

RESÍDUOS GERADOS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE PALMAS/TO: CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO

Priscilla Suellem Fernandes Belo (UFTO) pryscillafbelo@gmail.com

Juan Carlos Valdes Serra (UFTO) juancs@uft.edu.br

Sérgio Carlos Bernardo Queiroz (UFTO) sergiocbq@gmail.com

Aurélio Pessôa Picanço (UFTO) aureliopicanco@uft.edu.br

Resumo: Um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas de saneamento está relacionado à gestão adequada dos resíduos produzidos nas Estações de Tratamento de Água (ETAs). A problemática desses resíduos, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo, representam um sério problema para as instituições que gerenciam sistemas de tratabilidade. A partir disso, este projeto de pesquisa objetivou efetuar a caracterização dos resíduos gerados na ETA Ribeirão Taquaruçu no município de Palmas/TO, bem como avaliar em escala de laboratório, a eficiência de tratamento da clarificação dos resíduos através de filtração em tecido geotêxtil com a utilização de três polímeros sintéticos. Na caracterização dos resíduos da ETA foram encontrados valores elevados de sólidos suspensos totais e de turbidez para as amostras da descarga dos decantadores, possivelmente devido ao método de limpeza adotado e sua frequência, uma vez ao dia, confirmando que a prática de seu lançamento *in natura* em corpos hídricos é inadequada, devendo haver um tratamento preliminar. Dessa forma, os resultados satisfatórios obtidos em laboratório, simulando o tratamento dos resíduos, mostraram que essa tecnologia (filtração em tecido geotêxtil) é bastante eficaz para este fim, principalmente com o auxílio de polímeros sintéticos, onde houve o destaque para o desempenho do polímero catiônico, que obteve resultados de tratabilidade na faixa de 99,8% em termos de turbidez e 99,5% para a concentração de Sólidos Suspensos Totais.

Palavras-chave: resíduos de ETA; tratamento por polímeros; cones de geotêxtil.

GENERATED WASTE WATER TREATMENT PLANT IN PALMS CITY/TO: CHARACTERISTICS AND TREATMENT

Abstract: One of the biggest challenges faced by water companies is related to the proper management of waste produced in Water Treatment Plants (WTP). The problem of this waste, both qualitatively and quantitatively, represent a serious problem for the institutions that manage treatability systems. From this, this research project aimed to make the characterization of the waste generated in WTP Taquaruçu Ribeirão in the city of Palmas / TO and evaluate on a laboratory scale, the treatment efficiency of the clarification of the waste by filtration geotextile fabric with use of three synthetic polymers. In the characterization of FBD residues were found high levels of total suspended solids and turbidity for the samples of the discharge of the decanter, possibly due to the adopted cleaning method and frequency, once a day, confirming that the practice of its release *in natura* in water bodies is inadequate and should be a primary treatment. Thus, the satisfactory results obtained in the laboratory, simulating the handling of waste, have shown that this technology (filtration geotextile fabric) is quite effective for this purpose, especially with the aid of synthetic polymers, which was the highlight for the performance of the polymer cationic that results obtained treatability in the range of 99.8% in terms of turbidity and 99.5% for the concentration of Total Suspended Solids.

Keywords: WTP waste; treatment by polymers; geotextile bags.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao acentuado crescimento populacional ao longo dos anos, há o contínuo aumento na geração de águas residuárias sanitárias e industriais, e, somando-se a isso, uma enorme demanda por água de boa qualidade. Dessa forma, as companhias de saneamento buscam suprir essa demanda, bem como atender aos padrões de tratabilidade das águas residuárias, no entanto, junto a essa oferta por água potável, surge uma preocupação que está relacionada ao gerenciamento dos resíduos produzidos nas Estações de Tratamento de Água (MOGAMI, 2013).

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) possuem como objetivo tornar a água bruta própria para a utilização a que se destina, através da remoção de determinadas

impurezas e tratabilidade, atendendo ao padrão de potabilidade contido na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Essa água bruta pode ser tratada por tecnologias de tratamento classificadas como convencionais (ou ciclo completo) e não convencionais, onde as primeiras consistem comumente na operação de unidades com etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (cloração), podendo ocorrer ainda a correção do pH e a fluoretação, já as não convencionais podem conter os processos de filtração direta, dupla filtração e flotação por ar dissolvido, conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE (2010).

Segundo Achon et al. (2013), existem aproximadamente 7.500 ETAs projetadas no Brasil, havendo o emprego de sistemas convencionais em sua maioria. Porém, em seu processo de tratabilidade, esse tipo de sistema produz certa quantidade de resíduos devido à presença de impurezas características da água bruta e resquícios dos produtos químicos aplicados, estes resíduos são conhecidos como “lodo de ETA”.

