

AValiação DO DESEMPENHO DE UMA ESTaÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM RELAÇÃO À TURBIDEZ, COR E PH DA ÁGUA

PERFORMANCE EVALUATION OF WATER TREATMENT PLANT IN RELATION TO WATER TURBIDITY, COLOR AND PH

Marília Cunha Almeida

Mestranda no Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, na área de Saneamento ambiental, da Universidade de Brasília (UnB). (mariliaalmeida210@gmail.com)

Maiara Macêdo Silva

Professora Assistente do Centro da Ciências Exatas e das Tecnologias da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB). (maiaramacedo@ufob.edu.br)

Marcelo de Paula

Doutor em Estatística, Professor Adjunto da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB). (marcelop@ufob.edu.br)

Resumo

O trabalho buscou estudar o desempenho do tratamento da água de uma estação de tratamento de água (ETA), por meio da análise de seus procedimentos operacionais e da qualidade da água. Foram realizadas análises estatísticas dos dados de turbidez, cor e pH. O tratamento é feito em ciclo completo e a água provém de um rio. Em relação às características climáticas, a região apresenta período seco e chuvoso. Quando se compara os dois períodos, observa-se uma diferença significativa nas características da água bruta, o que acarreta consequências ao tratamento, alterando a utilização ou não de coagulantes químicos e a frequência na lavagem dos filtros. Portanto, foi observado que as precipitações ocorridas trouxeram consequências diretas à qualidade da água bruta e indiretas ao tratamento, o que mostrou serem necessárias adequações na ETA, para melhorar a qualidade da água tratada e o desempenho do processo.

Palavras-chave: Turbidez, Tratamento de água, Processo de filtração.

Abstract

This paper studied the performance of a Water Treatment Plant (WTP) to the water quality, basing in analysis made in the operational procedures and water quality. Statistical analysis of pH, color and turbidity data were performed. The treatment is done in complete cycle and the water of this WTP comes from of a river. Regarding the climatic conditions, the region presents periods of dry and raining seasons. Comparing these periods, it noticed a significant difference in the features of the raw water, what bring consequences for the treatment such as the use or not of chemical coagulants and the frequency filters washing. Therefore, it was noticed that the occurrence of precipitations brought direct consequences for the quality of the raw water and indirect consequences for the treatment. This study showed the necessity of adjustment in the general work of the WTP to improve the quality of the treated water and the process performance.

Keywords: Turbidity, Water treatment, Filtration process.

INTRODUÇÃO

A água está intimamente relacionada à saúde humana, já que seu uso se dá por meio da ingestão direta, preparo de alimentos, higiene pessoal, além de ser o principal constituinte do corpo humano (BRASIL, 2006). Nesse sentido, a qualidade adequada da água utilizada é de fundamental importância, e a Estação de Tratamento de Água (ETA) é a responsável por atender a essa premissa.

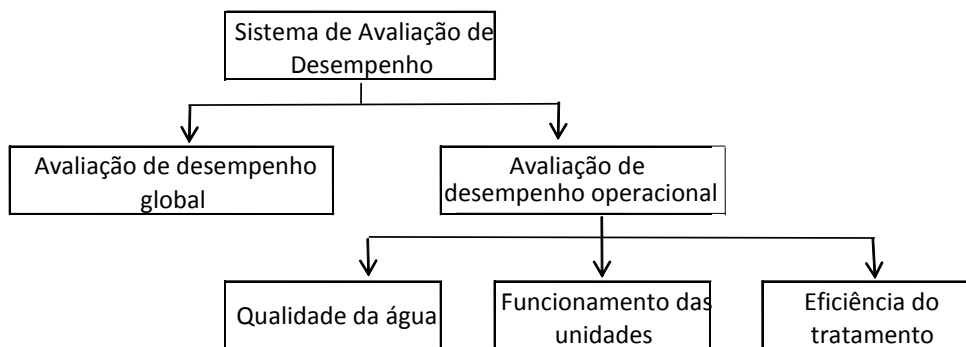
As estações são operadas para produzir água tratada em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), e, assim, fornecer água com qualidade adequada e quantidade suficiente à população, para que esta possa satisfazer suas necessidades básicas e para promoção da saúde.

Além da vigilância aos padrões de qualidade, é importante estudar o modo como o tratamento da água é desempenhado na ETA, para auxiliar na redução dos custos e no aumento da qualidade do serviço prestado.

Segundo Lopes e Libânio (2005), o desempenho de uma ETA comumente tem sido reduzido a garantir o atendimento aos padrões de potabilidade exigidos pela legislação. Tais autores também apontam outras questões que devem ser consideradas, tais como adequação das características da água bruta à tecnologia de tratamento, relação vazão afluente/capacidade da estação, qualidade da operação e custo do tratamento.

Bastos e colaboradores (2000) ressaltam que, para elevar a qualidade da água tratada e reduzir os custos envolvidos no processo de tratamento, é importante e necessária que a avaliação de desempenho da estação seja seguida de otimização dos processos de tratamento. Já Rosa e colaboradores (2010) observam que a tomada de decisão em relação à operação da ETA e a reabilitação de suas instalações baseiam-se nos sistemas de avaliação de desempenho que podem ser compostos pelo desempenho global e desempenho operacional, como esquematizado na Figura 1.

Figura 1: Estruturas do sistema de desempenho de uma ETA



Fonte: Adaptada de ROSA *et al.*, 2010

A avaliação do desempenho global busca analisar a ETA como um todo, o conjunto de todas as atividades que acontecem, enquanto a avaliação de desempenho operacional contempla cada unidade individualmente e visa considerar as peculiaridades relevantes em cada processo (ROSA *et al.*, 2010).

O desempenho operacional se relaciona com a avaliação da eficiência e fiabilidade; a utilização de água, energia e materiais; a gestão de subprodutos e recursos econômico-financeiros; e a qualidade da água. Assim, tal desempenho se divide em: qualidade da água, funcionamento das unidades e eficiência do tratamento (ROSA *et al.*, 2010).

A análise da qualidade da água se dá por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Neste estudo, a turbidez foi utilizada para realizar a avaliação da qualidade da água, por ser um parâmetro físico que, também, de forma indireta, abrange a

qualidade biológica da água, além de ser constantemente determinada na ETA. A escolha dos parâmetros pH, cor e turbidez utilizados na elaboração do trabalho se deu pela disponibilidade de informações contidas na ETA durante os períodos analisados.

Atentar para as mudanças nas características da água bruta e conduzir o tratamento para atender às peculiaridades da ETA fazem parte da rotina de quem opera sistemas de tratamento de água. As ações operacionais podem influenciar no resultado do processo que, por sua vez, está além das características da água tratada. Aspectos operacionais que devem ser considerado se referem ao consumo de água na ETA, representado principalmente pela lavagem dos filtros, e ao consumo de produtos químicos, sinalizado pelo uso de coagulante.

Desse modo, este trabalho teve como objetivo analisar o desempenho da qualidade

da água da ETA, por meio de estudos da alteração da qualidade da água bruta e suas implicações no tratamento executado pela ETA.

