

Remoção de indicadores indiretos de protozoários no tratamento de água de ciclo completo no semiárido brasileiro

O estudo avaliou os parâmetros turbidez e esporos de bactérias aeróbias, indicadores indiretos de protozoários, nas etapas de clarificação e filtração do tratamento de água em uma estação de tratamento de água (ETA) em escala real da região do Cariri paraibano, no semiárido brasileiro. A ETA foi monitorada durante 8 horas consecutivas, logo após a lavagem dos filtros, com intervalos de duas horas entre as coletas, observando a eficiência de remoção dos parâmetros em escala logarítmica. A etapa de clarificação da água foi ineficaz na redução da turbidez, que apresentou valores variando de 0 a -0,2 log, resultando no aumento da turbidez em relação à água bruta. Por outro lado, a remoção dos esporos de bactérias aeróbias, nesta etapa, obteve variação de 0,2 a 1 log. A etapa de filtração foi a responsável pela maior eficiência de tratamento, tanto de turbidez como de esporos, alcançando valores máximos de 0,5 e 1,6 log respectivamente. A remoção média quando comparada em conjunto às etapas de clarificação + filtração alcança 0,26 log para turbidez e 1,95 log para esporos, evidenciando nesse estudo a importância da filtração no tratamento de água. Devido ao subdimensionamento dos decantadores e outros problemas estruturais da ETA, não foi possível atender aos padrões de potabilidade preconizados pela legislação vigente, em relação aos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Esporos de bactérias aeróbias; Turbidez; Decantação; Filtração.

Removal of indirect indicators of protozoa in full-cycle water treatment in the Brazilian semi-arid region

The study evaluated the parameters turbidity and spores of aerobic bacteria, indirect indicators of protozoa, in the clarification and filtration stages of water treatment in a full-scale water treatment plant (ETA) in the Cariri region of Paraíba, in the Brazilian semi-arid region. The ETA was monitored for 8 consecutive hours, right after the filters were washed, with two-hour intervals between collections, observing the removal efficiency of the parameters on a logarithmic scale. The water clarification step was ineffective in reducing turbidity, which showed values ranging from 0 to -0.2 log, resulting in increased turbidity in relation to raw water. On the other hand, the removal of spores from aerobic bacteria, in this step, obtained a variation of 0.2 to 1 log. The filtration step was responsible for the highest treatment efficiency, both for turbidity and spores, reaching maximum values of 0.5 and 1.6 log respectively. The average removal when compared together to the clarification + filtration steps reaches 0.26 log for turbidity and 1.95 log for spores, showing in this study the importance of filtration in water treatment. Due to the undersized decanters and other structural problems of the ETA, it was not possible to meet the potability standards recommended by current legislation, in relation to the evaluated parameters.

Keywords: Aerobic bacteria spores; Turbidity; Decantation; Filtration.

Topic: Engenharia Sanitária

Received: 09/12/2022

Approved: 26/12/2022

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Amanda Laurentino Torquato 

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9586107560324398>
<http://orcid.org/0000-0002-1079-1315>
amanda.torquato02@gmail.com

Maria Gabriella Negromonte Barbosa 

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7455554219673210>
<http://orcid.org/0000-0002-7106-9940>
mariagabriellanegromonte@gmail.com

Thyago Nóbrega Silveira 

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2919903964357018>
<http://orcid.org/0000-0002-9679-2027>
thyagonobrega1996@gmail.com

Vera Lucia Antunes de Lima 

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5379077061489077>
<http://orcid.org/0000-0001-7495-6935>
vera.antunes.ufcg@gmail.com

Weruska Brasileiro Ferreira 

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5630172788119332>
<http://orcid.org/0000-0003-2381-3883>
weruskabrasileiro2016@gmail.com

Whelton Brito dos Santos 

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6407528093074339>
<http://orcid.org/0000-0002-2956-8260>
wheltonbrt@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.012.0007

Referencing this:

TORQUATO, A. L.; BARBOSA, M. G. N.; SILVEIRA, T. N.; LIMA, V. L. A.; FERREIRA, W. B.; SANTOS, W. B.. Remoção de indicadores indiretos de protozoários no tratamento de água de ciclo completo no semiárido brasileiro. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.12, p.69-77, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.012.0007>

