

I-214 – VARIAÇÃO SAZONAL E QUALIDADE DA ÁGUA QUE ABASTECE A REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR BA

Daniele Cristina Talarico⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia. Mestranda em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Universidade Federal da Bahia.

Magda Beretta⁽²⁾

Doutora em Química Analítica Ambiental pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Ecologia, Bacharel e Licenciada em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Rua Prof. Aristides Novis, 02, Federação - Salvador - BA - CEP: 40210-910 - Brasil - Tel: (71) 3283-9700 - e-mail: danielect1@hotmail.com

Endereço⁽²⁾: Rua Prof. Aristides Novis, 02, Federação - Salvador - BA - CEP: 40210-910 - Brasil - Tel: (71) 3231-7621 - e-mail: mberetta@ufba.br

RESUMO

A depender da magnitude e frequência das ações antrópicas e/ou naturais ocorridas ao longo da bacia hidrográfica, a qualidade da água de abastecimento humano pode sofrer alterações drásticas das suas características químicas, físicas e biológicas. Aspectos relativos ao clima, hidrologia, geologia, pedologia, morfologia, entre outros, também influenciam na qualidade e características da água no corpo hídrico. O objetivo deste trabalho foi analisar a influência da variação sazonal na qualidade da água bruta na barragem B1 e no tratamento de água na estação de tratamento de água ETA1, Salvador – BA, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2012. Para tanto, levantou-se os seguintes dados: as evoluções diárias do nível de água na barragem B1, dos parâmetros cor, turbidez e pH, na água bruta que aflui à ETA1, e das dosagens de coagulante, fluoretante e pré-oxidante, empregados no tratamento de água. Além desses, reuniu-se dados de qualidade da água para os parâmetros fósforo total, clorofila “a”, cianobactérias e cianotoxinas, no ponto de captação da B1. A análise dos resultados demonstrou que o reservatório B1 encontrou-se de eutrofizado para hipereutrofizado durante todo o período estudado; os parâmetros cor e a turbidez na água bruta foram mais pronunciadas em períodos de maior precipitação pluviométrica, com picos coincidindo com cotas da barragem acima do nível do vertedouro; as dosagens de coagulante e fluoretante variaram muito pouco com a sazonalidade; em contrapartida, a dosagem de cloro na pré-oxidação da ETA1, tem ampla variação, com maiores demandas em períodos secos (menores índices pluviométricos, alta incidência de luz solar e maior evaporação d’água no reservatório) e com intensa floração de cianobactérias no reservatório.

PALAVRAS-CHAVE: Variação sazonal, Qualidade da água bruta, Tratamento de Água.

INTRODUÇÃO

Vários fatores podem intervir na qualidade da água de abastecimento humano, sendo que, a magnitude, a frequência e a graduação das alterações das características dessa água podem ser função de ações antrópicas desenvolvidas ao longo da bacia hidrográfica (usos e ocupação do solo), quanto das particularidades naturais dessa (composição do solo, tipo de cobertura vegetal, entre outros), incluindo-se aspectos relativos ao clima, hidrologia, geologia, pedologia e morfologia.

Quando mais intenso e diversificado o uso do manancial e de sua bacia hidrográfica, maior é a necessidade de se definir formas de manejo e de gestão ambiental que busquem, sobretudo, a sustentabilidade desses ecossistemas. Vinculado a essa assertiva, o efetivo monitoramento da qualidade da água no corpo hídrico, serve para subsidiar decisões presentes e futuras quanto à preservação do manancial, bem como, dar suporte para conhecer as tendências e variações da qualidade temporal e sazonal da água, ajudando a compreender alguns fenômenos relativos ao meio onde o corpo d’água está inserido.

Na visão de Libânio (2010), o Brasil possui uma legislação ambiental bastante restritiva quanto à emissão de poluentes no ambiente. Em contrapartida, o cumprimento das leis não tem se dado de maneira ativa no País, visto que, a estrutura político-administrativa dos órgãos competentes não tem respondido com a agilidade

necessária para a efetivação das ações, apresentando fragilidades quanto à inserção funcional do quadro de fiscais, insuficiência de funcionários, falta de qualificação técnica, entre outras deficiências. Nesse sentido, os dispositivos legais existentes não têm sido suficientes para garantir a utilização dos recursos hídricos, de maneira que os corpos d'água estão bastante vulneráveis aos poluentes sólidos, líquidos e atmosféricos.

