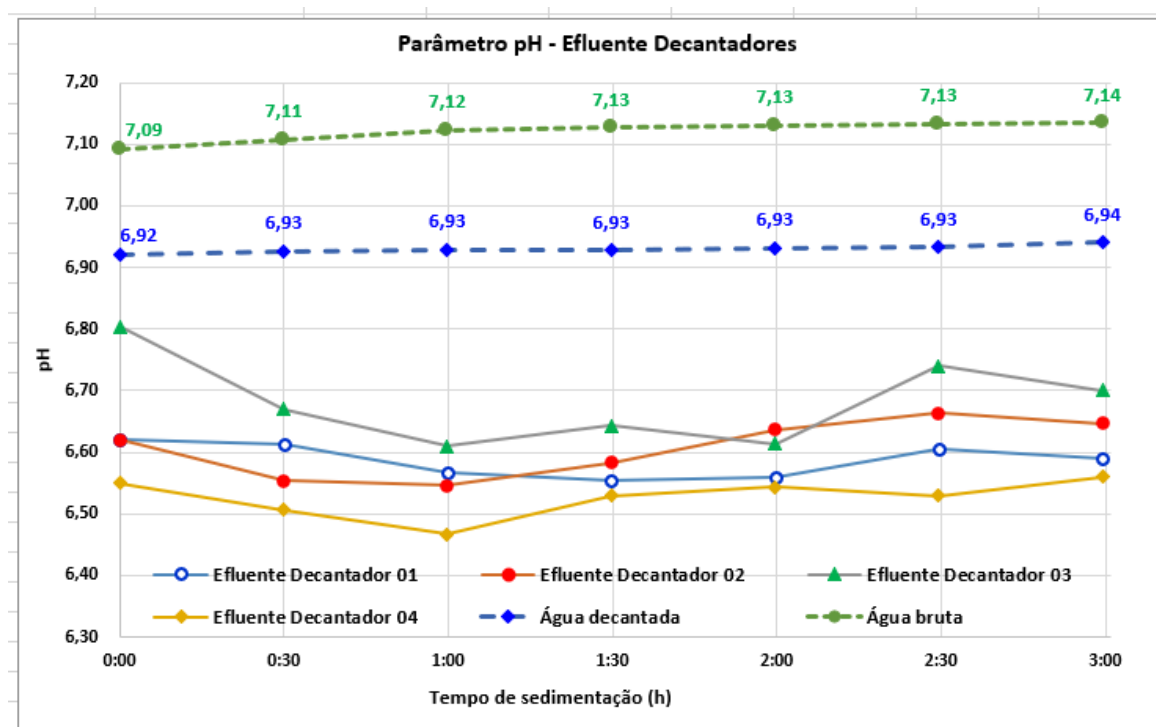


Figura 19: valores médios para o parâmetro pH (efluentes decantadores).
 Fonte: própria (2021).

