

ESTUDO DE TRATABILIDADE EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAPILOTO PARA REMOÇÃO DE CISTOS DE GIÁRDIA E OOCISTOS DE CRYPTOSPORIDIUM

Maria Gabriella Negromonte Barbosa¹

Weruska Brasileiro Ferreira²

O objetivo da pesquisa foi avaliar o tratamento de água na remoção de protozoários por meio da utilização de parâmetros adotados como indicadores indiretos destes patógenos. A pesquisa foi dividida em duas etapas, sendo a primeira (Etapa I) um estudo de tratabilidade em escala de bancada com a aplicação de diferentes coagulantes e os melhores resultados extrapolados para escala piloto (Etapa II) com duas configurações de filtração diferentes. Foi verificado a competência do tratamento em relação aos parâmetros avaliados. Foi possível verificar que o coagulante orgânico Tanfloc SL demonstrou a maior eficiência para a operação em escala piloto, com 52% de remoção turbidez para águas do Eptácio Pessoa e 43% para o Açude de Bodocongó em concentrações de 25 mg/L e 50 mg/L, respectivamente, em um valor de pH 8,0. Os resultados das análises microbiológicas mostraram que houve eficiência de remoção de 72% de EBA, 100% de coliformes termotolerantes e 100% de *E. coli* nas amostras do reservatório Eptácio Pessoa, e

1 Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Aluna Bolsista, CCT, Campus I, Laboratório de Referência em Tecnologias de Águas, mariagabriellanegromonte@gmail.com

2 Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Professora Orientadora, CCT, Campus I, Laboratório de Referência em Tecnologias de Águas, weruska_brasileiro@yahoo.com.br

75% de EBA, 94% de coliformes termotolerantes e 40% de *E. coli* nas águas do reservatório Bodocongó, obtidos por dupla filtração, na quarta hora de operação em escala piloto.

Palavras-Chave: Indicador de qualidade de água, turbidez, esporos de bactérias aeróbias, *Escherichia coli*.

INTRODUÇÃO

Águas destinadas ao abastecimento humano possuem risco de serem poluídas por águas residuárias e dejetos de origem animal ou humano, deste modo, podem conter microrganismos patogênicos e se tornarem um veículo de transmissão de doenças. Assim, a qualidade microbiológica da água é frequentemente avaliada por meio de microrganismos presentes no trato intestinal, como a *Escherichia coli*.

De acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (PRC nº5/2017), anexo XX, no Inciso I do Artigo 31 “quando for identificada média geométrica anual maior ou igual a 1000 *Escherichia coli*/100ml deve-se realizar monitoramento de cistos de *Giárdia* e oocistos de *Cryptosporidium* nos pontos de captação de água” (BRASIL, 2017).

O monitoramento de protozoários em águas tratadas é laborioso, principalmente devido à sua baixa concentração na massa líquida, à inabilidade em aumentar o número de indivíduos em cultura *in vitro* e às dificuldades de identificação quando misturados com outras partículas (LIBÂNIO, 2010). Por isso, devido às dimensões físicas dos protozoários apresentarem uma relação direta com o parâmetro turbidez, este indicador tornou-se um excelente referencial para avaliação da eficiência na remoção de protozoários em águas tratadas para abastecimento humano.

A turbidez tem sido correlacionada com a presença de protozoários uma vez que águas turvas podem proporcionar abrigo a estes microrganismos, já que os oocistos possuem boa capacidade de aderir a compostos orgânicos e inorgânicos. Portanto, quanto maior o grau de turbidez, maior a possibilidade destes patógenos serem encontrados tanto em águas tratadas, quanto em águas não tratadas (LIMA; STAMFORD, 2003).

Xagarokai et al. (2004) verificaram em escala piloto que, quanto menor a turbidez da água na pré-filtração, melhor a eficiência da remoção de protozoários, com uma significância de até 2 log de remoção em 0,5 uT de turbidez da água pré-filtrada. Libânio e Viana (2010) comprovaram que a elevação 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) concluiu que as pesquisas mais atuais apontam que se devem buscar os menores valores possíveis de turbidez para garantir uma maior segurança hídrica quanto a remoção de protozoários.

No entanto, cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*, por apresentarem, respectivamente, dimensões de 8-15 μm e 4-6 μm , e possuírem características semelhantes às de partículas coloidais, com o potencial zeta negativo, são passíveis de remoção através das operações unitárias empregadas nas estações de tratamento de água, como coagulação, floculação, decantação e filtração. Porém, para que ocorra sucesso na remoção, é preciso um rigoroso controle operacional (SILVEIRA, 2018).

Mas, a principal barreira sanitária para garantir a distribuição da água isenta de protozoários é a filtração, em razão das dimensões dos espaços intersticiais do meio filtrante que favorecem a retenção desses microrganismos no seu processo de transporte.

Entretanto, existe uma necessidade de ampliação no que se diz respeito a estudos voltados a influência da turbidez como indicador de remoção de oocistos de protozoários, além de que, em estudos como os de Lopes (2009), Nascimento (2009) e Nieminski et al. (2010), é exposto que os indicadores microbiológicos de qualidade da água, como coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli*, não possuem uma correlação relevante com a presença de *Cryptosporidium* e *Giardia*.

Com isto, é inevitável a busca por indicadores mais precisos em relação a ocorrência destes microrganismos, como é o caso dos esporos de bactérias aeróbias (EBA) que, segundo Brown e Cornwell (2007), são onipresentes em águas superficiais em todas as épocas do ano e apresentam-se em maiores concentrações que os protozoários, podendo ser utilizados como método de avaliação da capacidade de Estações de Tratamento de Água (ETA) em remover *Cryptosporidium*, demonstrando que oocistos de *Cryptosporidium*

são mais eficientemente removidos que as EBA durante o tratamento de água envolvendo clarificação e filtração.

Neste contexto, foi observado que o monitoramento dos esporos destas bactérias oferece uma estimativa conservadora do potencial de remoção de *Cryptosporidium*, por possuírem um comportamento hidráulico e mecanismos de remoção análogos aos dos protozoários, assim como a metodologia de identificação e quantificação ser mais simples e de menor custo para a implementação do controle microbiológico da água nas ETA's (MARTINS, 2012).

Diante do exposto, o presente trabalho propõe o estudo de técnicas de tratamento de água que indicam a remoção de protozoários ao longo do tempo de operação de uma estação de tratamento, por meio de parâmetros que podem ser direcionados como indicadores indiretos de remoção destes patógenos. Além disso, o trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Estudar a influência de dosagens de diferentes agentes coagulantes (orgânicos e inorgânicos) e faixa de pH por meio de ensaios de tratabilidade em escala de bancada, empregando águas brutas de mananciais superficiais;
- Construir diagramas de coagulação para os diferentes coagulantes estudados e avaliar os mecanismos de coagulação mais adequados para a remoção de turbidez;
- Avaliar a eficiência dos diferentes coagulantes analisados durante os estudos de tratabilidade em escala de bancada, de acordo com as maiores eficiências de remoção de cor aparente e turbidez;
- Verificar a influência qualitativa das dosagens dos coagulantes nos resultados de água decantada por meio de parâmetros físico-químicos;
- Verificar a melhor concepção de tratamento de água para a remoção de turbidez, cor aparente, *Escherichia coli* e EBA da água filtrada.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada conforme as etapas descritas, de forma simplificada, na Figura 1 e nos itens subsequentes.