Desse modo, o corpo d'água acaba funcionando como um verdadeiro depósito de elementos químicos e outras substâncias poluentes que circulam nos ecossistemas e nos sedimentos. Esses chegam ao manancial superficial a partir da introdução de cargas poluidoras difusas e pontuais originadas na sua bacia de contribuição e também nos grandes núcleos urbanos existentes no alto curso do rio, podendo ser facilmente carreados para o corpo receptor através das águas de drenagem resultante das precipitações sobre a área da bacia e pelos sistemas de drenagem concebidos. Desses, destaca-se o carreamento de pesticidas e fertilizantes, usados na agricultura, como uma das principais facetas da poluição difusa.

O aporte de nutrientes (nitrogênio e fósforo) no corpo hídrico tem acelerado o processo de eutrofização. O problema agrava-se quando esse manancial é usado como suprimento para o abastecimento humano pelo fato do fenômeno da eutrofização estar associado à possibilidade de floração de cianobactérias, micro-organismo de interesse sanitário e potencialmente tóxico.

Nessas circunstâncias, a interferência da presença de algas na potabilização das águas descortina-se como um desafio para as operadoras dos sistemas de tratamento de água uma vez que, o tratamento da água do tipo convencional, apresenta limitações em relação à remoção de algas e cianobactérias. Basicamente as dificuldades operacionais se relacionam com a redução da eficiência da sedimentabilidade dos flocos; colmatção dos filtros e, portanto, diminuição das carreiras de filtração; aumento na dosagem de produtos químicos; elevação da demanda de cloro na pré-oxidação e na desinfecção, com maior possibilidade de formação de subprodutos da cloração, ocasionando maiores riscos à saúde humana e maior geração de lodo (GUERRA, 2012; DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Mesmo que as ineficiências na remoção de cianobactérias sejam superadas no tratamento convencional, este continuará sendo ineficiente na remoção de metabólitos secundários dissolvidos, liberados durante a lise celular, tais como as cianotoxinas. Segundo Guerra (2012), as cianotoxinas podem ser adsorvidas em carvão ativado ou oxidadas por cloro ou outros oxidantes, durante o tratamento de água.

Portanto, fica evidente que a deterioração da qualidade da água em um reservatório, usado para abastecimento humano, acarreta na adoção de tecnologias de tratamento mais dispendiosas, sendo de suma relevância, estudos voltados à análise da qualidade da água no manancial e nas estações de tratamento de água, bem como, análise dos impactos da variabilidade sazonal sobre a qualidade da água no reservatório e na estação de tratamento de água (ETA), para que se possam gerar estratégias eficazes, tanto de mitigação quanto de adaptação, para enfrentar as mudanças adversas nesses ambientes.

Nesse cenário, se inserem o reservatório da barragem B1 e a ETA1, objetos desse estudo, que fazem parte do Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Salvador (RMS) e, juntos respondem por parte da demanda de água potável do município de Salvador, BA. Estudos realizados por Amorim *et al.* (2011), têm demonstrado a relação entre a piora da qualidade da água nos mananciais que abastecem a RMS e o aumento dos custos com produtos químicos no tratamento de água das ETAs, incluindo o reservatório B1 e a ETA1.

Nesse sentido, o presente estudo se justifica, uma vez que há a necessidade de se compreender a dinâmica entre a qualidade da água bruta e as implicações no tratamento dessa para fins de potabilização, ora estudada sobre a ótica sazonal, o qual se pretende responder questões que se relacionam com qualidade da água bruta no reservatório e a variação do nível d'água na barragem B1, bem como, entender como essa variação pode influenciar no tratamento e qualidade da água potabilizada na ETA1.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo baseou-se em dados secundários referentes ao período de 2010 a 2012, os quais se compõem de dados de nível d'água, qualidade da água e dosagem de produtos químicos no tratamento da água da ETA1.

Os dados pluviométricos catalogados consistem nos valores diários da evolução do nível d'água na barragem B1; os dados de dosagem de produtos químicos na ETA1 (sulfato férrico, ácido fluossilícico e cloro) foram organizados de acordo com a função e concentração aplicada no tratamento da água; e os dados de qualidade da água foram reunidos e analisados de acordo com o ponto de coleta e tipologia da água estudada, seguindo a configuração apresentada na tabela 1.

Tabela 1: Distribuição da análise da qualidade da água por tipo de água, ponto de amostragem e parâmetros analisados.