A ETA em questão é do tipo convencional ou ciclo completo, isto é, composta por unidade de mistura rápida (calha Parshall), mistura lenta (floculadores), decantadores, filtros e reservatório de contato. O município possui duas estações climáticas bem definidas, um período seco, de maio a setembro, e um período chuvoso que compreende os meses de outubro a abril, e a água é proveniente de um dos rios que corta a cidade.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Água. Para conhecer o funcionamento e as peculiaridades da ETA, foram aplicadas entrevistas semiestruturadas a quatro dos seis operadores da estação, por meio das quais se buscou analisar a rotina do tratamento na ETA, abrangendo questões como: quais produtos eram utilizados, como eram feitas as limpezas nos filtros e nos decantadores, quais as principais alterações observadas na qualidade da água bruta e no tratamento da água, entre outras.

As entrevistas foram feitas com os funcionários que estavam operando a estação no momento da visita, com o consentimento da diretoria da empresa responsável pela ETA. O modelo com as perguntas realizadas é apresentado no Apêndice A.

Importante ressaltar que as características climáticas da região afetam diretamente a qualidade da água bruta e, conseqüentemente, o tratamento. Assim, foi considerada no trabalho a existência de duas estações climáticas, quais sejam, a estação chuvosa e a estação seca. Para caracterizar o comportamento da qualidade da água bruta e o tratamento da água nos diferentes períodos, foram escolhidos para o estudo os meses do período seco e chuvoso.

As determinações dos parâmetros de cor, turbidez e pH eram realizadas na ETA com um intervalo de 2h, executadas pelo operador de plantão. Durante o mês do período seco, a cor

permaneceu com valores constante e iguais a 5uH para todas as amostras, ou seja, não houve variação ao longo do mês, o que não propiciou a análise de suas medidas estatísticas. Os demais parâmetros da qualidade da água foram analisados estatisticamente, obtendo média, mediana, valor máximo, valor mínimo, amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação para ambos os meses estudados. Esses valores foram obtidos por meio do programa Microsoft Excel 2007.

Em relação às limpezas realizadas, a ETA possui o controle de todas as lavagens executadas nos filtros, anotando o filtro que foi lavado, o horário da lavagem, o volume de água utilizado e a duração. Esses dados foram utilizados para estudar as carreiras de filtração em cada filtro e o volume de água gasto na estação para realização dessas limpezas. Para isso, foram nomeados como Filtro 1, Filtro 2, Filtro 3 e Filtro 4.

Como o trabalho se limitou ao estudo da qualidade da água, foram coletadas informações da turbidez da água filtrada por filtro, e construída as curvas de frequência da turbidez para analisar o atendimento à Portaria 2.914/2011 do MS (BRASIL, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados obtidos da turbidez, pH e cor da água são apresentados no Quadro 1.

Análise dos Resultados da Água Bruta – Afluente à ETA

Para o período seco, os coeficientes de variação do Quadro 1 foram pequenos, o que destaca a pequena variação da qualidade da água no mês estudado. A turbidez da água bruta, por exemplo, apresentou um coeficiente igual a 6,20%, o maior coeficiente para tal período, com valores variando entre 1,06 e 1,39uT. Os limites inferior e superior dessa variação, ou seja, o valor mínimo e máximo, respectivamente, expõem a pequena intensidade desse parâmetro nesse período. A Figura 2 mostra a variação da turbidez da água bruta no período seco.

Ao analisar os coeficientes de variação dos parâmetros de qualidade da água, no Quadro 1, observa-se que o período chuvoso apresenta os maiores coeficientes e, como consequência, a maior variação da qualidade da água, especialmente para a turbidez da água bruta, com um valor igual a 172,10%.

A turbidez está relacionada à presença de partículas suspensas na água. De acordo com Richter (2009), alterações súbitas de turbidez são identificadas em chuvas intensas, que alteram também o pH e a alcalinidade da água, dificultando o tratamento.

Quadro 1: Medidas estatísticas mensais dos parâmetros de qualidade de água para os períodos seco e chuvoso

Período seco								
Características da água		Medidas descritivas mensais						
		Valor médio	Valor mediano	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Desvio padrão	Coefficiente de variação
pH	Água Bruta	7,33	7,35	6,93	7,67	0,74	0,20	2,74 %
	Água Filtrada	7,26	7,29	6,85	7,67	0,82	0,21	2,95 %
Turbidez	Água Bruta	1,24	1,23	1,06	1,39	0,33	0,08	6,20 %
	Água Filtrada	1,03	1,04	0,88	1,12	0,24	0,06	5,36 %
Período chuvoso								
Características da água		Medidas descritivas mensais						
		Valor médio	Valor mediano	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Desvio padrão	Coefficiente de variação
pH	Água Bruta	6,64	6,68	5,08	7,31	2,23	0,42	6,39 %
	Água Filtrada	5,75	5,73	3,83	7,12	3,28	1,03	17,84 %
Turbidez	Água Bruta	11,96	4,39	1,36	105,70	104,34	20,46	172,10 %
	Água Filtrada	1,18	1,08	0,81	2,08	1,27	0,29	24,96 %
Cor	Água Bruta	57,67	60,00	5,00	180,91	175,91	49,68	86,14 %
	Água Filtrada	7,14	5,00	5,00	20,00	15,00	3,90	54,59 %

Fonte: dados da pesquisa.

Vale ressaltar que, em ambos os meses, o maior coeficiente de variação correspondeu à turbidez da água bruta, demonstrando ser esse o parâmetro de maior variação no corpo d'água correspondente. Comparando a Figura 3, que representa a intensidade das chuvas ocorridas na bacia hidrográfica para o período chuvoso, com a Figura 4, que apresenta os

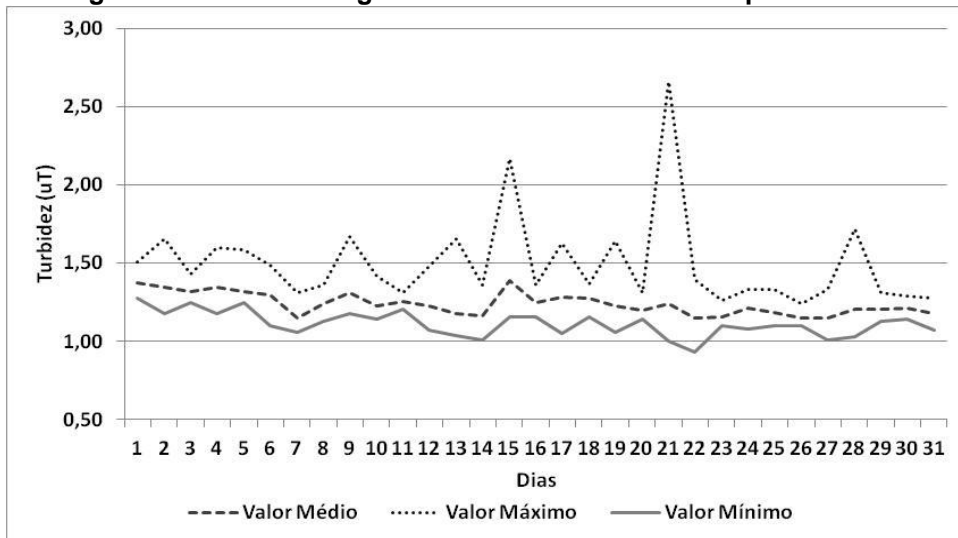
valores diários de turbidez para o mesmo mês, conclui-se que os maiores picos de turbidez correspondem aos dias de maiores intensidades das precipitações, situação comum em alguns mananciais, como também foi observado num estudo feito por Almeida e Schwarzbald (2003).