De acordo com Kuroda et al. (2014), os resíduos gerados nas ETAs de ciclo completo são oriundos principalmente das unidades de sedimentação e filtração, sendo chamados de lodos das limpezas ou descargas dos decantadores e águas de lavagem de filtros. Onde as águas de lavagem dos filtros produzem uma maior quantidade de resíduos em termos de volume, enquanto que o decantador produz uma maior quantidade em termos mássicos (DI BERNARDO; DANTAS, 2005; SILVEIRA, 2012). Estima-se que para cada 1 m³ de água tratada, sejam gerados 20 g/m³ de resíduos sólidos (MOGAMI, 2013). Dessa maneira, é necessária a escolha de sistemas adequados para a redução do volume desses resíduos de acordo com o processo de tratabilidade de determinada ETA, visando um possível tratamento e uma destinação final correta, sem agressões ao meio ambiente (REIS, 2011).

Entretanto, boa parte das ETAs brasileiras não possuem mecanismos apropriados de desaguamento para seus resíduos gerados e, em consequência da grande quantidade de água ainda agregada a estes, há um custo elevado para seu transporte, fato que contribui para a decisão em adotar corpos hídricos mais próximos como seu destino final (COSTA, 2011; KURODA et al., 2014; SILVEIRA, 2012).

No Brasil, o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora em corpos hídricos é regulamentado pela Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes para seu enquadramento, e Resolução CONAMA 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões para o lançamento de efluentes em corpos hídricos. Dessa maneira, como a norma brasileira NBR 10.004/2004, da ABNT, bem como a lei federal 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, enquadram o lodo de ETA como resíduo sólido, este pode ser considerado uma fonte poluidora caso não possua um tratamento prévio a sua destinação. Considerando, ainda, a Lei federal 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e a Lei federal 9.605/1998, conhecida como “Lei de crimes ambientais”, seu lançamento no meio ambiente é considerado crime ambiental, caso não haja o devido tratamento e a aprovação por órgãos ambientais competentes.

Diante desse cenário, algumas ETAs vêm implementando em seu sistema o processo de desaguamento, que possui como finalidade a redução do volume desse lodo, podendo ser realizado a partir do uso de metodologias por sistemas naturais e/ou mecânicos de remoção de água. Os sistemas naturais mais comumente utilizados são as lagoas de lodo, os leitos de drenagem/secagem e bags de geotêxtil, os quais vêm apresentando vantagens em relação aos sistemas mecânicos como centrífugas, filtros-prensa, prensa desaguadora, filtros a vácuo, entre outros, devido aos baixos custos de implantação, operação e manutenção, e, facilidade operacional, além de ser uma alternativa ambientalmente mais favorável, principalmente no Brasil pelas condições de espaço e de recursos naturais (KURODA, et al. 2014). Assim, com

a finalidade de aumentar ainda mais a eficiência do processo de desaguamento algumas ETAs utilizam a aplicação de polímeros como auxiliares de coagulação, floculação ou filtração.

A partir do exposto, este trabalho de pesquisa se propôs a realizar a caracterização dos resíduos gerados na ETA Ribeirão Taquaruçu, implantada em Palmas – TO, em termos de Sólidos Suspensos Totais (SST) e turbidez, bem como avaliar em escala de laboratório, a eficiência de tratamento da clarificação dos resíduos através de filtração em tecido geotêxtil com a utilização de três polímeros sintéticos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho pôde ser realizado a partir de coletas obtidas na Estação de Tratamento de Água de ciclo completo, ETA do Ribeirão Taquaruçu, conhecida como ETA 006, a qual possui a maior capacidade de tratamento do estado do Tocantins e supre a demanda de, aproximadamente, 65% da população do município de Palmas. A ETA trata uma vazão de 700 L/s, sendo composta por unidades de coagulação, floculação, decantação, filtração e tratamento dos resíduos. Sua localização apresenta-se na Figura 1.

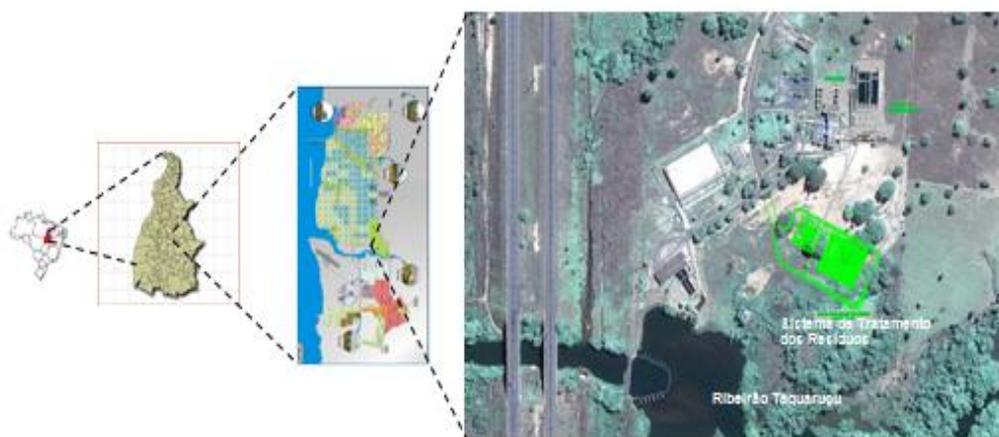


Figura 1 – Localização da ETA do Ribeirão Taquaruçu. Fonte: Silveira e Silva (2009).

