

I-312 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E PERFORMANCE DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Danielle Lobo Montenegro⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Especialista em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestre em Engenharia de Petróleo (UFRN) e Doutoranda em Química (UFRN). Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, *Campus* Fortaleza.

Antonia Samylla Oliveira Almeida⁽²⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutoranda em Engenharia Civil (UFC).

Francisco Rafael Sousa Freitas⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária (PPgES/UFRN). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, *Campus* de Sobral.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Treze de Maio, 2081 – Benfica – Fortaleza – CE – CEP: 60040-531 - Brasil - Tel: (85) 3307-3646 - e-mail: lobo_montenegro@hotmail.com

RESUMO

A definição da tecnologia de tratamento de água depende da disponibilidade quantitativa e qualitativa de água *in natura*, a área disponível, o padrão de potabilidade vigente e a possibilidade de flexibilidade operacional. Sabendo disso, esse trabalho apresentou uma avaliação da qualidade da água tratada de uma Estação de Tratamento de Água (ETA), comparando o desempenho da ETA com tecnologia de Filtração Direta Ascendente (FDA) e, após substituição da tecnologia, da ETA compacta de Ciclo Completo. Foram analisados os parâmetros turbidez, cor, pH, cloro residual livre (CRL), coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*). Os resultados apresentados foram obtidos mensalmente, entre os anos de 2015 e 2016, dentre os quais pode-se concluir que a tecnologia FDA utilizada apresentou limitação para o tratamento da água bruta com elevados valores de cor e turbidez, sendo necessário a otimização dos processos de tratamento da água através da adição de outras etapas componentes do sistema de Ciclo Completo. A ETA compacta de ciclo completo implantada conseguiu tratar a água, produzindo água dentro dos padrões de potabilidade para os parâmetros analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento Humano, Potabilidade, Tratamento de Água.

INTRODUÇÃO

Devido aos diversos impactos ambientais tem-se notado um agravado das mudanças climáticas, principalmente nos corpos hídricos onde são percebidos diversos problemas quantitativos e qualitativos que afetam diretamente as atividades socioeconômicas de uma região. Eventos climáticos extremos podem ter impactos negativos não apenas na qualidade da água, mas também na disponibilidade de água potável (Luh *et al.*, 2015).

As mudanças climáticas também tem sido correlacionadas com alteração de alguns parâmetros físicos – alteração da temperatura da água (Conradie & Barnard, 2012, Davis *et al.*, 2009), químicos – dinâmicas da ciclagem de nutrientes nos corpos hídricos (Capo *et al.*, 2017, Toride *et al.*, 2018) e biológicos- aumento dos eventos de florações de cianobactérias (Yang *et al.*, 2016), que podem produzir substâncias tóxicas - cianotoxinas (O’Neil *et al.*, 2012; Elliott, 2012; Paerl & Paul, 2012; Paerl *et al.*, 2011) impactando na qualidade das águas dos mananciais disponíveis para os diversos usos, conforme determinado pela Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997).

No Ceará, as chuvas abaixo da média histórica, a pouca água acumulada nos reservatórios, o crescimento da populacional e o incremento de atividades econômicas são fatores que, aliados, culminam na crise hídrica atual, comprometendo a água disponível nos mananciais (FUNCEME, 2018). Com isso, a distribuição da água tratada

em quantidade e com qualidade se configura como um dos serviços do saneamento básico que promove a melhoria da saúde da população (BRASIL, 2017), sendo a população rural a mais impactada pela pequena oferta deste serviço.

No processo de potabilização da água a escolha da tecnologia mais adequada para o tratamento da água para o consumo humano deve ser orientada pelas características da água bruta, custos envolvidos, manuseio e confiabilidade dos equipamentos, flexibilidade operacional, localização geográfica e características da população (LIBÂNIO, 2010).

Entre as diversas tecnologias de tratamento de água, a filtração direta ascendente (FDA) apresenta algumas limitações para a realização do tratamento de água bruta com valores elevados de concentração de algas, cor verdadeira (acima de 100 uH), turbidez (acima de 100 UT) ou coliformes, com suspeita de presença de vírus, protozoários e outros microrganismos patogênicos e que apresentam variações bruscas dos parâmetros de qualidade (DI BERNARDO e DANTAS, 2003).