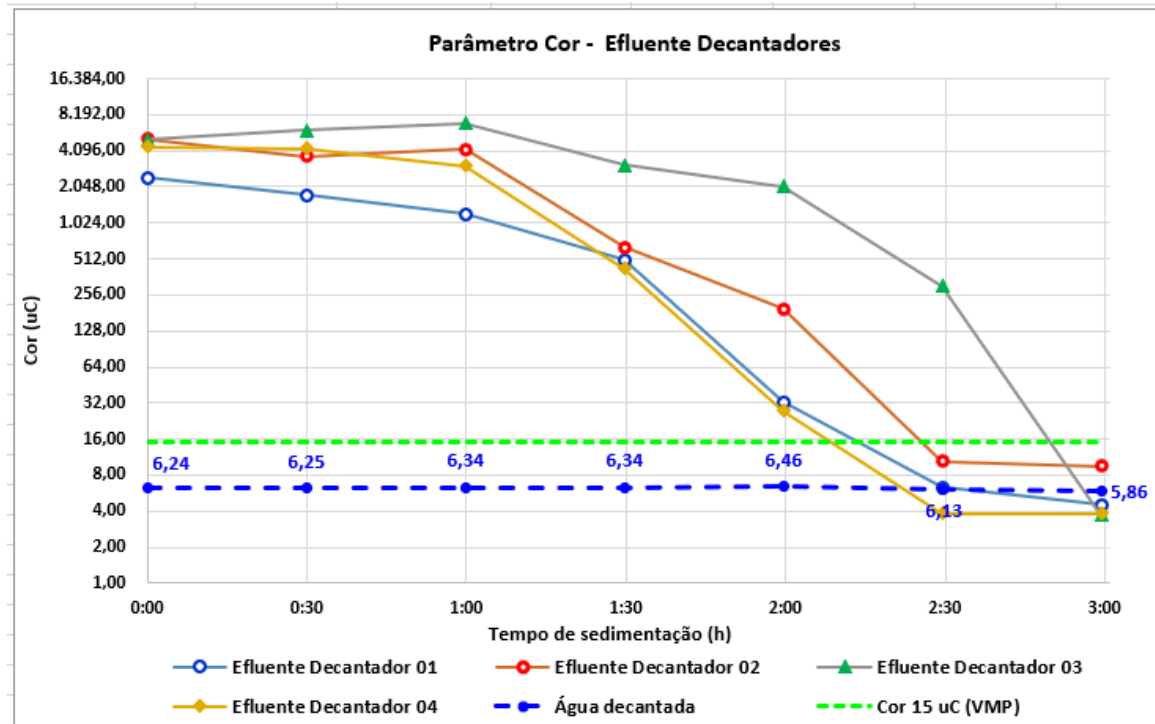


Figura 20: valores médios para o parâmetro cor (efluentes decantadores).
Fonte: própria (2021).

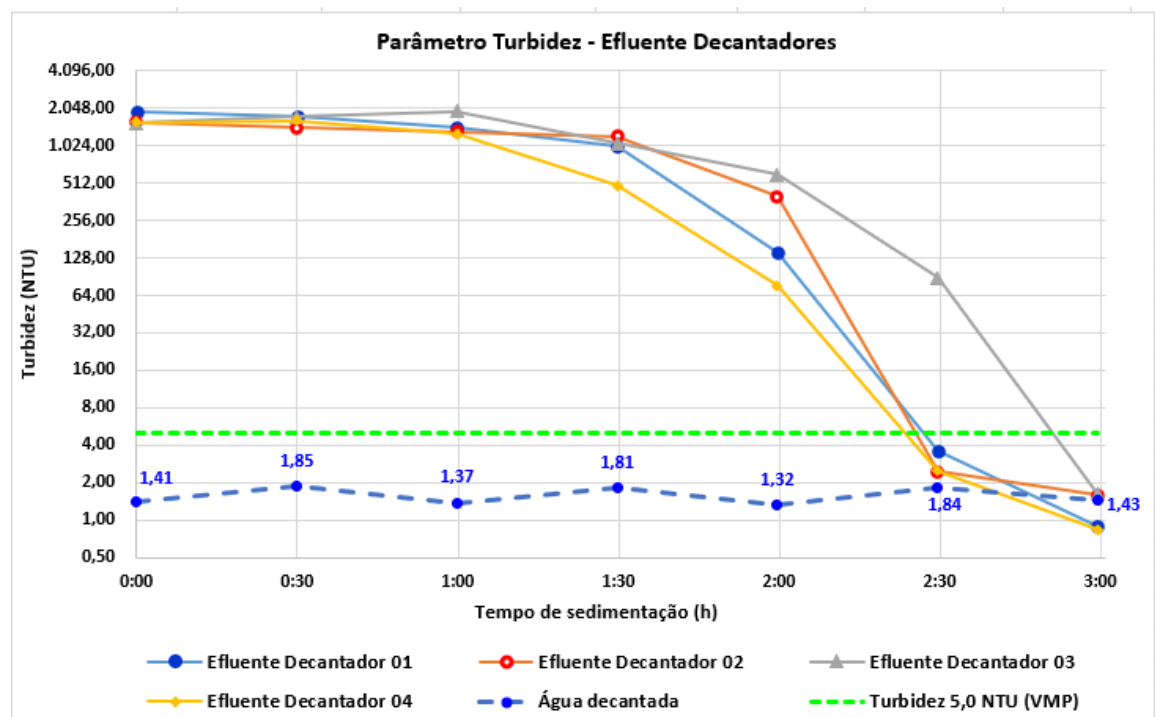


Figura 21: valores médios para o parâmetro turbidez (efluentes decantadores).
Fonte: própria (2021).

