

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

AMÁBILLE PETZA KLOC

YARA VETTORI LAIRD

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ÁGUA (ETA) NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ARROIO PILÃO DE
PEDRA**

PONTA GROSSA

2017

AMÁBILLE PETZA KLOC

YARA VETTORI LAIRD

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ÁGUA (ETA) NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ARROIO PILÃO DE
PEDRA**

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ciro Mauricio Zimmermann.

PONTA GROSSA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação do Impacto de Lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) na Qualidade das Águas do Arroio Pilão de Pedra

por

Amábille Petza Kloc

Yara Vettori Laird

Monografia apresentada no dia 31 de outubro de 2017 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Profa. Dra. Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli
(UTFPR)

Profa. Dra. Elizabeth Weinhardt Scheffer
(UEPG)

Prof. Dr. Ciro Maurício Zimmermann
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

- A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Coordenação do Curso de Engenharia Química -

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, aos nossos pais, Eduardo Kloc, Pyerlla Petza Kloc, e Maria Sonia da Silva Vettori, que estiverem ao nosso lado, apoiando e motivando durante todos os momentos da graduação.

Aos nossos companheiros, Felipe Grande e Jason Laird, e amigos que nos encorajaram no decorrer desta jornada acadêmica.

À Junior Van Beik, que nos ofereceu suporte e apoio durante as análises laboratoriais.

À todos os professores que proporcionaram o conhecimento técnico, e aos que dedicam a sua vida à transformação de seus alunos em grandes profissionais.

Em especial, ao nosso orientador, Prof. Dr. Ciro Maurício Zimmermann, pela oportunidade, apoio e dedicação durante a elaboração deste trabalho. A sua contribuição para nossa formação profissional jamais será esquecida.

À todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigada.

“E, ao fim, quando baixei novamente à planície e da planície, após, descii aos vales meus, meus olhos viram, num deslumbramento, que também nas planícies e nos vales, em tudo, estava Deus. ”

Gibran Khalil Gibran

RESUMO

KLOC, Amábille Petza; LAIRD, Yara Vettori. **Avaliação do impacto de lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) na qualidade das águas do arroio Pilão de Pedra.** 2017. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

As águas de lavagem de decantadores e o lodo gerado são efluentes provenientes de Estações de Tratamento de Água (ETA) durante o processo de potabilização da água. O efluente gerado é constituído por matéria orgânica e inorgânica, microrganismos, e produtos químicos, os quais podem contaminar o meio ambiente se não tratados. A grande maioria das Estações de Tratamento de Água (ETA) lançam os efluentes gerados durante o processo em corpos hídricos, o que afeta a qualidade das águas, podendo causar o assoreamento de rios. As características do efluente gerado devem ser avaliadas para determinar o impacto causado nos corpos d'água receptores. O efluente gerado varia de acordo com a ETA, devido aos coagulantes e demais produtos químicos utilizados durante o tratamento da água. O Arroio Pilão de Pedra localizado na cidade de Ponta Grossa é um caso de corpo hídrico que recebe o efluente proveniente da ETA Sanepar, localizada no Jardim Carvalho. Foram realizadas cinco coletas de um ponto do arroio antes o lançamento, o efluente em si, e outro ponto do arroio após o lançamento entre os períodos de 28 de Março de 2017 à 03 de Julho de 2017. Por meio de análises físico-químicas realizadas no efluente pode-se observar que o limite máximo estabelecido pela legislação foi extrapolado para os parâmetros DBO, DQO e Sólidos Sedimentáveis. Para os metais os resultados obtidos não ultrapassaram a legislação vigente. O efluente foi avaliado e comparado com as legislações CONAMA 430/11 e SEMA 021/09, apresentando alta carga química de alumínio, o que se deve ao coagulante utilizado durante o processo. Foi possível avaliar também o impacto que o efluente causa no arroio por meio de comparação de resultados com a legislação. Avaliou-se o ponto do Arroio Pilão de Pedra antes do lançamento do efluente, e outro ponto após lançamento e comparou-se os resultados com a legislação CONAMA 357/05 para rios de Classe II. Utilizou-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA), ferramenta estatística e ambiental, para avaliação dos dados do Arroio. Notou-se que o ponto 1, antes do lançamento, apresentou melhor qualidade nas águas, do que o ponto 2, após o lançamento do efluente. Os parâmetros das águas que não foram afetados pelo lançamento do efluente no Arroio foram fósforo total, nitrogênio total e coliformes fecais, que foram diluídos pelo efluente, pois este aumentou o volume de água do Arroio. De forma geral, pode-se verificar que o efluente lançado impacta o Arroio Pilão de Pedra alterando parâmetros importantes de qualidade da água.

Palavras-chave: ETA. Lodo. Arroio Pilão de Pedra. CONAMA 357/05. CONAMA 430/11. SEMA 021/09. Índice de Qualidade das Águas (IQA).

ABSTRACT

KLOC, Amábille Petza; LAIRD, Yara Vettori. **Evaluation of the impact of sludge from Water Treatment Station (WTS) on the quality of the Pilão de Pedra Stream.** 2017. 75p. Bachelor Thesis (Bachelor in Chemical Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2017.

The decanter wash water and the generated sludge are effluents from Water Treatment Plants (WTP) during the water treatment process. The generated effluent consists of organic and inorganic matter, microorganisms, and chemicals, which can contaminate the environment if not treated. The vast majority of water treatment plants discharge the effluents generated during the process in water bodies, which affects the quality of the water and can cause silting of rivers. The characteristics of the generated effluent must be evaluated to determine the impact on the receiving water bodies. The generated effluent varies according to WTP due to the coagulants and other chemicals used during the water treatment. Pilão de Pedra Stream located in the city of Ponta Grossa is a case of a water body that receives the effluent from WTP Sanepar, located in Jardim Carvalho. Five collections of one point of the Stream were carried out before the launch, the effluent itself, and another point after the launch between the periods of March 28, 2017 and July 3, 2017. Through physical-chemical analysis carried out in the effluent it can be observed that the maximum limit established by the legislation was extrapolated to the parameters BOD, COD and Sedimented Solids. For metals, the results obtained did not exceed the current legislation. The effluent was evaluated and compared with the legislation CONAMA 430/11 and SEMA 021/09, presenting high chemical load of aluminum, which is due to the coagulant used during the process. It was also possible to evaluate the impact that the effluent causes in the stream by comparing results with the legislation. One point of the Stream was evaluated before the effluent was launched, and another one after launching, and the results were compared with the CONAMA 357/05 legislation for Class II rivers. The Water Quality Index a statistical and environmental tool, was used to evaluate the stream data. It was noticed that point 1, before launching, showed better quality in the waters than point 2, after the effluent was released. The parameters of the waters that were not affected by the discharge of the effluent were total phosphorus, total nitrogen and fecal coliforms, which were diluted by the effluent, as this increased the water volume of the stream. In general, it can be verified that the released effluent impacts Pilão de Pedra Stream by altering important parameters of water quality.

Keywords: WTP. Sludge. Pilão de Pedra Stream. CONAMA 357/05. CONAMA 430/11. SEMA 021/09. Water Quality Index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de estação de tratamento de água convencional de ciclo completo.	18
Figura 2 - Manilhas de lançamento do efluente proveniente da ETA.	31
Figura 3 - Representação vertical do gráfico Box Plot.	33
Figura 4 – Localização dos pontos de amostragens e do efluente da ETA.	40
Figura 5 - Ponto de coleta 1. Antes do lançamento do lodo.	41
Figura 6 - Ponto de coleta 2. Após o lançamento do lodo.	42
Figura 7 - Amostras das coletas realizadas	42
Figura 8 - Gráfico Box Plot com resultados de análise de parâmetros.	54
Figura 9 - Quantidade de metais presentes no Arroio Pilão de Pedra.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variação da concentração de diferentes parâmetros no efluente da ETA – Alagados/Pitangui durante o período seco.	24
Tabela 2 - Parâmetros máximos de lançamento de ETE.	29
Tabela 3 - Limites físico-químicos e microbiológicos para rios de classe II.	32
Tabela 4 - Faixas de IQA avaliadas para o estado do Paraná	34
Tabela 5 - Limites máximos estabelecidos no CONAMA 430/11 e SEMA 021/09.	50
Tabela 6 - Concentração em mg/L de diferentes metais no efluente e parâmetros estabelecidos pelo CONAMA 430/11.	52
Tabela 7 - Parâmetros máximos permitidos de acordo com o CONAMA 357/05.	57
Tabela 8 - Parâmetros IQA e respectivos pesos.	61
Tabela 9 - Categorias e ponderação do IQA.	61
Tabela 10 - Resultados obtidos de IQA para pontos 1 e 2.	63

LISTA DE SIGLAS

APHA	American Public Health Association
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FT	Fósforo Total
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IQA	Índice de Qualidade das Águas
NMP	Número Mais Provável
N(NH ₃)	Nitrogênio Amoniacal
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO ₃ ⁻	Nitrato
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
NTU	<i>Unidades Nefelométricas de Turbidez</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
WQI	Water Quality Index

LISTA DE ACRÔNIMOS

CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	16
3 REVISÃO LITERÁRIA	17
3.1 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	17
3.1.1 Coagulação.....	18
3.1.2 Floculação.....	19
3.1.3 Decantação.....	19
3.1.4 Filtração.....	20
3.1.5 Desinfecção	20
3.1.6 Fluoretação.....	21
3.2 PRODUÇÃO DO LODO	22
3.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ALAGADOS/PITANGUI	23
3.4 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS	25
3.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	26
3.6 LANÇAMENTO DO LODO DE ETAS EM CORPOS D'ÁGUA	29
3.7 CORPO RECEPTOR - ARROIO PILÃO DE PEDRA	30
3.8 FERRAMENTAS DE ANÁLISE AMBIENTAL.....	33
3.8.1 Gráfico Box-Plot.....	33
3.8.2 Índice de Qualidade das Águas.....	34
3.8.3 Oxigênio Dissolvido	35
3.8.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	35
3.8.5 Sólidos Totais	35
3.8.6 Fósforo Total.....	36
3.8.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)	36
3.8.8 Nitrogênio Total.....	36
3.8.9 Turbidez.....	37
3.8.10 Coliformes Termotolerantes.....	37
3.8.11 Temperatura	37
3.8.12 Surfactantes.....	38
3.8.13 Metais.....	38
4 MATERIAIS E MÉTODOS	40
4.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM	40
4.2 TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM.....	43
4.2.1 Limpeza dos Materiais	43
4.2.2 Coleta e tratamento das amostras	43
4.3 METODOLOGIAS PARA REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES.....	44
4.3.1 Sólidos Totais.....	44
4.3.2 Turbidez.....	44

4.3.3 Oxigênio Dissolvido	45
4.3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	45
4.3.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	45
4.3.6 pH.....	46
4.3.7 Nitrogênio Amoniacal	46
4.3.8 Nitrogênio Total Kjeldahl.....	46
4.3.9 Fósforo Total.....	47
4.3.10 Carbono Orgânico Total (COT), Surfactantes (SUR), Sólidos Solúveis Totais (SST), Nitrogênio de Nitrato (NO_3^-).....	47
4.3.11 Coliformes Termotolerantes.....	47
4.3.12 Metais.....	48
4.4 ANÁLISE DE DADOS.....	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE LODO DE ETA.	50
5.2 ARROIO PILÃO DE PEDRA.....	53
6 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICES	77
APÊNDICE A.....	78
APÊNDICE B.....	79
APÊNDICE C	80

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico e industrial, as cidades crescem e conseqüentemente, ocorre o avanço demográfico. Devido a estes crescimentos há também o aumento considerável da produção de lixo e esgoto. Além disso, a demanda por distribuição de água potável é cada vez maior.

Nesse contexto, um dos grandes problemas encontrados devido ao crescimento das cidades é a ocupação de locais não apropriados para habitação, pois estes muitas vezes estão localizados o ao redor de nascentes de arroios e rios.