As dificuldades operacionais referentes à tecnologia de filtração direta podem ser percebidas em diversas etapas de tratamento. Há a possibilidade de interferência na eficiência na oxidação de alguns compostos orgânicos. Além disso, a ausência das unidades de decantação reduz o tempo de detenção da água no interior da estação, por vezes de 2,5 h para menos de 30 min, e requer maior habilidade dos operadores quando ocorrem bruscas alterações das características da água bruta (LIBÂNIO, 2010).

Na tecnologia convencional de tratamento de água que contempla aplicação de coagulante na unidade de mistura rápida, floculação, sedimentação e filtração (LIBÂNIO, 2010) requer elevado custo de implantação, maior consumo de coagulante e maior produção de lodo, entretanto ela é aplicável em ampla faixa de qualidade de água bruta, flexibilidade as variações bruscas dos parâmetros de qualidade da água e facilidade operacional.

O manancial de captação Ayres de Sousa, localizado na região norte do Ceará, utilizado para o abastecimento da comunidade estudada apresentou volume de armazenamento muito baixo para o período estudado devido aos efeitos hidrológicos, que haver apenas uma estação chuvosa, janeiro a maio, e outra de estiagem, junho a dezembro. Além disso, a qualidade da água do manancial sofre bastante com a eutrofização da água indicando a ocorrência de contaminação antrópicas.

Nesse contexto, os sistemas simplificados, como a Filtração Direta Ascendente, utilizados para atender a comunidade estudada apresentam limitação para o tratamento de águas com essas características, sendo, dessa forma, este estudo visa avaliar a otimização dos processos de tratamento da água através da adição de outras etapas componentes do sistema de ciclo completo.

Desta forma, esse trabalho teve como objetivo analisar comparativamente a qualidade da água tratada pelas tecnologias de Filtração Direta Ascendente e Ciclo Completo em uma ETA, visando a adequação do sistema de tratamento de água aos padrões de potabilidade para o consumo humano de acordo com as exigências da Portaria de Consolidação Nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

MATERIAIS E MÉTODOS

• CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O sistema de abastecimento estudado realizou, até dezembro de 2015, o tratamento parcial da água por filtração direta ascendente (FDA) em um clarificador de contato, equipamento destinado às comunidades de pequeno porte, com vazão de operação de 80 m³/h. Durante o tratamento foram utilizados os produtos químicos, sulfato de alumínio polimerizado na coagulação, o cloro gasoso na desinfecção da água e o fluorsilicato de sódio na etapa de fluoretação da água, não havendo necessidade de realizar a correção do pH.

A ETA convencional compacta realiza as etapas do tratamento de ciclo completo: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Essa ETA, com vazão de operação de 80 m³/h substituiu, em janeiro de 2016, o equipamento usado anteriormente no tratamento da água do sistema em estudo. As etapas realizadas pelas tecnologias de filtração direta ascendente e de ciclo completo estão descritas na Figura 1.

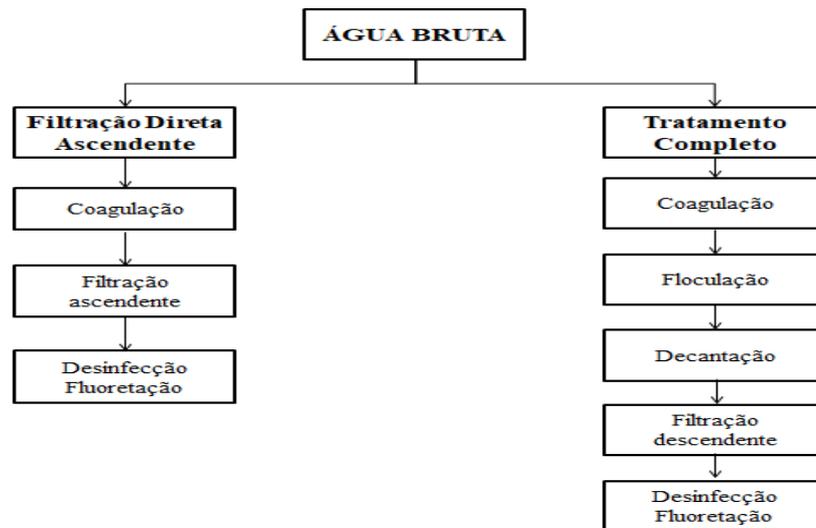


Figura 1: Etapas de tratamento de uma ETA com filtração direta ascendente e de ciclo completo. (Fonte: Autor, 2018).