A metodologia adotada foi baseada no trabalho de Di Bernardo et al. (2012) e Silveira e Silva (2009), que descrevem métodos para a realização dos estudos com resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água em escala real.

2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA

Para a caracterização dos resíduos gerados na ETA foi necessária a realização de coletas para amostras da descarga de fundo dos decantadores e da água de lavagem dos filtros. Em seguida, as amostras foram caracterizadas em termos de Sólidos Suspensos Totais (SST) e turbidez, de acordo com a metodologia proposta por Apha et al. (1998).

2.1.1. COLETA DOS RESÍDUOS

As amostras de descarga dos decantadores foram obtidas através de coletas a cada 30s, com auxílio de balde e funil, em recipientes de 0,5 L durante todo o período da sua descarga, correspondente a aproximadamente 5 minutos. A Figura 2 expõe a disposição dos decantadores na ETA.



Figura 2 – Disposição dos decantadores da ETA. Fonte: Próprio autor.

A ETA 006 de Palmas possui oito filtros em funcionamento, apresentados na Figura 3, e, do mesmo modo, para a obtenção das amostras no período de sua lavagem, foram realizadas coletas a cada 30s, com auxílio de balde e funil, em recipientes de 0,5 L durante toda a lavagem com água, correspondente a aproximadamente 7 minutos, procedimento apresentado nas Figuras 4 e 5.



Figura 3 – Realização da lavagem dos filtros da ETA. Fonte: Próprio autor.

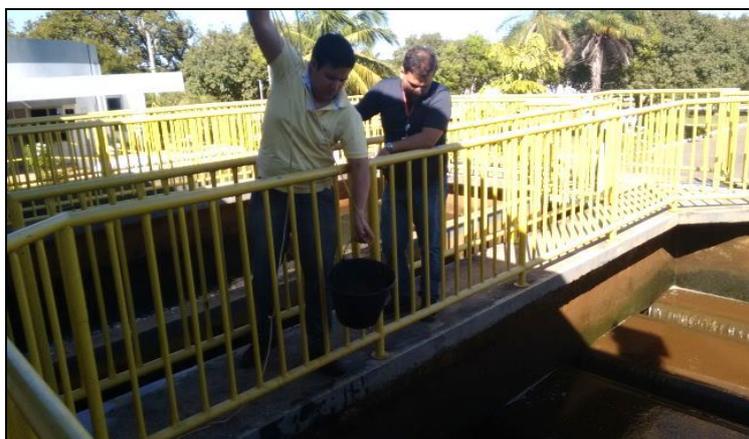


Figura 4 – Realização das coletas. Fonte: Próprio autor.



Figura 5 – Coleta com auxílio de balde e funil. Fonte: Próprio autor.

Após coletadas, puderam ser lidos os valores de SST e turbidez, para as amostras obtidas, a partir de procedimentos laboratoriais realizados no laboratório de Resíduos Sólidos da Universidade Federal do Tocantins. As análises processadas, tanto para as amostras da descarga dos decantadores quanto para as amostras da água de lavagem dos filtros, referente ao parâmetro turbidez, foram lidas através de Turbidímetro Nefelométrico Hach em UNT, com 10 mL da amostra. Já para as análises de SST em mg/L foram utilizados balança analítica e o conjunto dos equipamentos de kitassato, bico de buchner e compressor para o processo de pesagem e filtragem das membranas, nesta ordem, com o auxílio de estufa a 103° – 105°C para a remoção de sua umidade, e, ao término dos ensaios, a obtenção das concentrações de SST por meio de equações empíricas em planilhas.

2.2. ENSAIOS DE BANCADA COM JARTESTE

Para os ensaios de bancada utilizou-se o equipamento de jarteste com o auxílio de cones de geotêxtil, com 30 cm de diâmetro, dispostos em recipientes, apresentados na Figura 6. Houve a realização de três ensaios com diferentes tipos de polímeros cedidos pela empresa SNF Floerger, para os quais foram empregadas dosagens distintas, onde trabalhou-se com o polímero não iônico 920 no ensaio 1, o polímero aniônico 910 no ensaio 2 e o polímero catiônico 4125 no ensaio 3. Dessa forma, as atividades posteriores foram desenvolvidas baseadas na metodologia proposta por Di Bernardo et al. (2012).

Inicialmente, a partir das coletas de resíduo do decantador, preparou-se amostras para estudo, com concentração de SST entre 2 e 20 g/L, bem como as soluções de polímero, em que foi necessário diluir cerca de 100 g de cada polímero trabalhado em 1 L de água.