Tipo de água	Ponto de amostragem	Parâmetros analisados
Bruta	Ponto de captação de água no reservatório B1	Fósforo total, clorofila "a", cianobactérias e cianotoxinas (microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermopsinas).
Bruta	Canal de chegada de água na ETA1	Cor, turbidez e pH.
Tratada	Reservatório de contato da ETA1	Cianotoxinas (microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermopsinas).

Na água tratada foi analisado apenas o parâmetro cianotoxinas, que é expresso em concentração de microcistinas, saxitoxina e cilindrospermopsina. Ressalta-se que tais resultados, para fins dessa pesquisa, abrangem o período de janeiro de 2010 a março de 2012, não contemplando o restante dos meses do ano de 2012, nesta tipologia de água (água tratada). Esse fato se deve a mudanças na legislação pertinente no que tange ao ponto de amostragem e análise desse parâmetro.

Desse modo, obedecendo ao estabelecido na Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde (MS), no período de março a dezembro de 2012, a análise de cianotoxinas foi redirecionada para o ponto de captação de água bruta, no reservatório JOI, sendo a partir de então, realizada nesse ponto, obedecendo à periodicidade semanal quando a concentração de cianobactérias exceder 20.000 células/mL na captação. Na saída do tratamento da água na ETA, a análise de cianotoxinas só deverá ser realizada caso a concentração dessas, no ponto de captação, exceder os respectivos valores máximos permitidos (VPMs) de microcistinas, saxitoxina e cilindrospermopsina para água tratada, conforme estabelece a Portaria 2914/11.

Os resultados do monitoramento da qualidade da água no ponto de captação e na ETA, bem como, as respectivas dosagens dos produtos químicos foram analisados conjuntamente com os dados de evolução do nível d'água na barragem B1, subsidiando as discussões e conclusões desse trabalho.

Posteriormente, com a finalidade de classificar o corpo d'água em diferentes graus de trofia calculou-se o Índice de Estado Trófico (IET), proposto por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004), a partir dos resultados de concentração de fósforo total e clorofila "a" obtidos no monitoramento da qualidade da água bruta na represa B1 no período do estudo. Inicialmente foram calculados os Índices do Estado Trófico para o fósforo (IET PT) e para a clorofila "a" (IET CL) a partir das equações 1 e 2 que são aplicadas à ambientes lênticos.

$$\text{IET CL} = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) \rightarrow \text{Equação 1}$$

$$\text{IET PT} = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT}) / \ln 2)) \rightarrow \text{Equação 2}$$

onde: PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em ug.L-1; CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em ug.L-1; ln: logaritmo natural.

Nos meses em que estavam disponíveis os resultados de ambas variáveis, o valor apresentado nas tabelas e gráficos do IET refere-se à média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a, segundo a equação 3:

$$\text{IET} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2 \rightarrow \text{Equação 3}$$

RESULTADOS

As variações acentuadas da sazonalidade pluviométrica nas regiões tropicais influenciam na qualidade da água acumulada nos reservatórios. No caso da represa B1, nos períodos de maior precipitação pluviométrica, a barragem tende a encher e transbordar quando o nível de água atinge a cota do vertedouro. Em geral, nesses períodos há um aumento da cor e turbidez da água bruta devido ao maior aporte de sedimentos e outros materiais carregados pela enxurrada, por se tratar de um manancial superficial. A Figura 1 apresenta a evolução da cota d'água na barragem B1 e os respectivos reflexos na cor e turbidez da água bruta no canal de chegada de água da ETA1 no período estudado.