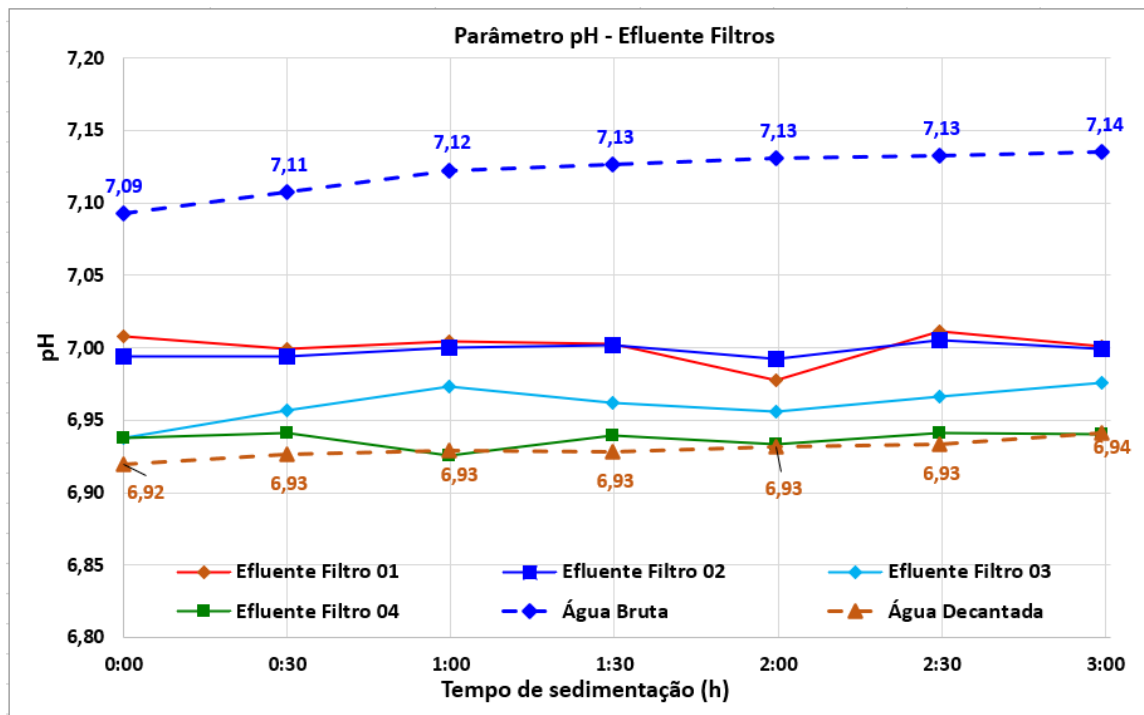


Figura 22: valores médios para o parâmetro pH (efluentes filtros).
 Fonte: própria (2021).

