

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO EM CORPOS D'ÁGUA
DEVIDO AO LANÇAMENTO DE RESÍDUOS DE
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE
JUIZ DE FORA - MG**

Letícia Rodrigues de Assis

Juiz de Fora
2014

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO EM CORPOS D'ÁGUA
DEVIDO AO LANÇAMENTO DE RESÍDUOS DE
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE
JUIZ DE FORA - MG**

Letícia Rodrigues de Assis

Letícia Rodrigues de Assis

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO EM CORPOS D'ÁGUA
DEVIDO AO LANÇAMENTO DE RESÍDUOS DE
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE
JUIZ DE FORA - MG**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Área de concentração: Tratamento de Águas.

Linha de pesquisa: Lodos de Estações de Tratamento de Água

Orientadora: Maria Helena Rodrigues Gomes.

Co-orientadora: Renata de Oliveira Pereira.

Juiz de Fora

Faculdade de Engenharia da UFJF

2014

**“AVALIAÇÃO DO IMPACTO EM CORPOS D’ÁGUA DEVIDO AO
LANÇAMENTO DE RESÍDUOS DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA DE JUIZ DE FORA - MG”**

LETÍCIA RODRIGUES DE ASSIS

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o artigo 9º da Resolução CCESA 4, de 9 de abril de 2012, estabelecida pelo Colegiado do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Aprovado em 06 de fevereiro de 2014.

Por:

Profª. Dsc. Maria Helena Rodrigues Gomes

MSc. Francisco de Assis Araújo

Profª. Dsc. Renata de Oliveira Pereira

AGRADECIMENTOS

À Deus por guiar meus caminhos e me ajudar a vencer todas as dificuldades.

À minha família, que mesmo distante, acompanhou e confiou na concretização dessa jornada.

Às professoras e orientadoras Maria Helena Rodrigues Gomes e Renata de Oliveira Pereira pela oportunidade concedida, troca de conhecimentos, aprendizado e por acreditar no desenvolvimento desta pesquisa.

À Cristiane Mayara Reis Oliveira pela amizade e pelas contribuições valiosas durante a pesquisa.

Ao professor José Homero Pinheiro Soares pelas informações concedidas, conhecimento e pela disponibilidade durante a realização das campanhas.

Ao cabo Demétrius Vasconcelos juntamente ao Corpo de Bombeiros de Juiz de Fora pela ajuda durante as campanhas.

Ao Fabio Roland e toda a equipe do Laboratório de Ecologia Aquática do Instituto de Ciências Biológicas da UFJF.

Ao professor Endrik Nardotto Rios por ceder o modelo do coletor múltiplo.

À Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora (CESAMA).

Aos técnicos Gladson Marques Rezende e Muiara Aparecida Moraes e aos alunos Adriana Sousa, Amanda Teixeira de Rezende, Mariana Lima Adário, Pedro Viana Araújo Silva, Samanta Ferreira Bortoni, Lariza dos Santos Azevedo, Vinícius Marques Louzada, Lucas de Almeida Chamhum Silva e Flávio Magalhães Ulhôa pelo auxílio nas coletas.

À Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora – PROPESQ/UFJF.

A todos os amigos, professores e funcionários do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFJF.

RESUMO

As águas de lavagem de filtro e os lodos de decantadores são resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água (ETA) durante as etapas de clarificação da água. Esses resíduos constituem-se de matéria orgânica e inorgânica, produtos químicos, microrganismos, partículas de solo e água e, portanto, necessitam de tratamento adequado antes de serem descartados *in natura*, uma vez que podem poluir e contaminar o meio ambiente. A maioria das ETA brasileiras ainda lançam esses resíduos sem tratamento prévio em corpos d'água causando assoreamento dos corpos hídricos, alteração da qualidade da água, aumento da concentração de metais e de sólidos. Para determinação do grau de impacto dos lodos e das águas de lavagem de filtros e para a escolha das medidas mitigadoras aplicáveis deve-se ter conhecimento das características desses resíduos, que variam de acordo com o tipo de tratamento nas ETA, dos produtos químicos utilizados e das propriedades da água bruta. Através de análises dos parâmetros físico-químicos e comparações com as legislações vigentes, foram realizadas a caracterização da água de lavagem de filtro e do lodo de decantador de uma ETA localizada no município de Juiz de Fora e a avaliação da qualidade da água ao longo do corpo receptor desses resíduos. Os resultados demonstraram que o lançamento *in natura* sem tratamento prévio dos efluentes provenientes de estações de tratamento de água causam impactos nos corpos hídricos, aumentando significativamente a concentração de sólidos totais.

ABSTRACT

The water from filter washing and decanter sludge are waste material coming from Water Treatment Stations (WTS) during the steps from water clarification. These residues are composed of organic and inorganic matter, chemical products, microorganisms, soil particles and water and, therefore, require appropriate treatment before being disposed in nature, because they can contaminate and pollute the environment. Most Brazilian WTS still discard their untreated wastewater into bodies of water silting up bodies of water, changing the quality of water, increasing metal and solid concentration. To determine the degree of impact from sludge and filter washing water and to choose appropriate mitigation measures, knowing these residues characteristics is mandatory, and they vary according to the type of treatment in the WTS, the chemical products used and the properties of the raw water. Through of physico-chemical parameters analysis and comparisons with existing laws, a characterization of filter washing water and decanter sludge of a WTS in the municipality of Juiz de Fora was performed and also an evaluation of water quality throughout the receiver body of these residues. The results showed that the discard in nature without prior treatment of the wastewaters from Water Treatment Stations can cause impact on water bodies, increasing significantly the concentration of total solids.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 Processo convencional de tratamento de água	4
3.2 Caracterização dos resíduos de uma ETA.....	5
3.2.1 Caracterização física.....	6
3.2.2 Caracterização química.....	8
3.2.3 Caracterização biológica.....	9
3.3 Produtos químicos e a geração de resíduos das ETA.....	9
3.4 Impactos provocados pelos resíduos das ETA	11
3.5 Medidas mitigadoras	12
3.6 Legislações brasileiras.....	14
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1 Local de estudo	16
4.2 Planejamento experimental.....	17
4.3 Carga de sólidos totais proveniente da água de lavagem de filtro	21
4.4 Carga de sólidos totais proveniente do lodo de decantador.....	22
4.5 Ponto de mistura lateral	23
4.5.1 Método de Fischer	23
4.5.2 Método de Yotsukura	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1 Caracterização dos resíduos da estação de tratamento de água	25
5.1.1 Caracterização da água de lavagem de filtro.....	25
5.1.2 Caracterização do lodo de decantador.....	27
5.2 Avaliação da carga de sólidos lançadas no corpo receptor	29
5.2.1 Carga de sólidos totais proveniente da água de lavagem de filtro	29
5.2.2 Carga de sólidos totais proveniente do lodo de decantador.....	29
5.3 Avaliação de impactos no corpo receptor	30
5.3.1 Impactos provenientes do lançamento da água de lavagem de filtro.....	30
5.3.2 Impactos provenientes do lançamento do lodo de decantador	39
5.4 Obtenção do ponto de mistura lateral dos resíduos no corpo receptor.....	39
6 CONCLUSÕES.....	41
7 RECOMENDAÇÕES.....	42
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 – Fluxograma de uma Estação de Tratamento de Água Convencional.	5
Figura 4.1 - Localização do ribeirão Espírito Santo e da Estação de Tratamento de Água do Bairro Industrial, Juiz de Fora - MG.	16
Figura 4.2 - Vista do local de lançamento de diversos efluentes no ribeirão Espírito Santo.	17
Figura 4.3 - Localização dos pontos de coleta no ribeirão Espírito Santo.	19
Figura 4.4 – Coletor múltiplo.	20
Figura 4.5 – Batimetria no ponto D, primeira campanha.	21
Figura 4.6 - Altura do lodo visível durante a raspagem manual de um decantador.	22
Figura 5.1 – Variação dos parâmetros pH, condutividade, turbidez e cor durante a lavagem do filtro nas três campanhas.	26
Figura 5.2 - Lodo de decantador antes e durante a raspagem manual do fundo do decantador.	27
Figura 5.3 – Lodo de decantador no rio Paraibuna.	30
Figura 5.4 - Ribeirão Espírito Santo sem e com a influência de efluentes desconhecido e resíduos da ETA – CDI.	31
Figura 5.5 – Variação do parâmetro pH no ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro para as três campanhas.	32
Figura 5.6 – Variação do parâmetro condutividade no ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro para as três campanhas.	33
Figura 5.7 – Variação do parâmetro turbidez no ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro para as três campanhas.	34
Figura 5.8 – Concentrações totais de turbidez para segunda campanha.	35
Figura 5.9 – Concentrações totais de turbidez para terceira campanha.	36
Figura 5.10 – Variação do parâmetro turbidez do coletor múltiplo na terceira campanha.	36
Figura 5.11 – Variação do parâmetro cor no ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro para as três campanhas.	37
Figura 5.12 - Variação de turbidez mostrando as amostras utilizadas para a análise de sólidos totais.	38
Figura 5.13 - Ribeirão Espírito Santo recebendo lodo de decantador da ETA - CDI.	39

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 3.1 – Parâmetros físicos dos resíduos de diversas ETA.	7
Tabela 3.2 - Faixa de valores dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos do lodo de decantador da ETA Gramame.	8
Tabela 3.3 - Características típicas de lodo de ETA.	9
Tabela 3.4 – Parâmetros biológicos dos resíduos de diversas ETA.	9
Tabela 4.1 - Aparelhos e métodos usados em laboratório.	20
Tabela 5.1 - Caracterização da água de lavagem do filtro.	25
Tabela 5.2 - Valores de sólidos totais das amostras de lodo de decantador.	28
Tabela 5.3 - Valores de Sólidos Totais (mg/L) da segunda campanha.	38
Tabela 5.4 - Valores de Sólidos Totais (mg/L) da terceira campanha.	39

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

APHA :	American Public Health Association
B :	Largura média do rio (m)
CONAMA:	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM :	Conselho Estadual de Política Ambiental
DBO :	Demanda bioquímica de oxigênio
Dlat :	Coefficiente de dispersão lateral
ETA :	Estação de Tratamento de Água
g :	Aceleração da gravidade (9,81 m/s ²)
H :	Profundidade média do rio (m)
i :	Declividade do rio (m/m)
Lm :	Distância do ponto de lançamento até o ponto em que a descarga tenha sido misturada lateralmente (m)
OD :	Oxigênio dissolvido (mg/L)
SST	Sólidos em Suspensão Totais (mg/L)
ST :	Sólidos Totais (mg/L)
SV	Sólidos Voláteis (mg/L)
v :	Velocidade do rio (m/s)
v* :	Velocidade de cisalhamento (m/s)

1 INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Água (ETA) removem da água bruta organismos patogênicos e substâncias químicas orgânicas e inorgânicas que podem ser prejudiciais à saúde humana. Estes organismos e substâncias são sedimentados nos decantadores e retidos pelos filtros durante as etapas de decantação e filtração dando origem, respectivamente, ao lodo de decantador e a água de lavagem de filtro (PÁDUA, 2006; ALVAREZ ROSARIO, 2007).

As propriedades da água bruta influenciam na tecnologia de tratamento de água a ser adotada, na mensuração da dosagem de produtos químicos a serem usados na ETA e na determinação da forma de operação de limpeza dos filtros e decantadores. Estes processos, por sua vez, definem as características do lodo de decantador e da água de lavagem de filtro de uma ETA e o grau de poluição e contaminação que estes efluentes causam em um corpo hídrico quando lançados sem tratamento prévio (SCALIZE, 2003; PÁDUA, 2006).

Segundo Soares *et al.* (2004), os resíduos das ETA possuem umidade maior que 95% e concentrações de sólidos maior que 2,5%, podendo provocar degradação da qualidade ambiental dos corpos receptores, afetando condições estéticas e lançando materiais em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. Entretanto, o lançamento inadequado desses efluentes em corpos d'água ainda é uma prática comum pela maioria das ETA, apesar das legislações ambientais vigentes no Brasil serem severas quanto a este comportamento (LIBÂNIO, 2010). Os custos envolvidos no processo de implantação de sistemas de tratamento desses resíduos é um dos fatores que leva as ETA a desrespeitarem as legislações (SCALIZE, 2003).

O tratamento dos efluentes das ETA e a disposição final adequada do lodo são importantes, respectivamente, para diminuição do volume de resíduos descartados e para atenuar o efeito ao meio ambiente (SCALIZE, 2003). Atualmente o desenvolvimento de soluções ambientalmente vantajosas e economicamente viáveis para o tratamento e disposição final dos efluentes das ETA apresenta-se como possibilidade de transformar resíduos em recursos. Dentre as diversas alternativas de disposição final de lodos de ETA destacam-se o aterro sanitário, a fabricação de tijolos e a descarga em redes coletoras de esgotos (TSUTIYA, 2001).

A cidade de Juiz de Fora/MG possui uma população estimada em 517.872 habitantes (IBGE, 2010) e para o abastecimento público de água com qualidade conta com três Estações de Tratamento de Água (ETA) do tipo convencional que não possuem tratamento adequado dos lodos de decantadores e das águas de lavagem de filtros. Essas ETA lançam seus resíduos em corpos hídricos próximos, alterando as propriedades das águas de rios, ribeirões e córregos que atravessam a cidade.

O lançamento de efluentes da ETA localizada no Bairro Industrial da cidade de Juiz de Fora/MG tem impactado o seu corpo hídrico receptor, o ribeirão Espírito Santo, aumentando a concentração de sólidos totais e sendo prejudicial a comunidade aquática local e a qualidade da água do ribeirão Espírito Santo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar os resíduos provenientes da Estação de Tratamento de Água situada no Bairro Industrial (ETA - CDI) em Juiz de Fora – MG e avaliar a possibilidade de impactos no corpo d'água receptor desses resíduos, o ribeirão Espírito Santo.

2.2 Objetivos específicos

- Estabelecer pontos de amostragens estratégicos no ribeirão Espírito Santo, a partir do local de lançamento dos resíduos da ETA – CDI;
- Caracterizar os parâmetros físico-químicos da água de lavagem de filtro e do lodo de decantador gerados pela ETA - CDI;
- Analisar os parâmetros físico-químicos da água superficial do ribeirão Espírito Santo *in loco* e em laboratório;
- Verificar a ocorrência de impactos no ribeirão Espírito Santo através de comparações dos resultados obtidos nas análises laboratoriais com a literatura da área de estudo e com a legislação vigente.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Processo convencional de tratamento de água

As Estações de Tratamento de Água (ETA) visam a disponibilização de água potável e em quantidade adequada aos usuários, removendo da água bruta organismos patogênicos e as substâncias químicas orgânicas e inorgânicas que podem ser prejudiciais à saúde humana, além da redução de cor, sabor, odor e turbidez, que torna a água esteticamente desagradável (PÁDUA, 2006).