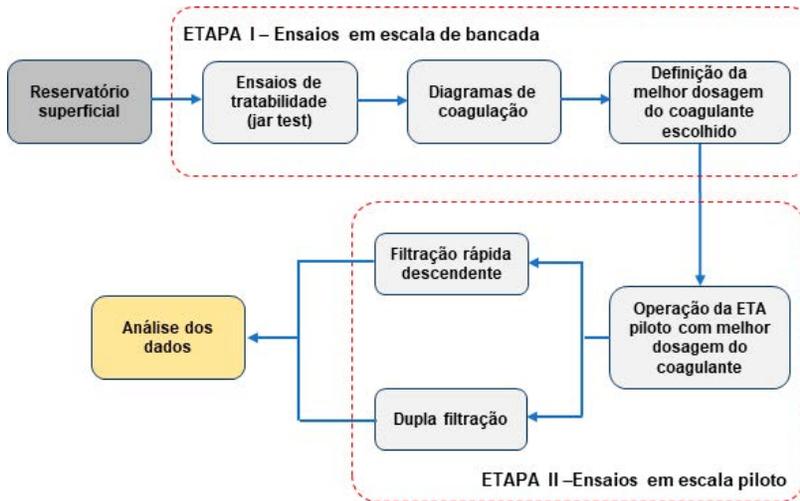


Figura 1 – Fluxograma esquemático das etapas da pesquisa

A pesquisa foi dividida em duas etapas: uma em escala de bancada a fim de identificar as melhores dosagens de coagulantes em diferentes faixas de pH e a segunda em escala piloto com o intuito de avaliar a melhor concepção de tratamento para remoção de microrganismos indicadores indiretos de remoção de protozoários.

Caracterização dos reservatórios de estudo

Para a execução deste estudo foram utilizadas as águas brutas dos reservatórios Epitácio Pessoa e Bodocongó, localizados no estado da Paraíba.

Com 411.686.287 m³ de capacidade máxima de armazenamento de água, o reservatório Epitácio Pessoa, popularmente conhecido como Boqueirão, é o terceiro maior açude da Paraíba na atualidade (AESAs, 2017), sendo hoje responsável pelo abastecimento de 19 municípios, entre eles Campina Grande (CAGEPA, 2018). Está localizado na porção do alto curso da Bacia do Rio

Paraíba, na região do semiárido brasileiro, que possui um embasamento cristalino, gerando dureza e alcalinidade elevadas na água, o que limita seu uso na indústria e na irrigação (PERH - PB, 2006).

Localizado no município de Campina Grande, no Agreste Paraibano, o reservatório Bodocongó foi construído entre os anos de 1915 e 1917 com capacidade máxima de 1.000.000 m³, na confluência do rio Bodocongó com o rio Caracóis, cujo objetivo era de aumentar a disponibilidade de água para o abastecimento humano, devido à escassez na região. Todavia, os elevados níveis de salinidade deste reservatório o tornaram inapropriado para tal fim. Atualmente, tornou-se um receptor de águas residuárias domésticas e industriais (CARVALHO, 2009; COSTA, 2011).

ETAPA I – Ensaios em escala de bancada

Foram realizados oito ensaios de tratabilidade (coagulação/ floculação/ decantação) em jarrest com o emprego de dois coagulantes inorgânicos (Sulfato de Alumínio e Cloreto Férrico) e dois coagulantes orgânicos (Tanfloc SL[®] e Tanfloc SG[®], concedidos pela TANAC S.A.), sendo quatro por reservatório. Os ensaios foram realizados no Laboratório Referência em Tecnologia de Águas (LARTECA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

As amostras da água bruta do Açude de Bodocongó foram coletadas diretamente do reservatório, enquanto que para o reservatório Epitácio Pessoa as amostras de água foram coletadas nas ETAs, nos canais a montante da mistura rápida. Para cada reservatório foram feitas 2 coletas de 200 L cada. A primeira coleta destinada aos ensaios de tratabilidade no laboratório com os coagulantes orgânicos e a segunda coleta destinada aos ensaios de tratabilidade com os coagulantes inorgânicos.

Antes de cada ensaio, a turbidez da água bruta era determinada através do medidor nefelométrico da PoliControl[®] (Turbidímetro AP2000). Já a determinação do pH, era realizada por meio de um medidor portátil da KASVI[®], modelo K39-0014PA. Todas as leituras foram realizadas em triplicata.

A Tabela 1 apresenta as configurações utilizadas no jarrest para todos os ensaios de tratabilidade. O tempo de decantação de 2 minutos e 12 segundos corresponde a uma velocidade de sedimentação de 3 cm/min, uma vez que o ponto de coleta de água no jarro dista 7 cm do nível de água. A coleta teve

duração de 20 segundos, o que corresponde a um volume de aproximadamente 100 ml, utilizados para a leitura em triplicata da turbidez pós-ensaio. Os valores foram definidos após estudos de tratabilidade realizados pela equipe de laboratório, adaptada da metodologia usada por Di Bernardo, Dantas e Voltan (2011).

As faixas de pH em que aconteceram os ensaios foram de 4,5 a 9,5 e de 5,5 a 9,0 para coagulantes inorgânicos e orgânicos, respectivamente, ambos variando em intervalos de 0,5. Foram utilizadas para a alteração do pH soluções de ácido clorídrico (1%) e hidróxido de sódio (0,5 N), sendo tolerados valores de até $\pm 0,1$ no valor do pH da água bruta.

Tabela 1 – Configurações utilizada no jartest para os ensaios de tratabilidade

ETAPA	VELOCIDADE E ROTAÇÃO	TEMPO
Mistura Rápida	700 RPM	10 segundos
Mistura Lenta (Floculação)	70 RPM	7 minutos
	40 RPM	7 minutos
	20 RPM	5 minutos
Decantação	0 RPM	2 minutos e 12 segundos
Descarte	-	3 segundos
Coleta	-	20 segundos

As concentrações de coagulante inorgânico utilizadas ficaram compreendidas entre 10 e 80 mg/L, com variações de 10 mg/L. Já a faixa de coagulante orgânico foi de 5 mg/L até 50 mg/L, variando em 5 mg/L. Estas faixas foram utilizadas por outros pesquisadores em estudos semelhantes (PAVANELLI, 2001; BONFIM, 2015; NEPOMUCENO, 2015).

Para a construção dos diagramas de coagulação foi utilizado o *Software* MiniTab 17, onde foram elaborados gráficos de contorno, traçando linhas de isovalor. Os intervalos utilizados levaram em consideração os valores de cor aparente e turbidez da água bruta e valores de turbidez recomendados por Ferrari et al. (2012) antes do processo de filtração (turbidez < 3 uT, visando um maior tempo de carreira dos filtros, além de satisfazer a Portaria de consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, Anexo XX).

ETAPA II – Ensaios em escala piloto

O sistema de tratamento de água em escala piloto utilizado nessa pesquisa compõe parte da estrutura física da Estação de Tratamento de Água Professor Doutor Edvaldo de Oliveira Alves (ETA-Mará), capaz de tratar 30 L/min, com etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração. Tais unidades foram projetadas conforme a ABNT NBR 12.216:1992, que fixa as condições exigíveis para a elaboração de projetos de ETAs destinadas à produção de água potável para abastecimento público.

As unidades utilizadas em forma sequencial são: mistura rápida hidráulica (vertedor retangular), floculadores mecanizados, decantador de alta taxa de fluxo vertical e duas concepções de unidade de filtração (filtração simples e dupla). A Figura 2 ilustra as unidades do sistema de tratamento convencional da ETA-Mará.

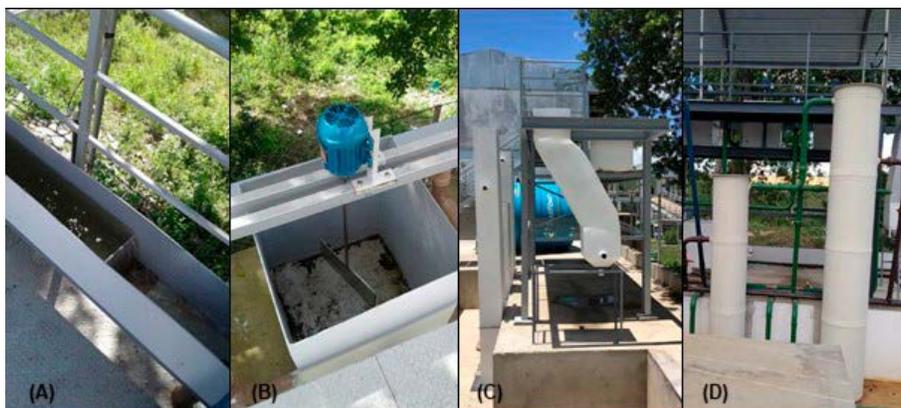


Figura 2 – Unidades do sistema de tratamento convencional: vertedor retangular (A), floculador mecanizado (B), decantador de alta taxa de fluxo vertical (C) e filtro descendente e ascendente (D)

As águas brutas foram coletadas diretamente dos reservatórios e direcionadas à ETA Mará por meio de carro pipa de 10.000 L de capacidade de armazenamento, sendo este volume armazenado na ETA em um reservatório de mesma capacidade, responsável por alimentar, por bombeamento, as unidades de tratamento.