Durante o tratamento de ciclo completo, composto por módulos de floculação, decantação, filtração e desinfecção, utilizou-se como produtos químicos específicos, o sulfato de alumínio polimerizado, como coagulante primário e o polímero catiônico, como auxiliar de floculação. Na desinfecção da água, o cloro gasoso foi substituído pela solução de hipoclorito de sódio, produzida em um gerador de cloro na própria ETA, através da reação entre água, cloreto de sódio e oxigênio na presença de corrente elétrica, o que provoca hidrólise, gerando a solução e peróxido de hidrogênio. Nessa ETA não há a necessidade de correção de pH da água. Após o processo de tratamento da água, a mesma é armazenada em um reservatório de partida.

- COLETA E AVALIAÇÃO DOS DADOS

Os procedimentos seguidos para realização da pesquisa estão representados na Figura 2.

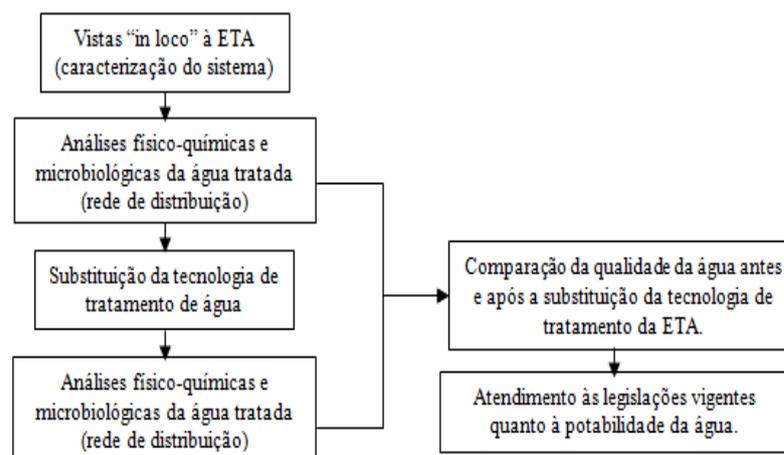


Figura 2: Etapas da realização da pesquisa. (Fonte: Autor, 2018).

- CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de água bruta, clarificada e tratada foram caracterizadas a partir das análises dos parâmetros:

- i) Parâmetros físico-químicos: cor, turbidez, pH e cloro residual livre.
- ii) Parâmetros microbiológicos: coliformes totais e *Escherichia Coli* (*E.coli*).

Os procedimentos de coleta, preservação, preparação e análise das amostras, seguiram o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23th Edition* (APHA; AWWA; WEF, 2017).

As representações dos resultados levaram em consideração o valor mínimo, os percentis de 25% (Q₁) e 75% (Q₃), a mediana e o valor máximo do conjunto de dados analisados para representar as variações da qualidade da água clarificada e tratada na rede de distribuição nos anos de 2015 e 2016 respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse trabalho, a qualidade da água tratada distribuída no ano de 2015, antes da substituição da tecnologia de tratamento, foi analisada a partir dos resultados das estatísticas descritivas para os parâmetros turbidez, cor, pH, CRL, CT e EC das amostras monitoradas de água tratada coletadas de janeiro a dezembro de 2015, com exceção do mês de setembro. Após substituição da tecnologia de tratamento de água, a qualidade da água tratada distribuída continuou sendo monitorada até o mês de outubro de 2016, conforme os dados apresentados na Tabela 1 e 2.

Tabela 1: Parâmetros cor e turbidez das amostras monitoradas de água tratada no ano de 2015.