De acordo com Alvarez Rosário (2007) um dos aspectos relevantes na composição de uma ETA são as propriedades da água bruta que influenciam na tecnologia de tratamento a ser adotada, na operação de limpeza dos filtros e decantadores e nas dosagens de produtos químicos. Fatores estes que darão origem à produção de resíduos com diferentes características.

Entre diversas técnicas utilizadas para o tratamento de água para abastecimento público, no Brasil destaca-se o tratamento convencional, o qual possui as seguintes etapas: clarificação, desinfecção, fluoretação e estabilização química (PÁDUA, 2006).

A clarificação é destinada à remoção de sólidos advindos da água bruta. Esta etapa ocorre nos floculadores, decantadores e filtros. Na floculação, a água bruta já contém a dosagem necessária de coagulante e, portanto, nesta fase ocorre a agitação das moléculas para promover o contato entre as impurezas e o aumento do tamanho das mesmas, formando os flocos. A decantação é quando a água floculada passa pelos tanques e pela ação da gravidade apresentam movimento descendente dos flocos, que se sedimentam no fundo destes tanques formando o lodo de decantador. Na filtração, a água proveniente dos decantadores, passa por meios granulares filtrantes onde são retidos microrganismos e partículas suspensas e coloidais. Estes materiais retidos constituirão os resíduos da água de lavagem de filtro. A filtração é considerada a etapa final de remoção de impurezas da ETA, sendo, portanto, responsável pelo cumprimento dos padrões de potabilidade da água exigidos pelas legislações (JANUÁRIO, 2005; PÁDUA, 2006).

A desinfecção é a etapa destinada a inativar, destruir ou eliminar organismos patogênicos presentes na água que são capazes de produzir doenças. A fluoretação tem a finalidade de

prevenir cáries dentárias infantis através da aplicação de flúor. Na estabilização química ocorre o controle da corrosão e da incrustação da água nas tubulações, através da aplicação de cal (JANUÁRIO, 2005; PÁDUA, 2006).

A Figura 3.1 apresenta o fluxograma de uma estação de tratamento de água convencional e as etapas do tratamento onde ocorre a geração de resíduos.

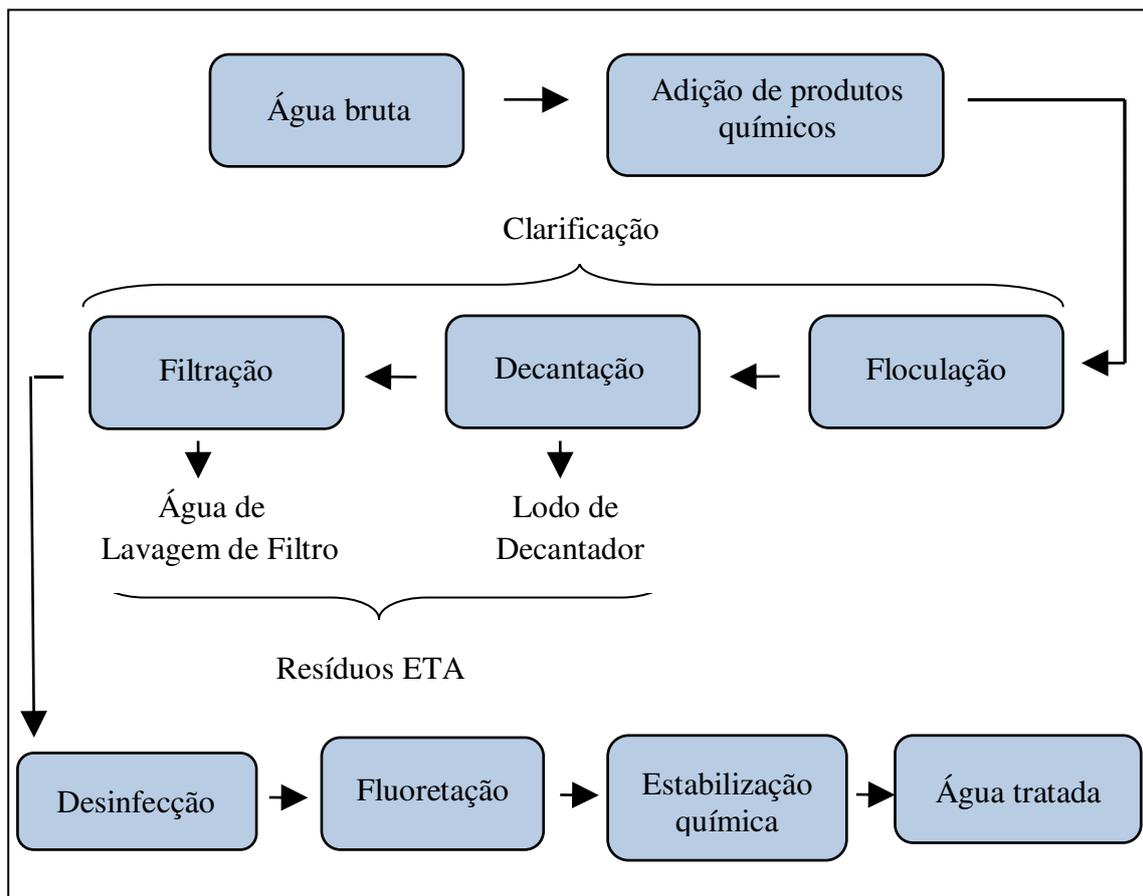


Figura 3.1 – Fluxograma de uma Estação de Tratamento de Água Convencional.

Fonte: Adaptado de PÁDUA, 2006.

3.2 Caracterização dos resíduos de uma ETA

As propriedades da água bruta, a tecnologia de tratamento e mecanismo de coagulação adotada, a dosagem e os tipos de produtos químicos utilizados durante o tratamento são fatores que definem as características do lodo e da água de lavagem de filtro de uma ETA (SCALIZE, 2003).

Andreoli (2001) definiu a composição do lodo proveniente dos decantadores como a junção da matéria orgânica e inorgânica e partículas de solo que foram carreados da água bruta, subprodutos gerados da adição de produtos químicos e água. Geralmente, a maior parcela constituinte destes resíduos é a fração inorgânica formada por areia, silte e argila. A fração orgânica dos resíduos de ETA são substâncias húmicas, organismos planctônicos, bactérias e vírus.

Logo, considerando os fatores que caracterizam o lodo de decantador e a água de lavagem de filtro de uma ETA e analisando os diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos desses resíduos, é possível escolher o melhor método de tratamento e, quando lançados *in natura*, avaliar o grau de poluição e contaminação dos corpos receptores (SCALIZE, 2003; PEREIRA, 2011).

3.2.1 Caracterização física

Sólidos totais, turbidez, cor, resistência específica, sedimentabilidade, tamanho e distribuição de partículas, densidade e viscosidade são os parâmetros físicos que caracterizam os resíduos de uma ETA (SCALIZE, 2003).

Segundo Reali (1999), o lodo de decantador possui alto teor de umidade, geralmente maior que 95%, elevada concentração de sólidos totais e de matéria orgânica. A água de lavagem de filtro possui elevada vazão e baixa concentração de sólidos totais, quando comparada ao lodo de decantador.

Usualmente a determinação de sólidos totais (ST) e sólidos em suspensão totais (SST) tem sido um dos principais parâmetros na caracterização dos resíduos de tratamento de água. Conforme Richter (2001), em uma ETA que utiliza sulfato de alumínio como coagulante as concentrações de ST na água de lavagem de filtro, em geral, varia ente 40 a 1.000 mg/L (0,004 a 0,1%), e entre 1000 a 40000 mg/L (0,1 a 4%) no lodo de decantador. Sendo que 75-90% desses valores representam SST, 20-35% representam os sólidos voláteis (SV) e uma pequena proporção de compostos biodegradáveis.

Scalizer (1997) encontrou picos de turbidez de 100 uT e SST da ordem de 200 mg/L para água de lavagem de filtros de uma ETA que utiliza sulfato de alumínio. Enquanto Souza Filho (1998) relatou para água de lavagem de filtro com aplicação de cloreto férrico picos

de turbidez de 60 uT e picos de SST entre 56 e 79 mg/L. Tais resultados refletem que as características dos resíduos gerados variam de uma ETA para outra de acordo com os produtos químicos utilizados, assim como o tipo de tratamento e a qualidade da água bruta.

Freitas *et al.* (2010) cita que os valores de turbidez e SST em águas de lavagem de filtros possuem ampla variação na literatura, como por exemplo: Di Bernardo *et al.* (2002) que apresentam faixa de valores de turbidez variando entre 50-170 uT e SST entre 90-370 mg SST.L⁻¹.; Tobiasson *et al.* (2003) que observaram valores de turbidez de amostras compostas de 150 a 400 uT em três ETA nos Estados Unidos e foram observadas, também, variações ao longo do período de lavagem dos filtros por Souza Filho e Di Bernardo (1999) que encontraram picos de turbidez e de SST de 700 uT e 1.200 mg/L, 90 segundos após o início da lavagem do filtro. Em seu estudo, Freitas *et al.* (2010) encontrou picos de turbidez de 100-200 uT, após os 2 primeiros minutos do início da lavagem dos filtros. Este autor ainda concluiu que, através da caracterização da água de lavagem dos filtros, o efluente proveniente da ETA estudada apresentou potencial poluidor, contaminação microbiológica e deve ser tratado antes do seu lançamento em corpos receptores.

A faixa de valores de sólidos e turbidez obtidos na literatura para diferentes ETA que utilizam cloreto férrico e sulfato de alumínio como coagulante estão apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Parâmetros físicos dos resíduos de diversas ETA.

Coagulante	Cloreto Férrico		Sulfato de Alumínio	
	Lodo de Decantador	Água de Lavagem de Filtro	Lodo de Decantador	Água de Lavagem de Filtro
Sólidos Totais (mg/L)	1.700 - 22.928	367-710	1.000 - 88.458	40 - 1.000
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	1.500 - 20.813	56- 491	5.590 - 46.100	56 - 532
Turbidez (uT)	676 - 3.077	60 - 288	6.112 - 60.794	30 - 615

Fonte: CORDEIRO, 1993; DI BERNARDO *et al.*, 2002; GRANDIN, 1992; PATRIZZI, 1998; PEREIRA, 2011; REALI, 1999; RICHTER, 2001; SCALIZE, 1997; 2003; SOUZA FILHO, 1998.

3.2.2 Caracterização química

Metais pesados, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio e fósforo são parâmetros químicos que caracterizam os resíduos de uma ETA.

No estudo realizado por Bastos *et al.* (2005) foram encontrados valores elevados de 4,97 Kg DQO; 0,08 Kg alumínio; 0,02 Kg fósforo; 0,04 Kg manganês; 0,56 Kg ferro; 13,2 Kg ST, que são lançados no corpo receptor durante a operação da lavagem do filtro de uma ETA. Os níveis de alumínio (0,28 a 4,48 mg/L) detectados por Meneses *et al.* (2005) em lodo de ETA evidenciaram riscos diretos e indiretos aos usuários do corpo d'água em estudo. Os valores de pH de efluentes de ETA encontram-se próximos a neutralidade (RICHTER, 2001).

Pereira (2011) estudou as características físicas, químicas e microbiológicas do lodo da ETA Gramame, que é do tipo convencional, trata uma vazão média de 1917 L/s e utiliza como coagulante sulfato de alumínio. O lodo gerado por esta estação é encaminhado a duas lagoas localizadas adjacentes a ETA. A faixa de valores dos parâmetros químicos obtidos pela autora durante sua pesquisa está apresentada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Faixa de valores dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos do lodo de decantador da ETA Gramame.

Parâmetros	Faixa de Valores Encontrados
pH	5,40- 6,38
DQO (mg/L)	213,00- 387,60
DBO ₅ (mg/L)	49,10- 88,10
Alumínio (mg/Kg)	69.500,00- 97.856,23
Ferro (mg/Kg)	245,41 - 35.700,00

Fonte: Adaptado de PEREIRA, 2011.

Geralmente, o lodo produzido pelas ETA que utilizam sulfato de alumínio apresentam baixa degradabilidade e pH próximo ao neutro. O lodo proveniente da coagulação com sais de ferro possuem características semelhantes às do lodo de sulfato de alumínio, conforme apresentado na Tabela 3.3 (RICHTER, 2001).

Tabela 3.3 - Características típicas de lodo de ETA.

Parâmetros	Lodo de Sulfato de Alumínio	Lodo de Sais de Ferro
Sólidos Totais (%)	0,1 - 4,0	0,2 - 3,5
pH	6,0 - 8,0	7,4 - 9,5
Fe (%)	---	4,6 - 20,6
Al ₂ O ₃ .5,5H ₂ O (%)	15,0 - 40,0	---

Fonte: Adaptado de RICHTER, 2001.

3.2.3 Caracterização biológica

As bactérias do grupo coliformes são parâmetros biológicos que caracterizam os resíduos das ETA. Elas atuam como indicadores de poluição fecal, com risco potencial de presença de organismos patogênicos, podendo causar doenças às pessoas que entram em contato com a água contaminada. Diversos autores verificaram a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em água de lavagem de filtro e em lodo de decantador como pode ser observado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Parâmetros biológicos dos resíduos de diversas ETA.

Coagulante	Cloreto Férrico		Sulfato de Alumínio	
	Lodo de Decantador	Água de Lavagem de Filtro	Lodo de Decantador	Água de Lavagem de Filtro
Coliformes Totais (NMP/100mL)	1,1 x 10 ⁵	1,1 x 10 ⁴ - 2,4 x 10 ⁵	2,4 x 10 ⁵	1,1 x 10 ³ - 1,7 x 10 ⁴
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	1,7 x 10 ⁴	1,0 - 1,8 x 10 ⁴	---	3,0 a 4,5 x 10 ²

Fonte: CORDEIRO, 1993; SCALIZE, 1997; 2003; SOUZA FILHO, 1998; REALI, 1999.

3.3 Produtos químicos e a geração de resíduos das ETA

A tecnologia utilizada para a clarificação da água, tipo de operação dos filtros e decantadores, como também o coagulante utilizado para o tratamento, influenciam diretamente nas características e na quantidade da água de lavagem de filtro e no lodo de

decantador. Em comparação com as ETA que utilizam sulfato de alumínio, as ETA que aplicam o cloreto férrico como coagulante, utilizam menores dosagens desse produto químico e, conseqüentemente, obtêm maiores carreiras de filtração. O método de lavagem dos filtros também interfere no volume de resíduos gerados. Há maior volume de resíduos na lavagem ascendente dos filtros, quando comparados com os sistemas de lavagem com ar, seguidos de lavagem ascensional (REALI, 1999).