A ocupação irregular dos locais próximos a arroios e rios, pode gerar problemas ambientais e de saúde pública. Os moradores sofrem com doenças causadas pela água contaminada, alagamentos e mau cheiro. Um exemplo deste problema está localizado na região central de Ponta Grossa, o arroio Pilão de Pedra, que de acordo com a CONAMA 357/2005 possui classificação 2. Devido à sua localização, muitas famílias se instalaram, fazendo uso da água do arroio, sendo que esta não é adequada ao consumo humano. O arroio recebe lixo jogado pelos moradores e lodo proveniente do processo de tratamento de água da ETA (Estação de Tratamento de Água) SANEPAR, localizada no Jardim Carvalho em Ponta Grossa.

O lodo produzido pelas Estações de Tratamento de Água muitas vezes é lançado com elevada concentração de materiais sólidos, muitas vezes tóxicos. Entre os poluentes presentes nesse lodo, podem-se encontrar metais, tais como alumínio e ferro, além de microrganismos patogênicos causadores de doenças, que representam um grave problema de poluição, o que o torna um importante objeto de estudo para encontrar alternativas de tratamento para o lodo gerado.

De acordo com a Resolução nº430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora não poderá alterar a classificação do corpo hídrico receptor e comprometer a qualidade da água (CONAMA, 2011).

Neste cenário, entende-se que o lodo proveniente do tratamento de água de ETAs possui em sua composição quantidades variadas de diferentes produtos

químicos, incluindo coagulantes, floculantes, adsorventes e entre outros, que são utilizados no processo do tratamento. Um exemplo, ocorre após a limpeza dos tanques de decantação, pois o lodo é apenas diluído em água antes do lançamento em corpos hídricos, podendo assim alterar as características do corpo hídrico de lançamento. Assim, a pesquisa referente ao processo de análise da água do Arroio Pilão de Pedra, é justificada como um instrumento para fornecer dados para subsidiar a atividade de gestão ambiental, em busca de uma solução para o problema de saúde pública. Esta pesquisa é fundamentada em leis para melhorar a condição de vida da população e garantir a manutenção do corpo hídrico.

Portanto, a formulação da problemática deste projeto tem como foco responder à questão: o lançamento do lodo proveniente da estação de tratamento de água no arroio Pilão de Pedra estaria alterando a sua classificação de acordo com o CONAMA, e conseqüentemente alterando propriedades físico-químicas importantes para o corpo hídrico?

Sabe-se que aspectos como o corpo hídrico, a análise de possíveis impactos ambientais, a formulação de alternativas para tratamento e disposição do lodo, e as leis que regulamentam os processos anteriores são conhecidos. Porém, os casos de disposição do lodo em corpos d'água devem ser analisados para cada caso específico para que se possa obter um resultado concreto e imparcial. Sendo de grande importância que a população cobre e fiscalize das autoridades que as leis estabelecidas sejam cumpridas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar as características físico-químicas da água do arroio Pilão de Pedra antes e depois do lançamento de efluentes provenientes da limpeza de tanques contendo lodo gerado pelo tratamento de água e o efluente em si, para assim mensurar o impacto da poluição na qualidade da água, que por sua vez afeta diretamente a qualidade de vida dos habitantes locais e da fauna e flora presentes no corpo hídrico.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Estabelecer os pontos de monitoramento do arroio.
- Determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do efluente.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do arroio nos pontos de monitoramento à montante e a jusante ao lançamento do efluente no arroio.
- Avaliar a qualidade da água utilizando ferramentas de estatística ambientais.

3 REVISÃO LITERÁRIA

3.1 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

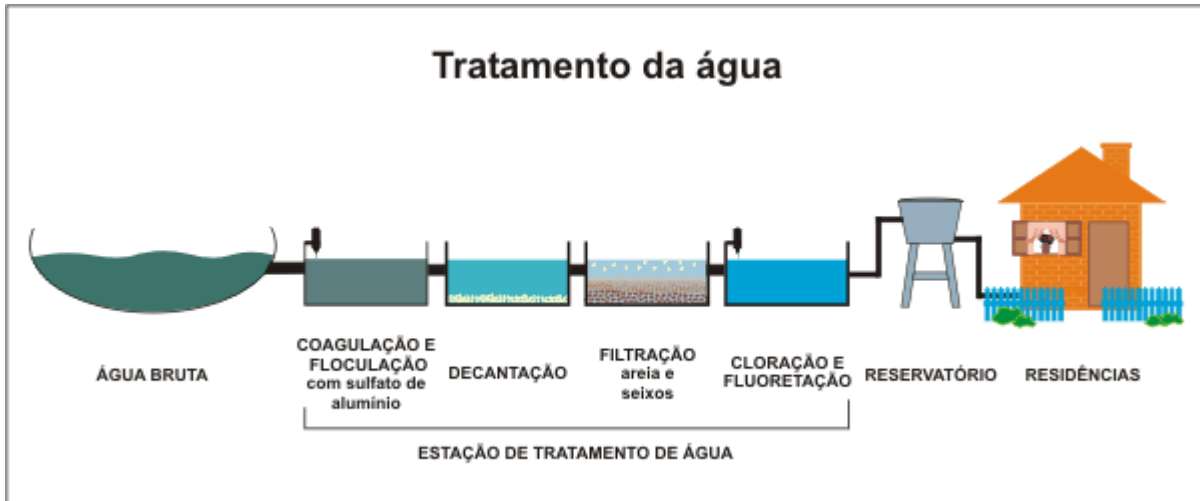
A ETA é o mecanismo responsável pela captação, o tratamento e a distribuição pública da água. O tratamento de água utilizado deve obedecer a parâmetros estabelecidos por órgãos regulamentadores para que a água possa ser consumida. As exigências mínimas são de higiene, estética e economia. Para a higiene é exigido que se realize a remoção de impurezas como materiais orgânicos, minerais, bactérias, protozoários e outros. No aspecto estético é exigido a correção da cor, turbidez, odor e sabor da água. Do ponto de vista econômico, deseja-se a redução da dureza, corrosividade e de reagentes químicos utilizados no tratamento da água (PEREIRA, 2011).

Os processos convencionais utilizados para a potabilidade de água para distribuição pública têm como objetivo principal torná-la adequada para a utilização humana. O Ministério da Saúde brasileiro estabelece padrões para vigilância da qualidade da água para consumo humano através da Portaria 518/2004 (RIBEIRO, 2007).

Durante o processo convencional de tratamento de água em ETAs, colóides dissolvidos ou em suspensão são agrupados com a utilização de coagulantes, os quais podem ser a base de alumínio ou ferro em mistura rápida. Após isso, é realizada a agitação em câmara lenta visando à formação de flocos. Em seguida ocorre a separação da fase líquida e os flocos por meio de decantação. A água que decantou passa por filtros para purificação, enquanto o lodo (material sedimentado) pode permanecer por vários dias dentro do tanque antes de ser lançado em aterros ou corpos d'água, a duração de permanência depende do tipo de limpeza utilizada para os tanques (SOARES; ACHON; MEGDA, 2004).

A Figura 1 a seguir exemplifica as etapas do processo de Estação de Tratamento de Água convencional.

Figura 1 - Esquema de estação de tratamento de água convencional de ciclo completo.



Fonte: SANEP (2017).

O tratamento da água pode se dividir em três principais finalidades, tais como a purificação para uso doméstico, o tratamento para uso industrial, e o tratamento de águas residuárias para o lançamento em corpos d'água (MANAHAN, 2013).

3.1.1 Coagulação

Durante o processo de coagulação as partículas são desestabilizadas como consequência de uma diminuição da repulsão eletrostática entre as partículas. A diminuição da repulsão eletrostática e consequente aproximação das partículas, se deve ao fato da compressão da dupla camada elétrica ao redor das partículas (PROSAB, 2001).

Para que haja um tratamento com maior desempenho deve-se obter um maior contato entre o coagulante e as impurezas na água para obtenção de uma mistura uniforme (RECESA, 2008).

Sais de alumínio e ferro são empregados no tratamento de água, sendo os mais comuns o sulfato de alumínio, sulfato férrico e cloreto férrico. Hidróxidos desses metais precipitam, gerando resíduos, sendo esta uma grande preocupação das estações de tratamento de água, que visam melhorar o processo de coagulação e minimizar a geração desses resíduos. Uma alternativa de coagulante é a utilização do cloreto de polialumínio (CPA), que pode ser aplicado isoladamente ou associado aos sais de ferro, sem que haja prejuízos à qualidade da água tratada e reduzindo a produção do lodo. Esse composto faz com que espécies poliméricas formadas antes da sua adição na fase líquida tenham uma tendência a ficar na forma solúvel, reduzindo a quantidade de partículas coloidais (FERREIRA FILHO; WAELKENS, 2009).

3.1.2 Floculação

A adição do sulfato de alumínio ou cloreto férrico serve para a coagulação de metais e formação de flocos. Durante o processo de floculação na água os flocos se aglomeram, pela movimentação dentro dos tanques, o que os fornece características físicas importantes para a separação (PAIVA E PARREIRA, 2012).

Devido aos baixos gradientes de concentração durante o processo de floculação ocorre o agrupamento dos sólidos finos dispersos em água (PROSAB, 2001).

3.1.3 Decantação

A decantação é o processo responsável pela separação dos flocos e da água. Devido ao fato de os flocos serem mais densos em sua constituição, estes decantam no fundo dos tanques devido à força da gravidade (PAIVA E PARREIRA, 2012).

Durante o processo de decantação ocorre uma diminuição da velocidade da água com os materiais em suspensão para que haja a deposição de material no fundo

do tanque. Geralmente o decantador é um tanque retangular com pontos de descarga (FUNASA, 2014).

Como resultado da deposição do lodo no fundo dos tanques, é necessária a realização da limpeza dos decantadores, pois pode ocorrer a putrefação do sedimentado com liberação de gases dentro dos tanques, o que pode modificar o sabor e odor da água (FUNASA, 2014).

3.1.4 Filtração

O processo de filtração é basicamente a passagem da água por materiais porosos para que as impurezas possam ser removidas. O material poroso mais utilizado para a filtração é a areia sustentada por camadas de seixos, os quais estão conectados em sistemas para drenagem. O que proporciona a remoção de colóides, materiais em suspensão e bactérias (FUNASA, 2014).

A filtração durante o processo de tratamento de água pode utilizar dois tipos diferentes de filtros, ascendentes ou descendentes. A filtração é a última etapa para eliminação das partículas ainda presentes na água após o processo de sedimentação. O filtro descendente é o mais utilizado para os tratamentos convencionais, sendo assim as partículas são acumuladas na extensão do filtro enquanto a água é filtrada (RECESA, 2008).

3.1.5 Desinfecção

O método de desinfecção ao longo do tratamento de água visa eliminar qualquer bactéria nociva à saúde humana que possa sobreviver mesmo após todos os processos que antecedem esta etapa do tratamento. Alguns dos produtos utilizados durante este processo são o cloro gasoso, o hipoclorito de sódio, dióxido de sódio,

ozônio e radiação ultravioleta. No Brasil o desinfetante mais utilizado é o cloro, devido ao seu baixo custo e significativo poder de desinfecção (RECESA, 2008).

O cloro é o desinfetante mais utilizado para eliminação de bactérias na água. O cloro é hidrolisado rapidamente quando adicionado à água. A seguir tem-se a reação de hidrólise do cloro na Equação 1:



O ácido hipocloroso (HClO) é considerado um ácido fraco e então dissocia-se da forma descrita na Equação 2:



Os dois produtos formados através da reação de hidrólise do cloro, o HClO e ClO, também conhecidos como cloro disponível possuem grande eficiência para matar bactérias presentes na água (MANAHAN, 2013).

3.1.6 Fluoretação

A adição de flúor à água objetiva proteger os dentes da população contra a cárie dental. Existem dois compostos de flúor mais utilizados no processo de fluoretação da água, fluorsilicato de sódio e o ácido fluorsilícico. A adição de flúor à água é exigida pelo Ministério da Saúde brasileiro. Esta prática é regulamentada pela PORTARIA N° 635/BSB, de 26 de dezembro de 1975, que determina os padrões para fluoretação de água em sistemas públicos que visam o consumo humano. Considera-se de grande importância conhecer a quantidade de flúor adicionada à água, pois em excesso poderá causar problemas à saúde bucal (RECESA, 2008).