A maior intensidade das precipitações resulta no aumento do escoamento superficial e no carreamento de partículas e impurezas ao leito do rio, tornando as águas mais turvas.

Diante das precipitações ocorridas no período chuvoso, a cor da água bruta também apresentou comportamento diferente ao apresentado no período seco, quando esta expôs valores constantes. A Figura 5 demonstra essa variação.

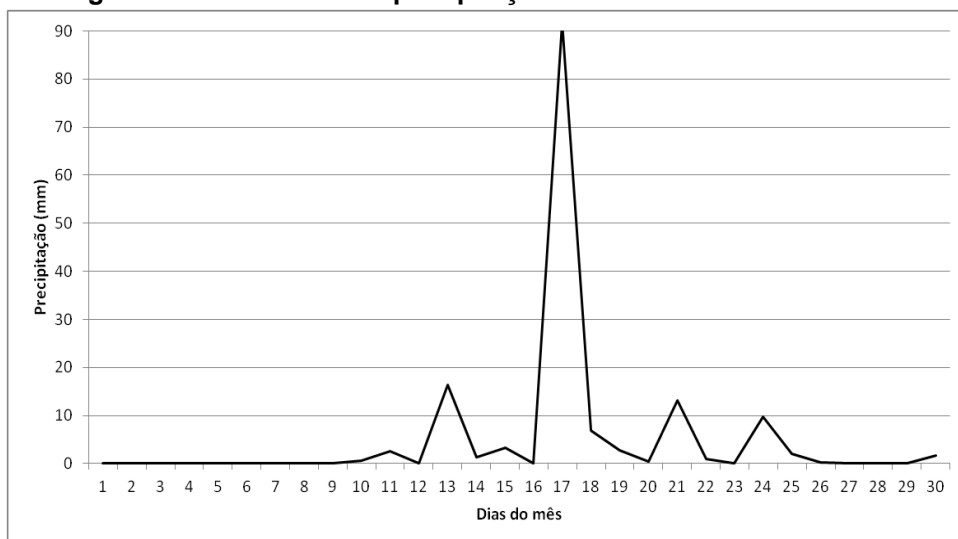
Assim como a turbidez, a cor apresentou valores mais elevados após as chuvas, no entanto, percebe-se que a cor permanece com valores mais altos num intervalo de tempo maior, ao passo que a turbidez rapidamente se reduz para valores muito pequenos em relação ao pico anterior, o que demonstra maior resiliência do corpo hídrico em relação à turbidez.

Figura 2: Turbidez da água bruta da ETA referente ao período seco



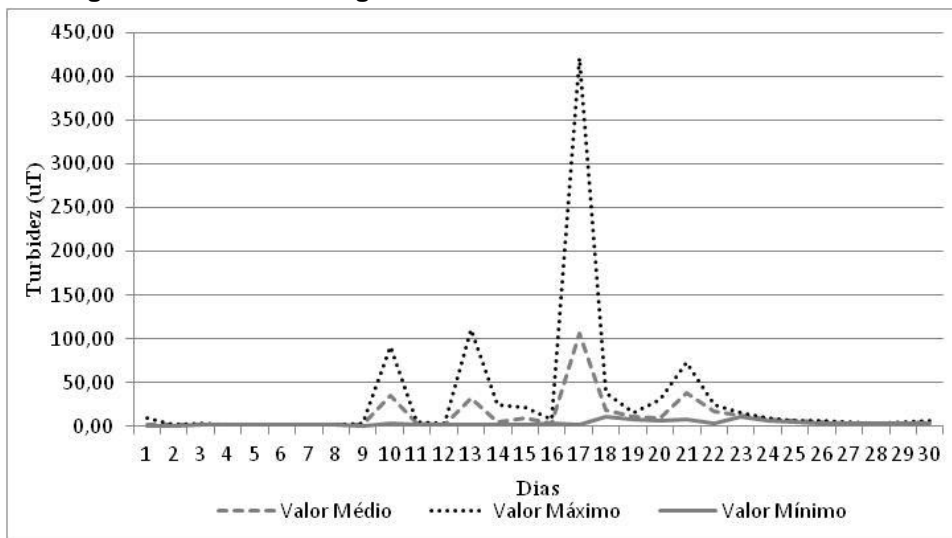
Fonte: Próprios autores, 2015.

Figura 3: Intensidade das precipitações ocorridas no mês chuvoso



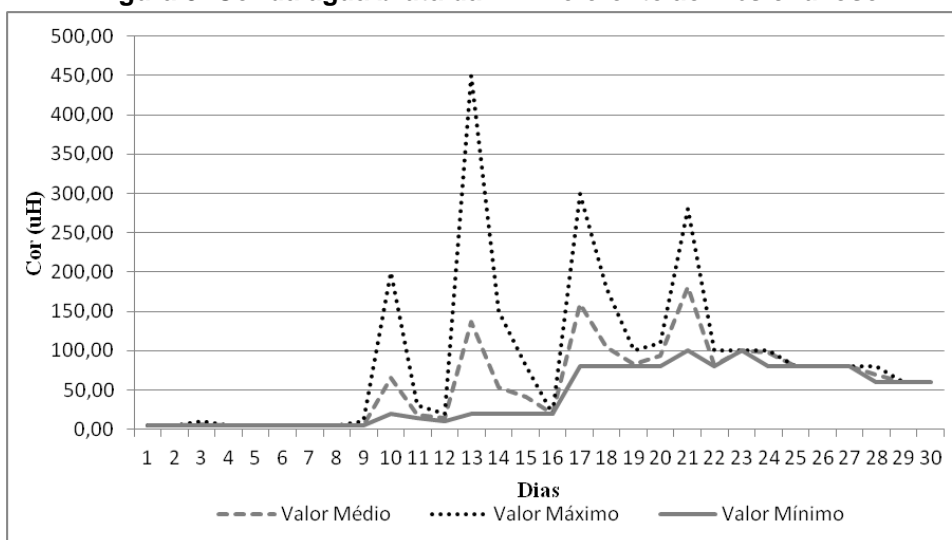
Fonte: INMET, 2014.

Figura 4: Turbidez da água bruta da ETA referente ao mês chuvoso



Fonte: Próprios autores, 2015.

Figura 5: Cor da água bruta da ETA referente ao mês chuvoso



Fonte: Próprios autores, 2015.