A operação da ETA para cada reservatório se deu de duas formas, a primeira (Operação I) por sistema convencional ou ciclo completo com unidade de filtração rápida descendente e a segunda (Operação II) por sistema de dupla filtração com unidade ascendente seguida de descendente. A Figura 3 ilustra de forma esquemática as operações do sistema.

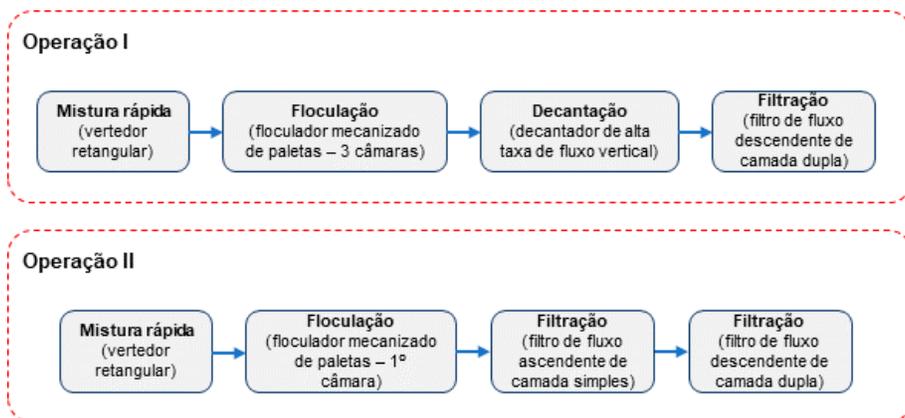


Figura 3 – Configurações de operação da ETA Mará para a pesquisa

Cada operação teve duração de 5 horas, sendo as amostras coletadas somente após a primeira hora, que era o tempo necessário para o preenchimento de todas as unidades da ETA. Antes de cada ensaio, os filtros eram lavados em fluxo ascendente, promovendo a expansão do leito filtrante.

As amostras eram coletadas após a filtração, em intervalos de 1 hora para análises microbiológicas (totalizando 4 amostras) e a cada 30 minutos para análises físico-químicas (8 amostras).

As análises microbiológicas efetuadas neste estudo corresponderam à determinação de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e EBA. Os métodos utilizados para as análises de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* seguiram as especificações da empresa Acumedia®, responsável pela fabricação do meio de cultura desidratado Ágar m-TEC, que propicia o desenvolvimento desses microrganismos. O método empregado na determinação de EBA foi realizado seguindo as descrições de 9218 da 22ª edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 2012). Os parâmetros físico-químicos avaliados foram:

turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH e absorvância 254 nm, seguindo os processos metodológicos descritos por APHA, AWWA, WEF (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ETAPA I – Ensaio em escala de bancada

Os valores de turbidez e pH da água bruta utilizada em cada ensaio de laboratório estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios de turbidez e pH da água bruta utilizada nos ensaios de tratabilidade

RESERVATÓRIO	TURBIDEZ	pH	COAGULANTE DO ENSAIO
Epitácio Pessoa	0,64	7,7	Sulfato de Alumínio
	0,82	7,6	Cloreto Férrico
	0,84	7,7	Tanfloc SG
	0,92	7,7	Tanfloc SL
Bodocongó	14,35	8,0	Sulfato de Alumínio
	9,27	8,0	Cloreto Férrico
	11,15	8,0	Tanfloc SG
	11,60	8,0	Tanfloc SL

As coletas das amostras de água do reservatório Epitácio Pessoa aconteceram em um período de estabilidade do manancial. Não havia precipitações significativas e isto levou com que os valores dos parâmetros analisados ficassem próximos entre si e com poucas alterações. A água deste reservatório apresentou baixos valores de turbidez, o que justifica sua aparência límpida e cristalina. Os valores de pH obtidos também não apresentaram variações significativas. A realização das coletas de amostras para o Açude de Bodocongó ocorreram em um período chuvoso, contribuindo para instabilidade da turbidez, por seu turno não foi observado variação do pH.

Reservatório Bodocongó

Coagulantes Inorgânicos

A Figura 4 exibe os diagramas de coagulação da turbidez remanescente após os ensaios de tratabilidade em escala de bancada do açude de Bodocongó, com a utilização do sulfato de alumínio e do cloreto férrico.

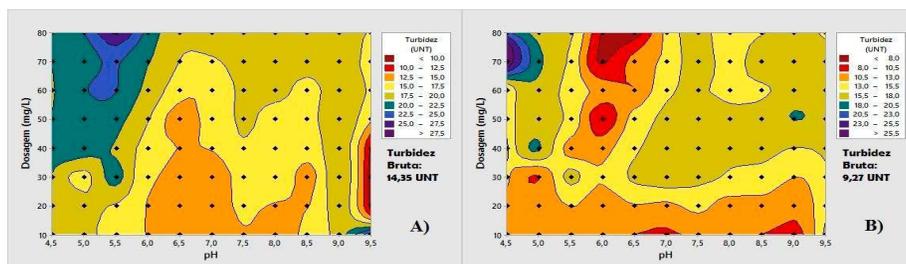


Figura 4 – Diagrama de coagulação de turbidez remanescente com o sulfato de alumínio (A) e cloreto férrico (B) para o açude de Bodocongó

Por meio da análise da Figura 4A é possível verificar que o coagulante inorgânico sulfato de alumínio atuou de maneira insatisfatória na remoção da turbidez da água do açude de Bodocongó. Na maioria das faixas de pH não houve redução dos valores do parâmetro em relação ao valor da água bruta que era de 14,35 uT. A exceção se dá apenas no pH 9,5 para dosagens do coagulante entre 10 e 45 mg/L.

A Figura 4B apresenta o diagrama de coagulação da turbidez remanescente após o ensaio com o cloreto férrico. Observa-se que o diagrama aponta apenas poucas áreas onde houve remoção da turbidez. Essas áreas correspondem ao pH 6,0 com dosagem do coagulante de 50 mg/L e nas dosagens de 70 a 80 mg/L. Pode-se observar também uma remoção do parâmetro em pH 7,0 e 9,0 com dosagens baixas de coagulante (10 mg/L).

Coagulantes Orgânicos

A Figura 6 apresenta os diagramas de coagulação da turbidez remanescente após o tratamento da água do açude de Bodocongó, em escala de bancada, com a utilização dos coagulantes orgânicos Tanfloc SG e Tanfloc SL.

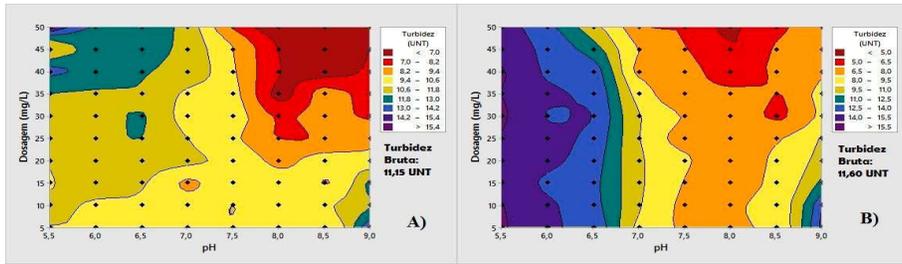


Figura 5 – Diagrama de coagulação de turbidez remanescente com o Tanfloc SG (A) e o Tanfloc SL (B) para o açude de Bodocongó

Os coagulantes orgânicos apresentaram um bom desempenho na remoção de turbidez da água bruta. Na Figura 5A fica notório que a eficiência do Tanfloc SG abrangeu praticamente todos os intervalos de pH e dosagens de coagulante aplicado no estudo. A única região onde não se observou remoção do parâmetro, corresponde a dosagens de coagulante acima de 35 mg/L com pH entre 5,5 e 6,5. No entanto, apesar dos bons resultados de comparação entre turbidez bruta e turbidez remanescente, a água não atingiu o valor de 3 uT estabelecido por Ferrari et al. (2012) como referência para água decantada.