3.2 PRODUÇÃO DO LODO

Durante o processo de tratamento de água em ETAs são gerados dois principais resíduos, sendo estes o lodo de decantadores e a água proveniente da lavagem de filtros. O lodo gerado em ETAs deve obedecer à série de normas NBR 10.004/2004 (ANCHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013). A série de normas NBR 10.004/2004 é utilizada para classificar os resíduos sólidos gerados, analisando o impacto que estes podem causar ao meio ambiente e a população, para que possa ter uma destinação adequada (ABNT, 2004).

O que caracteriza o tipo de resíduo gerado no processo de ETAs está relacionado com a qualidade da água bruta, a quantidade de reagentes químicos no processo de floculação e coagulação, e o tratamento dos resíduos. Conhecer as quantidades e as características dos resíduos gerados é de grande importância para a reutilização ou disposição dos resíduos (RIBEIRO, 2007).

Segundo Hsieh & Raghu citado por PROSAB as características dos resíduos de ETAs dependem da importância e do objetivo de estudo. Podendo ser classificadas em características ambientais, o qual analisa alguns parâmetros como pH, DQO, metais, sólidos em suspensão, entre outros; e em geotécnicas que analisa utilizações para os sólidos resultantes, e formas para remoção de água do resíduo (HSIEH; RAGHU, 1997 apud PROSAB, 2001).

Os lodos de decantadores provenientes do processo de purificação da água em ETAs são resultados do processo de floculação, coagulação e sedimentação das impurezas da água bruta utilizada no processo. O material resultante do processo de remoção de impurezas é na maior parte das vezes descartado em fluxo de águas (PROSAB, 2001).

No Brasil, a maioria das ETAs não foi planejada de forma a promover a disposição e/ou tratamento dos resíduos de forma adequada. Um exemplo disso é a dificuldade para que se faça a limpeza dos decantadores, a qual muitas vezes é

realizada manualmente por funcionários. Assim, deve-se realizar a limpeza com frequência para que não haja acúmulo do lodo (RECESA, 2008).

O lodo produzido pelas ETAs em um determinado intervalo de tempo pode ser avaliada *in loco* através do monitoramento de processos e operações unitárias. Durante esse intervalo de tempo deve haver variações da água bruta e das características do tratamento, como mudança do pH, e o tipo e dose do coagulante (FERREIRA FILHO; WAELKENS, 2009).

O lodo de ETA é classificado como um fluido insolúvel, não-newtoniano, de forte consistência gelatinosa e oxidável. Partindo do contexto de que a água bruta utilizada no tratamento e abastecimento não é poluída, observa-se que o lodo resultante da ETA possui características inorgânicas, sendo pouco biodegradável, e também reduzindo a relação entre a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) (REIS, 2006).

A disposição do lodo de ETA em estações de tratamento de esgotos (ETEs), via rede coletora ou por meio de transporte em caminhão, constitui-se de um método alternativo que tem sido observado nos Estados Unidos e em alguns países da Europa, e tem se mostrado uma opção bastante atraente, pois elimina a implantação do sistema de tratamento do resíduo na própria ETA, muito embora esteja transferindo a gestão do lodo para a administração da ETE. No Brasil, os estudos desenvolvidos a respeito desta opção de descarte ainda são escassos, com maior intensificação a partir do final da década de 1990 (REALI, 1999).

3.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ALAGADOS/PITANGUI

A ETA na cidade de Ponta Grossa é alimentada com água de dois mananciais, parte da Represa Alagados e parte do Rio Pitanguí. Segundo Viutik et al. (2010) 40% da demanda de água da cidade vem da captação na Represa Alagados, formada com a barragem do Rio Pitanguí, e 60% no próprio Rio Pitanguí, a jusante da represa.

A ETA possui uma vazão de água tratada de aproximadamente 900 L/s, sendo 500 L/s proveniente da linha de tratamento Alagados, e os outros 400 L/s restantes da linha de tratamento Pitangui. A coagulação ocorre na calha Parshall, com floculação com mistura mecânica e a decantação ocorre por placas, não possuindo no seu tratamento polímero para o lodo, controle de vazão e tratamento para o lodo, cujo a destinação do lodo gerado para o corpo hídrico próximo, neste caso o Arroio Pilão de Pedra (GERVASONI, 2014).

O mesmo autor realizou análises físico-químicas e microbiológicas no lodo de 176 estações de tratamento de água no estado do Paraná no período de 2012/2013 e concluiu que muitas ETAs não atendiam a legislação vigente (CONAMA 430/11) de lançamento de efluentes. Os resultados relativos a ETA - Alagados/Pitangui para o período seco são destacados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Variação da concentração de diferentes parâmetros no efluente da ETA – Alagados/Pitangui durante o período seco.

Parâmetro	Variação no período seco
pH	6,56 – 6,8
DQO (mg/L) de O ₂	162 – 3.772
DBO (mg/L) de O ₂	7 – 106
S. Sedimentáveis (ml/l/h)	800
S. totais (%)	0,65 – 1,04
Col. Fecais (UFC/mL)	8.300 – 10.900
Al (mg/L)	3.530 – 7.243
Fe (mg/L)	2.898 – 46.570
Cu (mg/L)	< 0,008
Zn (mg/L)	0,011 – 0,037
Cr (mg/L)	< 0,008
Ni (mg/L)	< 0,010
Pb (mg/L)	0,099 – 0,262

Fonte: GERVASONI (2014).

3.4 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS

O tratamento dos resíduos gerados e o destino do lodo resultante são processos de grande importância, devido à constituição desse material e ao grande volume gerado. Esses resíduos devem ser tratados para que haja redução no volume descartado e atenuação dos danos provocados no meio ambiente (SCALIZE, 2003).

Uma das técnicas é a remoção da água livre e da que se encontra nos interstícios dos sólidos, utilizando tecnologias como sistemas mecânicos, que envolvem a utilização de centrífugas, filtros-prensa, prensa desaguadora e filtros a vácuo. Esses sistemas têm como desvantagem o alto custo de implantação, operação e manutenção. Outra tecnologia que pode ser utilizada é a de sistemas naturais, como lagoas de lodo e leitos de secagem, que por sua vez não geram grandes custos, porém necessitam de grandes áreas de implantação. O tipo de sistema a ser utilizado é definido com base em diversos fatores, como o custo da área e dos equipamentos, as condições climáticas do local e a forma de operação (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2008).

A desidratação do lodo reduz o volume do resíduo ao diminuir seu teor de umidade. Essa redução facilita o transporte do lodo para outros locais, diminuindo o custo e melhorando as condições de manejo. Há também um aumento do poder calorífico do material, o que é muito vantajoso quando o destino final é a incineração. Caso a desidratação seja realizada por filtração a vácuo ou pressão, utiliza-se como coagulantes sais metálicos e cal. Entre esses sais está o cloreto férrico, utilizado em associação com cal. A hidrólise do cloreto férrico forma complexos de ferro com cargas negativas, promovendo a agregação dos sólidos presentes no lodo a partir da neutralização de suas cargas. A cal, por sua vez, não apresenta grande efeito na desidratação dos colóides, porém promove a desinfecção dos lodos, além de controlar o pH e os odores (PROSAB, 2001).

Antes de sofrer desidratação, os resíduos podem passar pelos processos de condicionamento e adensamento. Dependendo das características físicas dos resíduos e do seu local de produção, o condicionamento pode ser químico ou físico, e esse

processo age sobre o tamanho e distribuição das partículas, além do grau de hidratação e da carga superficial. O condicionamento químico envolve a adição de polímeros naturais ou artificiais, enquanto o condicionamento físico pode ser realizado por congelamento-degelo, sendo que ambas as formas favorecem a formação de flocos (SCALIZE, 2003).

3.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Braga e colaboradores citam a Lei Federal 6.938/81 destacando esta como a primeira lei federal a abordar o meio ambiente como um todo, englobando os diversos aspectos da degradação ambiental e não apenas a poluição causada pelas atividades industriais ou uso dos recursos naturais. Esta lei discorre sobre o controle do lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo o lançamento em níveis perigosos para seres humanos e outras formas de vida, e, através dela, estabeleceu-se a Política Nacional do Meio Ambiente, que traz consigo grandes implicações no que se refere a conservação dos recursos hídricos, sendo um de seus princípios a ação direta do governo para a manutenção do equilíbrio ecológico, uso racional da água, planejamento e fiscalização dos recursos naturais, recuperação das áreas degradadas, entre outras medidas de educação ambiental e incentivo a pesquisa para proteção dos recursos naturais. Além disso, esta lei estabelece o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRAGA, et al., 2005; MIZUTORI, 2009).

A Resolução CONAMA 357/05, revoga a Resolução CONAMA 20/86. Esta resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e sobre as diretrizes ambientais no que se refere ao enquadramento destes corpos hídricos em classes, além de estabelecer condições e padrões de lançamento de efluentes, visando garantir a qualidade da água presente em nosso meio ambiente destinadas aos mais diversos fins (CONAMA, 2005).

Entre suas considerações, destacam-se que o enquadramento de um corpo hídrico, expõe as metas finais a serem alcançadas, podendo existir um plano que deixe

explícito metas progressivas intermediárias, obrigatórias, para que o enquadramento seja efetivado, ou seja, o enquadramento de um corpo d'água deve estar baseado não no seu estado atual, mas em níveis de qualidade que estes deveriam possuir para garantir que as necessidades da comunidade que fará uso de seu recurso sejam atendidas. Visto que a saúde, o bem-estar humano e das comunidades aquáticas não devem ser comprometidas pela deterioração da qualidade das águas (CONAMA, 2005).

O Conselho Nacional do Meio Ambiental complementa e altera a Resolução 357/2005 para a Resolução 430/2011 para os parâmetros e diretrizes de Padrão de Lançamento do CONAMA (p.1, 2011). Art. 5º da Resolução trata das disposições gerais, afirmando que:

Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

Uma complementação da Resolução CONAMA 357/2005, foi prevista na Resolução CONAMA 430/2011, esta, dispõe sobre condições, parâmetros, diretrizes e padrões para o lançamento de efluentes em corpos d'água, sendo que o órgão ambiental, poderá a qualquer momento, baseando-se em estudos técnicos, acrescentar outros padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, levando em consideração a situação em que se encontra o corpo receptor ou exigir tecnologia mais avançada e viável economicamente do tratamento de efluentes, e, nesta resolução, também define-se a capacidade de suporte do corpo receptor, como sendo o valor máximo de um poluente que um corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água presente neste e sem alterar a classe de enquadramento deste corpo nem modificar os usos destinados desta classe (CONAMA 430/11).

A resolução nº 430 do CONAMA (p. 9, 2011) estabelece condições de lançamento de efluentes em águas que devem obedecer as seguintes condições:

pH entre 5 e 9. Temperatura inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura no corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura. Materiais sedimentáveis: até 1 ml/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para lançamento em lagos ou lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis devem estar virtualmente ausentes. Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos

permitidos pela autoridade competente. Óleos e graxas; óleos minerais: até 20 mg/L; óleos vegetais e animais até 50 mg/L. Ausência de materiais flutuantes. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor (CONAMA, 2011).

A Resolução SEMA 21/2009, estabelecida pela Secretaria de Meio Ambiente do Paraná, dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento (PARANÁ, 2009). No seu artigo 12º estabelece que as estações de tratamento de água com vazão superior a 30 L/s deverão implantar o sistema de tratamento e disposição final de efluentes e resíduos nos seguintes prazos:

I. Cinco anos, a partir da publicação desta Resolução, para as Estações de Tratamento de Água com vazão igual ou superior a 2.500 L/s;

II. Sete anos, a partir da publicação desta Resolução, para as Estações de Tratamento de Água com vazão superior a 500 L/s e inferior a 2.500 L/s;

III. Dez anos, a partir da publicação desta Resolução, para as Estações de Tratamento de Água com vazão superior a 30 L/s e inferior a 500 L/s.