INTRODUÇÃO

O controle da qualidade da água, principalmente quando destinada ao consumo humano, exige uma maior atenção por parte das autoridades responsáveis pelo seu tratamento e distribuição, visto a potencialidade da água em se tornar um veículo transmissor de doenças a partir da presença de microrganismos patogênicos e/ou substâncias que sejam deletérias à saúde humana. Sendo assim, dentre os componentes do saneamento básico, o sistema de abastecimento de água é considerado um dos serviços prioritários, devido a importância da sua universalização para a redução significativa da incidência de doenças e agravos relacionados à saúde.

Segundo o boletim epidemiológico da Secretaria de Vigilância em Saúde (2020), com base nos dados do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), pelo menos 7 milhões de brasileiros consomem água sem o tratamento mínimo exigido na norma de potabilidade de água. Desses, aproximadamente 42% são da região Nordeste (2.912.110 pessoas).

Os riscos à saúde humana provenientes do consumo de água de baixa qualidade são diversos, porém destacam-se aqueles associados a microrganismos patogênicos, compreendendo várias espécies de bactérias, vírus e protozoários. Dentre eles, vários protozoários possuem sua transmissão por meio do consumo de água, como por exemplo o *Cryptosporidium spp.*, a *Giardia duodenalis*, o *Toxoplasma gondii*, a *Cyclospora cayentanensis* e a *Isospora belli* (KARANIS et al., 2007).

A presença de microrganismos patogênicos como o *Cryptosporidium spp.* e a *Giardia spp.* em corpos hídricos que são destinados ao abastecimento público de água ocorre principalmente devido à contaminação dessas águas pelos dejetos de efluentes domésticos e industriais, como também lixiviação do solo contaminado por fezes de animais de sangue quente.

De acordo com a WHO (2011), os principais problemas associados a esses protozoários são: (i) elevada persistência ambiental de suas formas encistadas e que são excretadas pelo hospedeiro, os cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*; (ii) elevada resistência dos cistos e oocistos aos processos de desinfecção tradicionalmente utilizados em estações de tratamento de água (ETA), particularmente a cloração, sendo os oocistos de *Cryptosporidium* mais resistentes que os cistos de *Giardia*; (iii) baixas doses infectantes.

Sendo assim, a Portaria GM/MS nº 888/2021 que altera a de Consolidação nº 5/2017, preconiza que o monitoramento destes protozoários seja realizado quando for identificada a média geométrica anual maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*.100mL⁻¹ no (s) ponto (s) de captação de água (BRASIL, 2021), sendo este valor elevado, raramente encontrado nos reservatórios brasileiros.

Em relação ao monitoramento do parâmetro *E. coli*, de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2020), no Brasil, entre os anos de 2019 e 2020, houve um discreto aumento no percentual de municípios com mais de 99% das amostras de água com ausência de *E. coli*. Em 2020, dos 3.964 municípios brasileiros com dados informados, 245 (6,2%) não atenderam ao padrão bacteriológico medido pelo indicador. Em se tratando das regiões do Brasil que obtiveram as maiores e menores porcentagens, o

Nordeste e o Sul tiveram 87,9% e 97,6% dos seus municípios, respectivamente, que atenderam ao parâmetro de potabilidade estabelecido.

Nessa perspectiva, o monitoramento de todo o sistema de abastecimento de água torna-se essencial, exigindo uma fiscalização mais ativa em relação aos processos de tratamento, especialmente na etapa de desinfecção, cujo intuito é de garantir a eficácia na remoção/inativação dos microrganismos patógenos mais resistentes aos agentes desinfetantes e, assim, assegurar a qualidade microbiológica da água.

Sabe-se que as bactérias do grupo Coliformes, são facilmente eliminadas na etapa de desinfecção com o cloro, o que não acontece de forma tão eficiente com os protozoários, já que estes microrganismos indicadores possuem maior resistência à desinfecção e a situações adversas do meio. Sendo assim, uma amostra de água que apresente ausência de *E. coli* não está necessariamente segura e livre de outros microrganismos patogênicos de maior resistência.