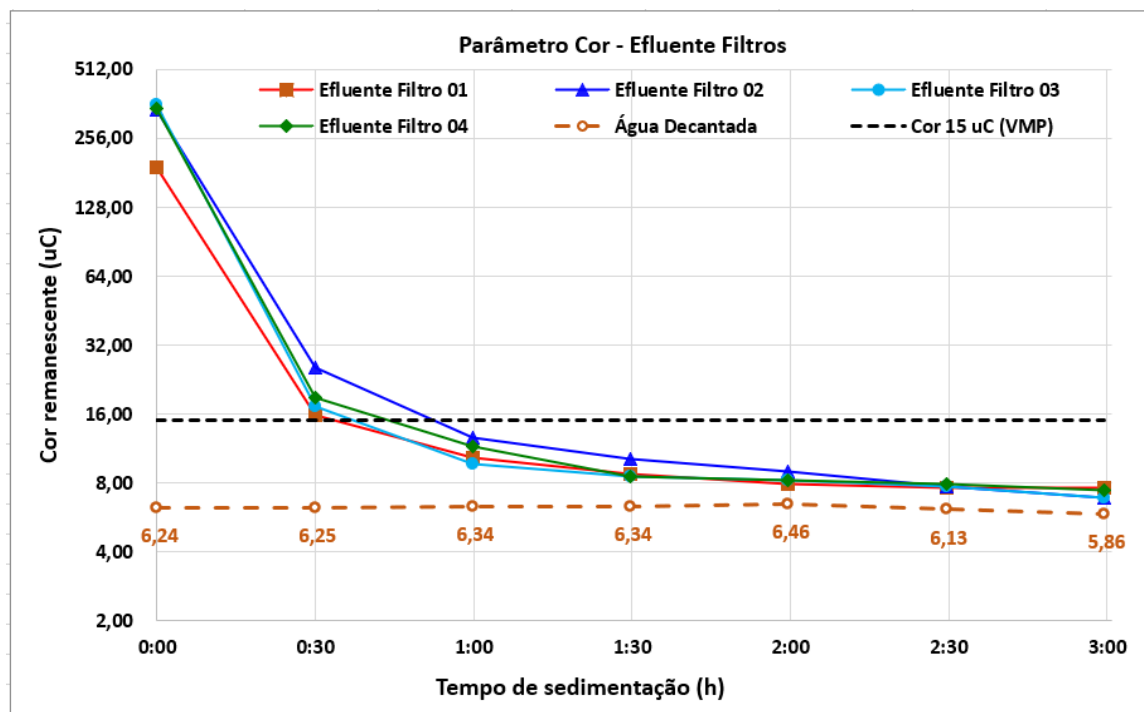


Figura 23: valores médios para o parâmetro cor (efluentes filtros).
 Fonte: própria (2021).