Há um cenário a partir da Resolução SEMA 21 de 2009 onde a partir de 2019 não poderá ocorrer o lançamento de efluentes provenientes de Estações de Tratamento de Água em corpos d'água (GERVARSONI, 2014).

A mesma resolução não estabelece padrões de lançamento de efluentes de ETA em corpos hídricos, mas em seu artigo 11 considera padrões de lançamento para estações de tratamento de esgoto tratado (ETE) e estipula parâmetros máximos de lançamento.

Tabela 2 - Parâmetros máximos de lançamento de ETE.

DBO₅	Até 90 mg/L
DQO	Até 225 mg/L
Óleos vegetais e gorduras animais	Até 50 mg/L
Óleos minerais	Até 20 mg/L

Fonte: Paraná (2009).

Outro aspecto analisado no artigo 14 é o critério contato primário de balneabilidade que determina o processo de desinfecção do efluente das ETEs que lançam em corpos hídricos, jusante ao lançamento que tenha atividades de recreação, ficando dispensado se o contato for distante o suficiente para que ocorra a remoção natural dos coliformes termotolerantes (PARANÁ, 2009).

3.6 LANÇAMENTO DO LODO DE ETAS EM CORPOS D'ÁGUA

Sperling (p. 46, 1996) em seu livro define poluição das águas como:

A adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos.

A crescente atividade antrópica nos ambientes naturais tem sido considerada uma das maiores preocupações atuais pela humanidade. O aumento da mortalidade de organismos e a escassez de fontes de recursos limpos para abastecimento tem como causa o aumento de poluição nos ambientes aquáticos. Com a evolução da civilização os resíduos domésticos e industriais têm sido despejados em corpos d'água com maior frequência, o que tem causado a contaminação de lagos e rios (EMBRAPA, 2008).

De acordo com o artigo 54 da Lei 9.605/98 o lançamento de resíduos gerados em ETAs em corpos d'água sem a aprovação de órgãos ambientais, é considerado crime ambiental em virtude da poluição e consequente danos à fauna aquática (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013).

A descarga dos resíduos em cursos d'água próximos a ETA é o método mais econômico, porém pode gerar muitos problemas ambientais. É viável apenas em casos particulares, como por exemplo, quando o corpo d'água tem condições de absorver o material despejado. Se a velocidade da água no corpo receptor for baixa, a disposição pode gerar bancos de resíduos, causando odores desagradáveis. A descarga em lagoas também é uma opção, podendo ser utilizada para diversos fins além da disposição final, como armazenamento, adensamento, desaguamento ou secagem. Esta também é uma opção de baixo custo e operação simples, porém necessita de disponibilidade de área (SCALIZE, 2003).

3.7 CORPO RECEPTOR - ARROIO PILÃO DE PEDRA

A bacia hidrográfica do Arroio Pilão de Pedra localiza-se no Segundo Planalto Paranaense, nos Campos Gerais, com um perímetro de 14,73 km que, entre bairros e vilas, abrange uma área de 8,48 km². O arroio possui 5.929,30 m de extensão, desde a sua nascente na área central da cidade de Ponta Grossa, na Praça Barão do Rio Branco, até as proximidades da Vila Baraúna, onde há a confluência com o Arroio Lajeado Grande (LOMBARDI, 2014). Juntamente com o Arroio Lajeado Grande é responsável por 80% da poluição do Rio Pitangui (GEALH; MELO; MORO, 2010).

Segundo estudos desenvolvidos por Barreto, Pontes e Massuqueto (2009), o córrego Pilão de Pedra apresenta altos índices de degradação ao longo de seu curso, ligações irregulares de esgoto, lançamentos de dejetos e lixo diretamente na água.

A análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e a utilização de ferramentas de análise ambiental comprovaram as péssimas condições do Arroio em 2013 provocados por ligações irregulares de esgoto e a presença de dejetos encontrados no local (STROMBERG; ALMEIDA, 2013).

Por ocasião da Semana de Meio Ambiente realizada em 2016, foram realizadas entrevistas com moradores próximos ao Arroio, em função do projeto de pesquisa realizado pela UTFPR denominado “Em busca da Sustentabilidade do Arroio Pilão de Pedra” buscando informações sobre aspectos sociais, econômicos e ambientais em relação a coleta de esgoto, doenças e deposição de lixo. Um dos aspectos destacados

pelos moradores próximos da ponte da rua Zacarias de Góis e Vasconcelos foi aspecto escuro da água do Arroio após o lançamento de efluentes de duas manilhas próximas à ponte (Figura 2). Os moradores mais antigos entrevistados afirmaram que o líquido lançado pelas manilhas, que encontram-se no local por mais de vinte anos, era proveniente da estação de tratamento de água da SANEPAR (MYZERKOWSKI, 2016).

Figura 2 - Manilhas de lançamento do efluente proveniente da ETA.



FONTE: Os Autores (2017).

Atualmente, no Brasil, a maioria das ETAs 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 et al., 2002, 2010; REIS et al., 2007).

De acordo com Instituto das Águas do Paraná, 1997 todos os rios da bacia do Tibagi na região de Ponta Grossa foram enquadrados com Classe II, com exceção do

Arroio da Ronda que possui Classe III. Atualmente, seguindo norma técnica de enquadramento de rios receptores de efluentes domésticos, proposto pelo Instituto Águas do Paraná, há uma forte tendência para enquadrarem os rios na região de Ponta Grossa, como Classe IV, no ponto de Lançamento do Rio Tibagi, ou seja, condições que impossibilitam a preservação da vida aquática e comprometem a saúde da população ribeirinha. A propósito o rio Tietê é classe IV (ZIMMERMANN, 2015).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, os limites utilizados para o enquadramento do rio em dada classe, baseado na concentração de determinadas substâncias que podem estar presentes no corpo hídrico, são descritos para todas as classes. O objeto do estudo é o Arroio Pilão de Pedra que é enquadrado como rio de Classe II. A Tabela 3 a seguir, expõe os limites físico-químicos e microbiológicos, bem como os usos que se destinam, para um rio de Classe II, referente aos parâmetros analisados no trabalho em questão.

Tabela 3 - Limites físico-químicos e microbiológicos para rios de classe II.

Parâmetros	Res. CONAMA 357/05 Rios de Classe II	Águas destinadas
Cor	Até 75 mg Pt L ⁻¹	a) Ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional;
pH	6,0 – 9,0	b) À proteção das comunidades aquáticas;
Turbidez	Até 100 UNT	c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;
Oxigênio Dissolvido	Até 5,0 mg L ⁻¹ o ₂	d) À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
Nitrogênio Amoniacal	Até 3,7 (N mg/L) com pH ≤ 7,5	e) À aquicultura e à atividade de pesca;
Sólidos Totais	Até 500 mgL ⁻¹	
Fósforo Total	Até 0,05 mgL ⁻¹	
Nitrato	Até 10 mg de N L ⁻¹	
Nitrito	Até 1 mg de N L ⁻¹	
Coliformes fecais	Até 1000 (NNP/100ml)	
Surfactantes	Até 0,5 mgL ⁻¹	

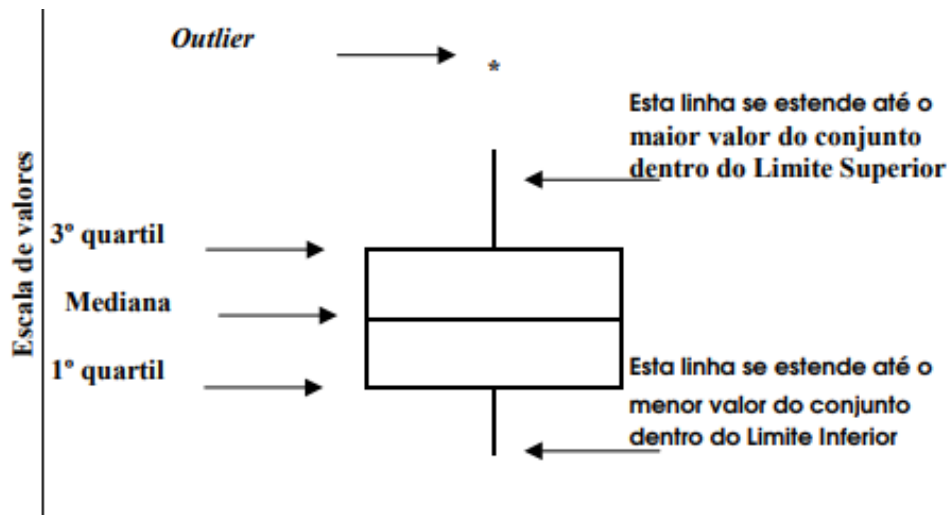
Fonte: CONAMA (2005).

3.8 FERRAMENTAS DE ANÁLISE AMBIENTAL

3.8.1 Gráfico Box-Plot

O gráfico boxplot ou “gráfico de caixa” é um gráfico estatístico que utiliza a distribuição dos dados para uma comparação visual entre dois ou mais grupos. A construção do gráfico Box Plot se baseia na representação de uma caixa dividida por uma linha, com um eixo central separando as escala de valores, como mostra a Figura 3. O primeiro quartil (Q1) é representado pelo fundo da caixa, enquanto o topo da caixa representa terceiro quartil (Q3). A linha traçada dentro da caixa representa a mediana, que não precisa necessariamente estar centralizada na metade da caixa. Entre o primeiro e o terceiro quartis, temos 50% dos dados. Os outros 50% dos dados, são representados pelas duas linhas que saem das extremidades da caixa, sendo que 25% estão representados abaixo, e os outros 25% acima da caixa. Os outliers representam os valores discrepantes, que são muito diferentes dos demais dados (REIS; REIS, 2002).

Figura 3 - Representação vertical do gráfico Box Plot.



Fonte: REIS; REIS (2002).

3.8.2 Índice de Qualidade das Águas

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é um indicador que tem como finalidade facilitar a interpretação das informações de qualidade da água de forma abrangente e benéfica (CETESB, 1997). Esse índice foi desenvolvido por meio de pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de água, que selecionaram variáveis que refletem, principalmente, na contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. Atualmente é utilizado para classificar os rios de acordo com seu uso (CETESB, 2005).

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é uma ferramenta que foi desenvolvida para a avaliação da qualidade da água bruta que é utilizada no abastecimento público. Os parâmetros avaliados para o IQA são indicadores de contaminação em água devido à lançamentos de esgotos domésticos. O IQA apresenta limitações por não se basear em parâmetros importantes, tais como metais e compostos orgânicos (ANA, 2017).

Os valores do IQA para classificação de um rio no estado do Paraná seguem abaixo na tabela 5 (ANA, 2017).

Tabela 4 - Faixas de IQA avaliadas para o estado do Paraná

FAIXAS DE IQA	AVALIAÇÃO
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Razoável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

Fonte: ANA (2017).

Os próximos tópicos discutirão os nove parâmetros utilizados no cálculo do IQA, e o papel que exercem sobre a manutenção da qualidade das águas.

3.8.3 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio molecular dissolvido, O_2 , é o agente oxidante de maior importância nas águas naturais e ecossistemas aquáticos. O oxigênio presente na água, é obtido a partir da atmosfera e fotossíntese. A diminuição de oxigênio nas águas se deve ao consumo de oxigênio na decomposição de matéria orgânica (oxidação), perda na atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação, e oxidação química por íons metálicos. Diminuição nos teores de oxigênio dissolvido em água pode ser resultado de despejos de materiais orgânicos, esgoto e efluentes, e elevadas temperaturas (FILHO; FIORUCCI, 2004).

3.8.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio é a porção de oxigênio utilizada na oxidação de matéria orgânica presente na água, utilizando processos biológicos aeróbicos. O aumento de DBO em meio aquático é resultante do aumento de matéria orgânica. Sendo assim quanto maior o teor de matéria orgânica presente na água, maior o risco para desaparecimento e extinção de vida aquática (CETESB, 2008).