No entanto, a análise para detecção dos protozoários é um processo laborioso e de alto custo, o que inviabiliza sua implantação na rotina das análises das estações de tratamento de água. Deste modo, outros indicadores têm sido testados para avaliação da remoção/inativação de cistos e oocistos de protozoários por meio do tratamento de água, entre os quais se destaca a metodologia de quantificação de esporos de bactérias aeróbias (EBA) (OLIVEIRA et al., 2018). A esporulação é um mecanismo de resistência/sobrevivência de bactérias saprófitas habitantes do solo e da água, porém alguns esporos aeróbios parecem ter se adaptado à vida no trato gastrointestinal de animais e de seres humanos (LOGAN, 2012).

Headd et al. (2016) citam uma série de similaridades entre oocistos de *Cryptosporidium* e EBA (ciclo de vida, semelhanças anatômicas e morfológicas, carga elétrica, hidrofobicidade, transporte, retenção, sobrevivência), que fazem dos esporos potenciais indicadores da presença/remoção de protozoários em água para consumo humano.

Assim como as bactérias do grupo coliformes, a turbidez é outro parâmetro de controle operacional preconizado na Portaria n° 888/21, que tem se consolidado como um indicador relevante para correlação com os protozoários. Tal associação deve-se à semelhança do tamanho das partículas dos cistos e oocistos de protozoários presentes em água, que se encontram na faixa de detecção de sólidos em suspensão (LOPES, 2008).

Xagarokai et al. (2004) verificou, em escala piloto que, quanto menor a turbidez da água no pré-filtração, melhor a eficiência da remoção de protozoários, com uma significância de até 2 log de remoção com uma variação de 0,5 uT do valor da turbidez da água pré-filtrada. Libânio et al. (2010) comprovaram que a remoção de 0,1 a 0,3 uT da turbidez da água filtrada está associada à redução de 1,0 log na remoção destes microrganismos. Pádua (2009), ao fazer um levantamento bibliográfico, concluiu que as pesquisas mais atuais apontam que se deve buscar atingir os menores valores possíveis de turbidez para garantir uma maior segurança hídrica quanto à remoção de protozoários, corroborando com a realidade da legislação nacional em vigor atualmente. Em concordância com estes estudos, a Agência de Proteção Ambiental Americana desde 1999 utiliza a remoção de turbidez como indicador da remoção de protozoários para água de abastecimento (USEPA, 1999).

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a remoção de indicadores indiretos de protozoários, através dos parâmetros de turbidez e esporos de bactérias aeróbias nas etapas de decantação e filtração em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) no semiárido brasileiro.

METODOLOGIA

A avaliação dos indicadores foi realizada na ETA-Cariri (Figura 1b), que está localizada no município de Boqueirão, Paraíba, sendo esta responsável pelo abastecimento de outros municípios do estado da Paraíba, pertencentes ao sistema adutor do Cariri, mais especificamente os municípios de Juazeirinho, Boqueirão, Soledade, Boa Vista, Cubati, São Vicente do Seridó, Olivedos, Pedra Lavrada e Cabaceiras. A água bruta é proveniente do reservatório Eptácio Pessoa (Figura 1a), conhecido por Açude de Boqueirão.

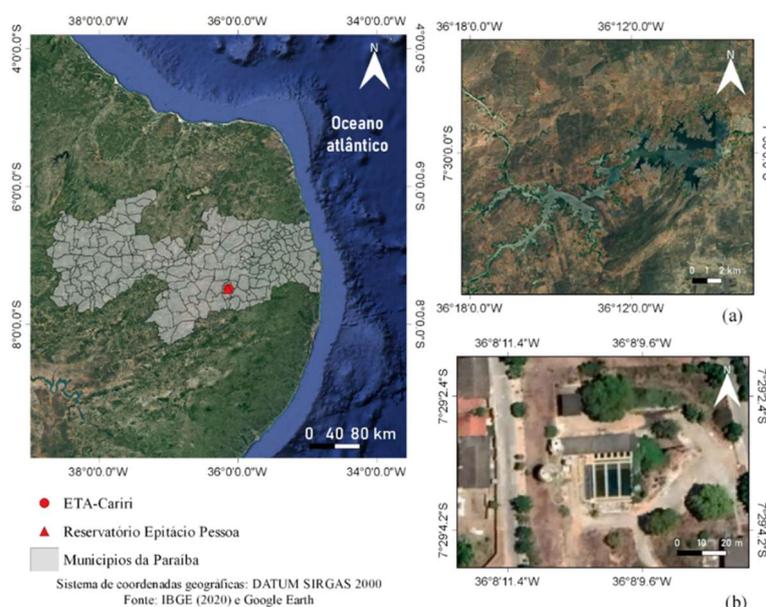


Figura 1: Localização do reservatório Eptácio Pessoa (a) e da ETA (b).