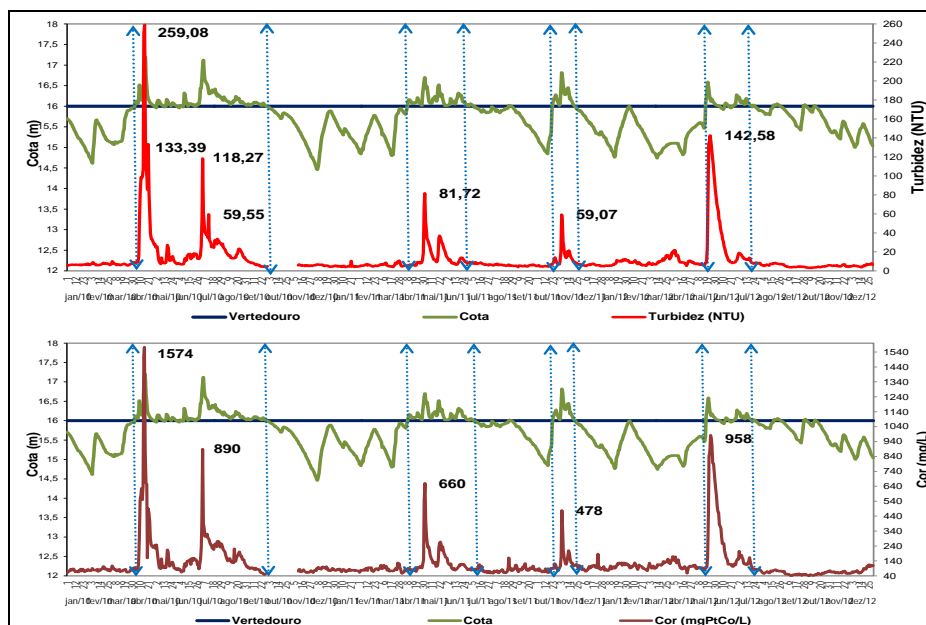


Figura 1: Cota na barragem B1 e variação da cor aparente e da turbidez na água bruta que chega a ETA1 – Período: 2010 a 2012

A análise conjunta da evolução da cota d'água na barragem e dos parâmetros cor e turbidez na ETA evidenciam que nos períodos de chuvas intensas, com consequente extravasamento da barragem, a água bruta que chega à ETA1 apresenta picos de cor e turbidez. Em contrapartida, nos períodos de estiagem ambos os parâmetros tendem a valores estáveis, que em geral encontram-se entre 50 a 100 mgPt/L e 5 a 10 NTU, para os parâmetros cor aparente e turbidez, respectivamente.

Os resultados obtidos para o cálculo do IET, calculados a partir das concentrações de fósforo total e clorofila “a”, indicam que a barragem B1 se encontrou em condições de eutrofização ao longo do período estudado, conforme pode ser observado na Figura 2.

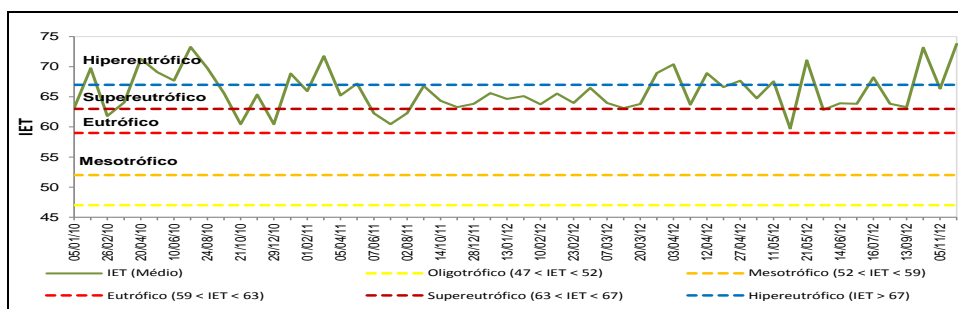


Figura 2: Variação do IET na barragem B1 - Período: 2010 a 2012

Com relação ao uso do coagulante sulfato férrico e do fluoretante ácido fluossilícico no tratamento de água, o que se verificou foi a pouca variação na dosagem desses no período estudado, não sendo significativa a relação

entre a variação do nível d'água na barragem e a maior ou menor aplicação desses na ETA1. A Figura 3 apresenta esses resultados.

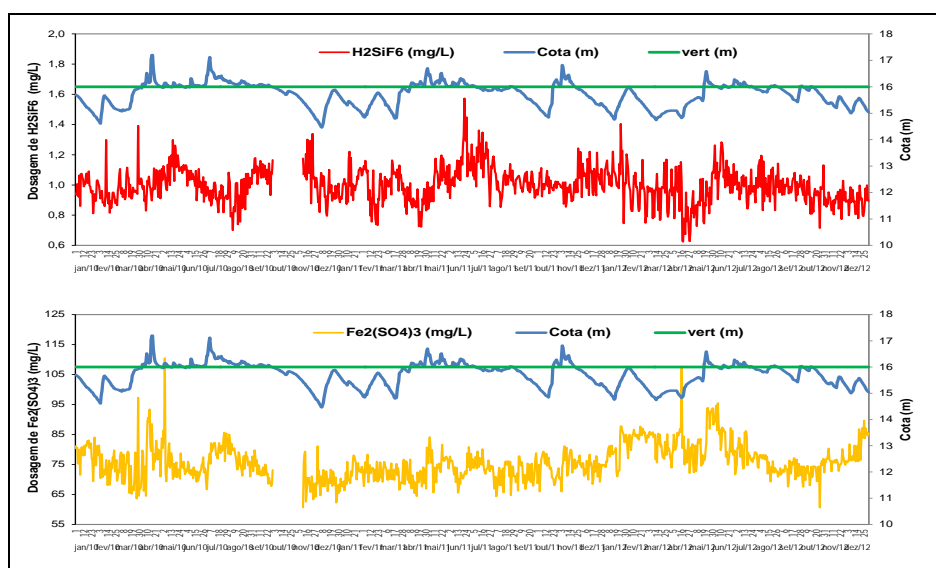


Figura 3: Cota de B1 e dosagem de coagulante e fluoretante na ETA1 – Período: 2010 a 2012