Amostra	COR (uH) 2015					TURBIDEZ (uT) 2015				
	Mín.	Máx.	Q ₁	Média	Q ₃	Mín.	Máx.	Q ₁	Média	Q ₃
JAN	100	300	125	204	300	30	45	38	40	43
FEV	200	300	200	224	300	34	54	34	42	47
MAR	100	350	106	184	350	9	37	10	22	33
ABR	20	40	25	29	40	2	7	3	5	7
MAI	20	55	40	43	55	3	9	3	5	6
JUN	20	70	40	49	70	4	16	4	9	13
JUL	17,5	100	51	67	100	5	25	11	15	21
AGO	20	60	56	59	70	18	31	18	23	25
OUT	200	360	220	296	360	110	248	132	166	202
NOV	350	750	350	460	750	157	374	168	235	274
DEZ	15	850	16,3	354	850	4	459	4	171	351

Tabela 2: Parâmetros cor e turbidez das amostras monitoradas de água tratada no ano de 2016.

Amostra	COR (uH) 2016					TURBIDEZ (uT) 2016				
	Mín.	Máx.	Q ₁	Média	Q ₃	Mín.	Máx.	Q ₁	Média	Q ₃
JAN	10	50	11	20	20	3,3	23,7	3,3	9,0	11,7
FEV	5	10	5	7	10	0,8	4,3	1,3	2,2	2,5
MAR	0	7,5	5	5	5	1,1	4,3	1,2	1,8	1,7
ABR	0	15	4	5	6	0,4	2,0	0,5	1,0	1,4
MAI	0	15	4	7	10	0,4	3,0	1,0	1,4	1,7
JUN	0	15	0	3	5	0,3	3,8	0,3	1,1	1,3
JUL	0	20	9	11	15	0,8	5,0	1,7	2,6	3,1
AGO	5	60	24	31	38	0,6	10,8	3,2	5,9	9,2
SET	0	30	3	11	15	0,9	5,8	1,0	2,4	3,4
OUT	5	60	5	18	10	1,2	5,8	1,3	2,5	2,8

Em termos de turbidez, de acordo com o padrão de potabilidade, que segundo a Portaria de Consolidação Nº 5/2017/Ministério da Saúde, o valor máximo permitido (VMP) para na rede de distribuição é de 5,0 UT. Através da tabela 1 observa-se que a mediana da turbidez da água distribuída no ano de 2015 ficou abaixo do VMP apenas no mês de abril do ano de 2015, apresentando valor de 4,9 UT. No ano de 2016, após a instalação da tecnologia de ciclo completo, observou-se que os valores de mediana e percentis 75%, representados na tabela 2, apresentaram valores de turbidez menores que 5,0 UT, sendo assim consideradas próprias para o consumo humano.

De acordo com Viana *et al.* (2013) a remoção de turbidez aos menores valores possíveis, significa uma remoção maior de protozoários, com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* sp. (BRASIL, 2017). Essa nítida melhora na turbidez da água tratada pode ser atribuída às reformas realizadas na ETA, com a troca da tecnologia de tratamento de água. Atualmente a ETA em estudo é operada utilizando a tecnologia de ciclo completo.

Com relação à cor aparente, no ano de 2015, tabela 1, houve o maior valor de cor da água tratada no mês de dezembro, 850,0 uH, exatamente no mesmo momento em que houve o maior valor de turbidez da água tratada, 459,0 UT, confirmando a limitação da tecnologia de filtração direta ascendente para realizar o tratamento de água bruta com valores altos de cor (acima de 100 uH) e turbidez (acima de 100 UT).

No ano de 2015, o valor mínimo encontrado da cor foi de 20,0 uH no mês de abril, conforme observado na tabela 1. Em termo de atendimento ao padrão de potabilidade, que segundo a Portaria de Consolidação Nº 5/2017/Ministério da Saúde, o VMP para a cor aparente é de 15,0 uH, 100% das amostras analisadas possuíram cores maiores que o VMP, confirmando assim a necessidade da substituição da tecnologia de filtração direta ascendente para enquadramento da qualidade da água distribuída de acordo com os padrões de potabilidade.

De acordo com Who (2004), a cor e turbidez da água tratada podem ser motivos de rejeição, ou seja, podem fazer com que o consumidor troque uma água segura por outra de qualidade duvidosa, porém, com melhores características de aceitabilidade. Portanto, a prioridade não é apenas a provisão de água segura do ponto de vista de saúde, mas aceitável em termos estéticos e organolépticos.