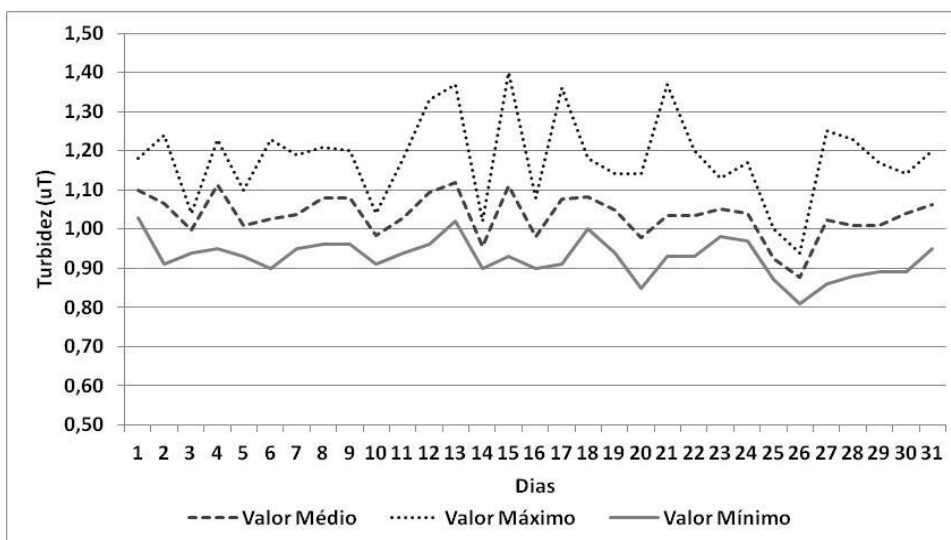
Análise dos Resultados da Água Tratada – Efluente da ETA

No processo de filtração, última etapa para retirada de impurezas, observou-se que o efluente, em ambos os meses, apresentou um comportamento irregular, em especial no período seco. Os maiores valores da turbidez da água filtrada foram observados após os dias de chuva no período chuvoso, demonstrando que a qualidade da água bruta, que também apresentou valores elevados de turbidez, influencia na qualidade do efluente

final. As Figuras 6 e 7 apresentam o comportamento da turbidez da água filtrada para os períodos seco e chuvoso, respectivamente.

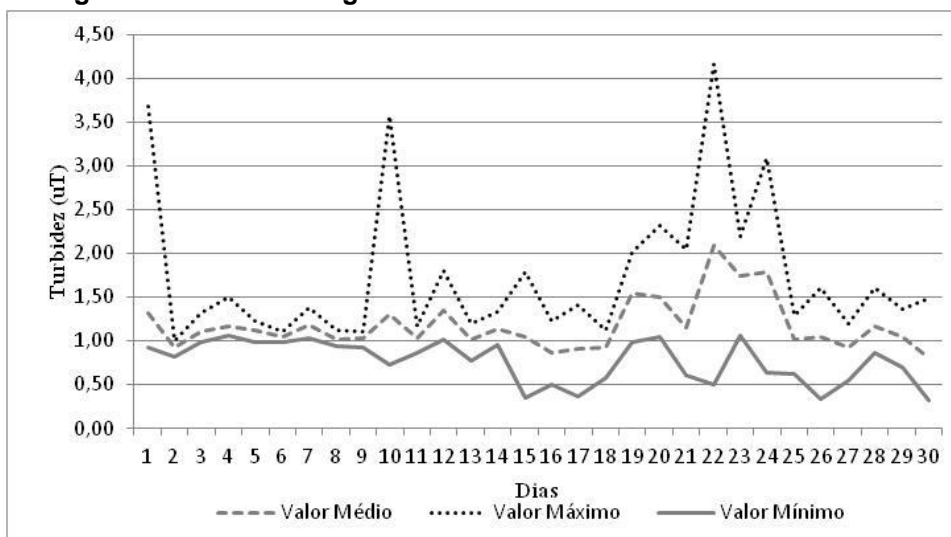
Também para a água filtrada, a cor exibiu o valor constante de 5uH para o período seco, o que demonstra que não houve variação nesse parâmetro ao longo de todo tratamento. Vale ressaltar que tal valor está dentro do estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do MS (BRASIL, 2011), que estipula o valor máximo de 15uH.

Figura 6: Turbidez da água filtrada da ETA referente ao mês seco



Fonte: Próprios autores, 2015.

Figura 7: Turbidez da água filtrada da ETA referente ao mês chuvoso



Fonte: Próprios autores, 2015.

No período chuvoso, a cor chegou a atingir 450uH, na água bruta, demonstrando a influência das chuvas nesse parâmetro. Importante observar que as maiores intensidades da cor para a água filtrada se concentram no final do mês, Figura 8. E comparando a cor e a turbidez da água bruta, Figuras 5 e 4, respectivamente, conclui-se que o período de chuvas foi marcado por intensidades menores de turbidez e maiores de cor, combinação ressaltada pelos operadores como de difícil tratamento,

resultando em uma menor qualidade da água tratada.

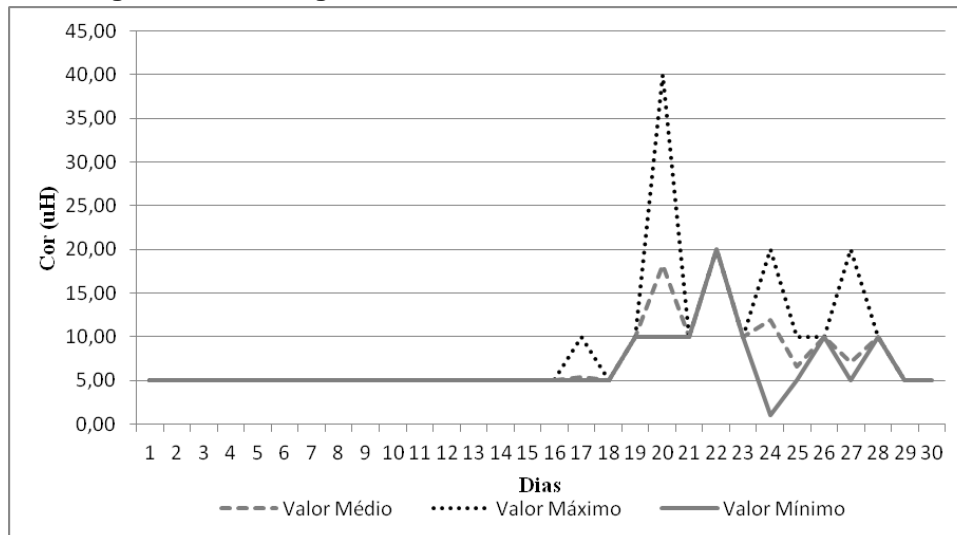
Análise comparativa

Nesse contexto, analisando o comportamento das características da água bruta durante os meses estudados e o funcionamento da ETA, observa-se que as características climáticas do município propiciam dois momentos distintos para o tratamento de água: o período seco, normalmente de maio a setembro, e o período

chuvoso, de novembro a abril. As alterações que ocorrem nesses períodos correspondem, principalmente, à elevação da turbidez e da cor para os meses chuvosos, de modo que se

faz necessário o uso de coagulantes químicos no tratamento. A ETA utiliza o sulfato de alumínio líquido como coagulante.