Houve a preparação dos cones de geotêxtil com sua disposição em recipientes (1 para cada jarro do equipamento de jarteste), e despejou-se, de forma aleatória, parcelas de volume do resíduo nos jarros do equipamento de jarteste até a obtenção do volume de 1 L em cada jarro.

Prepararam-se volumes de solução para cada polímero resultando em dosagens de 2, 4, 6, 8 e 10 mg pol/ g SST para sua aplicação nos jarros.

Para cada ensaio, o agitador do jarteste foi acionado e logo em seguida foram adicionadas as soluções de polímero (com dosagens diferentes) e mantida sua agitação por 30 a 120 s com gradiente de velocidade da ordem de 100 s⁻¹, como observado na Figura 7. E, por fim, o conteúdo de cada jarro foi drenado em seu respectivo béquer com o cone de geotêxtil. Resultando em amostras filtradas, para as quais também foram lidos os parâmetros de turbidez e SST de acordo com metodologia citada anteriormente.

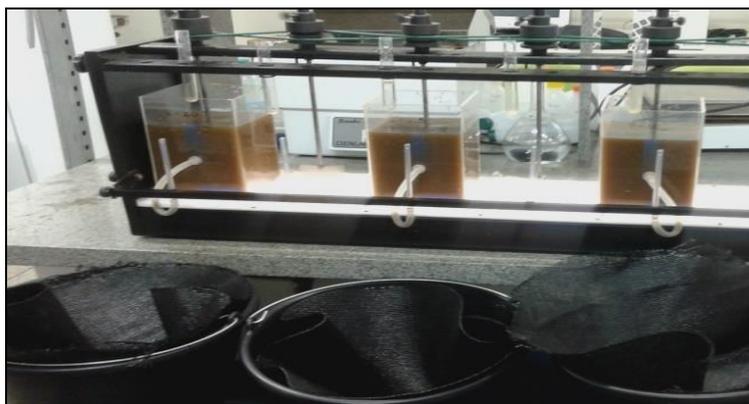


Figura 6 – Preparação do equipamento de jarteste com o auxílio dos cones de geotecido em seus recipientes. Fonte: Próprio autor.

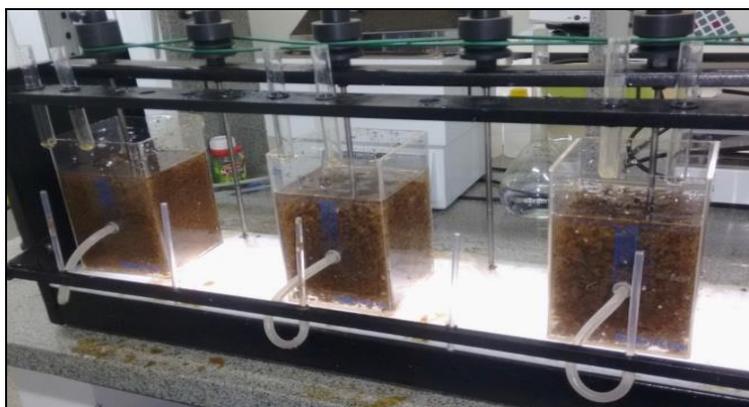


Figura 7 – Jarteste em agitação após a adição de solução de polímero. Fonte: Próprio autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA ETA

Para os decantadores obteve-se um total de 10 amostras, a partir das quais puderam ser obtidas as curvas dos parâmetros de SST e turbidez, apresentadas nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

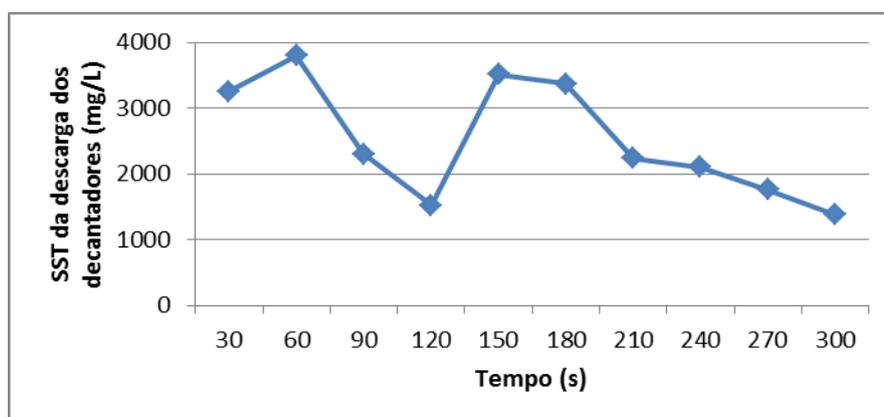


Figura 8 – Curva da concentração de SST para as diferentes amostras em função do tempo de descarga dos decantadores.