Os coagulantes mais empregados são os sulfatos à base de alumínio e ferro (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Outra alternativa que favorece a floculação das partículas é a aplicação de polímeros. Segundo Fernandes (2002) *apud* Feitosa e Consoni (2008) a aplicação de polímero catiônico como auxiliar de coagulação permitiu reduzir a dosagem de coagulante inorgânico (sulfato férrico), podendo diminuir significativamente a produção de lodo na ETA estudada. De acordo com Silva e Bidone (2000) o lodo contém grande quantidade de sulfato de alumínio e polímeros utilizados no processo de tratamento de água.

O estudo de Barbosa *et al.* (2000) nas ETA de Araraquara e São Carlos, no estado de São Paulo, revelou que a maior predominância de elementos no lodo eram alumínio, ferro e sílica. O elemento predominante nas amostras avaliadas foi o alumínio devido ao uso de sulfato de alumínio como coagulante.

Santos (2011) avaliou a substituição do coagulante sulfato de alumínio pelo policloreto de alumínio em uma ETA de Casimiro de Abreu – RJ. Apesar do sulfato de alumínio ter boa eficiência, ser de fácil transporte e possuir baixo custo, o autor concluiu que o policloreto de alumínio apresentou maior poder de floculação, além de maior praticidade no manuseio e preparo da solução, porém possui custo mais elevado.

O trabalho de Cardoso (2003) buscou relacionar o tipo de produto químico que gerasse menor quantidade de lodo e melhor qualidade da água tratada. A água bruta testada por diversos coagulantes foi do rio Itajaí Mirim em Brusque, Santa Catarina. Após a realização dos estudos o autor constatou que para remoção de cor e turbidez os coagulantes sulfato férrico, cloreto férrico e Polifloc 7% Fe_2O_3 mais 2% de Al_2O_3 tiveram um rendimento excelente para água bruta com turbidez alta (806 NTU), e para águas com turbidez baixa (31,6 NTU) e média (246 NTU) os coagulantes floculan e sulfato férrico se mostraram mais adequados, respectivamente. Quanto a menor produção de lodo, o coagulante orgânico polieletrólito catiônico médio (Polímero PC 109 da Bayer), para turbidez elevada,

promoveu uma excelente sedimentação do lodo produzido e o uso do sulfato férrico obteve melhor eficiência na redução de geração de lodo para turbidez baixa e média. Quanto à dosagem de coagulante, concluiu-se que para o aumento de turbidez, o policloreto de alumínio obteve uma diminuição em sua dosagem, enquanto os coagulantes floculan e cloreto férrico sofreram pouca variação. O sulfato ferroso não obteve eficiência com a água em estudo.

Carvalho (2008) realizou ensaios de coagulação/floculação, sedimentação e filtração, com o objetivo de aperfeiçoar o processo de produção de água potável, a partir da água do Rio Pirapó - PR, utilizando como coagulantes a quitosana (polímero natural), o sulfato de alumínio e a associação entre esses dois coagulantes. O volume do lodo e a concentração de metais provenientes do tratamento com quitosana foram inferiores ao lodo gerado pelo tratamento com sulfato de alumínio, tanto para águas com baixa ou alta cor e turbidez. Um fator relevante observado pela autora é que o lodo gerado pela utilização da quitosina pode ser disposto em aterro sanitário comum, uma vez que a quitosina é um biopolímero.

3.4 Impactos provocados pelos resíduos das ETA

Assim como as características e a quantidade de resíduos de ETA, os impactos gerados também estão relacionados às propriedades da água bruta, dosagem dos produtos químicos utilizados no tratamento da água e forma de limpeza e operação dos filtros e decantadores.

Atualmente, no Brasil, a maioria das ETA ainda lançam seus resíduos *in natura*, sem tratamento prévio, causando diversos impactos ao meio ambiente e ao homem, como o aumento da concentração de metais tóxicos e sólidos em suspensão, que prejudicam o ciclo de nutrientes, principalmente fósforo, possibilitando o desenvolvimento de condições anaeróbias em águas estacionárias ou de velocidade lenta; alteração na turbidez, cor, composição química; assoreamento dos corpos receptores; possibilidade de contaminação do lençol freático e aspecto visual desagradável (OLINGER *et al.*, 2001; DI BERNARDO e DANTAS, 2005 apud MOLINA, 2010; REIS *et al.*, 2007).

Em relação aos metais é importante enfatizar que pequenas concentrações são suficientes para alterar a capacidade de autodepuração do corpo receptor, devido ao poder desses metais inibir os microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Mesmo não se constituindo como elemento tóxico, o ferro interfere na qualidade dos

corpos d'água atribuindo cor e sabor à água, provoca manchas em roupas e utensílios sanitários e propicia o desenvolvimento de depósitos e de ferro bactérias em canalizações, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição (REALI, 1999; PEREIRA, 2011; CETESB, 2013).

Nos trabalhos realizados por Reis *et al.* (2004; 2006; 2007) analisaram-se o impacto do lançamento dos resíduos provenientes dos decantadores e filtros da Estação de Tratamento de Água da cidade de Registro – SP, no córrego Rio Sem Nome. Os resultados dessas pesquisas constataram que o lançamento dos resíduos analisados no córrego não apresentou riscos imediatos quanto à possibilidade de alteração da qualidade das amostras de água superficial. Contudo, os trabalhos verificaram que o descarte dos resíduos de ETA *in natura* pode impactar o meio ambiente local em função dos níveis de alumínio encontrados em amostras do sedimento lixiviado no ponto de coleta, logo após o lançamento dos resíduos da ETA no córrego, devendo-se considerar os efeitos em longo prazo do depósito desses metais no meio ambiente local. O autor destaca ainda a importância da implantação de programas que visam enquadrar os lançamentos de lodos de ETA às legislações vigentes para colaborar com a proteção dos cursos d'água (REIS *et al.*, 2004; 2006; 2007).

Scalize (1997) encontrou na água de lavagem de filtro de uma ETA, que utiliza sulfato de alumínio como coagulante primário, cistos de *Entamoeba coli*, larvas de *Strongiloides stercoralis* e *Acylostomidae*, além de ovos de *Hymenolepis nana* e *Acylostomidae*. Estes protozoários são constituintes dos resíduos das ETA, ficam presentes nos sedimentos após clarificação e quando são lançados *in natura* contaminam os corpos hídricos podendo causar doenças ao ser humano.

3.5 Medidas mitigadoras

Atualmente o desenvolvimento de soluções ambientalmente vantajosas e economicamente viáveis para o tratamento dos resíduos das ETA apresenta-se como possibilidade de transformar resíduos em recursos. Para tanto, se faz necessário a caracterização do lodo de decantador e da água de lavagem de filtro das ETA e o conhecimento das legislações aplicáveis a cada tipo de disposição final. Dentre as diversas alternativas de disposição final de lodos de ETA destacam-se o aterro sanitário, a fabricação de tijolos e a descarga em redes coletoras de esgotos (TSUTIYA, 2001).

A disposição final do lodo proveniente das ETA em aterro sanitário é considerada segura para a saúde pública e para o meio ambiente. Para que esta disposição ocorra de forma adequada é necessário desidratação do lodo, deixando-o livre da presença de água e com concentração de sólidos inferior a 25 %. Os custos de transporte, disposição, implantação e operação envolvidos na disposição em aterros são elevados e na região metropolitana de São Paulo, situam-se em torno de R\$ 60,00 a R\$ 80,00 por tonelada de lodo desidratado (JANUÁRIO e FERREIRA FILHO, 2007; RICHTER, 2001; LIBÂNIO, 2010).

Os lodos de decantadores das ETA apresentam características semelhantes a argila natural e xisto, usados para fabricação de tijolos. Logo, os resíduos das ETA são recomendados para esta finalidade, e quanto maior a quantidade de lodo de ETA, menor será a retirada de matéria prima natural. A aplicação do lodo não altera a qualidade estrutural dos tijolos, conferindo a eles coloração avermelhada, quando o lodo é proveniente da aplicação de hidróxidos de ferro. As desvantagens da aplicação do lodo na fabricação de tijolos são quanto a presença de elevado teor de areia, que acarretará impacto negativo sobre a qualidade final do tijolo e quanto à presença de carvão ativado no lodo que inviabilizará sua aplicação por causar expansão e rachaduras nos tijolos (TSUTIYA, 2001; JUNIOR *et al.*, 2006).

É comum a descarga de lodos de ETA em sistemas coletores de esgotos e nas Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE). Esta disposição pode trazer diversas vantagens para a ETE como, controle de gás sulfídrico (H₂S), aumento da eficiência dos decantadores primários e remoção de fósforo. Tais efeitos positivos são observados para descargas menores que 200 mg/L de lodo. Os lodos que possuem elevadas concentrações de ferro ou alumínio auxiliam na remoção de fósforo nas ETE. As desvantagens observadas durante esse processo é o aumento da geração de lodo nos decantadores primários das ETE e a inibição do processo biológico no tratamento dos esgotos devido às altas concentrações de sólidos dissolvidos provenientes do lodo das ETA, além do aumento dos parâmetros como turbidez, SST e DQO dos resíduos da ETE (TSUTIYA, 2001; SCALIZE, 2003; LIBÂNIO, 2010).

As águas de lavagem de filtros, por possuírem grandes vazões concentradas em pequenos períodos de tempo, devem ser lançadas em redes coletoras de esgoto quando estas estiverem transportando grandes vazões para evitar a deposição de sólidos. Em geral, não

são observados deposição de sólidos quando a velocidade dos efluentes são no mínimo 0,8 m/s ou quando as concentrações de sólidos são inferiores a 3% (TSUTIYA, 2001).

3.6 Legislações brasileiras

Devido a elevada demanda por água de qualidade, as ETA atendem às normas estabelecidas pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde que constitui os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Para o controle do lançamento e diminuição dos impactos ambientais a Legislação Brasileira criou a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, submetendo o lançamento indiscriminado dos lodos das ETA nos corpos hídricos ao processo de outorga. Em concordância instituiu-se a Lei 9.605, de janeiro de 1998, Lei de Crimes Ambientais, que possibilita a punição nas esferas civil, administrativa e penal quando ocorre a constatação de lançamento irregular de resíduos no ambiente. A NBR 10.004/2004 define ainda que os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água são resíduos sólidos e devem estar sujeitos a todas as regulamentações especificadas por essa norma. E ainda, a Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e a resolução CONAMA 430/2011 que define e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 1997; 1998; 2004; 2005; 2011).

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa COPAM Nº 153, de 26 de julho de 2010, que convoca municípios para o licenciamento ambiental de sistemas de tratamento de água com vazão superior a 20 L/s que geram efluentes, foi alterada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), no dia 20 de fevereiro de 2013. A alteração estabelece novos prazos para a instalação de Unidades de Tratamento de Resíduos (UTR) nas Estações de Tratamento de Água (ETA) em operação no estado (MINAS GERAIS, 2010).

A Deliberação Normativa COPAM Nº 016, de 24 de setembro de 1996, dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. O trecho da nascente do ribeirão Espírito Santo até a captação de água da cidade de Juiz de Fora está enquadrado como classe 1 e da captação de água da cidade até o seu desaguamento no rio Paraibuna

recebe o enquadramento correspondente ao trecho onde deságua, o rio Paraibuna de classe 2 (MINAS GERAIS, 1996).

A Portaria Miner nº 86, de 4 de junho de 1981, do Ministério do Interior, enquadra diversos cursos d'água federais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Entre eles, o trecho do rio Paraibuna das Cabeceiras até a Barragem de Chapéu D'Uvas é enquadrado como classe 1 e da Barragem de Chapéu D'Uvas até a Foz é enquadrado como classe 2 (BRASIL, 1981).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

As águas de lavagem de filtros e o lodo de decantador utilizados nessa pesquisa foram obtidos na Estação de Tratamento de Água localizada no Bairro Industrial (ETA – CDI) da cidade de Juiz de Fora/MG. A ETA - CDI produz cerca de 620 L/s de água tratada, lavam em média 11 filtros por dia e 2 decantadores a cada 60 dias. De acordo com as informações cedidas pelos funcionários da ETA - CDI, a estação possui 12 filtros, sendo que 1 filtro encontra-se fora de operação. O volume de água gasto para a lavagem de cada filtro é de, aproximadamente, 120 m³ e o volume de cada decantador é, aproximadamente, 1609 m³. O coagulante usado na ETA é um polímero a base de ferro (CESAMA, 2013). Atualmente, os resíduos desta ETA são lançados ao longo de um corpo d'água próximo, o ribeirão Espírito Santo (Figura 4.1).

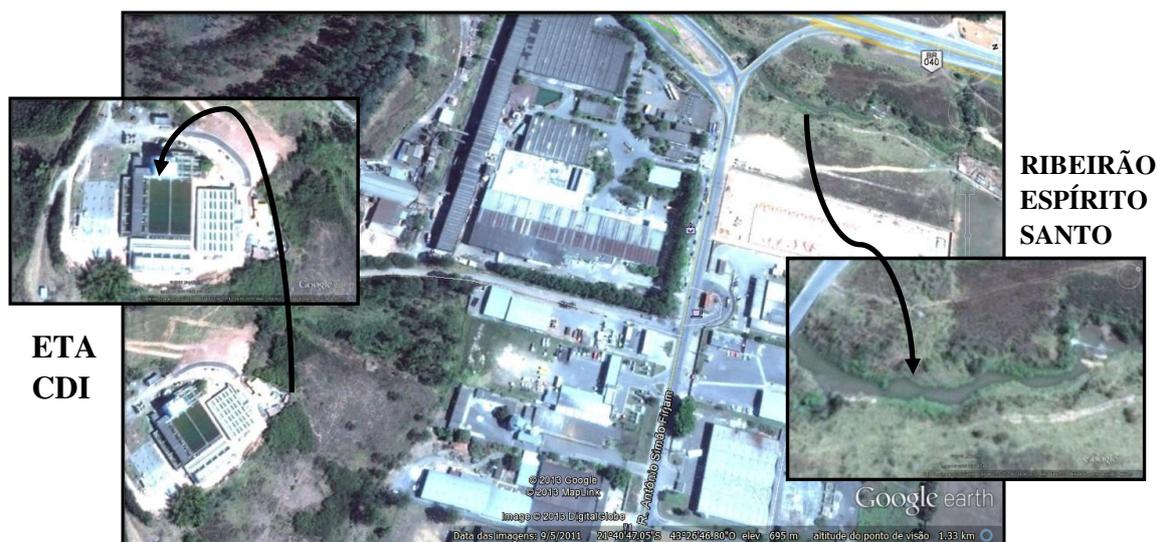


Figura 4.1 - Localização do ribeirão Espírito Santo e da Estação de Tratamento de Água do Bairro Industrial, Juiz de Fora - MG.