Figura 8: Cor da água filtrada da ETA referente ao mês chuvoso



Fonte: Próprios autores, 2015.

Dentre os processos envolvidos em cada etapa, a coagulação merece destaque, porque qualquer inadequação que ocorra nesse processo trará implicações para as etapas seguintes, e concorrerá, principalmente, para a elevação na concentração de partículas afluente aos filtros; como consequência, reduz a carreira de filtração e aumenta o consumo de água dentro da estação.

Segundo entrevistas realizadas, o procedimento de dosagem do coagulante químico é realizado de maneira empírica na ETA estudada. Metade dos operadores entrevistados citaram que a dosagem é realizada com base na alcalinidade, relacionada pela Equação 1.

$$dosagem\ de\ Al_2(SO_4)_3 [L/s] = \frac{alcalinidade\ [mg/L] \times vazão\ [L/s]}{concentração\ do\ Al_2(SO_4)_3 [mg/L]} \quad (1)$$

Os demais operadores afirmaram que depende do aspecto visual da água (cor e turbidez) e da floculação obtida. Portanto, caso não haja formação de flocos no floculador, a quantidade de sulfato inserida é elevada.

A dosagem é regulada, em ambos os casos, também pela combinação das observações visuais da floculação nas câmaras do floculador com os resultados das análises realizadas a cada 2h. Tal comportamento evidencia a importância do conhecimento e experiência do operador para melhoria do desempenho no processo, e torna

o procedimento passível de fragilidades, pois o mecanismo de avaliação da coagulação se torna muito subjetivo.

Di Bernardo e Dantas (2005) apontam que ao realizar a otimização do processo de coagulação, obtêm-se economia de produtos químicos e da água de lavagem dos filtros e melhoria da qualidade do efluente tratado. Esses autores ainda ressaltam que a otimização é geralmente realizada por meio da utilização do Jarrest, um reator estático que simula o tratamento e possibilita a adequação do par “dosagem de coagulante x pH de

coagulação”, que resulta na menor turbidez remanescente e adoção dos parâmetros ótimos, além de poder ser utilizado para ajustar os gradientes de velocidade e tempos de detenção para projetos ou alterações nas unidades existentes.

Em visita realizada a ETA, constatou-se a presença de um Jarrest, todavia, o mesmo não é utilizado para obter a dosagem ideal do coagulante. Segundo os operadores, tal atitude é justificada pelas mudanças rápidas das características do corpo hídrico, que varia a intensidade dos parâmetros de qualidade da água aceleradamente, não propiciando tempo suficiente para a realização do teste e aplicação na água de igual característica.

Como medida de monitoramento, para identificar se a quantidade de coagulante químico usada não ultrapassou uma quantidade máxima e ocasionou concentração residual de alumínio na água tratada, são realizados testes qualitativos que, por meio de reações químicas, indicam se a concentração do metal na água está leve ou elevada, a depender da coloração apresentada.

Como consequência da retirada de impurezas da água por meio do tratamento, há acumulação de partículas nas unidades, dessa forma, é necessário efetuar a limpeza periodicamente. As unidades que sempre passam por limpezas são os decantadores e os filtros rápidos. Para os primeiros, a limpeza pode ser realizada de forma manual ou mecanizada e, para os filtros, normalmente, é feita com o fluxo da água ou água-ar em contracorrente. Na ETA estudada, é empregada a descarga de fundo, por meio da abertura do registro para a limpeza dos decantadores, e para os filtros, é utilizada água no sentido ascendente.

O grande destaque é dado à lavagem dos filtros, pois é gasto um grande volume de água, e vale ressaltar que, caso as unidades antecedentes tenham melhor desempenho, é possível aumentar o intervalo entre as lavagens, ou seja, as carreiras de filtração. Quando o aporte de impurezas ao filtro é elevado, a necessidade por limpeza se faz mais presente, o que eleva o consumo de água e o custo do tratamento.

A anotação e acompanhamento das lavagens são feitos apenas para os filtros, logo, foram obtidos, para o mês seco e o mês chuvoso, os dias e horários de cada limpeza efetuada, o que permite analisar se há variação entre esses períodos. A ETA possui quatro filtros rápidos de fluxo descendente com leito filtrante de areia. Para sua diferenciação, serão nomeados nesse estudo como Filtro 1, 2, 3 e 4.

Como esperado, a frequência de limpeza para o período chuvoso foi maior. No mês seco, quando era realizada a lavagem dos filtros, esta ocorria apenas uma vez ao dia, exceto o Filtro 2 no dia 7 do mês, como pode ser observado na Figura 9.

Ao comparar os dados obtidos para a qualidade da água bruta e a frequência de lavagem dos filtros, foi possível observar que, no período seco, a turbidez da água bruta apresentou valores menores que 3uT, Figura 3, e a cor igual a 5uH, valores baixos que refletiram na menor frequência de lavagem dos filtros.

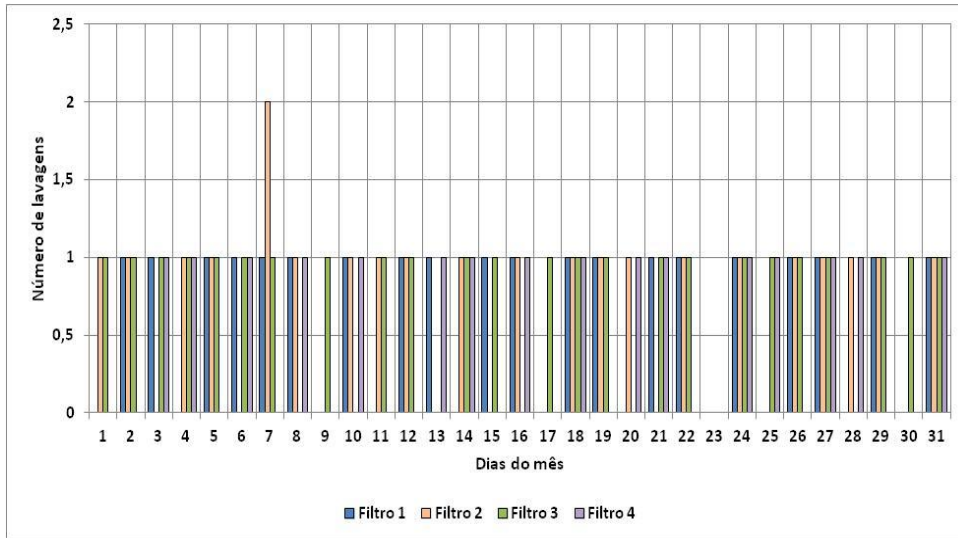
A partir do décimo dia do mês chuvoso, a turbidez e a cor da água bruta apresentaram valores mais elevados, como analisado nas Figuras 4 e 5. Comparando com a Figura 10, nota-se a aglomeração do maior número de lavagens dos filtros a partir do dia 17, demonstrando que a elevação da turbidez e da cor influencia no comportamento dos filtros, pois há maior aporte de partículas nas unidades filtrantes, o que aumenta a necessidade de limpeza.