Com a utilização do Tanfloc SL (Figura 5B) o comportamento foi semelhante no que se refere ao não atendimento do valor de referência de 3 uT. A região que houve uma redução do parâmetro corresponde ao intervalo de pH entre 7,0 e 9,0 para todas as dosagens de coagulantes, exceto para as dosagens abaixo de 15 mg/L no pH 9,0. Todavia, de maneira geral, os coagulantes orgânicos apresentaram melhor desempenho se comparado com os coagulantes inorgânicos para a água do açude de Bodocongó.

Reservatório Epitácio Pessoa

Coagulantes Inorgânicos

Os diagramas de coagulação da turbidez remanescente com a utilização do sulfato de alumínio e do cloreto férrico estão ilustrados na Figura 6.

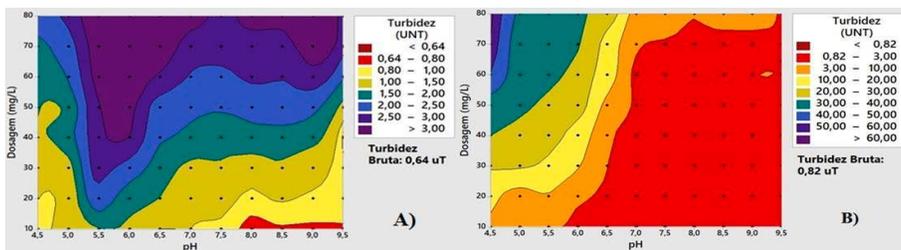


Figura 6 – Diagrama de coagulação de turbidez remanescente com o sulfato de alumínio (A) e cloreto férrico (B) para o Epitácio Pessoa

O reservatório Epitácio Pessoa apresentou melhores resultados de turbidez remanescente com a aplicação do sulfato de alumínio (Figura 6A) com baixas dosagens na faixa de pH compreendida entre 7,5 e 9,5, conforme corroboram com estudos realizados com este coagulante (LIBÂNIO, 2010; BARTIKO; DE JULIO, 2015). É possível observar que não houve nenhum ponto de remoção de turbidez nos ensaios. Isso pode ser atribuído à dificuldade de atuação do coagulante devido à baixa turbidez da água bruta ou a velocidade de sedimentação adotada, não sendo esta suficiente para sedimentar os flocos formados, conforme apresenta Shen et al. (2005).

Já ao analisar a Figura 6B, nota-se os melhores valores obtidos envolvendo larga faixa das dosagens utilizadas, obtendo-se os melhores resultados na faixa de pH entre 5,5 e 9,5. Avaliou-se que o cloreto férrico não foi eficiente para remover turbidez desse reservatório (0,82 uT), porém, devido a baixos valores da água bruta, boa parte dos valores obtidos entraram na faixa de turbidez satisfatória, abaixo de 3 uT, conforme recomendação de Ferrari et al. (2012).

Coagulantes Orgânicos

A Figura 7 apresenta os diagramas de coagulação da turbidez remanescente após o tratamento da água do reservatório Epitácio Pessoa, em escala laboratorial, com a utilização dos coagulantes orgânicos Tanfloc SG e Tanfloc SL.

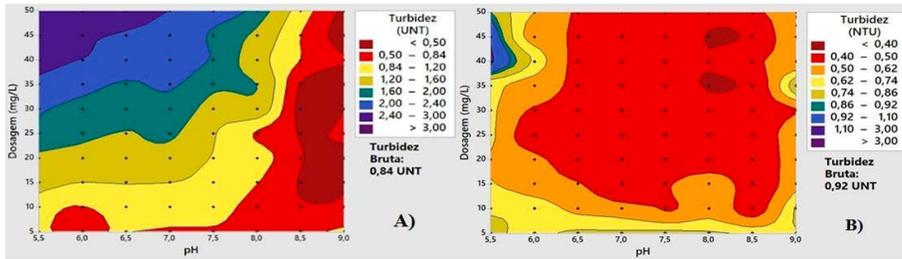


Figura 7 – Diagrama de coagulação de turbidez remanescente com o Tanfloc SG (A) e o Tanfloc SL (B) para o Eptácio Pessoa

Na Figura 7A, é possível perceber uma melhor efetividade do Tanfloc SG na água do reservatório Eptácio Pessoa em baixas concentrações e em uma ampla faixa de pH, obtendo valores satisfatórios de remoção de turbidez em manancial de baixa turbidez natural, com uma dosagem a partir de 5 mg/L com ampla faixa de pH, entre 6,0 e 9,0.

No estudo também foi possível identificar que, em pH alcalino (8,0 a 9,0), em uma ampla faixa de dosagens, de 5 a 50 mg/L, foi possível também constatar valores de remoção significativos, inferiores ao estabelecido pela Portaria de qualidade da água do Ministério da Saúde para a água potável após a filtração, com valores de turbidez remanescente inferiores a 0,5 uT.

A Figura 7B ilustra o diagrama de coagulação da turbidez remanescente após o ensaio com o Tanfloc SL. É perceptível através da figura que, no reservatório Eptácio Pessoa, o Tanfloc SL teve valores satisfatórios em boa parte do diagrama, com destaque a ampla faixa de pH de 6,0 a 8,5 com dosagens a partir de 10 mg/L até 50 mg/L. Com exceção de uma estreita faixa de pH em torno de 5,5 e elevadas dosagens do coagulante (35 a 50 mg/L), as demais faixas apresentaram remoção de turbidez da água bruta, bastante satisfatória, bem abaixo do valor recomendado por Ferrari et al. (2012), bem como valores menores ao que preconiza a Portaria de consolidação nº 5/2017, Anexo XX, de qualidade da água do Ministério da Saúde, com valores de turbidez inferiores a 0,5 uT.

ETAPA II – Ensaios em escala piloto

A partir dos diagramas de coagulação apresentados anteriormente, selecionou-se a dosagem e o pH, para cada reservatório, daqueles resultados que obtiveram maior eficiência de remoção de cor aparente e turbidez, que estão especificados na Tabela 3. Posteriormente, esses resultados foram reproduzidos em escala piloto, onde o coagulante utilizado foi o Tanfloc SL por apresentar os melhores resultados para remoção de turbidez.

Tabela 3 – Coagulantes utilizados para cada reservatório na etapa ETA-Piloto

RESERVATÓRIO	COAGULANTE	pH DO TRATAMENTO	DOSAGEM (mg/L)	% DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ
Epitácio Pessoa	Tanfloc SL	8,0	25	52,71
Bodocongó	Tanfloc SL	8,0	50	43,11

Na Tabela 4, tem-se os valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados da água bruta, para cada reservatório e para cada tipo de operação do sistema.

Tabela 4 – Valores dos parâmetros da água bruta de cada reservatório

PARÂMETROS	UNIDADE	BODOCONGÓ		BOQUEIRÃO	
		OPERAÇÃO I	OPERAÇÃO II	OPERAÇÃO I	OPERAÇÃO II
EBA	UFC/100mL	13300	2350	20500	15950
<i>E. Coli</i>	UFC/100mL	7900	10000	20	8
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	21850	400000	24	30
Turbidez	uT	13,20	13,20	3,23	4,7
Cor aparente	uH	90,0	96,5	30,9	41,3
Cor verdadeira	uH	57,9	49,6	17,1	18,07
pH	-	8,1	8,1	8,2	8,0

PARÂMETROS	UNIDADE	BODOCONGÓ		BOQUEIRÃO	
		OPERAÇÃO I	OPERAÇÃO II	OPERAÇÃO I	OPERAÇÃO II
Absorbância 254 nm	-	1,011	0,991	0,664	0,132

Reservatório Bodocongó

Operação I – Filtração rápida de fluxo descendente

A Figura 8 ilustra os resultados dos parâmetros turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH e absorbância 254 nm registrados ao longo do tempo de operação da ETA, com o emprego da água do reservatório Bodocongó e a utilização da filtração rápida de fluxo descendente.