O reservatório Eptácio Pessoa também está localizado no município de Boqueirão, Paraíba, no semiárido brasileiro, cujos usos principais são o abastecimento humano e irrigação. O reservatório integra um dos contribuintes no alto curso da Bacia do Rio Paraíba, tem capacidade de armazenamento de 466.525.964 m³ (AESAs¹), é um dos maiores açudes da Paraíba e abastece 19 (dezenove) municípios circunvizinhos, incluindo Campina Grande, uma das principais cidades do estado. Seu gerenciamento está sob a responsabilidade do Departamento Nacional de Obras contra a Seca (DNOCS).

A ETA Cariri é uma estação de tratamento de água de ciclo completo, atualmente com uma capacidade de tratar 115 L.s⁻¹ (0,115 m³.s⁻¹), constituída pelas seguintes unidades: (i) Mistura rápida hidráulica em Calha Parshall com garganta de 9 polegadas (0,229 m), gradiente de velocidade de 1.523 s⁻¹, para vazão máxima, e tempo de mistura de 0,28 s com emprego do sulfato de alumínio como agente coagulante; (ii) floculadores hidráulicos de fluxo vertical, com três gradientes de velocidade; (iii) decantadores convencionais de fluxo de fluxo horizontal, com taxas de aplicação superficial teórica de 44,16

¹ Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas-grafico/?id_municipio=35&date_chart=2021-07-05&period=week>. Acesso em 03 de jul de 2021.

$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$; (iv) seis filtros rápidos de fluxo descendente, taxa de filtração unitária de $200 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, taxa de lavagem de $0,90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$; (vi) desinfecção com cloro gás em tanque de contato com capacidade máxima de 4.000 m^3 , que também serve como poço de sucção.

As coletas das amostras para realização das análises, aconteceram no dia 26 de junho de 2021 e foram realizadas em três pontos da ETA: na água bruta, na água decantada (no canal de água clarificada, após as etapas de coagulação, floculação e decantação) e na água filtrada, em um período de 8 horas consecutivas (das 7:00 às 15:00 horas), mantendo um intervalo de duas horas entre as coletas, totalizando cinco amostras. Destaca-se que na referida ETA não há a possibilidade de monitorar os filtros de maneira isolada, sendo necessário coletar amostras provenientes da união à jusante de todos os filtros existentes.

Após coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Referência em Tecnologias de Águas (LARTECA) para realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

Todo material desde a coleta às análises foi previamente limpo e esterilizado. As análises de turbidez foram realizadas pelo método nefelométrico através de turbidímetro (marca PoliControl; modelo AP2000) e as microbiológicas referentes a EBA realizadas pelo método da membrana filtrante, conforme metodologias estabelecidas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2012). Os dados de EBA e turbidez foram avaliados a partir da estatística descritiva e expressos em termos de log de remoção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é possível observar a estatística descritiva dos dados de turbidez e EBA obtidos no monitoramento da ETA durante 8 horas de funcionamento, bem como a representação gráfica da variabilidade dos dados na Figura 2a. A turbidez da água bruta variou de 1,08 a 1,31 uT, da decantada, de 1,24 a 1,92 uT e a filtrada de 0,58 a 0,79 uT, sendo possível verificar que o processo de clarificação eleva a turbidez da água decantada, enquanto os filtros conseguem remover boa parte da turbidez sem, contudo, atingir o padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente ($<0,5 \text{ uT}$).