Fonte: GOOGLE EARTH, 2013.

A COPAM nº 016/1996 enquadra o ribeirão Espírito Santo como classe 1 da nascente até a captação de água pela ETA – CDI e no trecho onde são realizadas as campanhas de coletas o ribeirão Espírito Santo recebe o enquadramento correspondente ao trecho onde desagua, o rio Paraibuna. Ou seja, classe 2 de acordo com a Portaria Miner nº 86/1981 do Ministério do Interior. No trecho enquadrado como classe 2 o ribeirão Espírito Santo recebe efluentes

de diversas origens como pode ser visualizado na Figura 4.2 (MINAS GERAIS 1996; BRASIL, 1981).

A canalização por onde ocorre o lançamento dos resíduos da ETA no ribeirão Espírito Santo é a mesma que recebe diversos efluentes provenientes das regiões de entorno, uma vez que o local de estudo encontra-se em um bairro com características industriais (Figura 4.2). As margens do Ribeirão Espírito Santo, no local onde são realizadas as coletas, são caracterizadas por erosões e defasagem de mata ciliar (Figura 4.2).



Figura 4.2 - Vista do local de lançamento de diversos efluentes no ribeirão Espírito Santo. Fonte: Arquivo Pessoal.

4.2 Planejamento experimental

Este trabalho de conclusão de curso é continuidade dos estudos já realizados pela autora em projeto de Iniciação Científica compreendendo o período de agosto de 2011 até julho de 2013. O atual trabalho esteve, portanto, em andamento até o mês de dezembro de 2013.

Durante a mencionada pesquisa de Iniciação Científica foram realizadas três campanhas para coletas de amostras da água de lavagem de filtro da ETA-CDI e das amostras da água superficial do ribeirão Espírito Santo. As amostras da água de lavagem de filtro foram coletadas por duas pessoas durante a lavagem de um filtro na própria ETA – CDI e as amostras da água superficial foram coletadas por um grupo de 10 pessoas posicionado ao longo das margens do ribeirão Espírito Santo.

Os cinco pontos de coleta de amostra superficial do ribeirão Espírito Santo foram estabelecidos com o auxílio de um Sistema de Geoprocessamento Global (GPS): pontos A, B, C, D e E (Figura 4.3). Estes locais de coleta diferenciaram-se quanto à posição em relação ao ponto C, local de lançamento dos resíduos da ETA no corpo d'água receptor. O ponto D localizou-se 22 metros a montante da seção do ponto C e os pontos A, B e E, 11, 22 e 88 metros, respectivamente, à jusante do ponto C.

A primeira e segunda campanhas foram realizadas no período de estiagem e frio na região de Juiz de Fora/MG. Durante a primeira campanha, realizada no mês de junho/2012, notou-se que o lançamento da água de lavagem de filtro no ribeirão Espírito Santo não atingiu o ponto B, pois nenhuma alteração foi observada na coloração da água do ribeirão Espírito Santo na margem escolhida. Fato confirmado através das análises laboratoriais que não apresentaram alterações na qualidade da água. Portanto, este ponto foi descartado nas campanhas posteriores. Na segunda campanha, efetuada no mês agosto/2012, a localização do ponto E foi alterada para a margem direita do ribeirão Espírito Santo. No mês de janeiro/2013, época chuvosa na região, efetuou-se a terceira campanha com a inclusão do ponto F, 106 metros à jusante do ponto C (Figura 4.3).

As coletas no ribeirão Espírito Santo foram realizadas antes, durante e depois do processo de lavagem de um filtro da ETA. Na primeira e na segunda campanha coletaram-se amostras de água superficial do ribeirão Espírito Santo no ponto D antes do início do lançamento com a finalidade de avaliar a qualidade da água sem a interferência do lançamento de efluentes. Na terceira campanha, incluiu-se a coleta de amostras no ponto D de forma simultânea às coletas nos outros pontos.

As amostras de água superficial do ribeirão Espírito Santo foram coletadas a uma profundidade de 20 cm da superfície da água de forma sincronizada, em média 10 amostras de 500 mL em cada ponto, em um intervalo que variou de 1 a 2 minutos. A frequência das coletas de amostras durante a lavagem do filtro na ETA - CDI foi de aproximadamente 30 segundos, sendo que a duração da lavagem do filtro variou durante as campanhas entre 16 minutos para a 1ª campanha e 8 minutos para a 2ª e 3ª campanhas.

Imediatamente após o término da lavagem do filtro, as duas pessoas responsáveis pelas coletas de amostras na ETA – CDI comunicavam às pessoas posicionadas nas margens do ribeirão Espírito Santo o fim da lavagem do filtro. O tempo de percurso do efluente da

ETA, a partir do início da lavagem do filtro, até a primeira seção de coleta (ponto C) foi de 8 a 10 minutos. Esse período ficou evidenciado através do monitoramento com uma sonda de condutividade, na terceira campanha, e da percepção visual de mudança de coloração da água pelas pessoas responsáveis pela coleta no ponto C, comprovando o início do lançamento da água de lavagem de filtro no corpo receptor.



Figura 4.3 - Localização dos pontos de coleta no ribeirão Espírito Santo. Ponto C: Ponto de lançamento dos resíduos da ETA. Ponto D: Montante do lançamento. Pontos A, B, E e F: Jusante do lançamento. Fonte: GOOGLE EARTH, 2013.

No ponto A durante a terceira campanha, além das coletas individuais na superfície, foi usado um coletor múltiplo projetado pelo Professor Endrink Nardotto Rios, com profundidades diferentes de 0,25; 0,55 e 0,92 m em relação à superfície, para que se pudesse verificar a possível sedimentação da água de lavagem de filtro (Figura 4.4).

Os parâmetros físico-químicos analisados em campo e laboratório foram: temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, cor aparente, sólidos totais (ST) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Para alguns pontos, como o ponto D e as amostras coletadas na ETA, utilizaram-se amostras compostas para a obtenção dos parâmetros DBO e sólidos totais. No laboratório os procedimentos seguiram os métodos descritos no APHA (2005). A Tabela 4.1 apresenta os aparelhos e métodos usados para obtenção dos valores dos parâmetros em laboratório.

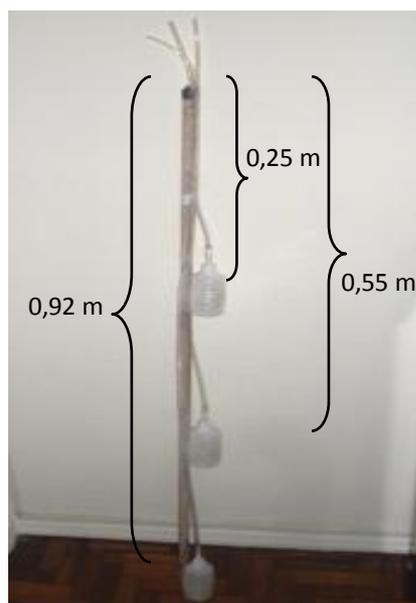


Figura 4.4 – Coletor múltiplo. Fonte: Endrik Nardotto Rios.

Tabela 4.1 - Aparelhos e métodos usados em laboratório.

Parâmetros	Métodos
pH	APHA, 2005
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	APHA, 2005
Turbidez (uT)	APHA, 2005
Cor aparente (uC)	APHA, 2005
Sólidos Totais (mg/L)	APHA, 2005
DBO (mg/L)	Método Respirométrico

Em agosto/2013 foi realizada uma amostragem do lodo de um decantador da ETA-CDI. Minutos antes do início da raspagem manual, o decantador se encontrava sem água e com o lodo sedimentado no fundo do decantador. Foi então coletada uma amostra desse lodo antes da raspagem manual. Durante a raspagem manual do lodo foi observada que a coloração na superfície do resíduo era vermelha e a coloração da parte mais profunda do resíduo era cinza. Então foram coletadas mais duas amostras, sendo uma de coloração vermelha e outra de coloração cinza. Após as coletas foi observado próximo ao local de lançamento de efluentes no ribeirão Espírito e no corpo d'água onde ocorre o

desaguamento do ribeirão Espírito Santo, o rio Paraibuna, a ocorrência de poluição visual devido ao lançamento do lodo de decantador durante a raspagem manual.

4.3 Carga de sólidos totais proveniente da água de lavagem de filtro

Para o cálculo da vazão e, posterior obtenção da carga de sólidos totais provenientes da água de lavagem de filtro lançada no ribeirão Espírito Santo foi realizada batimetria no ponto D e no canal de lançamento dos resíduos da ETA (ponto C), como pode ser visualizado na Figura 4.5. A realização de batimetria no ponto D teve como objetivo avaliar a concentração de sólidos totais presentes no ribeirão Espírito Santo sem a interferência de lançamentos de resíduos da ETA – CDI.

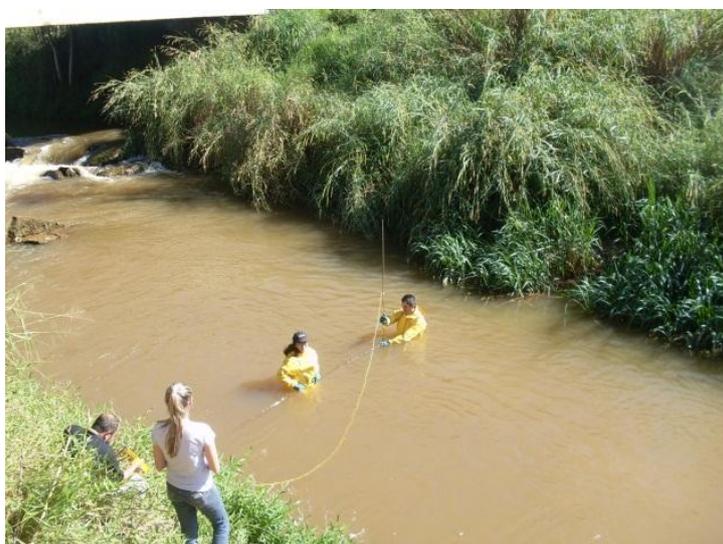


Figura 4.5 – Batimetria no ponto D, primeira campanha.

Fonte: Arquivo Pessoal.

A velocidade do ribeirão Espírito Santo foi obtida com o auxílio de um molinete hidrométrico. Porém, devido a problemas técnicos no molinete hidrométrico, durante a segunda campanha não foi possível obter a velocidade do ribeirão Espírito Santo.

A ETA – CDI possui 12 filtros, sendo que 1 encontra-se fora de operação e os 11 filtros restante são lavados uma vez por dia. Através da concentração de sólidos totais e do valor da vazão da lavagem de cada filtro, calculou-se a carga de sólidos lançados no ribeirão Espírito Santo. Posteriormente calculou-se a carga total diária de lançamento de sólidos totais provenientes dos 11 filtros lavados diariamente.

As informações cedidas pelos funcionários da ETA-CDI é que se gasta em média 120 m³ de água para a lavagem de um filtro. Porém, para as primeiras campanhas adotou-se o volume de água usado na lavagem dos filtros de 100 m³ e para a terceira campanha realizou-se o cálculo do tirante hidráulico e a equação de Manning para escoamento em seção circular, a partir de medições na tubulação de saída da água de lavagem do filtro, quando se obteve o volume de 110 m³.

4.4 Carga de sólidos totais proveniente do lodo de decantador

A ETA – CDI possui 2 decantadores que são lavados a cada 60 dias, aproximadamente. Segundo informações dos funcionários da ETA-CDI, as dimensões de cada decantador são 33 m de comprimento, 12,5 m de largura e 3,9 m de profundidade, e o tempo de lavagem de cada decantador tem duração de cerca de 6 horas. Através de observações realizadas durante a raspagem do decantador, notou-se que a altura de lodo depositado no fundo do decantador é de aproximadamente 1 m de altura (Figura 4.6).

A mensuração da carga de sólidos lançadas no ribeirão Espírito Santo, provenientes da raspagem do decantador, foi realizada através da concentração média de sólidos totais (Tabela 5.2) do lodo de decantador e do valor da vazão de lodo concentrado gerado no fundo do decantador, obtido a partir das dimensões da largura e do comprimento do decantador e da altura do lodo, além do tempo de lavagem do decantador.

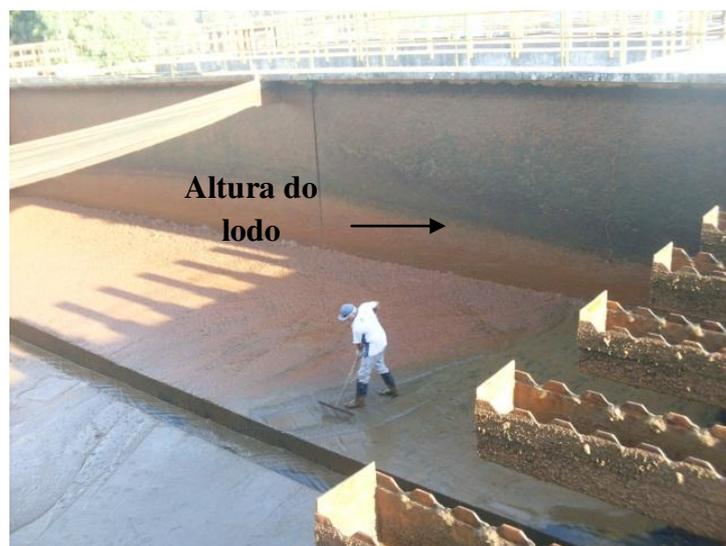


Figura 4.6 - Altura do lodo visível durante a raspagem manual de um decantador. Fonte: Arquivo Pessoal.

4.5 Ponto de mistura lateral

O cálculo da distância de percurso dos resíduos da ETA até o ponto de mistura total com o ribeirão Espírito Santo foi realizado através de equações de mistura-efluente, que são adotadas por diversos modelos de qualidade das águas e pressupõem uma mistura instantânea e perfeita no ponto de contribuição.

Segundo Von Sperling (2008), em lançamentos de efluentes na margem de um corpo hídrico, é natural que estes tendem a seguir esta margem até que a mistura se totalize na lateral do rio. Portanto, existe uma distância de percurso para atingir a mistura total. Para calcular esta distância foram utilizados o Método de Fischer e o Método de Yotsukura (VON SPERLING, 2008).