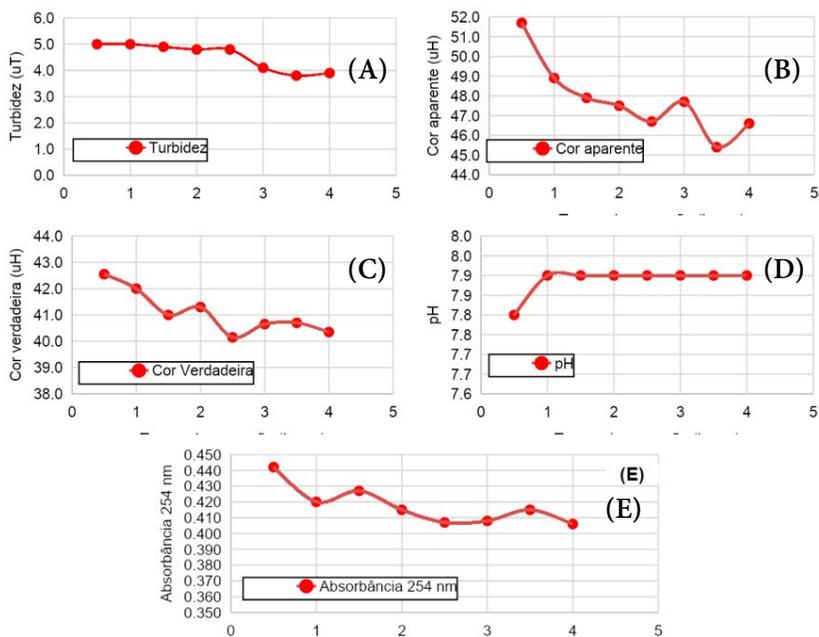


Figura 8 – Valores de turbidez (A), cor aparente (B), cor verdadeira (C), pH (D) e absorbância 254nm (E) ao longo da operação da ETA piloto com filtração rápida descendente para o reservatório Bodocongó

Como exposto na Figura 8, no decorrer da operação da ETA piloto pode ser observado o desempenho quanto a redução dos parâmetros avaliados. Na Figura 9A, referente aos resultados de turbidez, entre os dados obtidos na primeira análise a partir de 30 minutos de operação e os obtidos na quarta hora, houve uma diminuição de 1,1 uT, já na Figura 8B, C e E que contém resultados de cor aparente, cor verdadeira e absorvância, a diminuição foi de 5,1 uH, 2,2 uH e 0,036, respectivamente, o que exhibe a melhor eficiência no tratamento da água conforme a passagem de tempo de operação da ETA. Com relação aos valores de pH, expostos na Figura 10D, não foi vista uma mudança significativa no decorrer das análises.

A Figura 9 exhibe os resultados dos parâmetros coliformes termotolerantes, *E. coli*, EBA e turbidez para a operação do sistema com o sistema de filtração rápida descendente para o reservatório de Bodocongó.

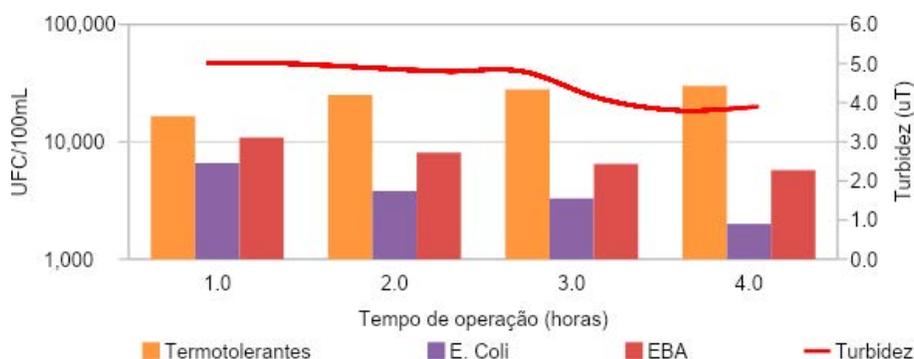


Figura 9 – Valores de coliformes termotolerantes, *E. coli*, EBA e turbidez ao longo da operação da ETA piloto com filtração rápida descendente para o reservatório Bodocongó

Ao que se referênciamos aos parâmetros microbiológicos (Figura 10), destaca-se o acréscimo significativo dos coliformes termotolerantes, com aumento de 13500 UFC/100mL na última hora, a porcentagem de remoção mais promissora foi a da *E. Coli* com 16,5% na primeira hora de operação e chegando a 74,7% na última hora. Quanto aos EBA, a remoção obtida na primeira hora foi de 18%, e atingindo 56,8% na quarta hora. Em divergência a *E. Coli*, as bactérias que possuem esporos são bem mais resistentes à desinfecção e as adversidades do meio ambiente, além de apresentar maior longevidade na água que indicadores como os coliformes (TAIRA, 2008). Em suas pesquisas,

Heller et al. (2006) apresentam resultados similares entre a remoção de protozoários e EBA, o que evidencia o potencial destas como indicadoras de protozoários.

Conforme apresenta a Figura 9, todos os parâmetros avaliados obtiveram reduções significativas com o decorrer do tempo em que a estação piloto esteve em operação. Com relação a turbidez na Figura 9, em contraste com o valor retratado na água bruta ocorreu uma remoção de cerca de 62% já na primeira hora de operação, e atingindo na quarta hora 70%. A turbidez, segundo Martins (2012), mesmo associada a incidência de protozoários que se associam aos sólidos suspensos como mecanismo de proteção ou substrato, pode não ser o parâmetro mais adequado para se utilizar como indicador de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*, já que nos seus estudos em amostras com valores de turbidez menores que 0,16 uT ainda foram detectados oocistos dos protozoários.

Operação II – Dupla Filtração

Na Figura 10, têm-se os resultados dos parâmetros de turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH e absorvância registrados a cada meia hora de operação da ETA, com o uso da água do Reservatório de Bodocongó e a utilização da dupla filtração.

No que diz respeito aos resultados avaliados para o processo de tratamento com filtração dupla, conforme a Figura 10A referente a turbidez, não foram vistas mudanças significativas entre os primeiros 30 minutos de operação e a quarta hora. Com relação a cor aparente (Figura 10B), houve um acréscimo de 1,5 uH divergindo do resultado da cor verdadeira, Figura 10C, que teve uma diminuição de 2,0 uH. Já na absorvância, Figura 10E, a diminuição foi de 0,479, o que significa dizer que os valores dos parâmetros se mantiveram estáveis ou melhoraram conforme a passagem de tempo da operação da ETA neste tipo de tratamento. Os dados de pH obtidos da primeira análise até a última, evidenciaram um aumento de 0,4, porém, ocorreu uma mudança brusca na primeira hora de operação, após isto os valores oscilaram numa faixa entre 7,9 e 8,0 (Figura 12D).