No que se refere à variação da dosagem de cloro na pré-oxidação da ETA1, da evolução do nível de água na barragem B1, e da variação na concentração de cianobactérias no ponto de captação em B1, optou-se por analisa-los conjuntamente. Os resultados encontrados no período do estudo estão apresentados na Figura 4.

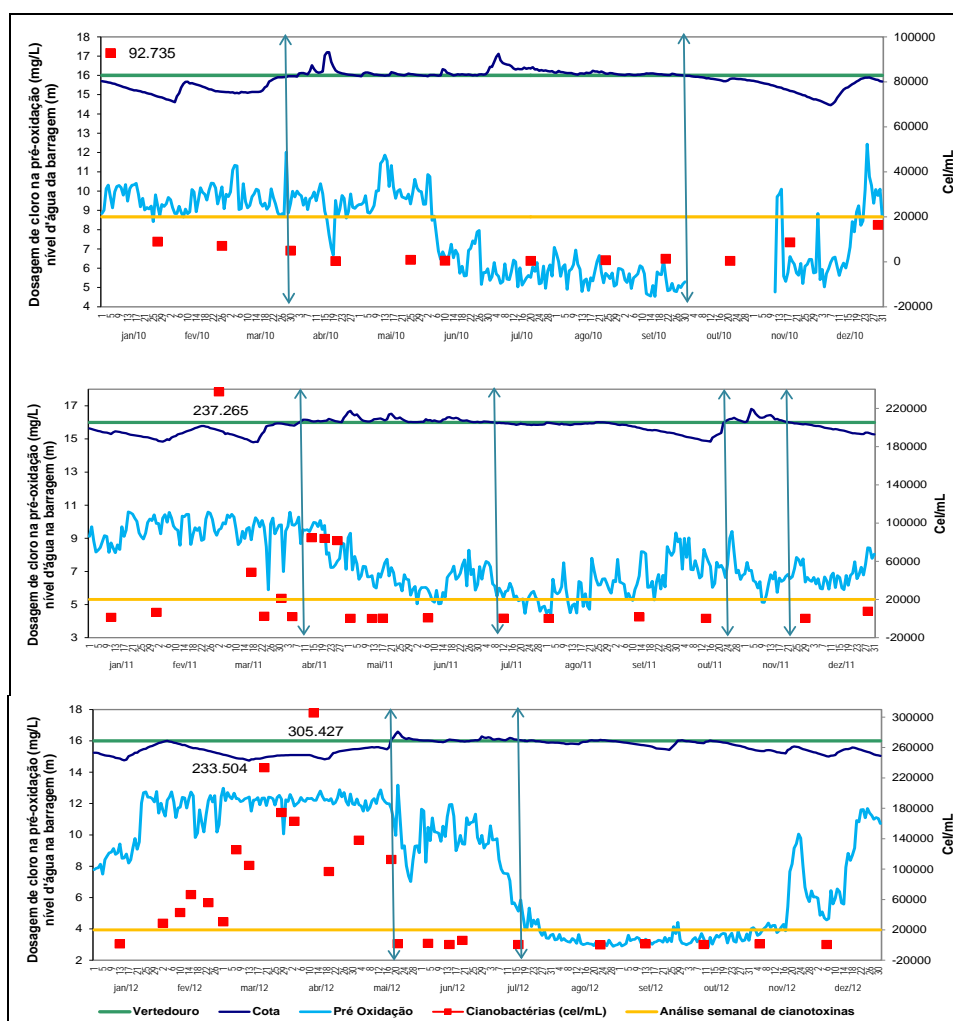


Figura 4: Evolução do nível d'água e concentração de cianobactérias na barragem B1 e concentração de cloro plicado na pré-oxidação da ETA1 – Período: 2010 a 2012

A análise da Figura 4 nos revela que os períodos de floração de cianobactérias no reservatório B1 coincidem com os períodos de maior dosagem de cloro na pré-oxidação da ETA1. Destaca-se o ano de 2012, onde é nítida a relação entre a maior concentração de cianobactérias no reservatório e a elevada dosagem do oxidante. Verifica-se que nos meses de fevereiro a maio, meses de intensa floração, a dosagem de cloro foi de aproximadamente 13,0 mg/L e, nos meses de julho a novembro a aplicação do cloro na pré-oxidação não ultrapassou o valor de 4,5 mg/L, sendo dosado em média 3,5 mg/L nesse período, valor esse que se ajusta perfeitamente ao período de menor concentração de cianobactérias no reservatório B1.