4.5.1 Método de Fischer (CHAPRA, 1997 apud VON SPERLING, 2008)

$$D_{lat} = 0,6H.v^* \quad (\text{equação 4.5.1})$$

$$v^* = (g.H.i)^{1/2} \quad (\text{equação 4.5.2})$$

$$L_m = 0,40.v.B^2 / D_{lat} \quad (\text{equação 4.5.3})$$

Sendo:

D_{lat} : coeficiente de dispersão lateral

L_m : distância do ponto de lançamento até o ponto em que a descarga tenha sido misturada lateralmente (m)

v : velocidade do rio (m/s)

i : declividade do rio (m/m)

g : aceleração da gravidade (9,81 m/s²)

v^* : velocidade de cisalhamento (m/s)

4.5.2 Método de Yotsukura (THOMANN e MUELLER, 1987 apud VON SPERLING, 2008)

$$L_m = 8,7.v.B^2 / H \quad (\text{equação 4.5.4})$$

Onde:

B : largura média do rio (m)

H : profundidade média do rio (m)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos resíduos da estação de tratamento de água

5.1.1 Caracterização da água de lavagem de filtro

A Tabela 5.1 apresenta os resultados médios das análises das amostras de água de lavagem de filtro coletadas na ETA – CDI encontrados por Assis *et al.* (2013) durante a lavagem de um filtro, em que os valores médios de sólidos totais obtidos na primeira campanha foram superiores aos encontrados na literatura, 88 – 286 mg/L (BASTOS *et al.*, 2005; MOLINA, 2010; REALI, 1999; SCALIZE e DI BERNARDO, 2000), sendo que os sólidos totais das demais campanhas estão situadas dentro da faixa de valores da literatura (BASTOS *et al.*, 2005; MOLINA, 2010; REALI, 1999; SCALIZE e DI BERNARDO, 2000). Verifica-se que os valores de DBO foram superiores ao resultado de 0,3 mg/L apresentado por Molina (2010).

Na terceira campanha, a partir das duas amostras da água de lavagem de filtro com maiores valores de turbidez fez-se uma amostra composta e obteve-se os valores de sólidos totais e DBO de 702 mg/L e 19 mg/L, respectivamente, indicando as concentrações máximas que poderiam chegar ao corpo receptor e portanto, causarem maiores alterações no mesmo (ASSIS *et al.*, 2013).

Tabela 5.1 - Caracterização da água de lavagem do filtro.

Parâmetro	1ª Campanha		2ª Campanha		3ª Campanha	
	Valor Médio	Desvio Padrão	Valor Médio	Desvio Padrão	Valor Médio	Desvio Padrão
pH	6,1	0,1	6,4	0,1	6,5	0,1
Condutividade (µS/cm)	34,4	4,4	31,6	4,9	47,8	5,1
Turbidez (UNT)	224,3	194,0	189,5	218,8	145,9	235,5
Cor (uC)	NR	NR	190,8	157,9	264,3	193,0
Sólidos Totais* (mg/L)	436,8	---	233,8	---	166,0	---
DBO* (mg/L)	20,0	---	1,5	---	6,7	---

NR: Não Realizado. *: Amostra Composta. Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

Os valores de pH (Figura 5.1a) encontrados por Assis *et al.* (2013) não sofreram alterações durante a lavagem do filtro nas três campanhas e estão dentro da faixa descrita na literatura

de 5,8 a 7,3 (MOLINA, 2010; OLINGER *et al.*, 2001; REALI, 1999; SCALIZE e DI BERNARDO, 2000).

Segundo Assis *et al.* (2013), os valores de condutividade (Figura 5.1b) estão abaixo do encontrado por Olinger *et al.* (2001), 90,2 - 97,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e próximos da faixa de 32 - 48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ encontrados por Scalize *et al.* (2000).

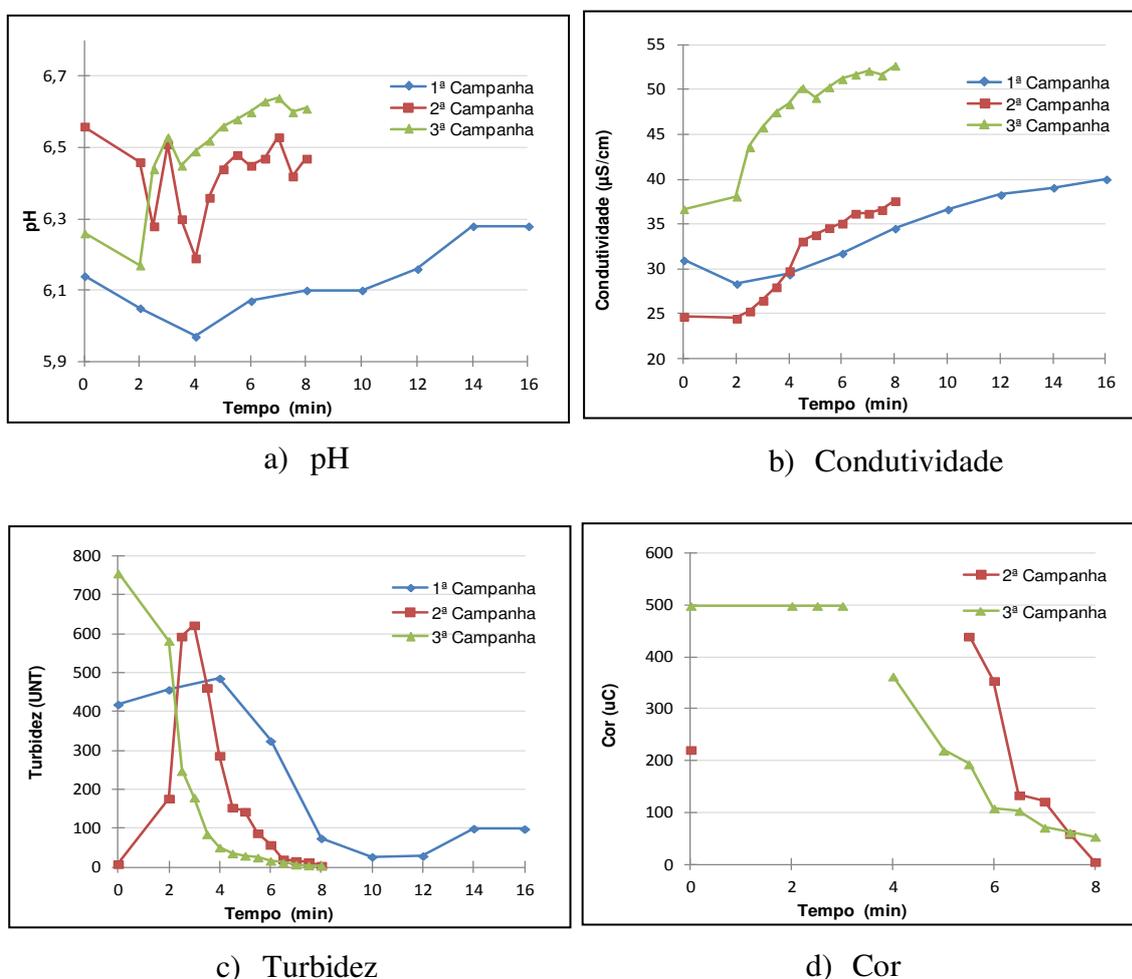


Figura 5.1 – Variação dos parâmetros pH, condutividade, turbidez e cor durante a lavagem do filtro nas três campanhas. Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

Os valores de turbidez (Figura 5.1c) foram elevados no início do processo de lavagem do filtro. Comparando-se o tempo de lavagem do filtro na segunda e terceira campanhas – 8 minutos em ambas, pode-se verificar que foram menores do que o tempo de lavagem da primeira campanha, ou seja, 16 minutos, e como consequência, os picos de turbidez da segunda e terceira campanhas ocorreram antes e com valores superiores ao pico da primeira campanha.

Na literatura, há uma ampla variação para os valores de turbidez: 7,2 – 102,5 uT (BASTOS *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2010; MOLINA, 2010; OLINGER *et al.*, 2001; REALI, 1999). Assis *et al.* (2013) encontrou que os picos de turbidez na água de lavagem de filtro da ETA-CDI na primeira, segunda e terceira campanhas foram 486,3 uT, 623,0 uT e 756,0 uT, respectivamente, sendo que os valores médios (Tabela 5.1) estão na faixa de 60 – 232 uT encontrada por Scalize (2000).

A Figura 5.1d mostra a variação do parâmetro cor aparente durante a segunda e terceira campanhas. Os valores mínimos foram respectivamente 5,2 uC e 53,7 uC para a segunda e terceira campanhas. Os valores máximos não foram identificados por excederem o limite superior de leitura da curva de calibração do aparelho de cor. Os resultados identificados estão próximos em relação aos encontrados por Scalize e Di Bernardo (2000), 290-1400 uC e Reali *et al.* (1999), 310-400 uC (ASSIS *et al.*, 2013).

5.1.2 Caracterização do lodo de decantador

Na Figura 5.2a pode ser visualizado o decantador antes do início da raspagem manual do lodo, onde foi coletada a amostra 1. Durante a raspagem manual do lodo do fundo do decantador foi observada que a coloração na superfície do resíduo era vermelha e a coloração da parte mais profunda do resíduo era cinza (Figura 5.2b). Então foram coletadas as amostras 2 e 3 que correspondem, respectivamente, às amostras de coloração cinza e vermelha.

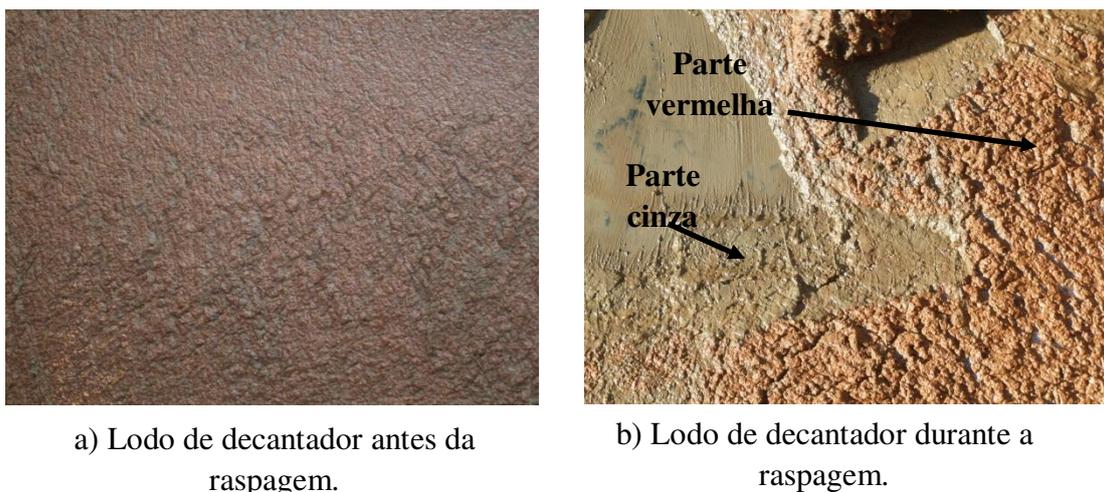


Figura 5.2 - Lodo de decantador antes e durante a raspagem manual do fundo do decantador. Fonte: Arquivo Pessoal.

Os valores de sólidos totais do lodo de decantador da ETA - CDI estão apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Valores de sólidos totais das amostras de lodo de decantador.

Amostra	Sólidos Totais (mg/L)	Média de Sólidos Totais (mg/L)
Amostra 1	81.801	89.722
Amostra 2	121.912	
Amostra 3	65.452	

A amostra 1 obteve valor elevado de sólidos totais e intermediário aos resultados das amostras 2 e 3, provavelmente porque foi coletada há uma profundidade média da altura do lodo, contendo um pouco dos resíduos de coloração vermelha e um pouco dos resíduos de coloração cinza.

Verifica-se que o maior valor de sólidos totais é da amostra 2, provavelmente por que esta amostra estava há mais tempo sedimentada e, portanto, obteve maior compactação dos sólidos. A coloração cinza pode ser justificada pelo maior tempo de degradação da matéria orgânica no fundo do decantador.

A amostra 3 obteve menor concentração de sólidos totais por estar na superfície e por ainda conter água retida do decantador. Essa amostra estava mais líquida, enquanto a amostra 2 estava mais compactada. A coloração vermelha pode ser devido ao coagulante usado para o tratamento de água da ETA-CDI, o polímero a base de ferro.

Os resultados das três amostras de lodo de decantador estão mais elevados que a faixa de valores encontrada na literatura para lodo proveniente do tratamento de cloreto férrico, 1.700 – 22.928 mg/L (Tabela 3.1). Isso pode ser justificado pelo fato de que as características desses resíduos são influenciadas pelo tipo de tratamento e operação na ETA, pelos produtos químicos usados, pelas propriedades da água bruta, pela lavagem do decantador e coleta do lodo do decantador.

5.2 Avaliação da carga de sólidos lançadas no corpo receptor

5.2.1 Carga de sólidos totais proveniente da água de lavagem de filtro

Na primeira campanha, verificou-se no ponto D que a vazão foi de 2,12 m³/s e a carga de sólidos totais encontrada foi de 238,7 Kg/16 min e na água de lavagem do filtro 43,7 Kg/16 min o que representaria um aumento de 18% da carga de sólidos do Ribeirão no decorrer dos 16 minutos de duração da lavagem do filtro (ASSIS *et al.*, 2013).

A carga de sólidos na segunda campanha foi de 23,4 Kg/8 min, para a água de lavagem de filtro, sendo inferior ao valor encontrado na primeira campanha. Devido a problemas técnicos com o molinete hidrométrico, não foi possível obter o valor de vazão do ribeirão Espírito Santo neste período para o cálculo da carga de sólidos (ASSIS *et al.*, 2013).

A água de lavagem de filtro, na terceira campanha, contribuiu com uma carga de 18,3 Kg/8 min e o ponto D apresentou uma vazão de 3,1 m³/se carga de 19,3 Kg/8 min, o que representaria um aumento na carga do ribeirão Espírito Santo de 94,8% no decorrer dos 8 minutos de duração da lavagem do filtro (ASSIS *et al.*, 2013).

Logo, de acordo com Assis *et al.* (2013), ao considerar que todos os filtros possuem as mesmas características aqui obtidas, as lavagens dos onze filtros durante um dia contribuiria com uma carga de sólidos totais diária máxima e mínima de 480,7 Kg/dia e 201,3 Kg/dia, considerando a carga de sólidos na primeira e na terceira campanha, respectivamente.

5.2.2 Carga de sólidos totais proveniente do lodo de decantador

Diante do valor médio da concentração de sólidos totais encontrado como 89,72 Kg/m³ (Tabela 5.2), das dimensões do comprimento (33 m) e da largura (12,5 m) do decantador, da estimativa da altura do lodo (1 m) e do tempo de lavagem (6 h), obteve-se o volume de lodo gerado de 412,5 m³ e estimou-se a carga de sólidos totais de 37.010,2 Kg/6h lançados no ribeirão Espírito Santo, ou seja, durante o período total de lavagem de aproximadamente 6 horas, são descartados 37.010,2 Kg (~37 toneladas) de sólidos totais. Este resultado é um valor aproximado por considerar apenas a altura de 1 m de lodo concentrado no fundo do decantador, sendo que parte dos sólidos foram descartados aos poucos durante a retirada de água do decantador.