Ao comparar os dados obtidos para a qualidade da água bruta e a frequência de lavagem dos filtros, foi possível observar que, no período seco, a turbidez da água bruta apresentou valores menores que 3uT, Figura 3, e a cor igual a 5uH, valores baixos que refletiram na menor frequência de lavagem dos filtros.

A partir do décimo dia do mês chuvoso, a turbidez e a cor da água bruta apresentaram valores mais elevados, como analisado nas Figuras 4 e 5. Comparando com a Figura 10, nota-se a aglomeração do maior número de lavagens dos filtros a partir do dia 17, demonstrando que a elevação da turbidez e da cor influencia no comportamento dos filtros,

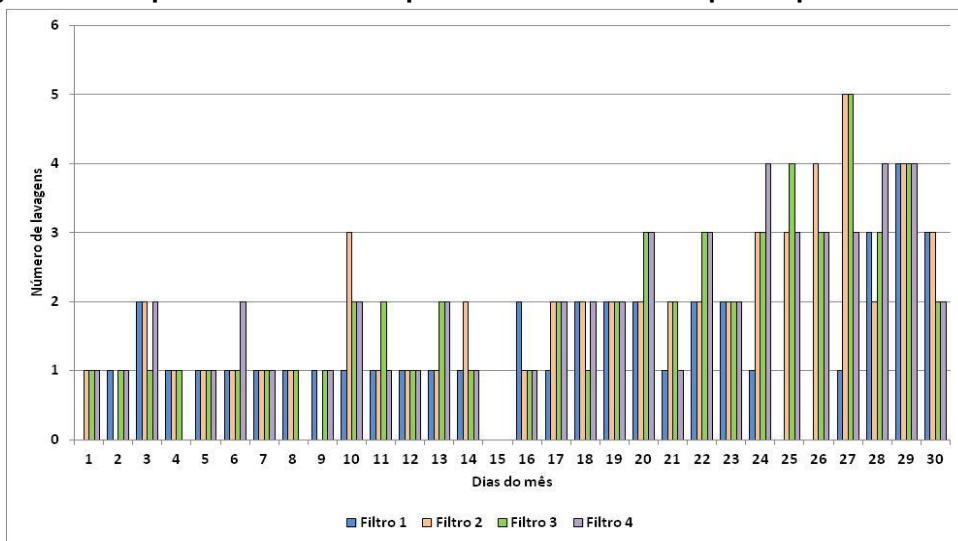
pois há maior aporte de partículas nas unidades filtrantes, o que aumenta a necessidade de limpeza.

Figura 9: Frequência diária de limpeza dos filtros da ETA para o mês seco



Fonte: Próprios autores, 2015.

Figura 10: Frequência diária de limpeza dos filtros da ETA para o período chuvoso



Fonte: Próprios autores, 2015.

Para o mês seco, apenas o Filtro 2 apresentou mais de uma lavagem ao dia, portanto, o mês exibiu carreiras de filtração maiores. Foram observados valores entre 16h55min. e 51h30min., para o Filtro 1, entre 8h45min. e 58h30min. para o Filtro 2, 18h48min. e 54h15min. para o Filtro 3, e 23h e 65h55min. para o Filtro 4.

Já para o mês chuvoso, os Filtros 2 e 3 chegaram a atingir cinco lavagens para o dia

27, e carreiras de 2h30min. e 3h30min., respectivamente. Conforme os registros da ETA, o processo de lavagem dos filtros tem duração entre 5 e 10min., sendo que os fatores que interferem nessa variação são a quantidade de impurezas retidas no meio filtrante, ou seja, o grau de sujeira, e o número de filtros lavados ao mesmo tempo. A quantidade de filtros lavados simultaneamente não ultrapassa dois, nesse caso, o tempo de

duração da lavagem é menor, bem como o volume de água gasto em cada filtro.

O volume de água consumido também varia sobre os mesmos critérios referentes ao tempo de lavagem: grau de sujeira e quantidade de filtros lavados. Quando são lavados dois simultaneamente, o volume total é dividido em metade para cada, ficando cada filtro com menor quantidade de água para a sua limpeza.

Para a realização desses processos de limpeza, a ETA conta com um reservatório de 200m³, e seu uso varia de 100 a 200m³, para limpeza de dois filtros e um filtro, respectivamente. Além de ser usada para a lavagem dos filtros, a água desse reservatório é utilizada para abastecer as instalações da ETA, e como o consumo é muito pequeno em comparação ao volume total, é possível considerá-lo como desprezível.

De tal modo, considerando que os filtros sejam lavados uma vez ao dia, há um gasto diário em média de 800m³ de água. Há momentos que a quantidade diária de lavagens aumenta, por exemplo, no período chuvoso, quando esse volume gasto chegou a

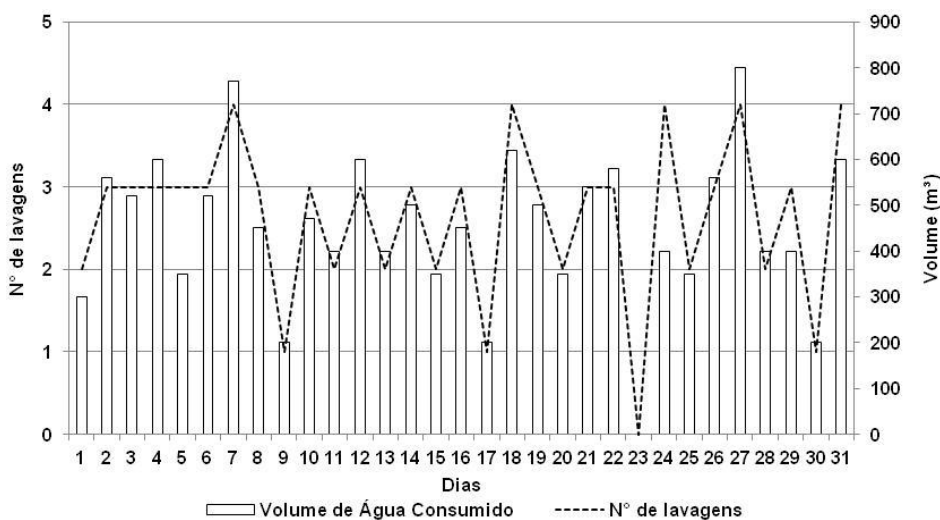
1.970m³ (volume gasto para o dia 17). Logo, a otimização de outros processos, como a coagulação, que possibilita o aumento da carreira de filtração, reduziria esse volume gasto.

As Figuras 11 e 12 apresentam a relação entre o volume gasto diariamente com lavagens e a quantidade de lavagens efetuadas, para cada mês.