Baixos valores de turbidez inicial da água bruta podem ter interferido no resultado, haja vista que o processo de tratamento de ciclo completo utilizando coagulantes inorgânicos possui esta limitação devido à dificuldade de formação de flocos densos. Diversos estudos apontam esta dificuldade de realizar o tratamento nestas condições iniciais, promovendo o acréscimo do valor do parâmetro turbidez da água decantada (SHEN, 2005; SILVEIRA et al., 2017).

Tabela 1: Estatística descritiva dos resultados de turbidez e esporos de bactérias aeróbias - EBA do monitoramento ao longo de 8 horas de operação da (ETA - Cariri).

Parâmetros	Turbidez (uT)			EBA (UFC.100mL ⁻¹)		
	Bruta	Decantada	Filtrada	Bruta	Decantada	Filtrada
Mínimo	1,08	1,24	0,58	$3,0 \times 10^5$	$4,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^3$
Máximo	1,31	1,92	0,79	$9,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$	$9,0 \times 10^4$
Média	1,18	1,54	0,69	$6,6 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$7,4 \times 10^3$
Percentil 25%	1,14	1,24	0,62	$4,0 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$	$6,0 \times 10^3$
Percentil 75%	1,24	1,91	0,75	$9,0 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$	$1,0 \times 10^4$

Já com relação aos EBA, pode-se perceber uma oscilação significativa de esporos durante o período observado na água bruta, como fica mais evidente na Figura 2b. Este comportamento também foi observado por Oliveira et al. (2017) na análise de EBA em uma estação de tratamento de água de ciclo completo, uma vez que é comum tal amplitude de dados na observação de amostras ambientais. Já os valores para a água decantada, obteve variação mínima na ordem de 10^4 , enquanto a média e máxima mantiveram-se na ordem de 10^5 , sem grandes variações. Para a água filtrada, obteve-se os valores mínimos e médios em uma ordem de 10^3 e máximo de 10^4 , o que demonstra a eficiência da etapa de filtração.

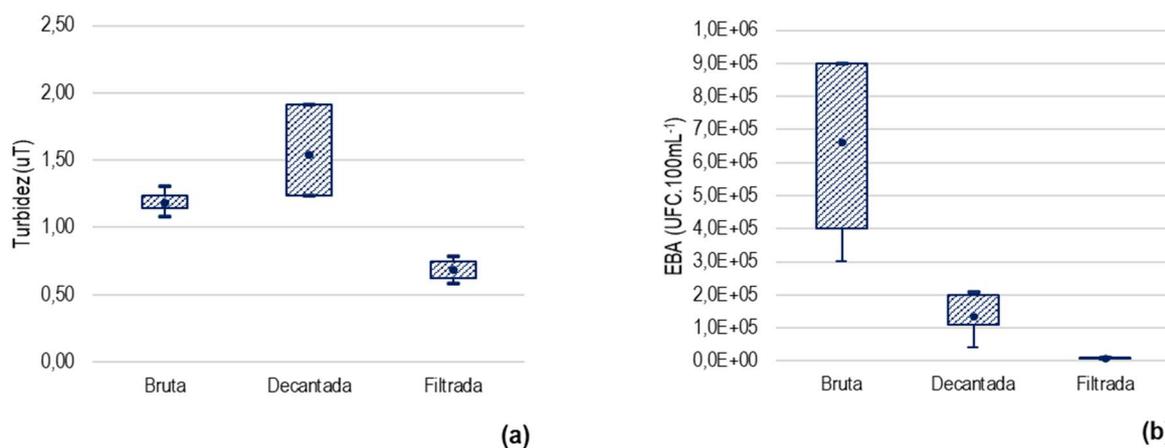


Figura 2: Variabilidade dos dados de turbidez (a) e EBA (b) do monitoramento ao longo de 8 horas de operação da ETA.

Ao avaliar a eficiência de remoção de turbidez (Figura 3a) na água decantada, observou-se a ineficiência do processo ao longo do período monitorado. Tal ineficiência pode ser justificada pelo acúmulo de sólidos ocorridos no decantador, os quais não tiveram área de sedimentação para que ocorresse a retenção dos sólidos em virtude do subdimensionamento da unidade de decantação. Durante a operação observou-se arraste de flocos na unidade em questão (Figura 4), comprovados por esses valores, que reforçam a sobrecarga exercida sobre os filtros e o aumento da frequência de lavagem e volumes elevados de água para essa finalidade, que contribui para o risco de crise hídrica nos municípios que são abastecidos pela ETA.