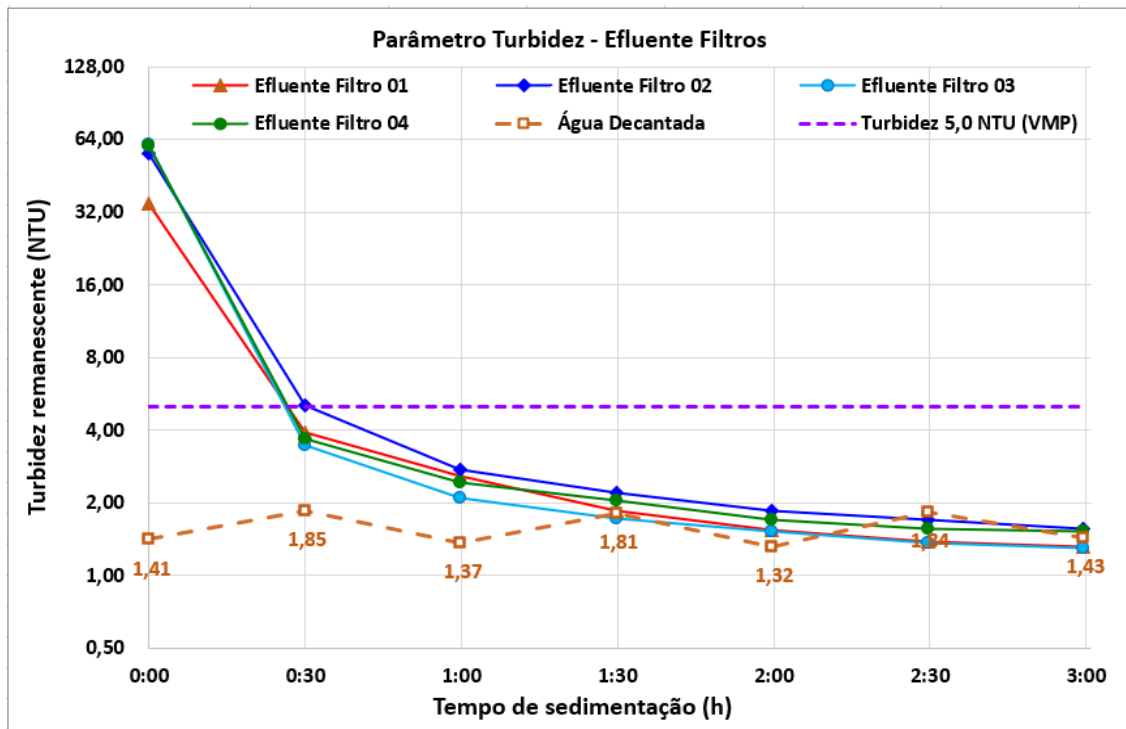


Figura 24: valores médios para o parâmetro turbidez (efluentes filtros).
 Fonte: própria (2021).

Para os gráficos 23 e 24 expostos anteriormente, foram utilizados os valores máximos permitidos (VMP) dos parâmetros cor e turbidez para a água tratada, conforme o anexo X da Portaria GM/MS 888/2021 como referência comparativa.

A figura 25 abaixo mostra os valores percentuais de perdas registrados no processo de tratamento.

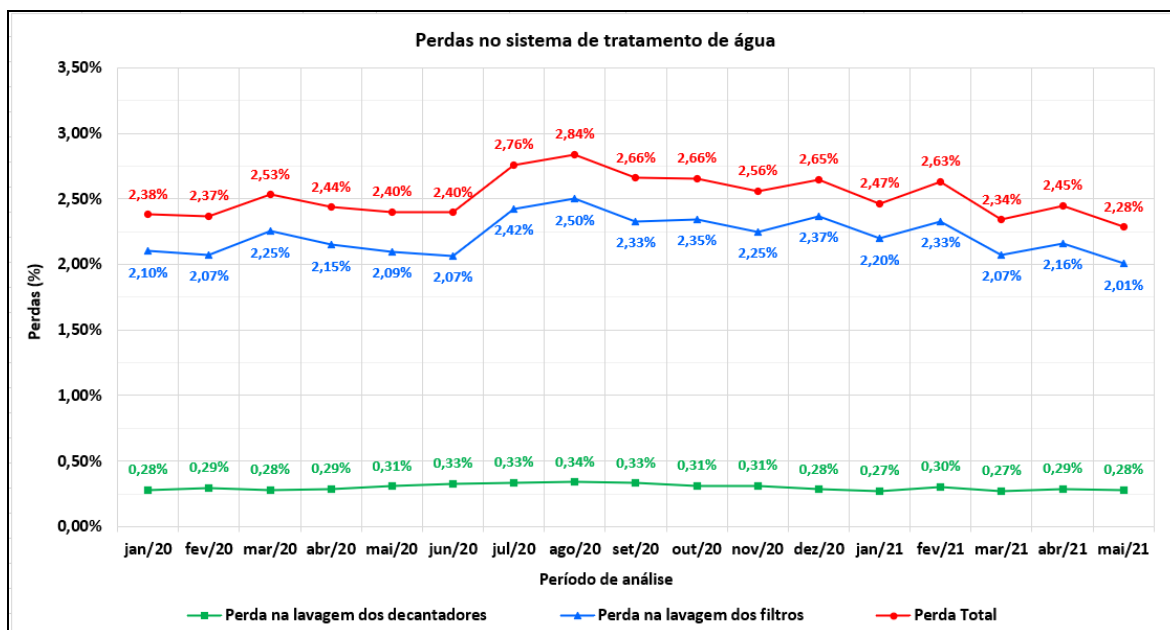


Figura 25: índice de perdas de água no processo de tratamento na ETA em Guaratinguetá.
 Fonte: própria (2021).

A figura 26 a seguir mostra o histórico de vazão aduzido a ETA em Guaratinguetá no período de estudo (01/janeiro/2020 a 20/julho/2021).