Com a substituição da tecnologia de tratamento de água, houve uma melhora da cor aparente da água tratada do ano de 2015 para 2016. Ao analisar os resultados da estatística descritiva da tabela 2, observou-se a redução

nos valores máximos e mediana, que em dezembro de 2015 eram de 850 uH e 202,5 uH, respectivamente, passaram para 10 uH e 5 uH, respectivamente, em fevereiro de 2016.

A redução desses dois parâmetros (cor e turbidez) também apresentam benefícios quanto a redução de matéria orgânica natural (MON), promovendo possivelmente também uma redução da formação de subprodutos da desinfecção (trihametas e ácidos haloacéticos) no processo de oxidação da MON presente na água bruta, como no processo de desinfecção final. Tendo em vista que o potencial de formação de trihametas (PFTHM) depende fortemente da qualidade da água bruta recebida pela estação de tratamento (PLATIKANOV; MARTÍN; TAULER, 2012) a escolha adequada da tecnologia pode ser crucial para a redução desses compostos.

A Tabela 3 contém os resultados dos parâmetros pH e cloro residual livre das amostras coletadas de água tratada no ano de 2015 e 2016 respectivamente.

Tabela 3: Parâmetros pH e cloro das amostras monitoradas de água tratada nos anos 2015 e 2016.

Amostra	pH					CLORO (mg.L ⁻¹)				
	Mín.	Máx.	Q ₁	Média	Q ₃	Mín.	Máx.	Q ₁	Média	Q ₃
2015	6,9	8,0	7,2	7,4	7,5	0,0	5,0	1,4	2,7	3,2
2016	6,2	7,8	6,9	7,1	7,3	0,0	5,0	1,8	2,3	2,9

Em relação ao pH das amostras de água tratada analisadas, os resultados apresentaram valores mínimos e máximos variando entre 6,2 e 8,1 e as medianas variaram entre 6,7 e 7,5 para todos os dados analisados no período de janeiro de 2015 a outubro de 2016. Essas análises permitem dizer que, em relação ao pH, todas as amostras analisadas estavam dentro do padrão de potabilidade recomendado pela Portaria de Consolidação N° 5/2017/Ministério da Saúde.

Conforme Libânio (2010), o termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. Na rotina dos laboratórios das estações de tratamento ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção. A Portaria de Consolidação N° 5/2017/Ministério da Saúde recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição. Naime *et al.* (2009) informa que vários fatores podem influenciar o pH, desde a ausência de substâncias salinas disponíveis nas rochas para solubilização e neutralização da água, até contaminações com excreções animais, que contribuem para a redução dos níveis de pH.

Dessa forma é necessário o monitoramento do pH, pois esse é um parâmetro importante para a avaliação da qualidade da água. Onde a acidez elevada pode acarretar problemas quando for utilizar dessas águas para fazer higienização, pois, devido ao pH estar alterado, pode ocorrer neutralização de agentes desinfetantes como o cloro, ou hipoclorito de cálcio e ácido peracético que são os mais comuns de ser utilizados para desinfecção da água (NAIME *et al.*, 2009).

Segundo o Ministério da Saúde (2006a), é importante eleger indicadores que expressem precocemente a situação da água de maneira ágil, barata e representativa. Os principais parâmetros para controle e vigilância da qualidade da água são a turbidez e o Cloro Residual Livre (CRL), e têm como principal objetivo conferir condições de identificação precoce de situação de risco, principalmente em relação as doenças de veiculação hídrica (OGATA *et al.*, 2016).

Nos anos de 2015 e 2016, a maioria das amostras ficaram entre 1,0 mg/L e 3,0 mg/L, portanto dentro do padrão de potabilidade, que estabelece um intervalo de 0,2 a 5,0 mg/L para a Portaria de Consolidação N° 5/2017/Ministério da Saúde N° 5/2017 conforme apresentado na Tabela 3. Há de se destacar, porém, que nos anos de 2015 e 2016 algumas amostras apresentaram concentração de cloro de 0 mg/L, fato que torna a água imprópria para o consumo humano. Tal ocorrência foi observada em uma amostra por mês nos meses de maio e outubro de 2015 e março, abril e junho de 2016, devido aos processos de manutenção da rede de distribuição, causando, assim, a ausência momentânea de cloro residual livre na água tratada distribuída.