No entanto, quando avaliado os processos de clarificação em conjunto com o de filtração, a eficiência se assemelha com o processo de filtração isolado, o que evidencia a importância desta operação unitária na remoção de partículas em suspensão. Evidencia-se ainda que os filtros não perderam sua eficiência durante o período de 8 horas de funcionamento. Apesar disso, a ETA não conseguiu atingir o padrão de potabilidade exigido pelas normas em vigor (turbidez < 0,5uT).

A Figura 3b apresenta o log de remoção de EBA ao longo do período monitorado, podendo-se perceber o aumento da eficiência da ETA com o passar do tempo, tendo seu melhor índice de remoção na oitava hora monitorada (2,5 logs). Neste tempo, percebe-se a oscilação de eficiência dos filtros, sendo o período de 2h de carreira até as 6h um decréscimo na remoção, enquanto na oitava hora, tem-se o melhor resultado de remoção de EBA do período (1,5 log). Este fenômeno é comum após a lavagem dos filtros, quando se trata de turbidez, uma vez que este necessita de um tempo de operação para conseguir atingir

seu ápice de eficiência (FERREIRA FILHO, 2017; LIBÂNIO, 2016).

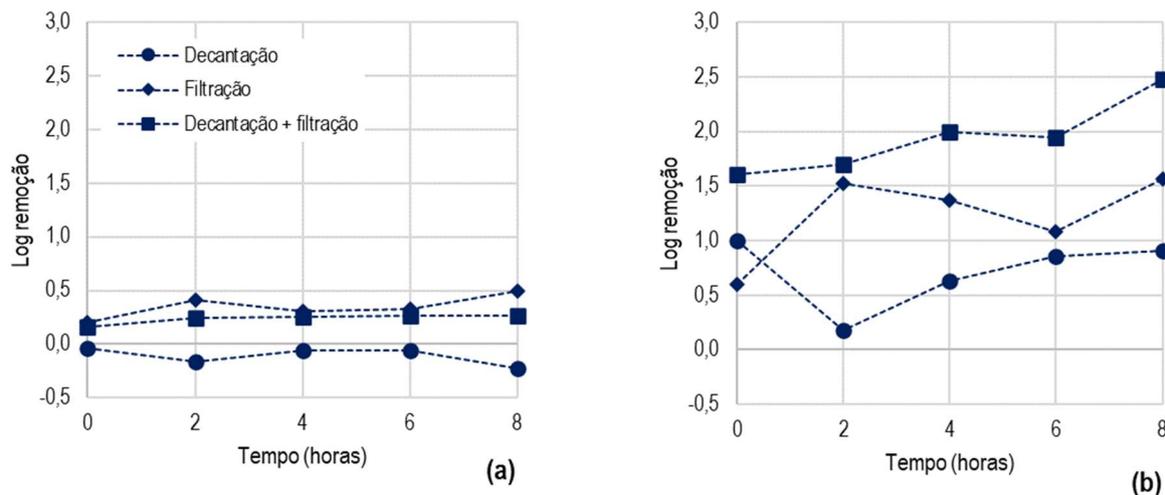


Figura 3: Resultados de remoção de turbidez (a) e EBA (b) ao longo de 8 horas de monitoramento da ETA.

Já o decantador, a partir da segunda hora de observação, apresenta um constante aumento da eficiência de remoção de EBA. Este comportamento pode ser explicado devido ao acúmulo de flocos nas proximidades dos furos da calha de coleta de água decantada, que se forma com o passar do tempo de operação, formando uma espécie de 'cortina' de flocos (Figura 4), que pode reter a passagem de EBA. Contudo, tal ressuspensão também eleva a turbidez à água, possivelmente pela passagem de parcela dos flocos para a água decantada.



Figura 4: Incrustação de flocos nas calhas de coleta de água decantada.