3.8.5 Sólidos Totais

Os sólidos totais representam a matéria seca final após evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra de água. Altas quantidades de sólidos presentes nos leitos d'água resultam no assoreamento de rios e arroios, aumentando riscos de enchentes e dificultando a navegação. Os sólidos presentes nas águas em altas concentrações afetam a vida aquática, servindo de alimento para organismos e danificando os locais de desova de peixes (ANA, 2017).

3.8.6 Fósforo Total

Descargas de esgotos sanitários e lançamento de detergente em pó em rios são uma das causas da presença de fósforo em águas naturais. Outras causas são os efluentes industriais, abatedouros, fertilizantes, pesticidas e frigoríficos que utilizam grande quantidade de fósforo em seu processo industrial. O fósforo é considerado um nutriente de grande importância em processos biológicos, por ser muito utilizado pelas células. Porém, quando o fósforo encontra-se em excesso nos efluentes e esgotos pode causar o processo de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2014).

3.8.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Espera-se que para sistemas aquáticos o pH encontre-se próximo a neutralidade, para que microrganismos não sejam afetados pela alcalinidade ou acidez das águas (CETESB, 2008).

3.8.8 Nitrogênio Total

Pode-se encontrar nitrogênio na água nas formas de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. As formas de nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal, são formas reduzidas, enquanto o nitrito e nitrato são formas oxidadas. Associa-se as formas de nitrogênio com o tempo de poluição. Em áreas de degradação encontra-se a forma de nitrogênio orgânico, em zonas de decomposição encontra-se nitrogênio amoniacal, e em águas limpas o nitrato (CETESB, 2009).

O nitrogênio nas águas podem ser de diversas fontes, tais como os esgotos sanitários e efluentes industriais. Em regiões de grande atividade agrícola, as águas das chuvas trazem dos solos fertilizantes que possuem nitrogênio em sua composição, as águas pluviais nas cidades também são fontes de nitrogênio (ANA, 2017).

3.8.9 Turbidez

A turbidez é um parâmetro que determina a capacidade de um feixe de luz atravessar a água. A capacidade de atravessar a água é determinada pela absorção e espalhamento da luz quando encontra sólidos suspensos na água. Estes sólidos podem ser detritos, areia, algas e entre outros (ANA, 2017).

A causa mais comum de turbidez é a erosão dos solos que acontecem na época de chuvas, em que as água pluviais arrastam sólidos para os corpos d'água. Também são formas de turbidez o lançamento de efluentes industriais e a mineração. De acordo com a Resolução CONAMA 357, para um rio de Classe II, a turbidez não deve ultrapassar 100 NTU (CONAMA, 2005).

3.8.10 Coliformes Termotolerantes

As bactérias Coliformes Termotolerantes são encontradas no intestino dos animais de sangue quentes, e são utilizadas como indicadoras de poluição por esgotos. As bactérias não causam doença, mas indicam a possibilidade da presença de bactérias patogênicas, as quais podem transmitir doenças em corpos d'água, tais como cólera e febre tifoide (ANA, 2017).

3.8.11 Temperatura

A temperatura é o parâmetro que influencia vários outros, dentre eles a tensão superficial e viscosidade. O crescimento e reprodução de organismos aquáticos também são afetados pela temperatura (ANA, 2017).

3.8.12 Surfactantes

Segundo Vicente (2004), os surfactantes são componentes químicos de ampla aplicação em processos industriais. É um produto do petróleo, facilmente encontrado em fertilizantes e detergentes. Mais frequentemente têm-se buscado o uso de surfactantes naturais como alternativa, devido à legislações e consciência ambiental.

Com ampla aplicação, os surfactantes são utilizados na indústria, comércio e atividades domésticas. A maioria dos efluentes resultantes do uso são lançados na rede coletora de águas pluviais ou em corpos de águas. Os corpos hídricos podem sofrer alteração na toxicidade ou eutrofização devido ao lançamento desse composto. (VICENTE, 2004). De acordo com a resolução CONAMA 357/2005 a concentração máxima de surfactantes permitida em águas doces ou salgadas de contato primário é de 0,5 mg/L.

3.8.13 Metais

A geração e utilização de metais em processos industriais em grandes proporções tem impactado a natureza em escala local e global, o que tem gerado problemas ambientais e de saúde ao ser humano (BRAYNER, 1998).

Existe grande preocupação de contaminação de rios por metais devido a sua toxicidade, reatividade, e até em algumas situações carcinogenicidade e mutagenicidade. Os metais presentes no meio ambiente podem alcançar várias partes do sistema ambiental, tais como a biota, sedimentos e a água (CARMO; ABESSA; NETO, 2011).

Os termo metal pesado se deve a uma classe de elementos químicos, os quais muitos são nocivos aos seres humanos. Devido as altas densidades em relação aos outros metais, se originou o termo metal pesado (BAIRD, 2002). Segundo Segura-Muñoz (2002), os metais pesados mais estudados são o cádmio (Cd), chumbo (Pb),

cobre (Cu), cromo (Cr), manganês (Mn), mercúrio (Hg), zinco (Zn), devido aos efeitos que podem causar à saúde humana.

A poluição de metais potencialmente tóxicos nas águas são de grande preocupação devido à resistência dos metais à degradação e a bioacumulação dos metais no sistema aquático (IKEM et al., 2003; MORAES; JORDÃO, 2002; AHMAD et al., 2014). Devido à resistência e a bioacumulação, a concentração dos metais aumenta gradualmente e acaba por ser absorvida pelos organismos e sedimentos dos corpos d'água (RODRIGUES; FORMOSO, 2006; ARAI et al., 2007).

Um dos principais meios de transporte dos metais em corpos hídricos é a precipitação que carrega produtos químicos utilizados como os fertilizantes na agropecuária (Cd, Cr, Pb, Zn), os pesticidas (Cu, Pb, Mn, Zn), conservante de madeira (Cu, Cr) e resíduos da criação animais tais como bovinos, suínos e aves (Cu, Mn e Zn) que são potencialmente tóxicos ao meio ambiente (NÚÑEZ et al., 1999; RAMALHO et al., 2000; SANTOS et al., 2002; KUNZ et al., 2005; COSTA, 2007; BIZARRO et al., 2008; FREITAS et al., 2009; BASSO et al., 2012).

Metais pesados são tóxicos e cumulativos no organismo, se ingeridos são capazes de provocar doenças mesmo em pequenas quantidades (RESAG, 2013). Vieira Filho (2015) alerta a exposição do ser humano à alguns metais. Para ele o excesso de ferro no organismo deposita-se nos tecidos dos olhos, cérebro, coração, fígado e glândulas endócrinas. Grandes quantidades de ferro no organismo causam problemas oculares tais como catarata e degeneração da retina. O excesso de cobre no sangue ocasiona doenças como hepatite crônica, cirrose e ascite (barriga d'água). A ingestão de níquel pode causar alterações ou anomalias em células bucais.

Estudos mostram que a presença de alumínio na água e nos alimentos ingeridos pela população é um precursor no desenvolvimento de doenças mentais, existindo um relação entre a ingestão de alumínio e o risco de desenvolvimento de doença de Alzheimer (FERREIRA et. al, 2008).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Com base nos estudos referentes ao método laboratorial, o trabalho está organizado em etapas: 1) definição dos pontos de amostragem; 2) definição das técnicas de amostragem; 3) definição das metodologias para realização das análises; 4) análise de dados.

4.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Para o desenvolvimento do estudo foram escolhidos dois pontos situados no curso do Arroio Pilão de Pedra para análise das águas. O primeiro ponto escolhido à montante, ponto 1 (Figura 5), localizado à 100 metros antes do lançamento do efluente proveniente da ETA. O local correspondente ao lançamento do efluente (Figura 2). O segundo ponto (Figura 6), está localizado 200 metros após o lançamento do efluente. A Figura 4 mostra a localização dos dois pontos de coleta e o local de lançamento do efluente de lodo da ETA Alagados/Pitangui.

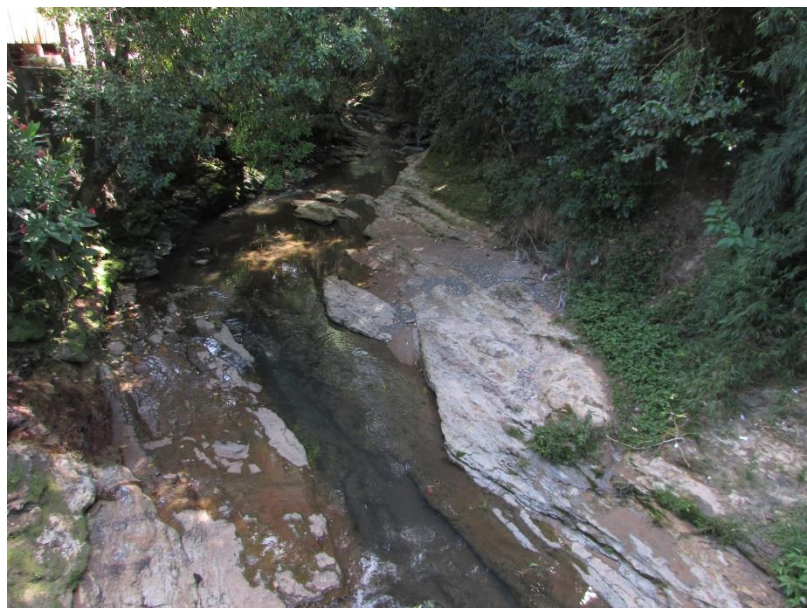
Figura 4 – Localização dos pontos de amostragens e do efluente da ETA.



Fonte: GOOGLE MAPS (2016).

Os pontos de coleta foram escolhidos de forma estratégica, buscando avaliar a influência de regiões distintas da cidade de Ponta Grossa sobre a qualidade das águas do Arroio Pilão de Pedra. O Ponto 1 localizado na extensão da rua: Campos Sales representado na figura 5 possibilita a avaliação das condições que se encontra o Arroio desde sua nascente, no sentido de avaliar o impacto das não conformidades sobre o Arroio.

Figura 5 - Ponto de coleta 1. Antes do lançamento do lodo.



Fonte: OS Autores (2016).

O lançamento de Efluente da ETA Alagados/Pitangui se localiza ao lado da ponte, na extensão da rua Zacarias de Góis e Vasconcelos. A coleta e análise foi realizada visando caracterizar composição físico-química e microbiológica do efluente lançado no Arroio Pilão, em destaque na Figural 2 do referencial teórico,

O ponto 2 localizado na extensão da rua Almirante Wandencok, nas proximidades do Olho De Água São João Maria (figura 6) foi escolhido para avaliar o impacto produzido pelo lançamento o efluente sobre o corpo hídrico.

Figura 6 - Ponto de coleta 2. Após o lançamento do lodo.



Fonte: Os Autores (2016).

A seguir a Figura 7 apresenta as amostras obtidas nos locais de coleta citados anteriormente. O béquer de vidro identificado com o número 1 representa o ponto de coleta 1, antes do lançamento do efluente, o béquer com número 2 representa o efluente lançado no corpo hídrico, e o béquer com número 3 representa o ponto de coleta 2, após o lançamento de efluente.

Figura 7 - Amostras das coletas realizadas



Fonte: Os Autores (2017).

4.2 TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

4.2.1 Limpeza dos Materiais

Todo o material de vidrarias utilizado para análise laboratorial para determinação dos parâmetros físico-químicos foi lavado com água corrente, detergente neutro e escova, para posterior enxágue. Em seguida, as vidrarias foram imersas em solução de ácido nítrico (HNO_3) 1:1 por pelo menos 24 horas antes de sua utilização. Após a retirada das vidrarias da imersão em ácido, foram enxaguadas com água destilada.

O material utilizado para análises microbiológicas foram submetidos à autoclavagem em temperatura de 121°C por um período de 30 minutos.