Em relação ao padrão microbiológico da água para consumo humano, a Portaria de Consolidação Nº 5/2017/Ministério da Saúde, estabelece que na rede de distribuição, para sistemas que abastecem menos que 20.000 habitantes, que apenas uma amostra, entre as amostras analisadas no mês, poderá apresentar resultado positivo. No ano de 2015, antes da substituição da tecnologia de tratamento de água, foi observado presença de CT em duas das oito amostras analisadas em cada um dos meses de abril, agosto e dezembro. Entretanto, nenhuma das amostras analisadas no ano de 2015 apresentou presença de *E. coli*, estando todas em conformidade com a Portaria de Consolidação Nº 5/2017/Ministério da Saúde.

A ausência de *E. coli* evidencia a adequada qualidade bacteriológica da água distribuída, visto que essa bactéria habita usualmente o intestino de animais de sangue quente e sua ausência em águas de abastecimento indica não ocorrência de contaminação da água por material fecal. Embora algumas cepas de *E. coli* não sejam patogênicas, outras podem causar doenças gastrointestinais por meio de uma variedade de mecanismos.

No ano de 2016, após a substituição da tecnologia de tratamento de água, foi observado presença de CT em duas amostras apenas nos meses de março. Entretanto, foram observadas presenças de *E. coli* nos meses de janeiro a junho, uma amostra por mês, estando fora do padrão de qualidade de água para o consumo humano conforme a Portaria de Consolidação Nº 5/2017/Ministério da Saúde.

Segundo Carmo *et al.*, (2008), a operação da ETA e da rede de distribuição está sujeita a eventos que podem resultar na introdução de contaminantes perigosos na cadeia produtiva de água para o consumo humano. Dentre esses eventos perigosos, podem ser citados: a alteração da qualidade do manancial por ação natural ou antrópica, a pressão negativa no sistema de distribuição, os vazamentos nas tubulações, a operação inadequada da ETA e a reservação incorreta (OGATA *et al.*, 2016).

A presença de *E. coli* nesses meses, pode estar associada ao fato de a coleta ter sido realizada no momento em que o sistema de distribuição estava com pressão negativa, devido a problemas operacionais, diante disso a rede de distribuição estava sem cloro residual livre. Para essas amostras foram realizadas recoletas, e os resultados não apresentaram presença de *E. coli*, estando todas em conformidade com a Portaria de Consolidação Nº 5/2017/Ministério da Saúde, evidenciando, com isso, a adequada qualidade bacteriológica da água tratada distribuída após a instalação da ETA compacta de ciclo completo.

CONCLUSÕES

O Sistema simplificado, com tecnologia de tratamento a Filtração Direta Ascendente, apresentou limitação para o tratamento de águas eutrofizadas, sendo necessária a otimização dos processos de tratamento da água através da adição de outras etapas componentes do sistema de ciclo completo.

Dessa forma, considerando apenas os parâmetros cor e turbidez da água bruta, pode-se concluir que a permanência na utilização da tecnologia da Filtração Direta Ascendente implicaria riscos de falhas com relação à remoção da turbidez.

Se tratando de atendimento ao padrão de potabilidade, nesse estudo, a ETA compacta de ciclo completo implantada conseguiu realizar o tratamento da água, produzindo água dentro dos padrões para os parâmetros analisados em 2016, ano em que o reservatório Ayres de Sousa apresentava baixíssimos níveis e consequentemente condição elevada de degradação da qualidade da água.

Apesar da elevada frequência de atendimento do cloro residual livre ao padrão de potabilidade, de mais de 97%, há de se fazer ressalvas, já que em 3% das amostras apresentaram valores de cloro residual livre igual a zero, devido a problemas operacionais. Os processos de manutenção da rede de distribuição tendem a gerar contaminação momentânea na rede de abastecimento, devendo-se, portanto, buscar medidas operacionais que minimizem o risco.