Com base na Figura 5 podemos observar que a unidade de filtração foi mais eficaz tanto na remoção de turbidez como de EBA, porém, a remoção de turbidez nesta etapa deu-se de forma bastante discreta (0,2 a 0,5 log) ao longo do monitoramento. Já na unidade de decantação, este processo se mostrou ineficaz variando de 0 a -0,2 log de remoção, resultando no aumento da turbidez. Percebe-se que em relação à remoção dos esporos, obteve-se uma máxima de 1 log na etapa de decantação e 1,6 log na filtração,

resultados esses que corroboram com o monitoramento realizado por Rice et al. (1996) em uma ETA em escala real, onde obteve remoções de 0,85-1,19 log na decantação e 1,69-2,57 log na filtração.

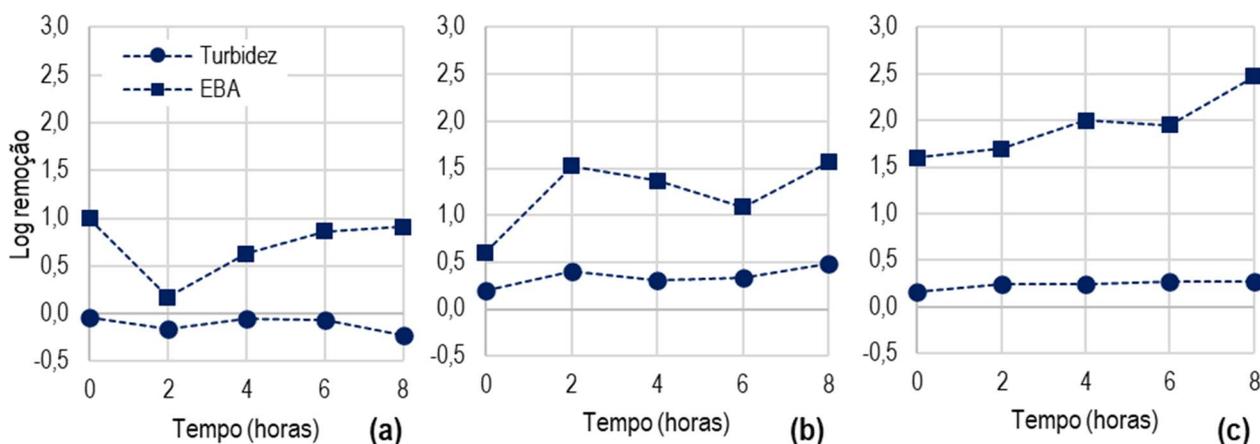


Figura 5: Resultados da remoção de turbidez e EBA na decantação (a), filtração (b) e na decantação + filtração (c) na ETA

A média da remoção de turbidez e EBA na decantação + filtração (Figura 5c) foi de 0,26 log e 1,95 log respectivamente, Oliveira et al. (2017) no monitoramento em uma ETA de ciclo completo em escala real, obtiveram médias de remoção de 1,41 log para turbidez e 2,1 log para EBA. Nota-se que os resultados em relação ao log de remoção de EBA, ambos os estudos se assemelham, porém, quando comparados os dados de turbidez, observou-se uma disparidade muito alta entre os estudos, apresentando uma ineficiência em relação a remoção desse parâmetro em nosso estudo. Este fato pode ser devido a uma sequência de problemas relacionados à estrutura da ETA, desde a falta de uma velocidade específica nos floculadores, bem como o subdimensionamento do decantador.

De forma geral, quando avaliado os resultados obtidos nesse estudo com a Portaria nº 888/21, na qual estabelece turbidez < 0,5 uT e remoção de 2,5 log de EBA após o processo de tratamento. Percebe-se que a ETA não atende aos valores preconizados em nenhum dos períodos monitorados, com exceção da remoção de EBA na oitava hora de monitoramento, que atingiu o valor de 2,5 log após uma crescente de eficiência na estação (Figura 5c). A progressiva eficiência de remoção de EBA sinaliza a importância de verificar qual o melhor tempo de coleta para as análises de EBA após o período de lavagem de filtros, tendo em vista que este muda sua eficiência de tratamento com o passar do tempo, quando se trata de turbidez (FERREIRA FILHO, 2017). Sugere-se ainda para estudos futuros um maior tempo de acompanhamento da ETA até o fim de carreira das unidades de filtração a fim de avaliar o comportamento da remoção de EBA ao longo de sua operação.