Logo, considerando a lavagem de dois decantadores são lançados cerca de 74.020,4 Kg (~74 toneladas) de sólidos totais no ribeirão Espírito Santo a cada aproximadamente 60 dias. Parte desses sólidos totais atinge o corpo d'água a jusante do ribeirão Espírito Santo, o rio Paraibuna, conforme foi verificado no dia da lavagem do decantador da ETA – CDI em agosto/2013 (Figura 5.3).



a) Rio Paraibuna recebendo lodo de decantador.



b) Destaque da poluição visual causada pelos sólidos provenientes do lodo de decantador na margem do rio Paraibuna.

Figura 5.3 – Lodo de decantador no rio Paraibuna.

Fonte: Arquivo Pessoal.

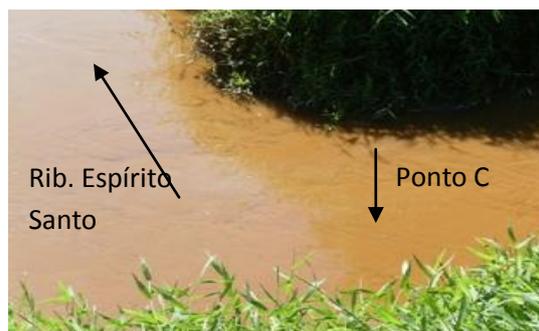
5.3 Avaliação de impactos no corpo receptor

5.3.1 Impactos provenientes do lançamento da água de lavagem de filtro

Durante a realização das coletas de amostras da primeira e terceira campanhas, observou-se o lançamento de um efluente desconhecido em função da cor no mesmo local de lançamento da água de lavagem de filtro, o que, conseqüentemente, pode ter ocasionado interferência nos resultados dos parâmetros, principalmente na concentração de sólidos dissolvidos totais. Na Figura 5.4a, observa-se o ribeirão Espírito Santo sem interferência de efluentes, nas Figuras 5.4b e 5.4c nota-se, no ponto C a água de lavagem de filtro. Uma vista mais ampla do ribeirão Espírito Santo pode ser visualizada na Figura 5.4d com lançamento dos efluentes desconhecidos, sendo estes caracterizados pela diferenciação da cor.



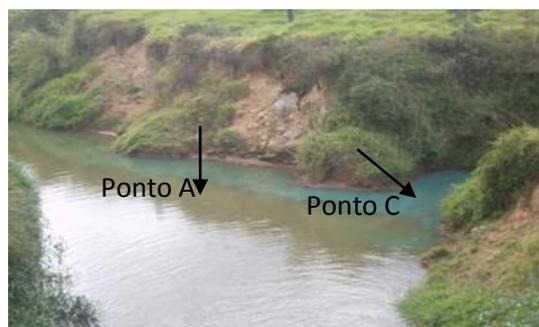
a) Ribeirão Espírito Santo sem influência de lançamentos.



b) Ponto C recebendo água de lavagem de filtro da ETA.



c) Ribeirão Espírito Santo recebendo água de lavagem de filtro da ETA.



d) Ribeirão Espírito Santo recebendo efluente desconhecido.

Figura 5.4 - Ribeirão Espírito Santo sem e com a influência de efluentes desconhecido e resíduos da ETA – CDI. Fonte: Arquivo Pessoal.

5.3.1.1 pH

Segundo Assis *et al.*(2013) as três campanhas apresentaram pouca variação para os valores do parâmetro pH e estes mantiveram-se dentro do limite recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, ou seja, pH entre 6 e 9. Os valores de pH da primeira campanha foram mais elevados do que os valores de pH do ponto D (pH de 6,6). Fato este não observado na segunda e terceira campanhas onde o pH no ponto D foi de 6,7 e 6,6 respectivamente.

Apesar da pouca variação dos valores de pH a semelhança na tendência das curvas dos pontos de coleta das três campanhas e da água de lavagem do filtro indica que o ribeirão Espírito Santo sofre interferência do efluente durante o período da coleta. Esse fato pode ser notado pela Figura 5.5a e Figura 5.5b, em que as curvas da água de lavagem do filtro estão semelhantes à curva do ponto C. Na terceira campanha (Figura 5.5c), além da

semelhança com a curva da água de lavagem do filtro, há um comportamento semelhante entre as curvas do ponto A e do ponto C (ASSIS *et al.*, 2013).

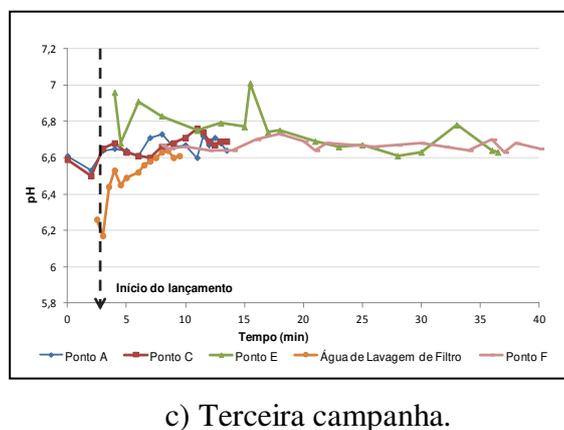
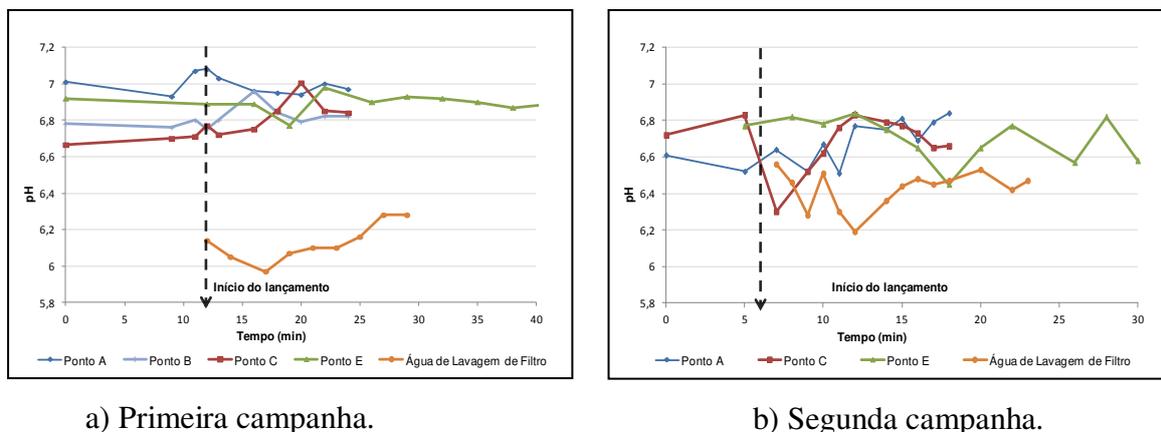
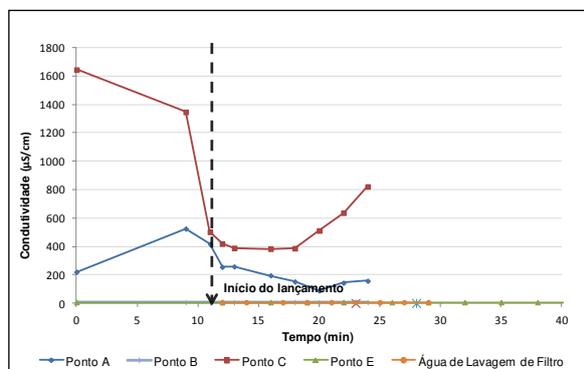


Figura 5.5 – Variação do parâmetro pH no ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro para as três campanhas. Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

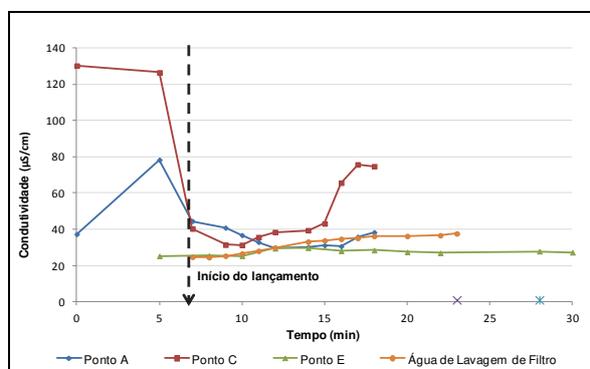
5.3.1.2 Condutividade

A condutividade do ribeirão Espírito Santo diminuiu com o início do lançamento da água de lavagem de filtro, que possui uma pequena concentração de sólidos dissolvidos, e devido a isso, houve à diluição dos sólidos no ponto C, resultando no decaimento da curva de condutividade neste ponto para as três campanhas (Figura 5.6). A interferência do efluente desconhecido pode ser notada devido aos altos valores de condutividade no ponto C para a primeira e terceira campanhas, de 1645 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1272 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente antes da influência do efluente advindo da água de lavagem dos filtros. Na segunda campanha, fica em evidência a menor interferência de efluentes de origem desconhecida durante as coletas, pois os valores iniciais de condutividade estavam abaixo dos valores encontrados

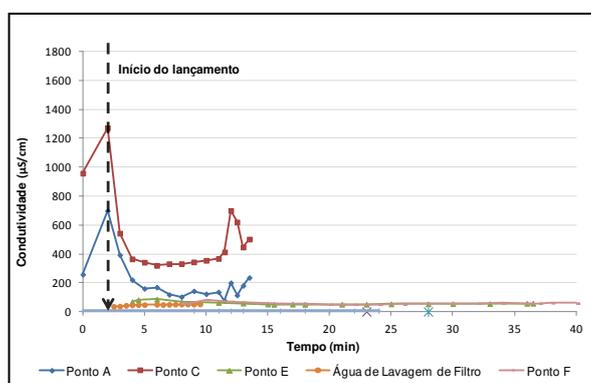
para as outras duas campanhas. Os valores de condutividade no ponto D foram de 21,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 23,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 28,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, para a primeira, segunda e terceira campanhas (ASSIS *et al.*, 2013).



a) Primeira campanha.



b) Segunda campanha.



c) Terceira campanha.

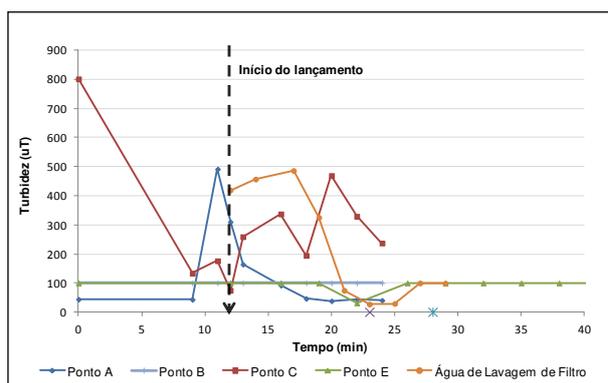
Figura 5.6 – Variação do parâmetro condutividade no ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro para as três campanhas. Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

5.3.1.3 Turbidez

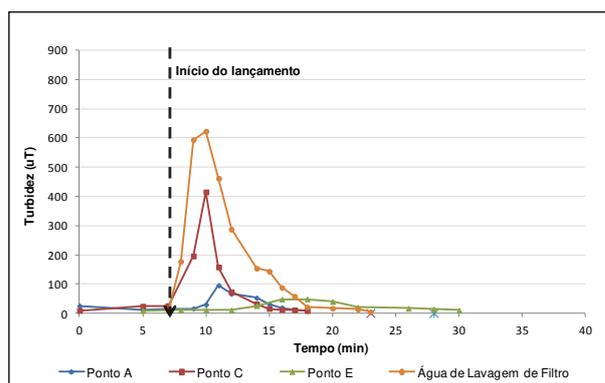
O limite de turbidez 100 uT estabelecido pela CONAMA 357/2005 foi ultrapassado nas amostras coletadas no ponto C nas três campanhas e nas amostras do ponto A na primeira e terceira campanhas. Na primeira campanha, observa-se que as curvas dos pontos A e C possuem valores superiores ao valor médio de turbidez obtido para o ponto D (100 uT). Na segunda e terceira campanhas os valores observados nas curvas estiveram acima dos valores médios de turbidez do ponto D, ou seja, acima de 12,2 uT e 31,2 uT para as segunda e terceira campanhas, respectivamente (ASSIS *et al.*, 2013).

De acordo com Assis *et al.* (2013), na primeira e terceira campanhas, as curvas dos pontos

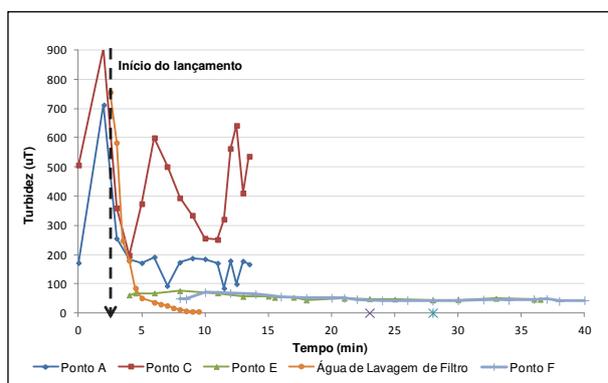
localizados no ribeirão Espírito Santo não apresentaram o mesmo comportamento (Figura 5.7a e Figura 5.7c) da curva de água de lavagem de filtro, diferentemente do que era esperado. O lançamento de um efluente desconhecido, conforme já discutido, pode ter provocado a mudança de comportamento. A segunda campanha sofreu uma menor interferência do efluente desconhecido, e é notável, pela Figura 5.7b, a similaridade das curvas da água de lavagem de filtro com as curvas dos pontos C, A e E. Percebe-se também, para a segunda campanha, a influência da água de lavagem do filtro inclusive no ponto E localizado a 88 m de distância do local de lançamento, contudo nota-se também uma maior dispersão nos valores de turbidez ao longo do monitoramento. O maior valor de turbidez na segunda campanha no ponto E foi de 49,1 uT comparado ao valor antes da influência do lançamento da água de lavagem do filtro de 9,4 uT. Logo, através da segunda campanha fica evidente a interferência dos resíduos da ETA no ribeirão Espírito Santo, mesmo a longas distâncias, ainda que não seja suficiente para que o valor de turbidez do ribeirão Espírito Santo ultrapasse o valor estabelecido na resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 2 (ASSIS *et al.*, 2013).