4.2.2 Coleta e tratamento das amostras

Foram realizadas cinco amostragens nos dois pontos do Arroio e do efluente durante o período de Abril à Julho/2017 para as análises DBO_5 , sólidos totais, pH, turbidez, nitrato e sólidos sedimentáveis. As amostras foram coletadas, com o auxílio de um balde, contracorrente em frascos de polietileno com capacidade de 5 litros. Para a realização das análises para determinação dos parâmetros nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal e metais as amostras foram coletadas e acidificadas em frascos de polietileno com capacidade de 2 litros.

Na coleta destinada para análise de coliformes fecais foram utilizados frascos âmbar, com rolha esmerilhada, sendo retirados os lacres no momento da coleta e introduzidos diretamente no rio a aproximadamente 10 cm de profundidade.

As coletas foram realizadas nos 3 pontos de amostragem no mesmo dia, com intervalos de 10 minutos entre elas. No momento da coleta foram medidos *in situ*, em

triplicata, os parâmetros temperatura da água e oxigênio dissolvido, utilizando-se o equipamento multi-elemento HANNA.

Depois de finalizadas as coletas, o frasco âmbar contendo a amostra para determinação de coliformes fecais foi encaminhado para o laboratório de microbiologia do Câmpus Ponta Grossa da UTFPR, para análise imediata e a amostra para análise de $DBO_{5,20}$ foi incubada em garrafas de sistema manométrico com detecção automática Oxitop.

Para as análises de nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e fósforo total, determinada quantidade de amostra acidificada foi filtrada à vácuo em sistema fechado, utilizando-se filtros de 0,45 μm de porosidade. Com exceção da $DBO_{5,20}$ e Coliformes fecais todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata.

4.3 METODOLOGIAS PARA REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES

4.3.1 Sólidos Totais

A determinação de sólidos totais foi obtida por meio da evaporação da água de amostra de 100 mL em cadinho de porcelana em banho-maria. Após a evaporação, o cadinho foi mantido em estufa a uma temperatura de 103 °C até o ponto em que o peso total não variasse mais durante o tempo (APHA, 1995).

4.3.2 Turbidez

Para determinação da turbidez utilizou-se um medidor de turbidez digital portátil HACH modelo 2100 P. A unidade de medida do turbidímetro utilizado é NTU/UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez.

4.3.3 Oxigênio Dissolvido

O analisador HANNA foi utilizado para a determinação da quantidade de oxigênio dissolvido, temperatura da água e do ar. As análises foram realizadas em triplicatas no local da coleta.

4.3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O teor de $DBO_{5,20}$ foi analisado por meio da utilização de um sistema que permite a determinação automática de oxigênio OxiTop® (Merck), de acordo com o procedimento padrão (APHA, 1998). O método baseou-se na transmissão de uma determinada quantidade de amostra para um frasco âmbar contendo microrganismos e nutrientes suficientes à temperatura controlada de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sob agitação constante o oxigênio presente no frasco se dissolveu na amostra e foi, então, consumido pelos microrganismos durante a degradação da matéria orgânica. O gás carbônico exalado neste processo foi absorvido pela cápsula de hidróxido de sódio contida em um reservatório de borracha, o que causou uma diferença de pressão no interior da garrafa, que foi medida pelo sensor Oxitop.

4.3.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A demanda química de oxigênio consiste em uma técnica para a avaliação do potencial de matéria redutora de uma amostra, através de um processo de oxidação química em que se emprega o dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Neste processo, o carbono orgânico é convertido em gás carbônico e água (BACCAN et al., 1995). A análise de DQO foi realizada num espectrofotômetro (marca Hach, modelo DR 2800) e reator (marca WTM, modelo STD3101) de acordo com APHA, 1995.

4.3.6 pH

Para análise de pH nas amostras utilizou-se um potenciômetro digital Tecnal que foi ser calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e 7,0 antes da realização das análises. O modelo do potenciômetro utilizado é Tec-2mp.

4.3.7 Nitrogênio Amoniacal

Para determinação do nitrogênio amoniacal presente nas amostras utilizou-se o Método Fenato. A técnica utilizada na determinação está de acordo com o método prescrito pela "*Standard methods for the examination of water and wastewater*" do ano de 1995. O procedimento foi realizado em triplicata e o espectrofotômetro utilizado é do tipo NOVA 60. A espectrofotometria foi realizada no comprimento de 640 nm.

4.3.8 Nitrogênio Total Kjeldahl

A análise das amostras para determinação de nitrogênio total Kjeldahl foi baseado no Método Kjeldahl, o qual utiliza o ácido sulfúrico e sulfato de cobre a altas temperaturas para transformar a amônia e os outros tipos de nitrogênio orgânico presente na amostra em sulfato de amônia. Utilizou-se a destilação em meio alcalino, seguida de solução absorvente de ácido bórico na saída do destilado. Ao final, a quantificação da quantidade de nitrogênio total Kjeldahl (NKT) foi obtida através de titulação de ácido sulfúrico 0.02 mol/litro (APHA, 1995).

4.3.9 Fósforo Total

Determinou-se o fósforo total pelo método do ácido ascórbico, que consiste na digestão à quente com mistura sulfo-nítrica, seguida da reação, em meio ácido, do ortofosfato com molibdato de amônio e antimonil tartarato de potássio. Essa reação forma o ácido fosfomolibdico que, na presença de ácido ascórbico, reduz a intensidade do azul de molibdênio. A leitura foi realizada utilizando-se o espectrofotômetro Nova 60, em absorvância de 660 nm (APHA, 1995).

4.3.10 Carbono Orgânico Total (COT), Surfactantes (SUR), Sólidos Solúveis Totais (SST), Nitrogênio de Nitrato (NO_3^-)

Esses parâmetros foram determinados utilizando-se o espectrofotômetro Pastel UV – Secomam. Para a realização das análises em triplicata, 1 mL da amostra sem pré-tratamento foi inserida na célula de quartzo, sendo homogeneizada a cada repetição. A célula foi, então, introduzida no equipamento, e os seis parâmetros lidos simultaneamente, em unidade de mg/L. A ponteira utilizada para pipetar a amostra foi trocada a cada repetição e a célula de quartzo, lavada com água destilada e, em seguida, com a própria amostra.

4.3.11 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes fecais, foram determinados por meio da técnica dos tubos múltiplos. A técnica dos tubos múltiplos determina a densidade bacteriana presente em uma amostra a partir de resultados positivos ou negativos de análise (APHA, 1995).

A concentração de coliformes na amostra em 100 mL de água está expressa em número mais provável - N. M. P., obtido utilizando-se a tabela no Standards Methods (APHA, 2012).

4.3.12 Metais

Antes de determinar a concentração dos metais, realizou-se um preparo das amostras. Primeiramente, foram transferidos 250 mL de amostra de cada ponto de coleta para um béquer de 300 mL, adicionando-se, em seguida, 5 mL de ácido nítrico (HNO_3) concentrado. Com objetivo de reduzir o volume a aproximadamente 15-20 mL, as amostras foram evaporadas em chapa aquecedora em capela à 150 °C. Em seguida, a chapa aquecedora foi desligada e adicionou-se 5 mL de ácido nítrico (HNO_3) com elevado grau de pureza da marca Merck®. Após a adição do ácido as amostras foram novamente aquecidas até o clareamento da solução, liberando um gás de cor marrom (NO_2). As amostras frias foram transferidas para um balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água deionizada obtida através do sistema deionizados de águas Milli Q (APHA, 1998).

A espectrofotometria de absorção atômica foi o método utilizado para determinar a concentração dos metais nas amostras, e a quantificação dos analitos realizou-se por meio das curvas analíticas.

Essa técnica, utilizada para detecção quantitativa de um determinado metal em solução, utiliza pouca quantidade de amostra, além fornecer resultados rápidos. A amostra é pulverizada na chama presente no equipamento, e a radiação emitida é analisada. Como cada elemento possui uma emissão característica, é possível determinar sua presença analisando os comprimentos de onda do espectro e sua concentração através da quantidade de radiação absorvida (VOGEL, 1996).

4.4 ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos em ambos pontos de coleta do arroio foram comparados entre si, com o objetivo de classificar o arroio de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005. A comparação dos dados foi realizada através da análise dos dados com gráficos Box Plot, utilizando o software Statistica 10 ®.

Planilhas no software Excel Microsoft Office® (2007), foram utilizados para construção de curvas de qualidade dos parâmetros da metodologia NSF, para obtenção de equações para o cálculo de Índice de Qualidade das Águas – IQA.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE LODO DE ETA.

No período de abril a junho de 2014, foram coletadas amostras representativas do efluente produzido pela Estação de tratamento de Água ETA Alagados/Pitangui, lançados no corpo hídrico do Arroio Pilão de Pedra, com o objetivo de caracterizar o efluente e verificar se sua composição físico-química atende as legislações ambientais pertinentes ao assunto.

Os limites estabelecidos pelas normas e os resultados obtidos experimentalmente são apresentados na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 - Limites máximos estabelecidos no CONAMA 430/11 e SEMA 021/09.

Parâmetro	CONAMA 430/11	SEMA 021/09	Média Efluente
DBO (mg/L)	120	90	122,7
DQO (mg/L)	-	225	237,0
N(NH ₃) (mg/L)	20,0	-	3,2
S. Sedimentáveis (ml/L)	1	-	63,3
S. Totais (mg/L)	-	-	711,8
pH	6 – 9	-	7,3
Col. Fecais (NNP/100ml)	-	-	8100
Cor (mg Pt L ⁻¹)	-	-	-

Fonte: SEMA (2009); CONAMA (2011).

Na realidade ainda não existe uma legislação específica para lançamento de efluentes de ETA no Brasil. Neste estudo os resultados são comparados com efluentes industriais e domésticos estabelecidos pelas resoluções estaduais e nacionais. Comparando as duas resoluções verificamos que a SEMA 21/09 é mais restritiva em termos de lançamento de material orgânico biodegradável e estipula valor de DQO, que não são citados pela legislação Federal. Um aspecto relacionado à saúde pública, é o fato de que ambas não estabelecem valores máximos de lançamento para Coliformes Fecais.

O valor médio (122,7 mg/L) de matéria orgânica biodegradável (DBO₅) avaliada no efluente demonstra que a fonte poluidora não está atendendo o que estabelece as legislações específicas. Os resultados avaliados de DBO₅ neste estudo demonstram acima do valor máximo encontrado por Gervasoni em estudo avaliado em 2013, que encontrou um valor máximo de 106 mg/L para este parâmetro.

O valores médios de DQO (237,0 mg/L) se encontram acima dos valores permitidos para lançamento. Segundo a legislação estadual, comparados com Gervasoni (2014) se encontram dentro da faixa avaliada em seu estudo. O lançamento do lodo com alto teor de DQO nos corpos receptores pode ocorrer poluição acentuada e geração de passivos ambientais. Em função da carga de lançamento e da capacidade de diluição do corpo receptor.

Os resultados do estudo demonstram que a capacidade de suporte do rio estabelecida pela lei não está sendo obedecida, pois segundo a Lei 430/11, entende-se por capacidade de suporte do corpo receptor, o valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento.

Os valores médios de sólidos totais e sedimentares apresentam valores muito superiores do que determina a legislação, 1 mL/L. O resultado obtido para sólidos sedimentares foi de 63,3 mL/L para o efluente, sendo este inferior ao encontrado por Gervasoni (2014), que chegou a 800 ml/L.h.

A recomendação para ETAs de pequeno e médio porte é construir um tanque, similar a um tanque de equalização, onde este recebe o lodo dos decantadores, juntamente com a água de lavagem de filtros. A partir deste, controla-se os sólidos sedimentáveis para ficar abaixo de 1,0 ml/L e os demais parâmetros exigidos para o lançamento de efluentes. Caso atendam os parâmetros estabelecidos, realiza-se o lançamento em corpos receptores licenciados para este fim (GERVASONI, 2014).