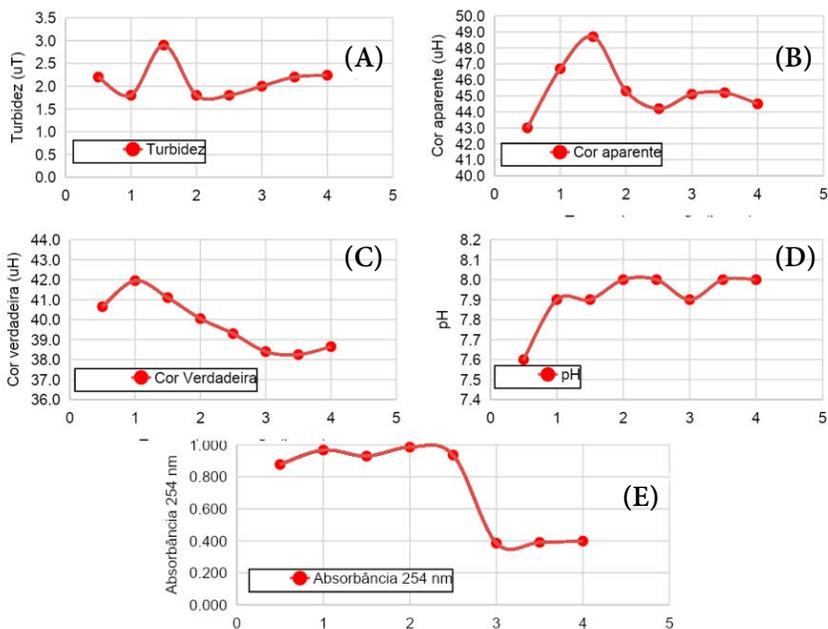


Figura 10 – Valores de turbidez (A), cor aparente (B), cor verdadeira (C), pH (D) e absorbância 254nm (E) ao longo da operação da ETA piloto com dupla filtração para o reservatório Bodocongó

A Figura 11 apresenta os resultados dos parâmetros coliformes termotolerantes, *E. coli*, EBA e turbidez para a operação do sistema com o sistema de dupla filtração para o reservatório de Bodocongó.

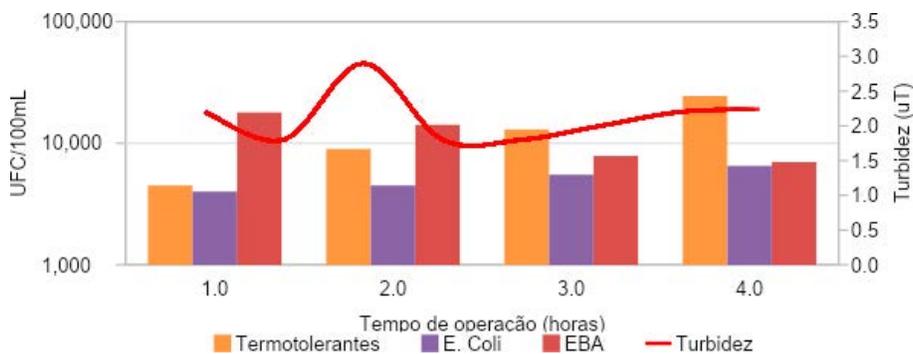


Figura 11 – Valores de coliformes termotolerantes, *E.coli*, EBA e turbidez ao longo da operação da ETA piloto com dupla filtração para o reservatório Bodocongó

Através da Figura 11, notou-se na 1ª hora de operação remoção de aproximadamente 99% de Coliformes Termotolerantes, se comparado com a bruta, seguida de leve decaimento dessa remoção para cerca de 94% na última hora analisada. É possível verificar a remoção de *E. coli* em relação a água bruta, que reduziu de 10000 UFC/100mL para 4000 UFC/100mL na primeira hora, obtendo valor de 6000 UFC/100mL na última hora. As variáveis usualmente utilizadas como parâmetros microbiológicos de qualidade de água são coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E. coli*, que não apresentam correlação significativa associadas a ocorrência de *Cryptosporidium* e *Giardia* segundo Silva (2008). A ausência de correlação deve-se, entre outros fatores, segundo os guias da OMS para a qualidade da água de consumo (WHO, 2006), à sensibilidade a presença de cloro que o grupo coliforme apresenta, ao contrário dos protozoários citados.

Na Figura 11, evidencia-se o decrescimento exponencial dos EBA ao longo de todas as horas de operação da ETA piloto, partindo de 27500 UFC/100mL na água bruta e finalizando com 7000 UFC/100mL na 4ª hora. Estudos realizados por Rice et al. (1994) indicaram que os esporos aeróbios *Cryptosporidium* mostraram-se mais resistentes à cloração que as bactérias do grupo coliformes e as heterotróficas. Poderão ser incorporados EBA como padrões de remoção para esse protozoário, pois Headd e Bradford (2016) destacam algumas semelhanças entre esses microrganismos, como o ciclo de vida, semelhanças anatômicas e morfológicas, carga elétrica, hidrofobicidade, transporte, retenção, sobrevivência.

Por seu turno, pode-se observar que nas duas primeiras horas a turbidez manteve-se constante em 1,8 uT, destacando-se a remoção que ocorreu em relação à bruta que tinha valor igual a 13,2 uT. Nas duas horas seguintes, observou-se um acréscimo deste parâmetro. A utilização de turbidez como indicador de protozoários está associada a valores inferiores a 0,5 uT, determinada pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, e em alguns casos a 0,3 uT, destacando-se a necessidade de ampliar os estudos para verificar a efetividade do uso desse indicador.

Reservatório Epitácio Pessoa

Operação I – Filtração rápida de fluxo descendente

Na Figura 12, têm-se os resultados dos parâmetros turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH e absorvância registrados a cada meia hora de operação da ETA, com o uso da água do Reservatório de Epitácio Pessoa e a utilização da filtração rápida de fluxo descendente.

Os dados obtidos a partir da filtração descendente da água vinda do Reservatório Epitácio Pessoa, Figura 14A, B, C, e E esboçaram um avanço na remoção de vários parâmetros em função do tempo de operação da ETA. A turbidez (Figura 12A), diminuiu 0,5 uT dos primeiros 30 minutos de operação até a quarta hora. Já a cor aparente e verdadeira, evidenciadas na Figura 14B e C, reduzem respectivamente 4,6 uH e 3,7 uH. Em relação a absorvância, a diminuição foi de 0,551. Os valores de pH apresentados na Figura 14 indicaram um aumento de 0,8 entre primeira análise e a última.

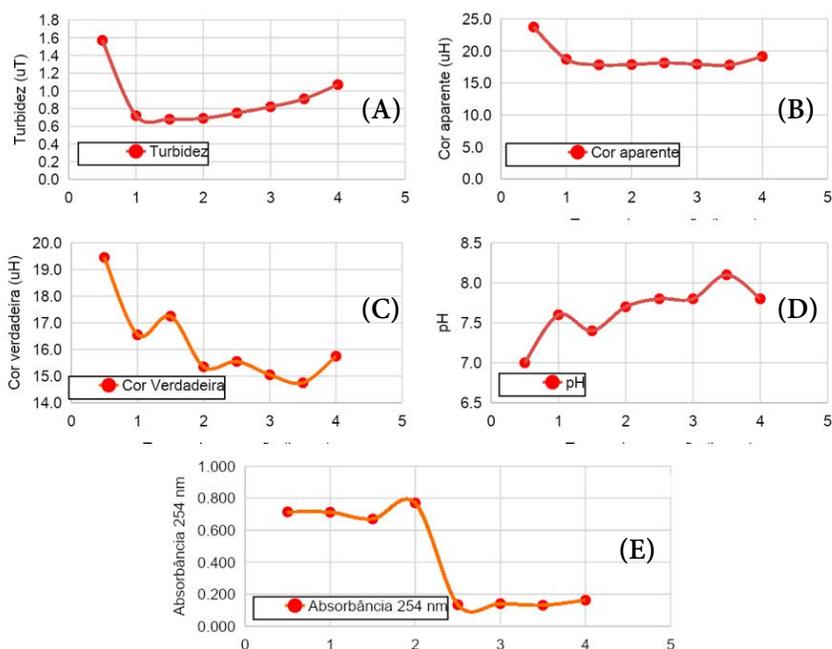


Figura 12 – Valores de turbidez (A), cor aparente (B), cor verdadeira (C), pH(D) e absorvância 254nm (E) ao longo da operação da ETA piloto com filtração rápida descendente para o reservatório Epitácio Pessoa

Na Figura 13 destaca-se os resultados obtidos a partir dos experimentos durante a operação na ETA piloto, com o uso da água do Açude Epitácio Pessoa com o filtro descendente.