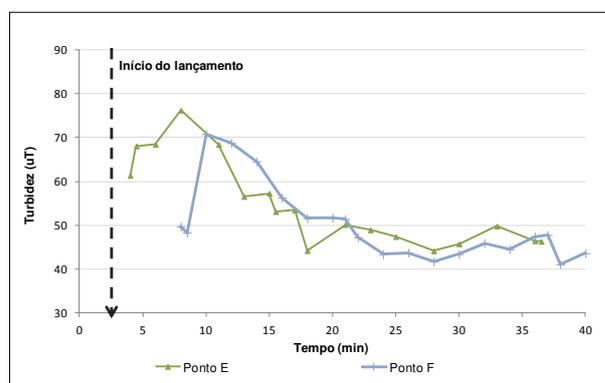
a) Primeira campanha.



b) Segunda campanha.



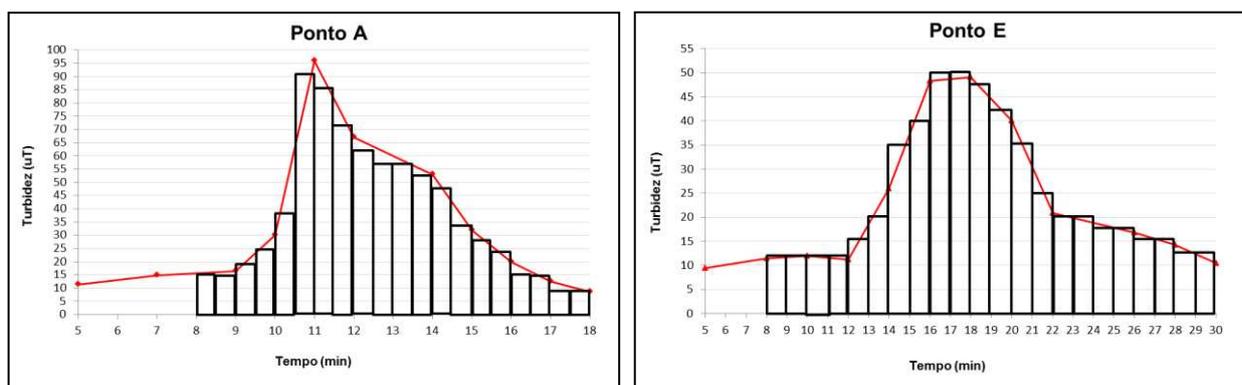
c) Terceira campanha.



d) Detalhes das curvas dos pontos E e F durante a terceira campanha.

Figura 5.7 – Variação do parâmetro turbidez no ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro para as três campanhas. Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

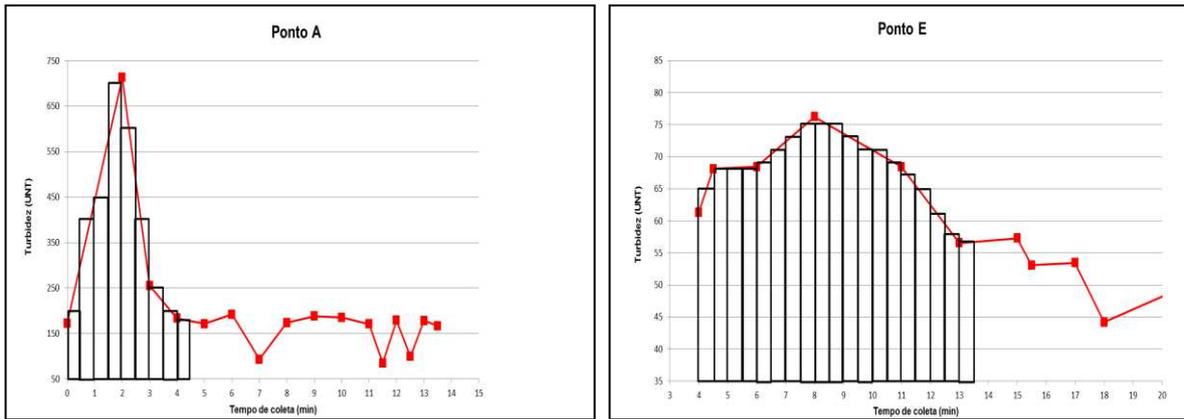
Para verificação da sedimentação nas duas últimas campanhas calculou-se a área sob as curvas de turbidez nos pontos A, E, F para a obtenção da concentração total de turbidez durante o momento de elevação da curva de turbidez, ou seja, momento em que a água de lavagem de filtro provocou interferência no corpo receptor (Figura 5.8 e Figura 5.9). Na segunda campanha obteve-se uma pequena diferença entre a área do ponto A e E, o que levou a supor que a sedimentação ocorria após o ponto E (Figura 5.8). Para verificação de tal suposição, foi acrescentado o ponto F na terceira campanha e a inclusão do coletor múltiplo no ponto A. Contudo, para as áreas A e E da terceira campanha houve diferença entre os valores encontrados sob a área o que pode representar a ocorrência de sedimentação neste trecho (Figura 5.9). Este fato foi confirmado pelas amostras coletadas em diferentes profundidades no ponto A (Figura 5.10), onde a amostra da parte inferior apresentou uma concentração de turbidez maior durante o lançamento da água de lavagem do filtro. Apesar deste fato, constatou-se que houve interferência no ponto E com relação a turbidez, como previamente discutido, e verificou-se que entre os pontos E e F praticamente não houve diferença com relação as áreas sob o gráfico, o que descarta a possibilidade de sedimentação nesse trecho, permanecendo uma parcela de sólidos em suspensão no corpo receptor, ainda que uma parcela tenha previamente sedimentado entre o ponto A e E (ASSIS *et al.*, 2013).



a) Concentração total de turbidez no ponto A: 315 UNT

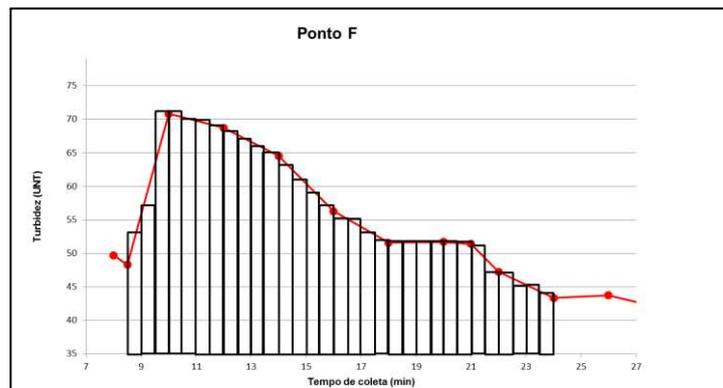
b) Concentração total de turbidez no ponto E: 315 UNT

Figura 5.8 – Concentrações totais de turbidez para segunda campanha.



a) Concentração total de turbidez no ponto A: 1545 UNT

b) Concentração total de turbidez no ponto E: 257 UNT



c) Concentração total de turbidez no ponto F: 252 UNT

Figura 5.9 – Concentrações totais de turbidez para terceira campanha.

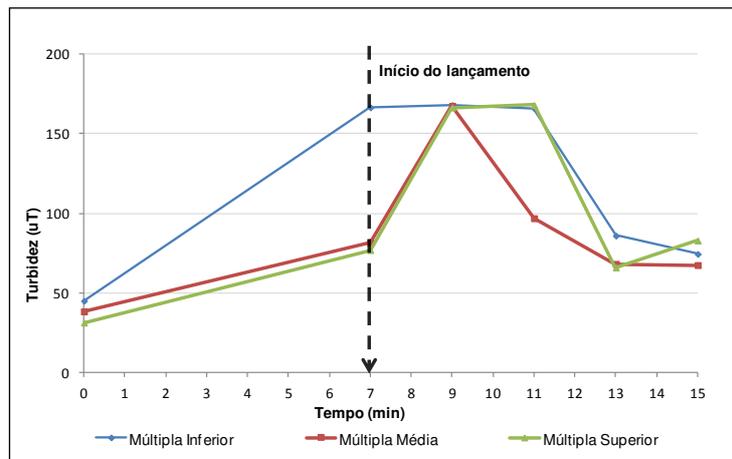


Figura 5.10 – Variação do parâmetro turbidez do coletor múltiplo na terceira campanha.

Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

5.3.1.4 Cor

O parâmetro cor foi obtido somente para a segunda e terceira campanhas. Não foi possível quantificar os valores máximos da água de lavagem do filtro e dos pontos C e A, pois estes excederam o valor máximo de leitura do equipamento que avalia o parâmetro cor para ambas as campanhas (Figuras 5.11a e 5.11b). Mas, percebe-se que todas as curvas seguiram a mesma tendência da curva do efluente da ETA, apresentando picos dos valores no início do lançamento e, decaimento no fim do lançamento. É relevante observar que as curvas dos pontos mais distantes, ponto E e ponto F (Figura 5.11b), também apresentaram picos de cor, assim como as curvas dos outros pontos e, ainda ultrapassaram o valor médio do parâmetro cor para o ponto D, sendo este igual a 72,6 uC para a segunda campanha e 240,5 uC para a terceira campanha mostrando novamente o impacto do lançamento da água de lavagem do filtro no corpo receptor após 88 m e 106 m de distância do seu lançamento (ASSIS *et al.*, 2013).

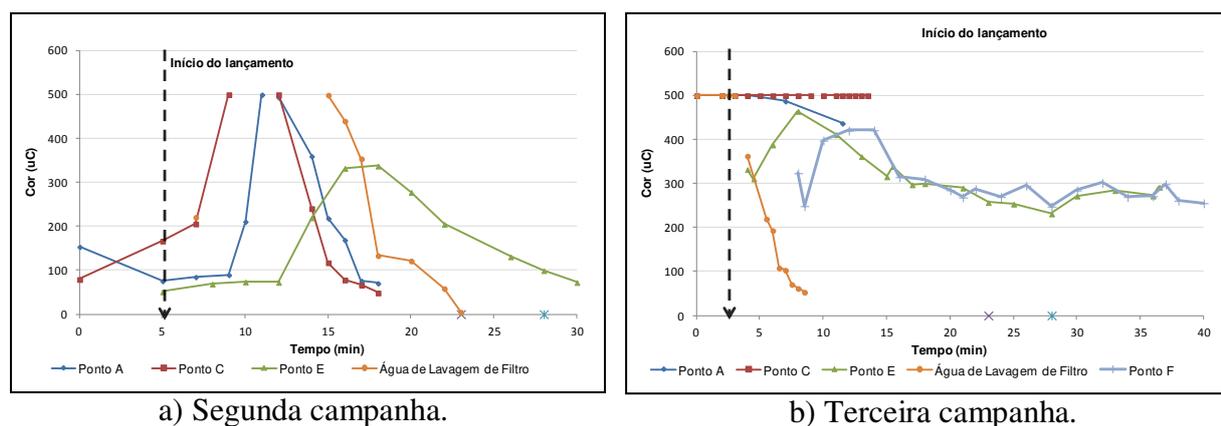


Figura 5.11 – Variação do parâmetro cor no ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro para as três campanhas. Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

5.3.1.5 Sólidos Totais

Os valores de sólidos totais da segunda campanha para o ponto E, ponto mais distante, acompanharam a mesma tendência da curva de turbidez (Figura 5.12a), mostrando que o lançamento da água de lavagem do filtro interfere mesmo a longas distâncias nas características da água do ribeirão Espírito Santo. Para verificar tal comportamento foi adicionado o ponto F, a jusante do ponto E, na terceira campanha. O resultado verificado no ponto E, também foi verificado no ponto F, pois os picos de turbidez ocorreram nos

pontos E3 e E4 e pontos F2 e F3, também apresentaram os maiores valores de sólidos totais, e decaimento destes no final da coleta em ambos os pontos (Figura 5.12b). Os valores de sólidos totais para segunda campanha estão reunidos na Tabela 5.3, verifica-se que o maior valor de sólidos totais no pico da curva foi de 53,1 mg/L, ponto E6, comparado com o valor de E1 e E11, onde não observa-se mais a influência da água de lavagem de filtro, de 18,8 mg/L e 15 mg/L respectivamente. A mesma tendência é observada na terceira campanha (Tabela 5.4), contudo com maiores valores de sólidos totais, sendo no pico da curva no ponto E e F de 136 mg/L e 115 mg/L respectivamente comparando aos pontos E13 e F15 de 53mg/L e 105 mg/L respectivamente (ASSIS *et al.*, 2013).

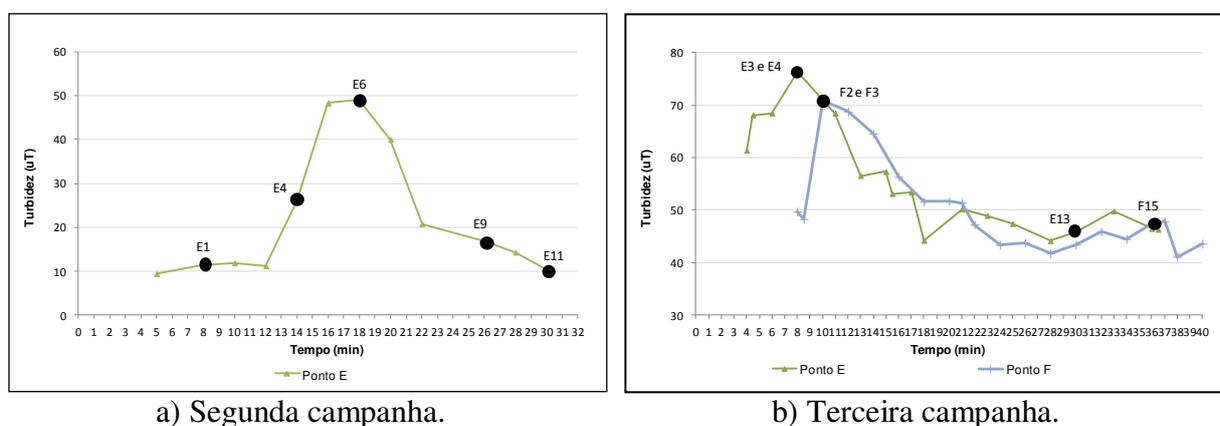


Figura 5.12 - Variação de turbidez mostrando as amostras utilizadas para a análise de sólidos totais. Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

Tabela 5.3 - Valores de Sólidos Totais (mg/L) da segunda campanha.

Amostra	Sólidos Totais (mg/L)
Amostra E1	18,8
Amostra E4	43,1
Amostra E6	53,1
Amostra E9	34,4
Amostra E11	15,0

As amostras E1, E4, E6, E9 e E11 se referem a coletas em diferentes tempos no ponto E.

Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

Tabela 5.4 - Valores de Sólidos Totais (mg/L) da terceira campanha.