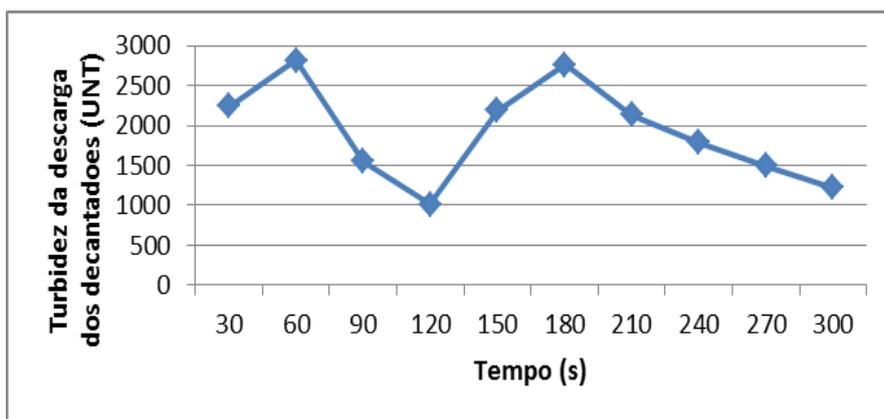


Figura 9 – Curva do teor de turbidez para as diferentes amostras em função do tempo de descarga dos decantadores.

Observou-se que para a descarga dos decantadores foi obtido o valor máximo de 3.795 mg/L de SST e o valor mínimo de 1.383 mg/L de SST para o parâmetro de Sólidos Suspensos Totais. Enquanto que, para o parâmetro turbidez foram obtidos os valores máximo e mínimo de 2.820 UNT e 1.010 UNT, respectivamente. Os valores encontrados estão dentro daqueles descritos na literatura para os resíduos de ETAs de ciclo completo.

No entanto, notou-se que nos instantes iniciais da limpeza dos decantadores foram identificados valores elevados para os parâmetros analisados, que ao atingir 120 segundos diminuíram, aumentaram novamente aos 180 segundos e apenas diminuíram no restante do tempo de limpeza, apontando uma instabilidade nos valores e demonstrando que o tempo total de 5 minutos possa ser insuficiente para sua limpeza.

Do mesmo modo, para a água de lavagem filtros foram obtidas 14 amostras em sua totalidade e geradas, a partir destas, as curvas de SST e turbidez, apresentadas nas Figuras 10 e 11, respectivamente. Onde foram observados para o parâmetro de Sólidos Suspensos Totais os valores máximo e mínimo de 943 mg/L de SST e 51 mg/L de SST, respectivamente, e para a turbidez o valor máximo de 778 UNT e o valor mínimo de 45,6 UNT. A concentração de Sólidos Suspensos Totais e o teor de turbidez encontrados para a água de lavagem dos filtros também se aproximaram dos valores que a literatura relata em relação aos resíduos de ETA de ciclo completo.

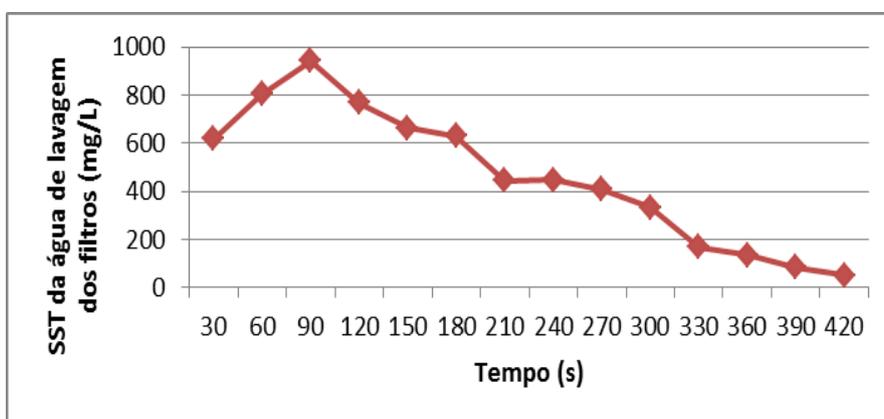


Figura 10 – Curva da concentração de SST para as diferentes amostras em função do tempo de lavagem dos filtros.