Sabe-se que ao dosar cloro como oxidante em águas contendo alta concentração de cianobactérias, pode ocorrer à lise celular e, se esses micro-organismos forem potencialmente tóxicos, a liberação de toxinas intracelulares das cianobactérias na água. Dessa forma, em situações onde há elevado número de células de cianobactérias na água, o uso do cloro na pré-oxidação só será permitido se o tratamento de água disponível for, comprovadamente, capaz de remover as toxinas dissolvidas, nas concentrações que estejam presentes (DI BERNARDO, 2010).

Em função dos riscos à saúde associados às cianotoxinas, a Portaria MS 2914/11 no artigo 40, veda o uso de algicidas para o controle do crescimento de microalgas e cianobactérias no manancial de abastecimento ou qualquer intervenção que provoque a lise das células. A mesma Portaria estabelece que se a densidade de cianobactérias exceder 20.000 células/ml deve-se realizar análise de cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal e se essa concentração for inferior que seus respectivos VMPs para água tratada, será dispensada análise de cianotoxinas na saída do tratamento da ETA. As Tabelas 2 e 3

apresentam as concentrações de cianotoxinas que, a depender do período analisado, ora referem-se à água tratada, na saída da ETA1 (Portaria do MS 518/04), ora a água bruta, coletada no ponto de captação da barragem B1 (Portaria do MS 2914/11). A mudança do ponto de amostragem para a determinação da concentração de cianotoxinas se deve as mudanças ocorridas nas legislações pertinentes.

Tabela 2: Resultados de cianotoxinas na água tratada da ETA1 – Período: 2010 a 02/03/2012.

Data / Parâmetro	Cianotoxinas (ug/L)		
	Cilindrospermopsina	Microcistina	Saxitoxina
05/01/10	< 0,05	< 0,1	< 0,02
12/01/10	< 0,05	< 0,1	< 0,02
27/01/10	< 0,05	< 0,1	< 0,02
02/02/10	< 0,05	< 0,1	< 0,02
09/02/10	< 0,05	< 0,1	< 0,02
18/02/10	< 0,05	0,13	< 0,02
24/02/10	0,05	0,1	< 0,02
17/03/11	< 0,05	< 0,1	0,04
23/03/11	< 0,05	0,11	0,03
31/03/11	< 0,05	< 0,1	0,02
05/04/11	< 0,05	< 0,1	0,02
14/04/11	< 0,05	< 0,1	0,03
20/04/11	< 0,05	< 0,1	< 0,02
26/04/11	< 0,05	< 0,1	0,03
02/05/11	< 0,05	< 0,1	0,05
12/05/11	< 0,05	< 0,1	< 0,02
17/05/11	< 0,05	0,14	< 0,02
10/02/12	< 0,05	< 0,1	0,03
15/02/12	0,06	< 0,1	< 0,02
23/02/12	< 0,05	< 0,1	0,03
02/03/12	0,06	< 0,1	0,03

Todas as análises de cianotoxinas apresentadas na tabela 2 foram realizadas em períodos de floração de cianobactérias na represa B1, sendo que, os resultados obtidos demonstram que mesmo em momentos críticos com alta densidade de cianobactérias no ponto de captação, os valores encontrados para concentração de cianotoxinas foram todos inferiores aos máximos permitidos na Portaria do MS 518/04 que é de 1,0 ug/L, 15,0 ug/L e 3,0 ug/L equivalente a STX/L, para os parâmetros microcistinas, cilindrospermopsinas e saxitoxinas, respectivamente.

Tabela 3: Resultados de cianobactérias e cianotoxinas no ponto de captação de água bruta da barragem B1 - Período: ano de 2012.