O valor médio de pH, levemente alcalino, pode estar relacionado a alcalinidade produzida pela formação de Hidróxido de Alumínio, obtido da reação de Sulfato de Alumínio em meio alcalino no processo de floculação, tornando levemente básico os valores encontrados na análise dos efluentes.

Os valores médios de Coliformes Termotolerantes avaliados neste trabalho foram de 8100 NNP/100mL, se comparados com Gervasoni (2014) encontram-se muito próximos. Deve-se ressaltar que nas legislações estadual e federal não são estabelecidos valores de lançamento para este parâmetro microbiológico, o que demonstra a falta de sensibilização dos legisladores em relação à saúde da população ribeirinha.

Foram analisadas também as concentrações de diferentes metais no efluente. Os resultados, assim como os limites máximos especificados pelo CONAMA 430/11, são apresentados na Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Concentração em mg/L de diferentes metais no efluente e parâmetros estabelecidos pelo CONAMA 430/11.

	Efluente	CONAMA 430/11
Alumínio (mg/L)	99,57	-
Cobre (mg/L)	0,122	1,0
Ferro (mg/L)	1,13	15,0
Chumbo (mg/L)	0,4342	0,5
Níquel (mg/L)	0,0704	2,0
Zinco (mg/L)	0,383	5,0
Cromo (mg/L)	0,033	0,1 Cr ⁺³ – 1,0 Cr ⁺⁶

Fonte: CONAMA 430 (2011).

De acordo com a Tabela 6 acima, pode-se observar que a concentração de alumínio no efluente é um valor muito mais alto quando comparado à concentração dos outros metais, porém não há um limite máximo estabelecido pela legislação. Já as concentrações de Cobre, Ferro, Chumbo, Níquel, Zinco e Cromo não ultrapassam esse limite.

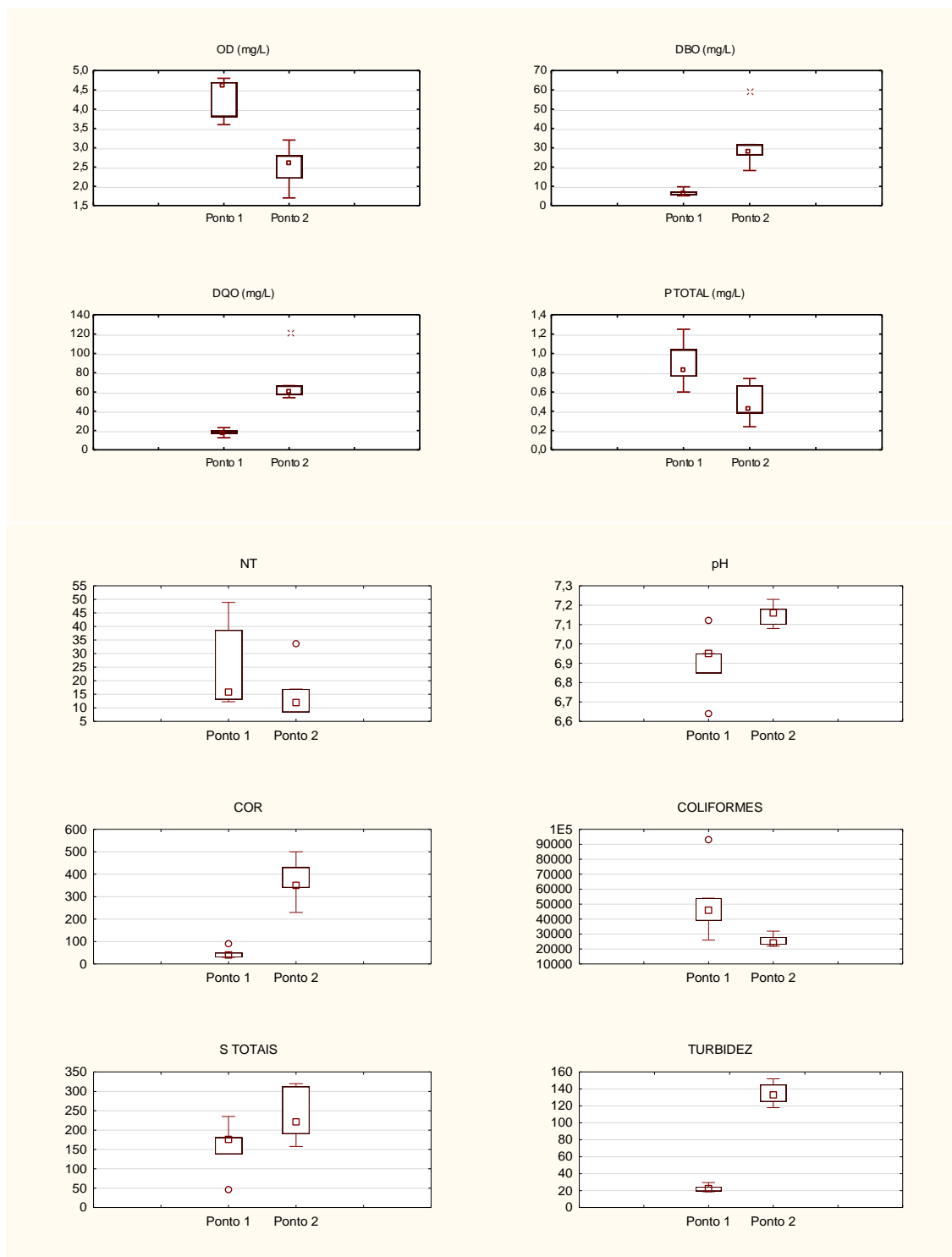
Comparando os resultados obtidos com os valores encontrados por Gervasoni (2014), de acordo com a Tabela 1 deste trabalho, pode-se observar que as concentrações de alumínio e ferro são muito menores do que as encontradas pelo autor em 2014. A concentração de alumínio no efluente lançado no Arroio Pilão de Pedra foi,

em média, 99,57 mg/L, e a de ferro 1,13 mg/L. Os valores mínimos obtidos por Gervasoni para os mesmos metais foram, respectivamente, 3.520 e 2.898 mg/L. A concentração encontrada para os outros metais (Cu, Pb, Ni, Zn e Cr) foram maiores do que as apresentadas no trabalho de Gervasoni, porém não houve um aumento significativo. É importante salientar que a concentração de ferro encontrada por Gervasoni ultrapassa o limite máximo especificado pelo CONAMA 430/11, e as concentrações dos outros metais não estão acima do limite.

5.2 ARROIO PILÃO DE PEDRA

A avaliação do corpo d'água do Arroio Pilão de Pedra, a partir de parâmetros estabelecidos pelo CONAMA 357/05, possibilita a análise da qualidade das águas do corpo hídrico. Foram coletadas cinco amostras, entre o período de Março e Julho de 2017. O período de coleta é considerado um período de pouca estiagem, sendo assim as chuvas não influenciam os resultados. A seguir a figura 8 exemplifica os dados obtidos no período de análise do Arroio nos dois pontos de coleta por meio de uso do gráfico Box Plot.

Figura 8 - Gráfico Box Plot com resultados de análise de parâmetros.



Fonte: Os Autores (2017).

Legenda:

▫ Mediana; □ 25%-75% dos dados; I Alcance Não-Outlier; ° Outliers; * Extremos

Reforçando, antes da discussão dos parâmetros individuais, que segundo o Instituto das Águas do Paraná, o Arroio Pilão de Pedra até o momento é classificado como rio de Classe II. Os resultados para os parâmetros hidrogeoquímicos, obtidos durante as coletas mensais nos pontos de amostragem, estão apresentados no APÊNDICE B deste trabalho.

Um dos parâmetros de maior importância para a avaliação da qualidade das águas é o oxigênio dissolvido, visto que este está associado à manutenção da biota aquática. Os resultados médios obtidos para este parâmetro para os pontos 1 e 2 foram respectivamente 4,3 e 2,5 mg/L, demonstrando que matéria orgânica lançada no Arroio desde sua nascente já compromete o corpo hídrico, com o acúmulo do lançamento do efluente com carga de DBO_5 , acima do que determina a legislação (CONAMA 357/05), compromete a oxigenação do Arroio muito além da sua capacidade de suporte, sendo classificado pós lançamento, como rio de Classe IV.

Os valores médios de DBO_5 determinados nos dois pontos foram respectivamente 6,67 e 32,7 mg/L. O aumento da carga orgânica biodegradável justifica a redução do oxigênio dissolvido na água, uma vez que o consumo do mesmo está relacionado ao aumento da atividade total de respiração bacteriana, resultante do acréscimo de matéria orgânica no meio. No ponto 1, o corpo hídrico já se encontra comprometido (Classe III), com o acúmulo da matéria orgânica, este parâmetro aumenta aproximadamente cinco vezes, comprometendo a qualidade da água jusante ao lançamento da ETA. O resultado obtido faz com o que a classe do rio seja modificada para rio de Classe IV.

O grau de poluição da água pode ser avaliado também por meio da demanda química de oxigênio (DQO), o qual avalia a quantidade de OD necessária para oxidar matéria orgânica. Contudo, a DQO não é um parâmetro avaliado pelo CONAMA 357/05, mas como obteve-se valores significativos para este parâmetro, a DQO será discutida como resultado. O resultado médio da DQO encontrada no ponto 1, antes do lançamento, foi de 17,82 mg/L. O ponto 2, depois do lançamento, possui valor médio de 71,84 mg/L. Dessa forma, verifica-se um aumento significativo na DQO depois do

lançamento do efluente de aproximadamente quatro vezes, o que reflete uma alta quantidade de materiais oxidáveis presentes na água do arroio.

O teor de sólidos totais na água teve como valores médios para os 2 pontos foram, 155,1 e 240,3 mg/L, respectivamente. Observa-se que as atividades antrópicas existentes na região urbana exercem influência na elevação destes parâmetros. O aumento significativo observado no ponto 2, foi influenciado pelo impacto do efluente que elevou o valor da Turbidez de 22,9 para 144,6 NTU. Este valor classifica o Arroio como rio de Classe IV.

Além da turbidez, outro fator que colabora com relato dos moradores residentes próximos ao arroio é a alteração da cor pós lançamento. Os valores médios para os dois pontos foram: 48 e 370 mg.Pt/L, respectivamente. Este fator está relacionado basicamente com a elevação de sólidos sedimentáveis de 0,0 para 16,2 mL/L. Fatores que contribuem para o assoreamento do Arroio, proporcionando condições anaeróbias e águas estacionárias.

Os resultados de potencial hidrogênio (pH) avaliados nos dois pontos foram: 6,9 e 7,15, respectivamente. A elevação do pH a níveis alcalinos resulta do lançamento do efluente que, analisado anteriormente, apresenta valores próximos de 7,3.

De modo geral as atividades urbanas impactam de maneira significativa as águas do Arroio Pilão de Pedra. A maioria dos parâmetros analisados classificam o rio como Classe IV, mais acentuadamente a partir do ponto 2. Sua capacidade de suporte é comprometida, pois seu processo natural de autodepuração não é suficiente para decompor o volume de efluentes que são lançados no seu corpo receptor.

Mas, para certos parâmetros como: fósforo total, nitrogênio total e Coliformes termotolerantes o lançamento de efluentes de lodo da ETA Alagados/Pitangui favorece sua diluição, pois o valores médios encontrados para estes parâmetros sofreram redução nos pontos amostrados. A redução de fósforo total nos seus valores médios foram de 0,89 para 0,49 mg/L. Nitrogênio total a redução foi 25,37 para 15,86 mg/L e para Coliformes termotolerantes de 51.600 para 25.800 NNP/100mL. Lembrando que a

resolução CONAMA, 357 para rio de Classe II estabelece como valores máximos para estes parâmetros: 0,05 mg/L, 2,18mg/L e 1000 NNP/100mL, respectivamente.

A presença de metais nos rios é um problema cada vez maior, pois além de prejudicar o meio ambiente, afeta também o ser humano. O CONAMA 357/05 estabelece a concentração máxima permitida de alguns metais que estão listados a seguir na Tabela 7.