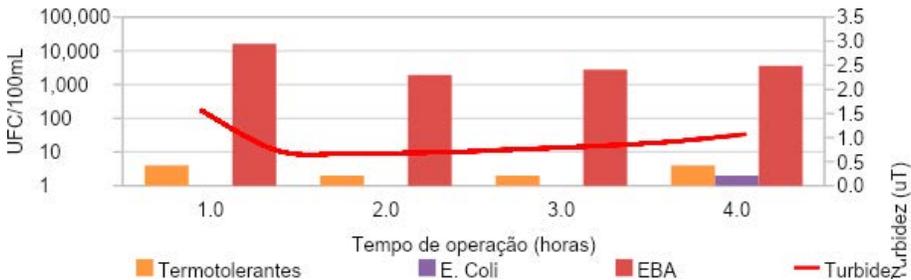


Figura 13 – Valores de coliformes termotolerantes, *E.coli*, EBA e turbidez ao longo da operação da ETA piloto com filtração rápida descendente para o reservatório Epitácio Pessoa

Na Figura 13, foi possível observar que apesar do número reduzido de colônias de coliformes termotolerantes e *E. coli*, ocorreram remoções de 83% e 90%, respectivamente na 4ª hora de operação. Por outro lado, tem-se grande número de colônias de EBA com remoção de 82% na última hora com relação a bruta, o que evidencia que esses parâmetros não estão interligados e que os primeiros parâmetros não podem ser indicadores dos protozoários. Estudos de Dugan et al. (2001), em instalação piloto de tratamento convencional, avaliou as remoções de EBA e turbidez, indicadores da remoção de *Cryptosporidium*, sob condições otimizadas de coagulação, no estudo foi apresentado menor remoção no tratamento da água bruta com baixa turbidez e maior remoção para água bruta com alta turbidez.

Na Figura 13 é possível observar os resultados das análises de turbidez das horas de operação, é notável o decaimento inicial do parâmetro para as duas primeiras horas e posteriormente o crescimento dele, chegando a aproximadamente um terço do valor da água bruta, com remoção de 67%. Os valores de turbidez reduzidos não significam necessariamente que a água possui boa qualidade microbiológica, como apresentado nos estudos de Aboytes et al. (2004), que monitoraram 82 amostras de águas superficiais captadas em sistemas de abastecimento e observaram que em torno de 70% das que apresentaram oocistos de *Cryptosporidium* ocorreram em águas com valores de turbidez inferior a 0,1 uT e 20% das amostras apresentaram turbidez inferior

a 0,05 uT. De forma semelhante, Dugan et al. (2001) obteve remoção inferior de turbidez em relação as EBA.

Operação II – Dupla Filtração

Na Figura 14, têm-se os resultados dos parâmetros turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH e absorvância registrados a cada meia hora de operação da ETA, com o uso da água do Reservatório de Epitácio Pessoa e a utilização da dupla filtração.

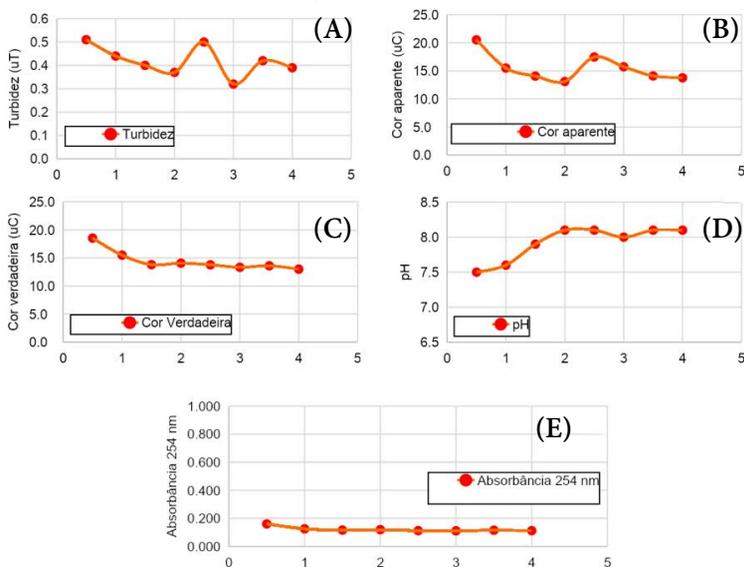


Figura 14 – Valores de turbidez (A), cor aparente (B), cor verdadeira (C), pH (D) e absorvância 254nm (E) ao longo da operação da ETA piloto com dupla filtração para o reservatório Epitácio Pessoa

No que diz respeito aos resultados obtidos para o processo de tratamento com filtração dupla no reservatório Epitácio Pessoa, conforme a Figura 14A referente a turbidez, foram observados decréscimos significativos desde o início da operação até a 2ª hora, em seguida verificou-se oscilações, chegando a 0,39 uT na 4ª hora. Com relação a cor aparente (Figura 14B), houve decaimento semelhante ao da turbidez, obtendo 13,8 uH na última hora de

operação. Já na Figura 14C, mostra a diminuição da cor verdadeira, que passa de 18,1 uH na bruta para 13 uH na quarta hora de operação. Os dados de pH na Figura 14D obtidos nas duas primeiras horas evidencia a redução de 0,5, posteriormente os valores ficaram próximos do resultado da água bruta, que foi em torno de 8,0. Já na absorbância, Figura 14E, os valores dos parâmetros se mantiveram estáveis, oscilando pouco ao longo de todo processo de tratamento.

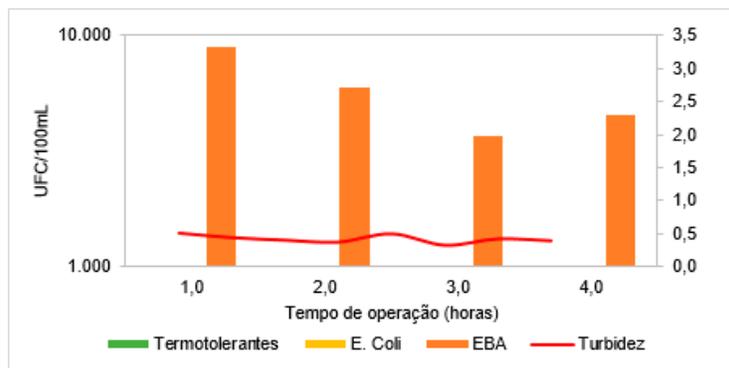


Figura 15 – Valores de coliformes termotolerantes, *E.coli*, EBA e turbidez ao longo da operação da ETA piloto com dupla filtração para o reservatório Epitácio Pessoa

Na Figura 15 foi possível observar a redução de coliformes termotolerantes e *E.coli* com 100% de remoção, verificada desde a 1ª hora até o fim da operação. No entanto, para as EBA, a porcentagem de remoção foi de 71,47% na última hora do tratamento, destacando a alta resistência que estas bactérias possuem quando passam pelos processos de tratamento, característica citada por Franco (2007) em seus estudos. Um dos aspectos ideais de indicadores patogênicos citados por Standridge (2008) é apresentar maior resistência aos efeitos adversos do ambiente que os patógenos.

Também na Figura 15 verifica-se grande remoção da turbidez durante todo o ensaio, chegando a 91,70% na última hora de operação, restando apenas 0,39 uT de turbidez na água de estudo. Essa remoção não assegura a inexistência de microrganismos patogênicos, pois segundo Hashimoto (2001), em avaliações da qualidade de águas tratadas, foram encontrados oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia* com valores de turbidez na

faixa de 0,00 e 0,01 uT, o que apresenta riscos à saúde pública ao utilizar a turbidez como indicador de qualidade microbiológica.