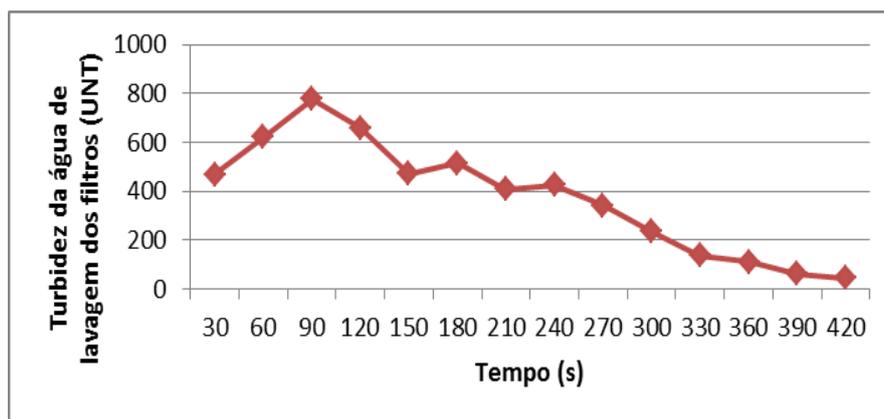


Figura 11 – Curva do teor de turbidez para as diferentes amostras em função do tempo de lavagem dos filtros.

Verificou-se que nos primeiros segundos da limpeza dos filtros, a água de lavagem obteve valores elevados para os parâmetros analisados, porém estes foram diminuindo com o passar do tempo de limpeza. Constatando-se que o tempo de 7 minutos de descarga (420 seg) esteja sendo suficiente para efetuar a limpeza dos filtros.

De acordo com Di Bernardo e Dantas (2005), as características dos resíduos gerados são bastante particulares e variáveis em função das características da água bruta, dos produtos químicos utilizados, dos processos de tratamento adotados e métodos de limpeza dos decantadores.

Os resultados elevados da concentração de SST e do teor de turbidez para os resíduos iniciais da descarga dos decantadores podem ser justificados devido ao método de limpeza adotado e sua frequência, já que a ETA possui a prática de limpeza uma vez ao dia no período matutino. Estes resultados elevados confirmam a necessidade da aplicação de um tratamento prévio ao seu descarte em corpos hídricos, pois, de acordo com Silveira (2012), a realização do lançamento *in natura* destes resíduos provoca certos impactos como alteração da biota aquática, redução do volume útil do corpo d'água devido ao assoreamento, possíveis efeitos tóxicos aos seres humanos e animais e deterioração da qualidade do corpo hídrico em função dessa adição elevada de sólidos.

Em comparação, os valores obtidos para a água de lavagem dos filtros foram bem inferiores, inclusive com valores dentro do permissível pela Resolução CONAMA 357/2005, para corpos de água doce de classe 2, classe em que se enquadram os corpos hídricos do estado.

Segundo Achon et al. (2013), no Brasil, a frequência de remoção de lodo nos decantadores de ETAs de ciclo completo pode ser realizada em longos intervalos, podendo chegar a meses quando realizada de modo manual, porém esta prática pode gerar um acúmulo de resíduos com elevada concentração de contaminantes orgânicos e inorgânicos, além de dificultar sua remoção e disposição final, não sendo vantajoso para as companhias de saneamento, já que o processo de disposição final pode resultar em altos custos.

Diante disso, apesar da apresentação dos resultados elevados, uma frequência diária de limpeza, mesmo que apenas uma vez ao dia, com a adoção de métodos mecanizados, pode se tornar algo favorável devido à redução de custos posteriores de disposição final, em relação aos métodos manuais de limpeza.

3.2. VALORES OBTIDOS PARA OS ENSAIOS DE JARTESTE

Também foram obtidas as curvas de SST e turbidez das amostras dos decantadores para os ensaios de tratabilidade 1, 2 e 3, realizados no equipamento de jarreste, apresentadas nas Figuras 12 e 13, com o intuito de uma melhor comparação de seus resultados.

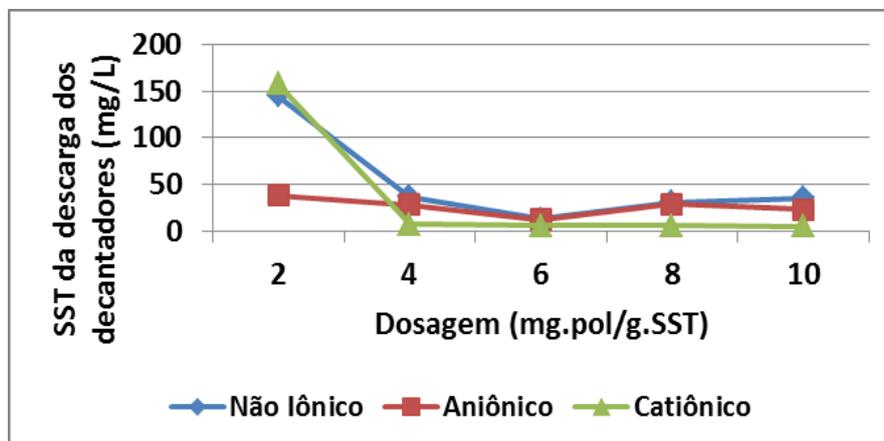


Figura 12 – Curvas das concentrações de SST para as amostras dos diferentes polímeros em função de sua dosagem.