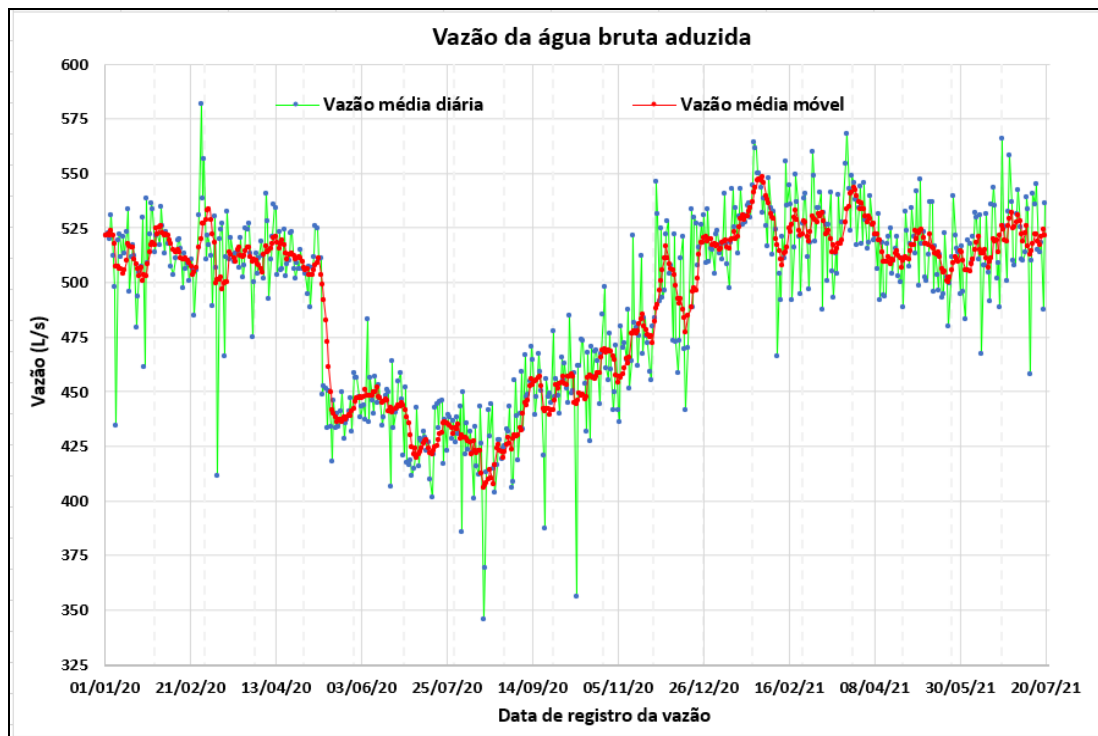


Figura 26: histórico de vazão aduzido na ETA em Guaratinguetá.
Fonte: própria (2021).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma vez realizados os ensaios de sedimentação com os efluentes dos decantadores e filtros, foram observadas as seguintes características:

1- Quantidade do volume clarificado

- 1.1- Efluente dos decantadores: aproximadamente 80 Lts dos 120 Lts (66,67%) do volume amostral apresentou cor e turbidez inferiores a 15 uC e 5 UNT respectivamente.
- 1.2- Efluente dos filtros: aproximadamente 115 Lts dos 120 Lts (95,83%) do volume amostral apresentou respectivamente cor e turbidez em torno de 15 uC e 5 UNT.

A tabela 01 a seguir descreve os volumes descartados durante as descargas e lavagens das unidades operacionais de decantação e filtração.

Tabela 01: Volume médio perdido por unidade operacional (m³).

Unidade Operacional	Volume mensal (m³)	Volume anual (m³)	Volume anual (%)
Decantadores	2.547	30.564	8,67%
Filtros	27.239	322.077	91,33%
Total	29.786	352.641	100,00%

Referência: janeiro/20 a dezembro/20.

Referente a esse quantitativo de água perdido no ciclo das lavagens das unidades operacionais, outro cenário foi observado: o volume de água anual para as unidades filtrantes não é proporcional ao volume mensal, como ocorre para as unidades de decantação. Em período de inverno na região, com característica de temperatura baixa e sem chuvas (denominado frio e seco), a água bruta apresenta os parâmetros cor e turbidez bastante baixos. Com isso, os decantadores retêm quase na totalidade os sólidos floculados, demandando menos dos filtros.