Amostra	Sólidos Totais (mg/L)
Amostra E3 e E4*	136
Amostra E13	53
Amostra F2 e F3*	115
Amostra F15	105

* : Amostra composta. As amostras E3, E4, E13, F2, F3 e F15 se referem a coletas em diferentes tempos no ponto F. Fonte: ASSIS *et al.*, 2013.

5.3.2 Impactos provenientes do lançamento do lodo de decantador

O lançamento do lodo de decantador no ribeirão Espírito Santo causa um impacto visual desagradável no corpo d'água, como pode ser visualizado pela Figura 5.13. Além de impactar o ribeirão Espírito Santo, foi constatado também poluição visual de parte do lodo de decantador no corpo d'água a jusante do ribeirão Espírito Santo, o rio Paraibuna (Figura 5.3).



Figura 5.13 - Ribeirão Espírito Santo recebendo lodo de decantador da ETA - CDI.

Fonte: Arquivo Pessoal.

5.4 Obtenção do ponto de mistura lateral dos resíduos no corpo receptor

Considerou-se as seguintes características do trecho do ribeirão Espírito Santo onde foram realizadas as coletas para obtenção do ponto de mistura lateral de resíduos: largura média

4,5 m e profundidade média 1,0 m obtidas por batimetria durante a primeira campanha, a velocidade resultante dos cálculos referentes aos dados da batimetria da primeira campanha de 0,5 m/s e a declividade do trecho de 0,062 m/m referente a estudos realizados no mesmo trecho de coletas do ribeirão Espírito Santo. Obteve-se a distância do local de lançamento dos resíduos (ponto C) da ETA-CDI até o ponto de mistura no Ribeirão Espírito Santo pelo Método de Fischer de 8,65 m e pelo Método de Yotsukura de 88,9 m. Tais resultados justificam a não ocorrência de alterações na qualidade da água na margem esquerda do ribeirão Espírito Santo onde estava localizado o ponto B na primeira campanha, pois o ponto de mistura lateral da água de lavagem de filtro da ETA – CDI ocorre próximo a margem direita deste corpo receptor.

Segundo Von Sperling (2008), é comum a diferença de resultados entre os dois métodos e a ordem de grandeza típica da distância de mistura lateral completa é elevada. Os valores encontrados estão dentro da distância esperada, pois de acordo com os resultados das análises da água superficial do ribeirão Espírito Santo durante o lançamento da água de lavagem de filtro na terceira campanha, a maior concentração de sólidos totais foi sedimentada no trecho entre os pontos C e E, tendo estes pontos, aproximadamente, 88 metros de distância entre si.

6 CONCLUSÕES

Os resultados de todos os parâmetros analisados para as amostras dos efluentes da ETA – CDI estão dentro da faixa de valores encontrada na literatura. A água de lavagem de filtro da ETA – CDI apresentou elevada concentração de sólidos totais, com valores mínimos e máximos de, respectivamente, 201,3 Kg e 480,7 Kg por dia, sendo que a maior parcela destes sólidos fica depositada entre os trechos do ponto de lançamento (ponto C) e o ponto E, aproximadamente a 88 metros de distância. Nesse trecho também ocorre a mistura completa dos efluentes na massa líquida do Ribeirão Espírito Santo.

O lançamento dos efluentes desconhecidos no mesmo local de descarte dos resíduos da ETA – CDI influenciou na avaliação de impactos no Ribeirão Espírito Santo e na determinação de alguns parâmetros, tornando difícil a análise da interferência real da água de lavagem de filtro no Ribeirão Espírito Santo para a primeira e terceira campanhas. Mesmo assim é possível notar que a curva dos pontos monitorados de alguns parâmetros possui o mesmo comportamento da curva da água de lavagem de filtro, o que demonstra que há impacto do efluente da Estação de Tratamento de Água no corpo hídrico. Para a segunda campanha, a menor influência do efluente desconhecido facilitou as análises, e o comportamento semelhante das curvas para os parâmetros pH, condutividade, turbidez e cor, além dos sólidos totais, deixaram claro a interferência da água de lavagem de filtro no corpo hídrico estudado.

O lançamento do lodo de decantador no ribeirão Espírito Santo polui visualmente esse corpo receptor, além de acrescentar aproximadamente 37 toneladas de sólidos totais a cada 60 dias no ribeirão Espírito Santo.

Observou-se que o lançamento da água de lavagem de filtro da ETA sem tratamento prévio altera as características da água do Ribeirão Espírito Santo, e conclui-se, portanto, que se torna importante o adequado tratamento desses resíduos antes da disposição final em corpos hídricos.

7 RECOMENDAÇÕES

O conhecimento do impacto provocado pelo lançamento de resíduos de uma Estação de Tratamento de Água em corpos d'água está relacionado a diversos fatores, como: a forma de limpeza, o tamanho e a forma de operação das ETA; as características da água bruta e a dosagem de produtos químicos utilizados durante o tratamento da água.

A qualidade das informações pesquisadas e divulgadas são muito importantes tanto para obtenção da real interferência do lançamento dos resíduos de ETA em corpos d'água quanto para auxiliar a própria ETA em busca de soluções mitigadoras aplicáveis quanto a destinação final dos seus resíduos.

Portanto, recomenda-se uma parceria entre a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora com a Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora com a finalidade de qualificar as informações divulgadas neste trabalho e em futuras pesquisas, visando melhoria de resultados para ambas as partes.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVAREZ ROSÁRIO, C. G. **Avaliação da disposição de lodo gerado numa estação de tratamento de água em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB)**. 2007. 236 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e de Saneamento) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.
2. ANDREOLI, C. V (coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. 1ª ed. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001. 282 p. Projeto PROSAB.
3. APHA;AWWA;WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21º ed. Washington: APHA, 2005.
4. ASSIS, L. R.; OLIVEIRA, C. M. R.; GOMES, M. H. R.; OLIVEIRA, R. O.; SOARES, J. H. P. Avaliação do impacto gerado nos corpos d'água devido ao lançamento de lodos provenientes de uma estação de tratamento de água. In: 27º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27º, 2013, Goiânia. Saneamento, Ambiente e Sociedade: Entre a gestão, a política e a tecnologia. Goiânia: ABES, 2013. 11 p.
5. BARBOSA, R. M.; POVINELLI, J.; ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. L. G. A Toxicidade de Despejos (lodos) de Estações de Tratamento de Água à daphniasimilis (ceadocera, crustacea). In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, XXVII., 2000, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: AIDIS, 2000. 10 p.
6. BASTOS, R. K. X.; FREITAS, A. G.; OLIVEIRA, D. C. Ensaio de tratabilidade de resíduos de estações de tratamento de água: um passo indispensável para o equacionamento de um problema na ordem do dia. In: IX EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, IX, 2005, Belo Horizonte - MG. Brasília: ASSEMAE, 2005, 10 P.
7. BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos,

- regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Publicado no Diário Oficial da União - DOU de 9.1.1997.
8. BRASIL. Lei Federal 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. Publicado no Diário Oficial da União - D.O.U. de 13.2.1998 e [retificado no DOU de 17.2.1998](#).
 9. BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 10.004, de 30 de maio de 2004: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro. 71 p. 2004.
 10. BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, 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. Publicado no Diário Oficial da União - DOU nº 053, de 18.03.2005, págs. 58-63.
 11. BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 430, 13 de março 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. Publicado no Diário Oficial da União - DOU nº 092, de 16.05.2011, pág. 89.
 12. BRASIL. Ministério da Saúde – Portaria nº 2.914, 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. Publicado no Diário Oficial da União - DOU de 16.05.2011.
 13. BRASIL. Ministério do Interior. Portaria Miner nº 86, de 4 de junho de 1981. Enquadra os cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul que menciona.
 14. CARDOSO, M. **Efeito do tipo de coagulante na produção de lodo de estação de tratamento de água**. 2002. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

15. CARVALHO, M. J. H. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
16. Companhia de Saneamento Municipal – CESAMA. Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/>> Acesso em 11 de novembro de 2013.
17. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#ferro>>. Acesso em 11 de novembro de 2013.
18. CORDEIRO, J. S. **O problema dos lodos gerados em decantadores de Estações de Tratamento de Águas**. 1993. 343 p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
19. DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P.L. **Ensaio de tratabilidade de água e de resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: Rima, 2002.
20. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2º ed. São Carlos: RiMA, vol. 1 e 2, 2005.
21. FEITOSA, C. A. G.; CONSONI, A. J. Análise de oportunidades de minimização da geração de lodo na Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista, São Paulo. **INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v.3, n.2, Seção Interfacehs2, abr./ agosto. 2008.
22. FERNANDES, A. N. **Balço de massa e produção de lodo da estação de tratamento de água Alto da Boa Vista – Sabesp**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002. 203f.
23. FREITAS, A. G.; BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; PADUA, V. L.; PIMENTA, J. F. P.; ANDRADE, R. C. Recirculação de água de lavagem de filtros e perigos associados a protozoários. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 37-46, 2010.

24. GOOGLE EARTH – MAPAS. Disponível em: <https://maps.google.com.br/>. Acesso em: 10 de outubro de 2013.
25. GRANDIN, S. R. **Desidratação de lodos produzidos nas Estações de Tratamento de Água**. 1992. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
26. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo Demográfico de 2010.
27. JANUÁRIO, G. F. **Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos de estações de tratamento de água da região metropolitana de São Paulo**. 2005. 222 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.
28. JANUÁRIO, G. F. FERREIRA FILHO, S. S. Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos de estações de tratamento de água da região metropolitana de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, n 2, p. 117-126, 2007.
29. JUNIOR, V.M.T.; MYMRINE, V.; RIBEIRO, R.A.C.; PONTE, H. A. Utilização de lodo de ETA no desenvolvimento de novos compostos cerâmicos. In: 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 17º, 2006. Foz do Iguaçu. 2006.
30. LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ª ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.
31. MENESES, A. C. L. S. M.; GADELHA, C. L. M.; MACHADO, T. T. V.; ALMEIDA, T. M. V.; JUNIOR, W. R. S. Avaliação preliminar dos possíveis impactos do lançamento dos resíduos gerados na ETA de Pedras de Fogo na qualidade da água do Riacho Avenca/PB. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23º, 2005. Campo Grande - MS, 2005.
32. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM. Resolução nº 016, 24 de setembro de 1996. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do Rio Paraibuna. Publicado no Diário do Executivo- Minas Gerais, 02.10.1996.

33. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM. Resolução nº 153, 26 de julho de 2010. Convoca municípios para o licenciamento ambiental de sistemas de tratamento de água e dá outras providências. Publicado no Diário do Executivo- Minas Gerais, 27.07.2010.
34. MOLINA, T. Caracterização e tratamento de água de lavagem de filtros de ETA com o uso de polímeros sintéticos e amido de batata. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 2, nº. 3, p. 28 – 44, 2010.
35. OLINGER, C.; CARDOSO, M.; LAPOLLI, F. R. Caracterização e clarificação da água de lavagem do filtro de uma ETA que utiliza como coagulante o sulfato de alumínio. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21º, 2001, João Pessoa: Anais. 2001.
36. OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de Estação de Tratamento de Águas visando sua utilização em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 50, p. 324-330, 2004.
37. PÁDUA, V. L. Introdução ao tratamento de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006, Cap 12, p. 519 - 570.
38. PATRIZZI, L. P. **Redução de volume de lodo gerado em decantadores de ETAs tradicionais utilizando espessamento por flotação e por gravidade seguidos de centrifugação**. 1998. 227 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
39. PEREIRA, S. L. M. **Características físicas, químicas e microbiológicas do lodo das lagoas da ETA Gramame**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.
40. REALI, M. A. P. (coord). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. 1ª ed.. Rio de Janeiro: ABES, 1999, 240 p. Projeto PROSAB.

41. REIS, E. L. T.; COTRIM, M. H.; BELTRAMI FILHO, O.; SOUZA, A. L. F.; AMALFI, P. Z.; PIRES, M. A. F. Impacto Ambiental Dos Resíduos Gerados em Sistemas de Tratamento de Água no Rio Ribeira de Iguape, São Paulo, Brasil. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Florianópolis-SC: Anais ICTR, 2004. p. 2955 – 2965.
42. REIS, E. L. T.; COTRIM, M. E. B.; BELTRAMI FILHO, O.; RODRIGUES, C.; PIRES, M. A. F. Avaliação Do Impacto Ambiental De Estações De Tratamento De Águas Em Cursos D'água. In: ENVIRONMENTAL AND HEALTH WORLD CONGRESS. Santos, 2006. p. 210 – 214.
43. REIS, E. L. T.; COTRIM, M.; RODRIGUES, C.; PIRES, M. A. F.; BELTRAMI FILHO, O.; CUTOLO, S. A.; ROCHA, S. M. Identificação da Influência do Descarte de Lodo de Estações de Tratamento de Água. **Química Nova**, v. 30, p. 865/11678-7064-872, 2007.
44. RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. São Paulo: Blucher, 2001.
45. SANTOS, G. R. **Estudo de clarificação da água de abastecimento público e otimização da Estação de Tratamento de Água**. 2011. 101 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
46. SCALIZE, P.S. (1997). **Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água que utilizam sulfato de alumínio como coagulante primário**. 1997. 220 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
47. SCALIZE, P. S.; Di BERNARDO, L. Caracterização da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água e dos sobrenadantes e sedimentos obtidos após ensaios de clarificação utilizando polímero aniônico. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000.

48. SCALIZE, P. S. **Disposição de resíduos gerados em uma estação de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto.** 2003. 146 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
49. SILVA, A. P.; BIDONE, F. R. A. Avaliação da lixiviação de alumínio e da produção de ácidos graxos voláteis em reatores anaeróbios utilizados para estudar a disposição final de lodos de ETAs em aterros sanitários. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000.
50. SOARES, L. V.; ACHON, C. L.; MEGDA, C. R. Impactos ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de Estações de Tratamento de Água. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Florianópolis-SC: Anais ICTR, 2004. p. 248 – 257.
51. SOUZA FILHO, A.G.; DI BERNARDO, L. Caracterização e clarificação da água de lavagem dos filtros de uma ETA que utiliza cloreto férrico como coagulante primário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. Anais., Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 1999. CD ROM.
52. SOUZA FILHO, A.G. (1998). **Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de uma ETA que utiliza cloreto férrico como coagulante primário.** São Carlos: 1998, 245 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
53. TOBIASON, J.E. et al. Full-scale assessment of waste filter backwash recycle. **Journal AWWA**, v. 95, n. 7, p. 80-93, 2003.
54. TSUTIYA , M. T.; HIRATA, A. Y. Aproveitamento E Disposição Final De Lodos De Estações De Tratamento De Água Do Estado De São Paulo. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa: ABES, 2001.

55. VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: Editora UFMG. 2008.