Data / Parâmetro	Cianobactérias células/mL	Cianotoxinas (ug/L)		
		Microcistina	Cilindrospermopsina	Saxitoxina
13/03/12	104.701	< 0,05	0,85	0,17
20/03/12	233.504	< 0,05	0,80	0,30
28/03/12	174.359	0,05	0,18	0,26
03/04/12	162.991	< 0,05	0,38	0,24
12/04/12	305.427	0,05	0,14	0,14
19/04/12	96.795	< 0,05	0,33	0,194
03/05/12	137.949	0,06	0,18	0,35
18/05/12	112.628	0,05	0,18	0,33
04/06/12	2.210	< 0,05	< 0,10	< 0,02
14/06/12	628	0,20	0,10	< 0,02

Em relação aos resultados de cianobactérias e cianotoxinas apresentados na tabela 3, esses obedecem ao estabelecido na Portaria MS 2914/11, sendo referentes à água coletada no ponto de captação da represa B1, e referem-se aos momentos de floração de cianobactérias no manancial, exceto para o mês de junho, no qual as análises laboratoriais dos dias 04 e 14 foram de caráter extra pelo fato do resultado de cianobactérias ser inferior a 20.000 células/mL, ficando desobrigada a efetuação desses testes.

Nesse sentido, o que se observa é que tanto nos períodos de floração de cianobactérias quanto nas ocasiões de menor concentração desses microorganismos todos os resultados obtidos para a concentração de cianotoxinas foram inferiores ao máximo permitido na Portaria 2914/11 para a água tratada, que é de 1,0 ug/L, 1,0 ug/L e 3,0 ug/L equivalente a STX/L, para os parâmetros microcistinas, cilindrospermopsinas e saxitoxinas, respectivamente. Nesse caso, segundo a mesma Portaria fica dispensada a análise de cianotoxinas na saída do tratamento.

Embora haja uma preocupação em relação ao uso do cloro na pré-oxidação, com elevada chance da ocorrência da lise celular e possibilidade da liberação, para o meio aquoso, das cianotoxinas, dentro do cenário de resultados apresentados para a concentração de cianotoxinas, principalmente os apresentados na tabela 2, pode-se inferir que o sistema de tratamento de água da ETA1 tem se mostrado eficiente na remoção de cianotoxinas, mesmo em períodos de floração de cianobactérias no manancial e elevada dosagem de cloro na pré-oxidação da ETA.

Destaca-se que mesmo no caso extremo de concentração de cianobactérias no ponto de captação, ocorrido no mês de abril do ano de 2012, com valor de 305.427 células/mL, os resultados de cianotoxinas obtidos foram inferiores ao VMP na Portaria do MS 2914/11 para esses parâmetros, sendo que as concentrações encontradas foram de 0,05 ug/L, 0,14 ug/L e 0,14 ug/L equivalente a STX/L para microcistinas, cilindrospermopsinas e saxitoxinas, respectivamente.

É importante salientar que devido ao risco potencial à saúde humana associado às cianotoxinas, algumas ETAs de ciclo completo com decantação tem aplicado carvão ativado em pó (CAP) logo após a pré-oxidação como o objetivo de adsorver as cianotoxinas (DI BERNARDO *et al.*, 2010). De acordo com Drikas *et al.* (2009) *apud* Guerra (2012), o tratamento convencional, se otimizado, poderá ser eficiente na remoção de células de cianobactérias, sendo entretanto ineficiente na remoção de metabólitos secundários dissolvidos liberados durante a lise celular, tais como as cianotoxinas.

Segundo Guerra (2012), o emprego do carvão ativado em complemento ao tratamento convencional tem se mostrado efetivo na remoção das cianotoxinas, sendo necessário identificar, por meio de testes em unidades piloto ou em escala de bancada, o tipo de carvão mais eficiente para a adsorção das cianotoxinas, bem como a dosagem apropriada quando do emprego do carvão em pó.

Portanto, vale enfatizar que mesmo não sendo registrado nenhum caso de não conformidade para o parâmetro cianotoxinas no período estudado, há o risco de se produzir água com qualidade indesejável, principalmente no período de floração de cianobactérias, sendo válidos os esforços voltados à pesquisa no que tange o uso do carvão ativado na ETA1 e, sobretudo, um maior empenho dos órgãos competentes na preservação da qualidade da água no manancial, a fim de proteger o corpo hídrico e por consequência a saúde da água e populações que se servem dela.

CONCLUSÕES

As análises e observações feitas ao longo desse trabalho, no tocante a interface entre a qualidade da água no reservatório B1 e na ETA1, e a evolução do nível d'água na barragem B1, nos proporcionaram algumas conclusões importantes.