Por meio dessa análise, concluiu-se que o volume de água consumido pelas lavagens dos filtros para o período chuvoso foi significativamente maior, quando comparado ao período seco.

O tratamento é regulado, para manter a produção de água, atendendo a certos padrões. Um desses padrões é o valor máximo permitido para a turbidez, que de acordo com a Portaria 2.914/2011 do MS, após o processo de filtração rápida, este deve ser menor ou igual a 0,5uT em 95% das amostras mensais coletadas. Os valores das análises realizadas diariamente para cada filtro, em um intervalo médio de 4h, em sua maior parte, a turbidez se manteve com valores acima de 0,5 uT.

Figura 11: Volume de água consumido de acordo com a quantidade de lavagens realizadas no mês seco



Fonte: Próprios autores, 2015.

Para o período seco, o Filtro 1 apresentou como menor valor 0,82 uT, sendo que 90% dos dados permaneceram acima de 0,9uT. Para os demais filtros, o comportamento foi praticamente o mesmo: o Filtro 2 apresentou

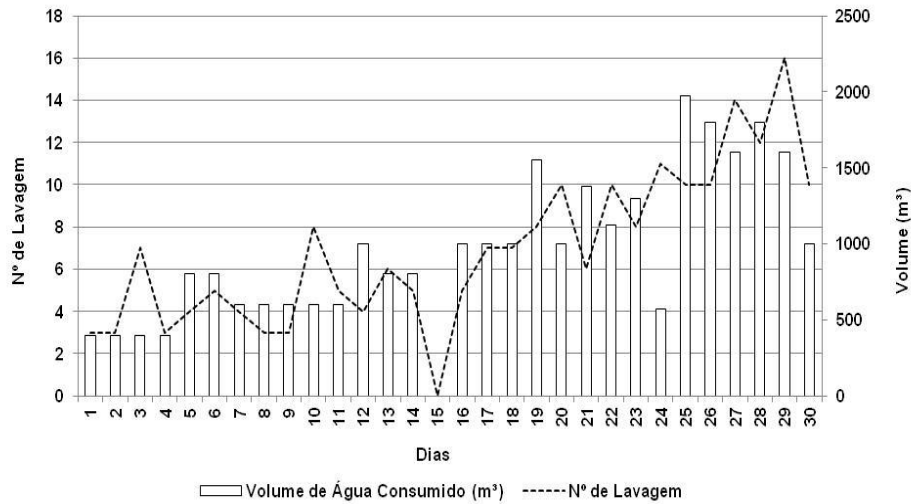
0,74 uT como menor valor e 90% dos resultados maior que 0,88 uT, e os Filtros 3 e 4 o menor valor foi igual a 0,78 uT, com 90% dos valores acima de 0,91 uT e 0,93 uT,

respectivamente, como pode ser observado na Figura 13.

A inconformidade da água efluente aos filtros com o estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do MS (BRASIL, 2011), para o período seco, sugere a ineficiência do tratamento para este período. Isto pode estar

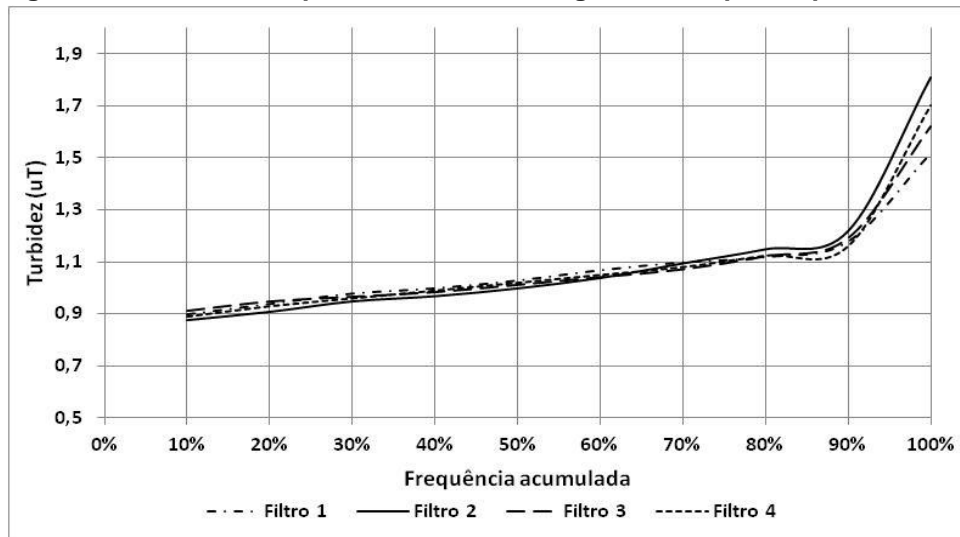
relacionado com o fato do projeto da ETA ser antigo, fazendo com que a estação não suporte a vazão afluyente para a realização do tratamento, o que leva a pensar na necessidade de expansão e adequação da estação às necessidades presentes.

Figura 12: Volume de água consumido de acordo com a quantidade de lavagens realizadas no mês chuvoso



Fonte: Próprios autores, 2015.

Figura 13: Curva de frequência, turbidez da água filtrada para o período seco



Fonte: Próprios autores, 2015.

O período chuvoso apresentou mais resultados de turbidez abaixo de 0,5uT, atingindo valores mínimos iguais a 0,31uT, 0,18uT, 0,23uT e 0,31uT, para os Filtros 1, 2, 3 e 4, respectivamente; entretanto, a variação

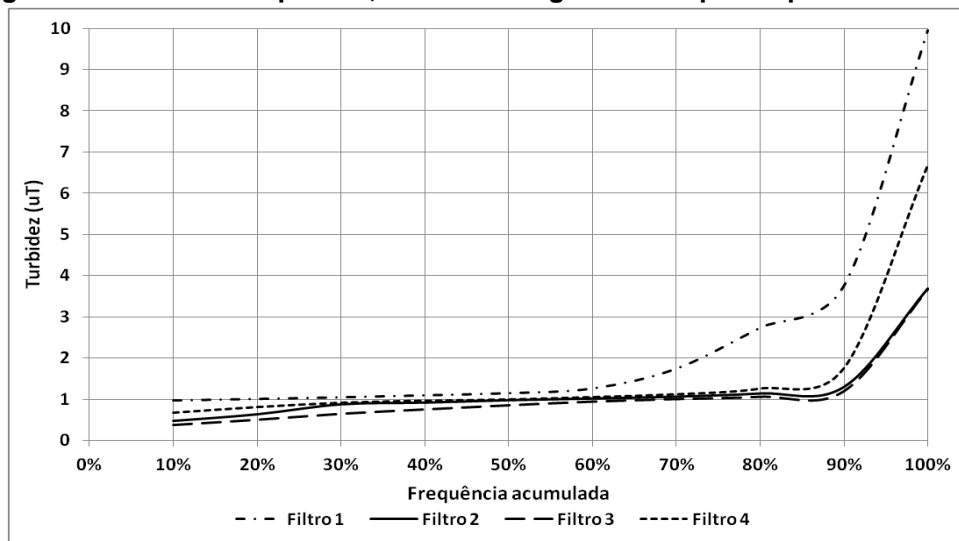
desses resultados foi maior. O Filtro 1, por exemplo, exibiu como valor mínimo 0,31uT, no entanto, em outra análise, atingiu 9,96uT, e em 20% de suas amostras expôs valores maiores que 2,74uT (Figura 14). Este filtro

apresentou problemas com o seu fundo falso, necessitando ser retirado para reparos, o que levou a permanecer por cerca de quatro dias desativado no mês chuvoso.