CONCLUSÕES

Conclui-se que:

- Foi visto um melhor desempenho na remoção de turbidez utilizando o coagulante orgânico Tanfloc SL, com esta perspectiva foram feitas as análises em escala piloto, que demonstraram que além da turbidez, outros parâmetros físico-químicos como cor aparente, cor verdadeira e absorvância diminuíram de maneira significativa com o uso deste coagulante no tratamento das águas dos dois reservatórios, em ambos processo de filtração;
- Verificou-se que os parâmetros de qualidade da água utilizados atualmente, em especial turbidez e *E. coli*, apresentam-se obsoletos e não representam uma indicação de remoção dos cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*. Observou-se, a partir das contagens dos EBA, que os tratamentos utilizados nesses estudos foram capazes de removê-las e conseqüentemente promover a remoção de protozoários causadores de doenças de veiculação hídrica;
- Dentre as águas estudadas e os tipos de tratamento utilizados, averiguou-se que para o Reservatório de Bodocongó a remoção de EBA atingiu 57% com a filtração rápida descendente e 70% com dupla filtração, já o Reservatório Epitácio Pessoa obteve a maior remoção dentre todos, com porcentagem de remoção de EBA de 82% com o uso da filtração rápida descendente e 71,47% com a dupla filtração;
- Consideram-se os esporos de bactérias aeróbias como indicadores da eficiência no tratamento de água associado a remoção de protozoários, visto que, apresentam-se em grandes quantidades, não apresentam quaisquer riscos para a saúde humana, são detectadas e quantificadas através de técnicas laboratoriais mais simples, baratas e rápidas do que as técnicas de determinação dos protozoários, são removidas ou inativadas pelos mesmos mecanismos de tratamento e possuem resistência a presença do cloro de maneira similar aos protozoários.

REFERÊNCIAS

ABOYTES, R., DI GIOVANNI, G. D., ABRAMS, F. A., RHEINECKER, C., SHAW, N.,

LECHEVALLIER, M. W. Detection of infectious *Cryptosporidium* in filtered drinking water. **Jornal American Water Works Association**, v. 96, n. 9, p. 88-98, 2004.

AESA, 2018. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Gráfico dos últimos volumes informados dos açudes**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesawebsite/monitoramento/ultimos-volumes/>. Acesso: 03 de junho de 2018.

ANDRADE, T. C. S.; BARBOSA, M. G. N.; PEQUENO, L. A. B.; SILVA, M. H. M.;

FERREIRA, W. B. Análise comparativa de coagulantes orgânicos a base de tanino em conjunto com carbono ativado no tratamento de água para o abastecimento público. **Anais. 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2019.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 th ed. Washington, D.C. 2012.

BARTIKO, D.; DE JULIO, M. Construção e emprego de diagramas de coagulação como ferramenta para o monitoramento contínuo da floculação em águas de abastecimento. **Rev. Ambient. Água** [online]. vol.10, n.1, pp.71-81, 2015. ISSN 1980-993X. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1239>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Anexo XX. DO CONTROLE E DA VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SEU PADRÃO DE POTABILIDADE.

BONFIM, A. P. dos S. AVALIAÇÃO DOS COAGULANTES TANFLOC EM COMPARAÇÃO AOS COAGULANTES INORGÂNICOS A BASE DE ALUMÍNIO

NO TRATAMENTO DE ÁGUA. Dissertação de Mestrado. Ribeirão Preto: Centro de Ciências Exatas Naturais e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental. Universidade de Ribeirão Preto, 2015.

BROWN, R. A.; CORNWELL, D. A. Using spore removal to monitor plant performance for *Cryptosporidium* removal. **Journal American Water Works Association**, v. 99, n. 3, p. 95-109, March 2007.

CARVALHO, A. P. et al. Estudo da Degradação ambiental do açude de Bodocongó em Campina Grande-PB. **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, Espírito Santo do Pinhal**, v. 6, n. 2, p. 293-305, mai/ago, 2009.

COSTA, T. C. F. Ações antrópicas de impactos negativos no açude de Bodocongó no município de Campina Grande - Paraíba. **Revista Brasileira de Informações Científicas**. v. 2, n. 2, p.78-89, 2011.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Tecnologias de Tratamento, Processos e Operações.** Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: LDiBe, 2011. p. 97-153.

DUGAN, N. R.; FOX, K. R.; OWENS J. H.; MILTNER, R. J. Controlling *Cryptosporidium* oocysts using convencional treatment. **Journal American Water Works Associations**, v. 93, n. 12, p. 64-76, 2001.

FERRARI, T. N.; DE JULIO, M.; DE JULIO, T. S.; SOUSA JÚNIOR, W. C. Estudos de tratabilidade das águas do Rio Paraíba do Sul que abastecem o município de São José dos Campos/SP. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 5, n. 2, p. 45-58, 2012.

FRANCO, R. M. B. **Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública.** *Revista Panamericana de Infectología*, v. 9, n. 4, p. 36-43, outubro de 2007.

HASHIMOTO, A.; HIRATA, T.; KUNIKANE, S. **Occurrence of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in a conventional water purification plant.** *Water Science and Technology*, v. 43, n.12, p. 89-92, 2001.

HEADD, B. & BRADFORD, S.A. (2016) Use of aerobic spores as a surrogate for cryptosporidium oocysts in drinking water supplies. *Water Research*, v. 90, n. 1, p. 185-202.

HELLER, L.; VIEIRA, M. B. C. M.; BRITO, L. L. A.; SALVADOR, D. P. **Desempenho da filtração em areia submetida a cargas de pico de oocistos de cryptosporidium sp, bactérias e sólidos: uma avaliação em instalação piloto.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 11(1), 27-38. 2006.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas, SP. Editora Átomo, 2010. 3ª edição.

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?** VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2010.

LIMA, E. C.; STAMFORD, T. L. M.; **Cryptosporidium spp. no ambiente aquático: aspectos relevantes da disseminação e diagnóstico.** *Ciênc. saúde coletiva* [online]. vol.8, n.3, pp. 791- 800. ISSN 1413-8123. 2003.

LOPES, A. M. M. B. **Avaliação da ocorrência de oocistos de Cryptosporidium spp. e de cistos de Giardia spp. e sua associação com indicadores bacteriológicos e turbidez na represa de Vargem das Flores – MG.** 2009. 126 f. Dissertação – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2009.

MARTINS, F. C. **Investigação da aplicabilidade da turbidez e de bactérias esporogênicas aeróbias na avaliação da remoção de oocistos de Cryptosporidium spp. e cistos de Giardia spp. em sistemas de abastecimento de água [manuscrito]: uma abordagem de avaliação de risco** – MG. 2012. 125 f. Dissertação – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2012.

NASCIMENTO, Marceley Ferreira. **Remoção de oocistos de Cryptosporidium por meio da filtração direta ascendente em areia: avaliação em escala piloto.** 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2009.

NEPOMUCENO, T. C. **Estudo de aplicabilidade de coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento de água para abastecimento público.** 2015. 169f. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2015.

NIEMINSKI, E.; DURRANT, G. C.; HOYT, M. B.; OWENS, M. E.; PETERSON, L.; PETERSON, S.; TANNER, W. D.; ROSEN, J.; CLANCY, J. L. Is E. coli an appropriate surrogate for Cryptosporidium occurrence in water? **Journal American Water Works Association**, v. 102, n. 3, p. 65-68, March 2010.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** Dissertação de Mestrado. São Carlos: Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, 2001.

SILVA, C. F. **Remoção de Oocistos e de Indicadores Físicos de *Cryptosporidium parvum* em Águas de Abastecimento por Meio da Decantação - Estudo em Escala Piloto.** 2008. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SHEN, Y. H. Treatment of low turbidity water by sweep coagulation using bentonite. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, 2005.

STANDRIDGE, J. E. coli as a public health indicator of drinking water quality. **Journal American Water Works Association**, v. 100, n. 2, p. 65-75, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for Drinking Water Quality** [electronic resource]: incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. 2006b.

XAGAROKAI, I. *et al.* Removal of emerging waterborne pathogens and pathogens indicators. **Journal of the American Water Works Association**, v. 96, n. 5, p. 102-113, 2004.

TAIRA, R. **Remoção de oocistos de *Cryptosporidium* na filtração lenta, precedida ou não de filtração ascendente em pedregulho.** dissertação de mestrado. Universidade de Brasília Faculdade de tecnologia, Brasília, 2008.