Em relação à variação dos parâmetros cor e a turbidez da água bruta, no canal de chegada da ETA1, esses se apresentaram mais pronunciados em períodos de maiores índices pluviométricos, com picos de concentração coincidindo com as cotas da barragem acima do nível do vertedouro.

No âmbito das dosagens de produtos químicos (coagulante e fluoretante), praticadas na ETA1, a observação que se faz é que essas variam muito pouco com a sazonalidade. Muito embora haja uma expectativa de aumento da dosagem do coagulante nos períodos de maior floração de cianobactérias no reservatório B1 e uma diminuição dessa dosagem em períodos chuvosos. Em relação ao fluoretante, a variação da dosagem seria esperada caso houvesse uma oscilação do íon fluoreto (F⁻) na água bruta, sendo que esse fato não foi registrado no período.

Quando analisado o estado de trófico no reservatório, verificou-se que o mesmo encontrou-se de eutrofizado para hipereutrofizado, durante todo o período estudado.

No que tange a análise feita sobre a evolução da concentração de cianobactérias no reservatório B1 e a variação da cota d'água no mesmo, observou-se forte relação entre os períodos de menor nível d'água e maior floração de cianobactérias, coincidindo com os períodos de menores índices pluviométricos, alta incidência de luz solar e maior evaporação d'água no reservatório. Em contrapartida, nos períodos chuvosos, e nos primeiros meses após a barragem ter vertido, observou-se densidade de cianobactérias inferior a 20.000 células/mL.

Quando incluída nesse cenário a demanda de cloro na pré-oxidação da ETA1, observa-se que nos períodos de maior densidade de cianobactérias no ponto de captação de água registram-se na ETA os períodos de maior dosagem desse oxidante no tratamento de água. O inverso também se aplica, ou seja, nos períodos de menor concentração desses microorganismos no manancial a demanda por cloro na ETA1 sofre acentuada redução.

Mediante a preocupação sanitária e de saúde pública, quanto aos riscos potenciais à saúde humana, oferecidos pela ingestão de água contendo concentrações de cianotoxinas acima do VMP na legislação pertinente, e dado o cenário de períodos de elevada floração de cianobactérias na represa B1, o que se evidenciou no período do estudo foi que todos os resultados encontrados para a concentração de cianotoxinas, seja no ponto de captação de água bruta ou na água de saída da ETA1, foram inferiores ao VMP nas Portarias 518/04 e 2914/11.

Admitindo-se que ocorra a lise celular com a aplicação do cloro na pré-oxidação da ETA1, os resultados apresentados nesse estudo para as concentrações de microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermopsinas nos remetem a algumas observações. A primeira delas é que o tratamento de água tem se mostrado eficiente na remoção de cianotoxinas. A segunda é que o cloro aplicado tem oxidado as cianotoxinas a outros subprodutos da cloração, cuja espécie, toxicidade e legislação brasileira vigente ainda não contemplem, embora hajam estudos encaminhados nesse sentido. Outro aspecto que merece ser observado é a possibilidade das espécies de cianobactérias presentes no reservatório B1 não serem tóxicas.

As duas últimas observações feitas merecem investigação em trabalhos futuros, por se configurarem em uma das limitações desse estudo. Outras limitações identificadas foram o número de parâmetros de qualidade da água utilizados na pesquisa e a não inclusão do parâmetro trihalometano como dado de interesse, visto que o cenário apresentado é propício à formação desses subprodutos da cloração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, J. L. R.; J. L. R.; BARRETO, J. B.; BARRETO, C. A. Uma avaliação do desempenho operacional do Sistema de Abastecimento da Região Metropolitana de Salvador. In: 26o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, nº 59, de 26 de março de 2004, seção 1, p. 266-270.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, de 14 de dezembro de 2011, seção 1, p.39-46.
4. CARLSON, Robert E. A trophic state index for lakes1. Limnology and oceanography, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.
5. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. Métodos e técnicas de tratamento de água. Vol. 1 e 2. 2ªed. Editora Rima, São Carlos, 2005.
6. DI BERNARDO, L.; MINILLO, A.; DANTAS, A. D. B. Floração de algas e de cianobactérias: suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento. São Carlos: Editora LDiBe Ltda., 2010.
7. GUERRA, A. B. Avaliação em escala de bancada do emprego de carvão ativado granular na remoção de microcistina-LR na potabilização de águas eutrofizadas do semiárido nordestino. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, 96 f., 2012.

8. LAMPARELLI, Marta Condé. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. Tese de Doutorado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 238 p., 2004.
9. LIBÂNIO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água, 2010.