O volume perdido para as unidades filtrantes é maior em comparação às unidades de decantação devido às lavagens diárias necessárias para a obtenção da eficiência de tratamento na saída das unidades filtrantes para os parâmetros cor e turbidez, conforme a Portaria GM/MS nº 888/2011 (Potabilidade de água).

O tempo médio de campanha de filtração, carreira de filtração ou de operação dos filtros é de 14 hs, variando entre 8 a 28 h conforme os registros operacionais. Já o tempo médio de lavagem dos filtros é de 5 minutos. Todos os quatro filtros são lavados diariamente, sendo necessário lavar uma segunda vez, ao menos, dois deles.

A perda mínima diária de água na ETA é de 876 m³, quando ocorre apenas a lavagem dos filtros. Pode chegar a 1.846 m³, quando ocorre a lavagem dos filtros e a lavagem de um dos quatro decantadores (programação mensal, sendo um a cada dia).

Sendo a vazão média anual de 473,75 L/s (ano 2020), o volume mensal de água clarificada não aproveitado equivale à adução contínua durante o tempo de 17:27:08 h. Adotando o raciocínio análogo ao volume anual perdido, a adução contínua corresponderia ao tempo de 8 dias, 14 horas, 45 minutos e 55 segundos.

2- Qualidade do volume clarificado

2.1- Parâmetro pH: o efluente dos decantadores apresentou valor inferior ao da água decantada e com menor oscilação. Já para o efluente dos filtros, apresentou maior variação, estando em sua maioria superior ao da água decantada. Isso deve-se à utilização da água tratada em lavagem.

2.2- Parâmetro turbidez: os valores iniciais apresentaram-se elevados para ambos os efluentes, principalmente para o originado dos decantadores. O efluente dos filtros apresentou um decréscimo expressivo em intervalo de tempo menor em comparação ao do decantador por apresentar teor de sólidos bem inferior.

2.3- Parâmetro cor: Idem ao parâmetro turbidez quanto ao decréscimo. Para ambos os efluentes, o valor final após o ensaio de sedimentação equivalente à água decantada.

Através das informações apresentadas nos gráficos das figuras 20, 21, 23 e 24 (parâmetros cor e turbidez obtidos dos ensaios com os efluentes dos decantadores e filtros) com a das figuras 12 e 14 (parâmetros cor e turbidez da água decantada), é visualizado que os menores valores apresentados na série histórica da água decantada (junho a setembro) equivalem à água clarificada ou sobrenadante dos efluentes analisados com os valores apresentados no tempo final do ensaio de sedimentação.

3- Índice de perdas x insumos empregados no tratamento da água

Através da análise da figura 25, é visível que a perda no processo de tratamento de água não apresenta o valor de 3,00%. A princípio, um valor ínfimo e sem relevância. Mas, analisando o volume de água perdido mensalmente de 29.786.000 L, vê-se a grandiosidade do valor não reaproveitado ao longo do ano no processo de tratamento. Não se trata apenas do recurso hídrico descartado. Estão inclusos os valores financeiros correlacionados à mão de obra própria (MOP) empregada no tratamento da água, à energia elétrica consumida no recalque da água bruta e ao produto químico utilizado na etapa de coagulação.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Para os parâmetros físico cor e turbidez e o parâmetro químico pH avaliados (vide as figuras 19 a 24), o volume clarificado ou sobrenadante oriundo das lavagens dos decantadores e filtros apresentou valores aproximadamente iguais aos da água decantada (antes de ingressar nos filtros). Sendo assim, através da análise destes parâmetros, permitiria o retorno ao sistema de tratamento sem necessidade de adicionar o coagulante policloreto de alumínio (PAC), utilizado no sistema de tratamento.

A não padronização no procedimento de lavagem dos filtros acarreta variação no volume de água utilizado, consequentemente oscilando a quantidade descartada na atividade de manutenção da unidade operacional. A alta coluna de água ou carga no filtro não quer dizer que o mesmo não está filtrando. O indicativo para lavagem da unidade filtrante é o valor da turbidez registrado na amostra obtida na saída do filtro, no máximo de 1,0 NTU conforme a Portaria MS 888/2021.