CONCLUSÕES

Com base nesse estudo pode-se concluir que: A etapa de filtração se mostrou mais eficiente na remoção dos parâmetros avaliados em comparação com a de clarificação; A ineficiência na etapa de clarificação pode ser atribuída ao subdimensionamento do decantador, indicando que estações de tratamento de água subdimensionadas podem enfrentar dificuldades para atender aos parâmetros de

potabilidade; A ineficiência na remoção de turbidez pode estar relacionada aos baixos valores de turbidez inicial na água bruta, tendo em vista que o tratamento de ciclo completo, na qual utiliza coagulantes inorgânicos, que possuem limitações devido à dificuldade de formação de flocos densos; O estudo apontou a necessidade de se avaliar o comportamento da remoção de EBA em todo o período de carreira dos filtros; Ambos os parâmetros avaliados não atenderam aos padrões de potabilidade preconizados na Portaria 888/21 durante o período avaliado; Destaca-se a importância de se avaliar a concepção da legislação para as realidades locais, tendo em vista as características das águas naturais, bem como, a realidade das estações de tratamento de água; A remoção de esporos de bactérias aeróbias sugere um potencial indicador indireto da eficiência de inativação de protozoários, portanto, são necessários mais estudos, principalmente de remoções de EBA, cistos de *Giardia* e de oocistos de *Cryptosporidium* simultaneamente.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WPCF. American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington: APHA, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual do sistema de informação de vigilância da qualidade da água para consumo humano – SISAGUA**. Brasília: MS, 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Relatório de avaliação anual 2020. Brasília: DOU, 2022.

BRASIL. **Portaria GM/MS n. 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: DOU, 2021.

FERREIRA FILHO, S. S.. **Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2017.

HEADD, B.; BRADFORD, S. A.. Use of aerobic spores as a surrogate for cryptosporidium oocysts in drinking water supplies. **Water Research**, v.90, p.185–202, 2016.

KARANIS, P.; KOURENTI, C.; SMITH, H.. Waterborne transmission of protozoan parasites: A worldwide review of outbreaks and lessons learnt. **Journal of Water and Health**, v.5, n.1, 2007.

LIBÂNIO, M. VIANA, M.. Turbidez da água bruta x parâmetros hidráulicos: Afinal, o que é mais relevante no desempenho das estações de tratamento de água? In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6. **Anais**. ABES, 2010.

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4 ed. Campinas: Átomo, 2016.

LOGAN, N. A.; DEVOS, P.. **Genus I. Bacillus Cohn 1872**,

Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2012.

LOPES, G. J. R.. **Avaliação da turbidez e do tamanho de partículas como parâmetros indicadores da remoção de oocistos de *Cryptosporidium spp.* nas etapas de clarificação no tratamento da água em ciclo completo**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

OLIVEIRA, K. C.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, C. V.. Esporos de bactérias aeróbias são bons indicadores da eficiência do tratamento de água? Um estudo exploratório. **Eng. Sanit Ambient.**, v.23 n.6, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522018151590>

PÁDUA, V. L. ÁGUA. Remoção de microrganismos emergentes e micro contaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. ABES. **Projeto PROSAB**, Belo Horizonte, v.1, p.392, 2009.

RICE, E. W.; FOX, K. R.; MILTNER, R. J.; LYTLE, D. A.; JOHNSON, C. H.. Evaluating plant performance with endospores. **Journal of the American Water Works Association**, v.88, n.9, p.122–130, 1996.

SHEN, Y. H.. Treatment of low turbidity water by sweep coagulation using bentonite. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v.80, n.5, p.581-586, 2005.

SILVEIRA, T. N.; BARBOSA, M. G. N.; PEQUENO, L. A. B.; SANTOS, W. B.; FERREIRA, W. B.. Performance de coagulantes orgânicos e inorgânicos por meio de diagrama de coagulação em águas naturais. **Gesta**, v.7, n.1, p.16-25, 2019

XAGAROKAI, I.; GREGORY, W. H.; ASSAVASILAVASUKUL, P.; STANDRIDGE, J. H.. Removal of emerging waterborne pathogens and pathogens indicators. **Journal of the American Water Works Association**, v.96, n.5, p.102-113, 2004.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 4 ed. Geneva: WHO, 2011.