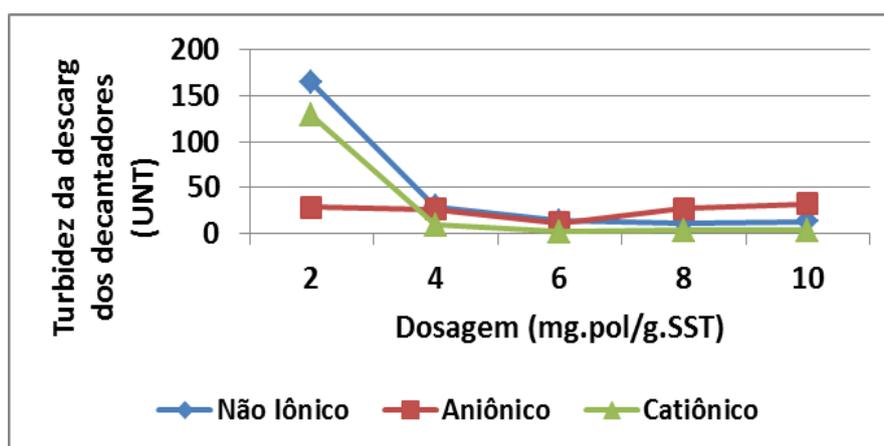


Figura 13 – Curvas dos teores de turbidez para as amostras dos diferentes polímeros em função de sua dosagem.

De acordo com as Figuras 12 e 13, verificou-se que a qualidade do drenado do ensaio 3, com utilização do polímero catiônico, foi sistematicamente melhor comparado aos demais ensaios, atingindo uma tratabilidade de 99,8% em termos de turbidez e 99,5% para a concentração de SST, atingindo ótimos valores como resultados, como, por exemplo, 2 UNT para turbidez e 6 mg/L de SST utilizando-se uma dosagem de 6 mg pol/g SST. Para o polímero não iônico obteve-se uma tratabilidade até 99,0% em termos de turbidez e 98,9% para a concentração de SST, em que utilizando-se uma dosagem de 6 mg pol/g SST foram obtidos valores de 11,56 UNT para turbidez e 12 mg/L de SST. Já o polímero aniônico apresentou 99,0% de tratabilidade em termos de turbidez e 99,0% para a concentração de SST, onde os valores obtidos para uma mesma dosagem de 6 mg pol/g SST foram 14 UNT para turbidez e 13 mg/L de SST. Observou-se que, para parâmetros analisados, todos os ensaios atingiram valores dentro do que são permitidos pela legislação pertinente, ressaltando-se o destaque do desempenho do polímero catiônico. Tais resultados podem estar relacionados às características do resíduo e/ou ao produto químico aplicado no sistema.

Pôde-se observar visualmente a qualidade da amostra com adição de solução adequada de polímero após passar pela filtração em tecido geotêxtil em relação à amostra bruta coletada, apresentada na Figura 14.

Apesar de a turbidez ser um parâmetro indireto, seu uso como parâmetro de controle de eficiência possibilitou a sistematização dos resultados em relação à qualidade da água drenada, comprovando que o lançamento direto da produção de resíduos dos decantadores poderia vir a trazer impactos negativos aos corpos hídricos receptores e que com o tratamento adequado há a possibilidade de mitigação destes impactos.

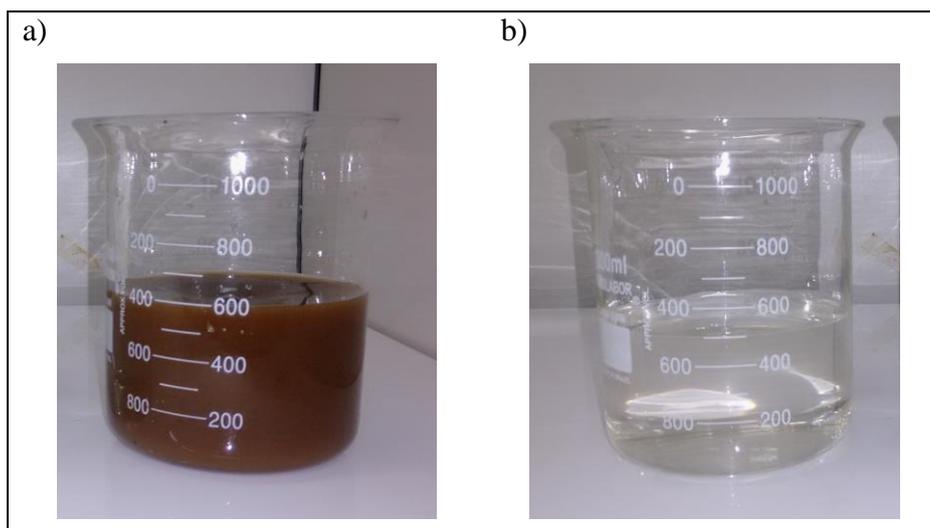


Figura 14 – a) Amostra do resíduo gerado na ETA. b) Amostra após passar pela filtração em tecido geotêxtil com adição adequada de solução de polímero. Fonte: próprio autor.