Todavia, enquanto para o período seco os valores não alcançaram 2,0uT, o mês chuvoso foi marcado por valores maiores, com 9,96uT, 3,68uT, 3,66uT e 6,68uT, para os Filtros 1, 2, 3 e 4, respectivamente. A Figura 14 demonstra a curva de frequência da

turbidez da água filtrada. É possível observar que o Filtro 1 apresentou 90% dos valores de turbidez acima de 0,97uT, enquanto o Filtro 4 acima de 0,68uT. Os Filtros 2 e 3 obtiveram turbidez menor, sendo que o Filtro 3 alcançou valores abaixo de 0,51uT em 20% das amostras. Em apenas 12% das amostras do Filtro 2, a turbidez permaneceu abaixo de 0,5uT, momento que atendeu à Portaria 2.914/2011 do MS (BRASIL, 2011).

Figura 14: Curva de frequência, turbidez da água filtrada para o período chuvoso



Fonte: Próprios autores, 2015.

Estes resultados permitem concluir que a turbidez da água filtrada apresenta uma variação significativa para o período chuvoso, bem como valores superiores ao permitido pelo padrão de potabilidade, em ambos os períodos. Como consequência, se observa a necessidade de melhorias na estação, sejam no aspecto físico ou na metodologia empregada no tratamento.

CONCLUSÃO

A qualidade da água do rio que abastece a cidade é bastante influenciado pelas precipitações, sendo que no período chuvoso a turbidez e a cor se apresentam mais elevadas, trazendo consequências ao tratamento, como o uso de coagulante químico. A dosagem desse produto químico se baseia na utilização de equação, por meio da alcalinidade, ou em observações visuais, ou seja, a dosagem é realizada de forma

empírica, e o controle é feito com o uso de testes qualitativos de concentração residual de alumínio, os quais demonstram se há excesso em sua aplicação. Apesar de possuir o equipamento Jarrest na estação, este não é utilizado para a obtenção da dosagem ideal de coagulante.

A retirada das impurezas da água proporciona o seu acúmulo nas unidades de tratamento, sendo necessário efetuar limpezas nessas unidades. Ao analisar a frequência de lavagem dos filtros e as características da água bruta, percebeu-se que a elevação da turbidez e da cor aumenta a necessidade de lavagem dos filtros, demonstrando que a decantação não está suportando a carga de impurezas afluente.

Considerando a turbidez do efluente de cada filtro, notou-se que, para o mês seco, este parâmetro não atendeu a Portaria 2.914/2011 do MS (BRASIL, 2011) em nenhuma das amostras coletadas, ou seja,

todas permaneceram com valores acima de 0,5uT. O mês chuvoso exibiu algumas amostras dentro desse limite, com destaque para o Filtro 2 que, em 20% de suas amostras, o valor obtido foi abaixo de 0,51uT, no entanto, permaneceu bem abaixo do exigido pela legislação vigente. Apesar dos maiores valores de turbidez apresentados pela água bruta no período chuvoso, a água filtrada apresentou, em contraste, menor turbidez que no período seco, o que pode estar relacionado ao fato de, no período chuvoso, a água bruta ficar coagulada no início do tratamento, o que não acontecia no período seco.

Ao analisar e comparar as características da água bruta e a turbidez da água filtrada, para ambos os períodos, sugere-se que a incapacidade da estação em tratar a água e atender os padrões de potabilidade pode ser compensada com a utilização da coagulação no período seco e a otimização desta para o período chuvoso.

Os dados coletados e analisados demonstraram que a ETA necessita de adequações para elevar a qualidade da água tratada, reduzir as carreiras de filtração e, assim, aumentar o seu desempenho. A otimização dos procedimentos, especialmente da coagulação química, pode dar suporte a essas modificações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA). **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.1, p.81-97, jan./mar. 2003.

BASTOS, R. K. X.; VARGAS, L. C.; MOYSÉS, S. S.; SILVA, H. C. A. Avaliação do desempenho de estações de tratamento de água - desvendando o real. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27.,

2000, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: AIDIS; ABES, 2000. 1 CD-ROM.

BATISTELLA, M.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. de; VIEIRA, H. R.; VALLADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. de C.; ASSIS, M. C. de. **Monitoramento da expansão agropecuária na região Oeste da Bahia**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, Documentos, 20. 2002. 39p., il.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria MS 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 14 dez. 2011.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: RiMa, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso: 04 dez. 2014.

LOPES, V. C.; LIBÂNIO, M. Proposição de um Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água (IQETA). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n. 4, p. 318-328, 2005.

RICHTER, C. A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

ROSA, M. J.; RAMALHO, P.; SILVA, C.; VIEIRA, P.; QUADROS, S.; ALEGRE, H. PAST21 – Iniciativa nacional de avaliação de desempenho de ETA e ETAR urbanas. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 10., 2010, Alvor (Algarve). **Actas...** Alvor: APRH, 2010. 14p.

APÊNDICE A – Entrevista aos operadores da ETA

1. Local de trabalho: _____
2. Tempo de serviço: _____
3. Formação: _____
4. Tempo de funcionamento da ETA (24h?): _____
5. População Atendida: _____
6. Determinação de quais parâmetros é feita diariamente na estação?

7. Qual parâmetro você considera o mais importante para ser determinado?

8. Quais os produtos químicos inseridos no processo de tratamento em cada etapa?

9. Como é feita a dosagem de coagulante químico?

10. Alterações significativas mais comuns que acontecem com a qualidade da água?

11. Tempo médio para descarga de lodo do decantador:

12. Como é feita a descarga de lodo?

13. Tempo médio para lavagem dos filtros:

14. Como é feita a limpeza dos filtros? Utiliza ar e água? Volume de água gasto.

15. Já houve troca do leito filtrante? Qual o critério utilizado para fazer tal operação ou mesmo não fazer?

16. Como é monitorada a qualidade da água tratada?

17. Qual volume é armazenado para a lavagem dos filtros? Há um reservatório especial para tal armazenamento?

18. A vazão de chegada e saída é medida constantemente?

19. Como é feita a regularização da vazão, em relação à variação do consumo da população?
Por meio dos reservatórios?

20. Os tempos de detenção em cada unidade são conhecidos?

21. Como é feita a desinfecção? É feita em um tanque de contato?

22. Quais as dimensões das unidades? Floculador, decantador, filtro e reservatório?