Diante disso, a melhora contínua da operação da ETA e da rede de distribuição é fundamental para evitar que alguns parâmetros não sejam atendidos de forma satisfatória, e assim obter um processo de tratamento de água mais eficiente, rentável, econômico, e que garanta a saúde da população de Sobral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23rd Edition. Whashington: Pharmabooks, 2017.
2. BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jan. 1997.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 set. 2017.
4. CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n.14, p. 326-434, out./dez.2008.
5. CAPO, E., DEBROAS, D., ARNAUD, F., PERGA, M.E., CHARDON, C., DOMAIZON, I. **Tracking a century of changes in microbial eukaryotic diversity in lakes driven by nutrient enrichment and climate warming**. *Environ. Microbiolog.*, 168 (3) (2017), pp. 335-351.
6. COGERH. **Sistema de qualidade das águas: Estado trófico**. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/acude/eutrofizacao>>. Acesso em: 18 de junho de 2018.
7. CONRADIE, K.R., BARNARD, S. The dynamics of toxic Microcystis strains and microcystin production in two hypertrophic South African reservoirs *Harmful Algae*, 20 (2012) pp. 1-10.
8. DAVIS, T.W., BERRY, D.L., BOYER, G.L., GOBLER, C.J. Effects of nutrients, temperature, and zooplankton grazing on toxic and non-toxic strains of the harmful cyanobacterium *Microcystis* spp. *Harmful Algae*, 8 (5) (2009), pp. 715-725.
9. DI BERNARDO, L. (Coord.) et al. **Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta**. PROSAB 3. ABES pp. 480. São Carlos, 2003.
10. ELLIOTT, J.A. Is the future blue-green? A review of the current model predictions of how climate change could affect pelagic freshwater cyanobacteria *Water Res.*, 46 (5) (2012), pp. 1364-1371.
11. FUNCEME: **Volume armazenado nos reservatórios**. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/acude/nivel-diario>>. Acesso em: 15 de abril de 2018.
12. LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010.
13. Luh, J., Christenson, E.C., Toregozhina, A., Holcomb, D.A., Witsil, T., Hamrick Ellipsis, L.R., Bartram, J. Vulnerability assessment for loss of access to drinking water due to extreme weather events. *Clim. Change*, 133 (4) (2015), pp. 665-679.
14. NAIME, R. H.; CARVALHO, S.; NASCIMENTO, C. A. Avaliação da Qualidade da Água Utilizada nas Agroindústrias Familiares do Vale dos Sinos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, PR, v.2, n. 1, pag. 105-119, jan./abr. 2009.
15. OGATA, I. S.; OLIVEIRA, R.; MEIRA, C. M. B. S.; NASCIMENTO, R. S.; HENRIQUE, J. A.. Avaliação de risco a saúde associada a qualidade da água para consumo humano em Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Campina Grande, PB, n. 40, pag. 1-15, jun. 2016.
16. O'NEIL, J.M., DAVIS, T.W., BURFORD, M.A., GOBLER, C.J. The rise of harmful cyanobacteria blooms: the potential roles of eutrophication and climate change *Harmful Algae*, 14 (2012), pp. 313-334.
17. PAERL, H.W., HALL, N.S., CALANDRINO, E.S. Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change *Sci. Total Environ.*, 409 (2011), pp. 1739-1745.
18. PAERL, H.W., PAUL, V.J. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria *Water Res.*, 46 (5) (2012), pp. 1349-1363.
19. PLATIKANOV, S.; MARTÍN, J.; TAULER, R. Linear and non-linear chemometric modeling of THM formation in Barcelona's water treatment plant. *Science of the Total Environment*, v. 432, p. 365-374, 2012.
20. TORIDE, K., CAWTHORNE, D.L., ISHIDA, K., KAVVAS, M.L., ANDERSON, M.L. Long-term trend analysis on total and extreme precipitation over Shasta Dam watershed. *Sci. Total Environ.*, 626 (2018), pp. 244-254.
21. VIANA, D. B.; BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. **Levantamento e caracterização de dados de turbidez de água bruta e tratada de 44 ETAS no Brasil com tratamento em ciclo completo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., Goiânia, 2013. Anais...Rio de Janeiro, ABES, 2013.
22. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking - water quality**. 3rd ed. Geneva: WHO, 2004. 515p.



23. YANG, Z., ZHANG, M., SHI, X., KONG, F., MA, R., YU.,Y. **Nutrient reduction magnifies the impact of extreme weather on cyanobacterial bloom formation in large shallow Lake Taihu (China).** Water Res., 103 (2016), pp. 302-310.