De acordo com Silveira (2012), o ensaio de bancada com filtração em cone de geotêxtil é um método eficiente para a avaliação do tipo e quantidade de polímero adequado ser adicionado, dependendo das características da amostra. Dessa maneira, conforme esperado, o uso do tecido geotêxtil com a aplicação da dosagem adequada de polímero apresentou resultados promissores de eficiência na fase de drenagem, por possibilitar a obtenção de água drenada com qualidade compatível aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 375/2005 em relação aos corpos de água doce classe 2, classe a qual pertencem os corpos de água do estado.

A aplicação deste tipo de tecnologia proporciona uma ótima tratabilidade, colaborando para a proteção dos corpos hídricos receptores e ainda visando a possibilidade de reaproveitamento da água drenada para produção de água tratada na própria ETA por meio de um sistema de recirculação. Esta recirculação seria uma solução para a diminuição de perdas no processo de tratamento da água, partindo da ótica de uma melhor eficiência em termos de volume produzido.

4. CONCLUSÕES

A água de descarga dos decantadores mostrou grande potencial de causar impactos ambientais significativos aos corpos hídricos receptores, comprovando a necessidade de seu tratamento preliminar.

A partir dos ensaios de tratabilidade, utilizando-se dosagem adequada de polímero com filtração em meio geotêxtil, a água de descarga dos decantadores configurou-se passível de

reaproveitamento, demonstrando a viabilidade de seu tratamento e otimização quanto à adoção desta técnica, devido à diminuição de perdas no processo de produção de água potável.

No geral, os polímeros avaliados apresentaram bons resultados de tratabilidade quanto aos parâmetros analisados, entretanto o polímero catiônico destacou-se com um ótimo desempenho, obtendo valores de 2 UNT para turbidez e 6 mg/L de SST utilizando-se uma dosagem de 6 mg pol/g SST, podendo estar relacionados às características do resíduo e/ou ao produto químico aplicado no sistema.

Desta forma, a dependência de uma série de fatores, como a tecnologia de tratamento empregada, o tipo de coagulante primário utilizado, as condições operacionais da ETA, as características da água bruta e entre outros aspectos, enfatiza a necessidade de maiores estudos na área de tratabilidade adequada dos resíduos de ETAs. Diante disto, experimentos laboratoriais, assim como os de campo, possuem grande importância e são elementos chave para uma melhoria contínua do desempenho de métodos de tratamento, visando soluções para o problema enfrentado pelas companhias de saneamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal do Tocantins pelo espaço concedido e equipamentos necessários para a realização deste trabalho e ao apoio do CNPq com contribuição de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

APHA – American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th. ed. Washington. 1998.

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. *NBR 10004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

ACHON C.L.; BARROSO M.M.; CORDEIRO J.S. *Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro*. *Eng Sanit Ambient*, v.18, n.2, p. 115 - 122, abr-jun, 2013.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Brasília, 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 22/10/2015.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA*. Brasília, 2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 22/10/2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília, 1998. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>. Acesso em 23/10/2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências*. Brasília, 1998. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=320>. Acesso em 23/10/2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.* Brasília, 2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 23/10/2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 2.914 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.* Disponível em http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em 22/10/2015.

COSTA, A. J. C. *Análise de viabilidade da utilização de lodo de ETA coagulado com Cloreto de Polialumínio (PAC) composto com areia como agregado miúdo em concerto para recomposição de calçadas – Estudo de caso na ETA do município de Mirassol – SP.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 140 p. São Paulo, 2011.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água.* 2ª ed. Vol. 1 e 2. São Carlos: Rima Editora, 2005.

DI BERNARDO, L; DANTAS, A. D. B; VOLTAN P. E. N. *Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água.* 1ª ed, São Paulo: LDiBe, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2008.* Rio de Janeiro, 2010. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf. Acesso em 20/10/2015.

KURODA, E. K. et al. *Drenagem/secagem de lodo de decantadores de ETAs em manta geotêxtil.* Revista DAE, n. 194, p. 24 -34, 2014.

MOGAMI, S. *Soluções para desaguamento e secagem de lodo.* Hydro. p. 16 – 23, fev, 2013.

REIS, R. F. *Estudo da influência de cobertura plástica na remoção de água de lodos de estações de tratamento de água em leitos de drenagem.* Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. 131 p. São Carlos, 2011.

SILVEIRA, C. *Desaguamento de lodo de estações de tratamento de águas por leito de drenagem/secagem com manta geotêxtil.* Dissertação (Mestrado). Universidade de Londrina. 137 p. Londrina, 2012.

TOMINAGA, E. *Análise dos procedimentos para avaliação de desempenho de sistemas fechados com geotêxtil para desaguamento.* 98 p. 2010.