Já quanto ao volume de água passível de reaproveitamento interno no processo de tratamento, corresponde ao volume micromedido de 29.786 m³. Quantidade esta equivalente ao de água tratada distribuída em região

abrangida por 12 dos 121 bairros (9,92%) da área urbana no município de Guaratinguetá. Essa região é constituída por 2.483 ligações e 2.665 economias, conforme o histórico de consumo registrado no período de março/21.

Para efeito de comparação, este volume médio perdido mensalmente seria capaz de atender a qualquer das seguintes situações: 1- o equivalente a 12 piscinas olímpicas (dimensões de 50,0 m x 25,0 m x 2,0 m – C x L x H); 2- um reservatório cilíndrico com 30 metros de diâmetro e 42,11 metros de altura (14 andares); 3- um reservatório prismático (cúbico) com dimensão aproximada de 31 m (10 andares).

Para maior certificação de viabilidade da recirculação do efluente, é importante a análise conjunta dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos. Desta forma, será pertinente as análises complementares para os parâmetros químico (residual de alumínio) e bacteriológico (*Escherichia Coli*, Coliformes Totais, (oo)cistos de *Cryptosporidium* e *Giardia*).

Durante as lavagens das unidades operacionais decantadores e filtros, ocorre o descarte de grande volume de efluente, este constituído pelas fases sólida e líquida. A porcentagem desta é bem superior em comparação a fração sólida devido a alta quantidade de lavagens das unidades filtrantes ocorridas diariamente.

O volume médio perdido mensalmente, seja total ou parcial, poderia ser destinado a finalidade não potável, tais como limpeza da rede coletora de esgoto em ações de desobstrução de rede ou ramal domiciliar e limpeza preventiva, assim como a lavagem de logradouros públicos em dias de feira livre no município. Desta forma, deixando de utilizar água potável para tais fins. A comercialização deste volume para diversas entidades, sejam públicas ou não, para fins não potável seriam um meio a agregar valor ao produto, incrementando receita a empresa.

A avaliação nas várias etapas do tratamento (coagulação, floculação, decantação e filtração) faz-se necessária ser contínua, de forma a maximizar a eficiência de cada unidade operacional na geração do produto final e minimizando as perdas. Com isso, melhora-se a imagem da empresa junto a sociedade no que concerne ao desperdício de água (benefício social), causa mudanças nos padrões de produto com impacto direto no custo (benefício econômico) e redução da captação de água superficial (benefício ambiental).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, Ailton César Teles de; GOMES, Janderson. **Análise das perdas na lavagem dos filtros da estação de tratamento de água em Pancas/ES**. Colatina: IFES, 2012.
2. BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2005. 318 p.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. **Normas e padrão de qualidade de água para consumo humano**. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562> > Acesso em: 11.mai.2021.
4. CAMPOS, Marlon Caianelo Dias. **Influência da recirculação de água de lavagem de filtros na qualidade da água tratada para consumo humano**. Campinas: UNICAMP, 2014.
5. DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. vol. 2. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005. 780 p.
6. FRANCO, Franciel Carneiro; MAIA, Carlos Henrique. **Reutilização da Água de Lavagem de Filtro na Estação de Tratamento de Água da cidade de Caçu/GO**. Rio Verde: UniRV, 2014.
7. FREITAS, Adieliton Galvão *et. al.* **Recirculação de água de lavagem de filtros e perigos associados a protozoários**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 37 – 46, jan/mar. 2010
8. MANCUSO, Pedro C. S.; SANTOS, Hilton F. **Reuso de água**. Barueri: Manole, 2003. 579 p.
9. OLIVEIRA, D.C. *et. al.* **Avaliação de desempenho de filtros rápidos de fluxo descendente: a importância da adequada operação**. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, XXX, Punta del Este, Uruguay, 2006. Anais... Montevideo: AIDIS, 2006
10. REVISTA HYDRO. **Reuso de água no Brasil**. (S.I.): Aranda, v.6, n.61, nov. 2011.
11. TELLES, Dirceu D'Alkmin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2010. 408 p.