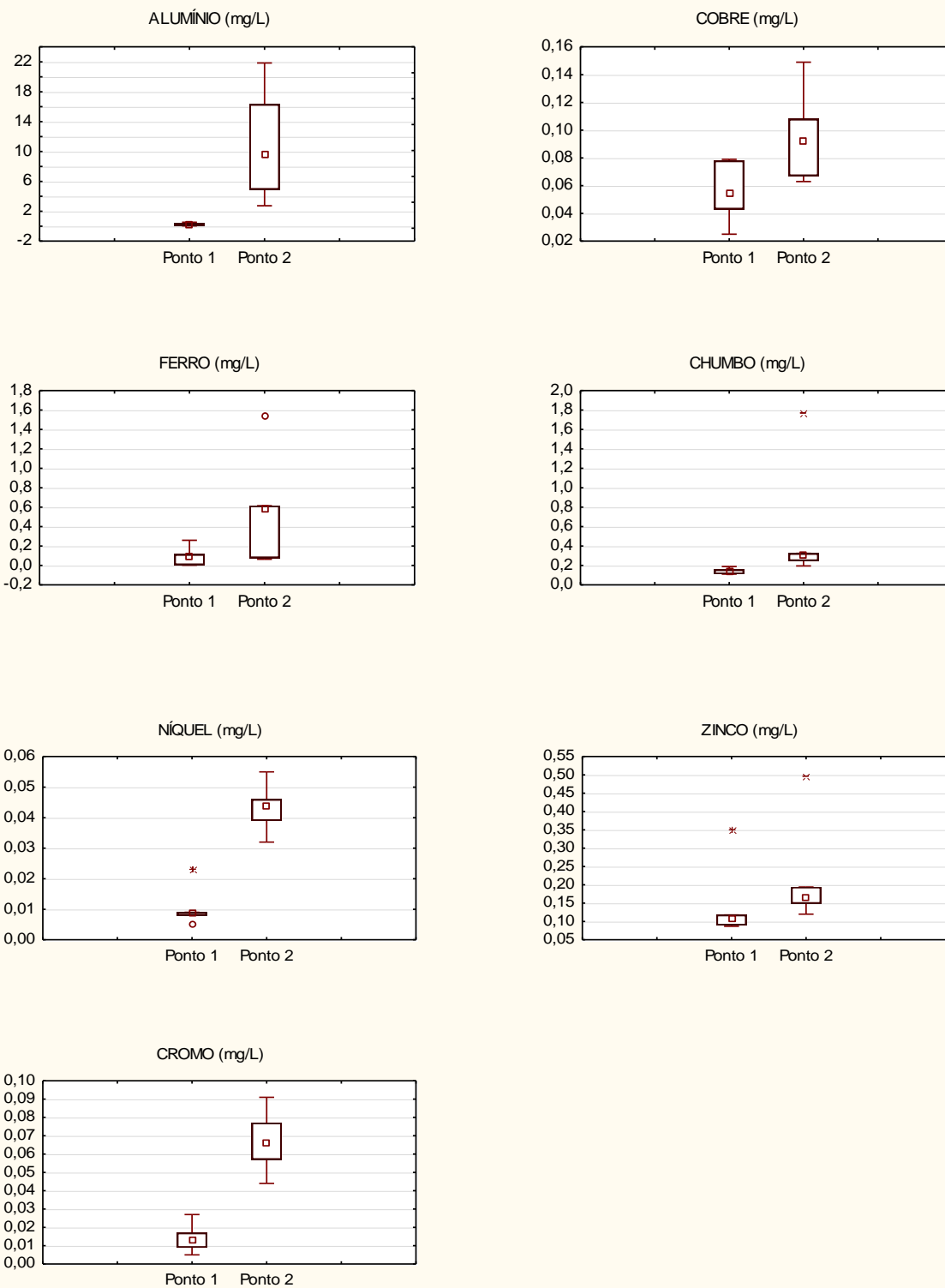
Tabela 7 - Parâmetros máximos permitidos de acordo com o CONAMA 357/05

	Al (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Pb (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Cr (mg/L)
CLASSE 2	0,1	0,009	0,5	0,01	0,025	0,18	0,05
CLASSE 3	0,2	0,013	3,0	0,033	0,025	5,00	0,05

Fonte: CONAMA (2005).

Avaliou-se a quantidade de metais presentes nos pontos de coleta antes e após o lançamento de efluente. A figura 9 apresenta um gráfico Box Plot com os dados obtidos para os metais analisados nos dois pontos.

Figura 9 - Quantidade de metais presentes no Arroio Pilão de Pedra.



Fonte: Os Autores (2017).

O principal indicador de efluente de ETA em corpos hídricos é a presença de concentrações elevadas do metal alumínio, pois o sulfato de alumínio é comumente utilizado na floculação dos processos de clarificação da água de abastecimento. Os valores médios encontrados para este metal nos dois pontos avaliados foram: 0,264 e 11,094 mg/L, que demonstram o impacto produzido nas águas do Arroio, sendo 110 vezes maior que o valor máximo permitido para um rio de Classe II (0,1 mg/L).

Outro coagulante que pode ser utilizado são sais de ferro III nos processos de clarificação da água, neste estudo verificou-se que o impacto produzido por este metal foi menor, pois os valores médios encontrados nos dois pontos foram: 0,094 e 0,57 mg/L. Valor máximo permitido para esta classe de rio é 0,3 mg/L.

Dois parâmetros avaliados foram o cobre e o chumbo, os quais apresentaram valores acima dos limites estabelecidos para rio de Classe II no ponto 1, antes do lançamento do efluente. O lançamento de efluentes e processos agrícolas são fontes de cobre e chumbo lançados no meio ambiente. Obteve-se uma concentração de chumbo antes e após o lançamento de 0,056 mg/L e 0,096 mg/L, respectivamente. Analisando-se a concentração de chumbo antes e após o lançamento, 0,142 mg/L e 0,5688 mg/L, respectivamente, pode-se observar que ambos os pontos apresentam quantidades elevadas. Dessa forma, a quantidade de cobre e chumbo neste rio altera a classificação para um rio de Classe IV.

Os metais que apresentaram características de rio Classe II desde o ponto 1 foram o níquel, zinco e cromo.

Os teores de níquel antes do lançamento de efluente resultou em uma concentração de 0,0108 mg/L, sendo o máximo permitido para um rio de Classe II e II de acordo com o CONAMA 357/05, é de 0,025 mg/L, sendo assim aceitável. Entretanto no ponto após o lançamento obteve-se uma quantidade de 0,0432 mg/L, isso se deve ao fato de o efluente conter 0,0704 mg/L de níquel. O ponto 2 encontra-se acima do limite aceitável, sendo assim esse parâmetro altera a classe do rio para rio de Classe IV.

O zinco é um metal resultante de atividades como a mineração e metalurgia, os quais utilizam grandes quantidades de água. A média da concentração de zinco encontrado no ponto 1 foi de 0,1508 mg/L, e no ponto 2, 0,2246 mg/L. Ocorre o aumento de zinco no segundo ponto devido ao efluente que obteve uma média de 0,383 mg/L. Sendo assim no ponto 2 verifica-se que o efluente impacta o rio e consequentemente altera a classificação do rio para Classe III.

Avaliou-se também a quantidade de cromo encontrado no rio. O ponto 1 obteve valor médio de 0,014 mg/L, e o ponto 2, 0,067 mg/L. Verificou-se também um aumento na quantidade de cromo no ponto após o lançamento devido ao efluente que contém 0,033 mg/L, sendo que o valor aceitável pelo CONAMA 357/05 para um rio de Classe II e III, é de 0,05 mg/L. Sendo assim, o ponto 2 encontra-se fora dos limites aceitáveis, provando que o efluente impacta este parâmetro do Arroio.

A partir dos parâmetros avaliados acima e com a ajuda da ferramenta do Índice de Qualidade das Águas (IQA), que já foi exposto anteriormente na literatura, pode-se determinar a qualidade da água do Arroio e classificá-lo de acordo com os critérios a partir de cálculos estabelecidos. Utilizou-se uma planilha no Excel Microsoft Office para construção de curvas de qualidade com nove parâmetros analisados e então transformou-se os dados em equações.

O cálculo do IQA é realizado utilizando-se o produtório ponderado de nove parâmetros, de acordo com a equação abaixo (ANA, 2017).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Sendo que:

- I. IQA - Índice de Qualidade das Águas, sendo este um número de valor entre 0 e 100;
- II. q_i - qualidade do i -ésimo parâmetro, sendo este um número de valor entre 0 e 100;

- III. w_i - peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, sendo este um número entre 0 e 1, de forma que sua soma resulte em 1.

O cálculo do IQA é baseado em nove parâmetros descritos na tabela 8, que possuem pesos respectivos de acordo com sua importância no impacto na qualidade da água (ANA, 2017).

Tabela 8 - Parâmetros IQA e respectivos pesos.

PARÂMETRO	PESO (w)
OD	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico – pH	0,12
DBO	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

Fonte: ANA (2017).

Após o cálculo é possível determinar-se a qualidade comparando-se os resultados com as faixas de IQA que variam de 0 a 100, como segue na tabela 9.

Tabela 9 - Categorias e ponderação do IQA.

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2013).

De acordo com Racanicchi (2002), a classificação da qualidade das águas segue de acordo com as especificações a seguir:

- I. **Ótima:** faixa de valores de IQA que variam entre 80 e 100. Representam as águas de rios que se mantêm em condições naturais, sem recebimento de efluentes ou sinais de degradação. Ótima qualidade das águas para utilização no abastecimento público, irrigação e manutenção da biota.
- II. **Boa:** faixa de valores de IQA que variam entre 52 e 79. Representam as águas de rios que se mantêm em condições naturais, porém podem sofrer alterações por ações de degradação em certos pontos, porém não deve comprometer a utilização das águas para o abastecimento público, irrigação e manutenção da mesma.
- III. **Aceitável:** faixa de valores de IQA entre 37 e 51. Representam as águas de rios que sofrem constantes ações externas e de degradação, porém estas águas ainda podem ser utilizadas no abastecimento público, após tratamentos físico-químicos e biológicos, na manutenção da biota aquática e cultivo de alimentos.
 - I. **Ruim:** faixa de valores de IQA que variam entre 20 e 36. Representam as águas de rios que são grandemente afetadas por ações externas e de degradação, o que compromete a qualidade das águas e interfere na utilização, sendo utilizada apenas na navegação e geração de energia.
 - II. **Péssima:** faixa de valores de IQA que variam entre 0 e 19. Representam as águas de rios que são grandemente afetados por ações externas e de degradação, o que compromete a qualidade e utilização das águas, sendo possível ser utilizada apenas na navegação e geração de energia.

Calculou-se os valores de IQA com os nove parâmetros discutidos anteriormente, para os dois pontos de amostragem no Arroio Pilão de Pedra, que estão dispostos a seguir na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados obtidos de IQA para pontos 1 e 2.

Data	Coleta	Ponto 1	Qualidade	Ponto 2	Qualidade
28/mar.	1	35,3	RUIM	28,1	RUIM
18/abr.	2	33	RUIM	17,1	PÉSSIMA
09/mai.	3	37,3	ACEITÁVEL	26,9	RUIM
30/mai.	4	42,6	ACEITÁVEL	23,6	RUIM
03/jul.	5	40,7	ACEITÁVEL	26,6	RUIM
	Média	37,8	ACEITÁVEL	24,5	RUIM

Fonte: Os Autores (2017).

Com os dados apresentados na Tabela 10, nota-se que as águas do Arroio Pilão de Pedra no ponto 1, variaram de ruim para aceitável, o que indica que ainda podem ser utilizadas no abastecimento público após tratamentos físico-químicos e biológicos. Essas águas também podem ser destinadas para a produção de alimentos e manutenção da biota aquática, demonstrando que o lançamento de esgoto e lixo desde sua nascente sofre processo natural de autodepuração e atenuação dos afluentes menos impactados. Após o lançamento dos efluentes da ETA no ponto 2, o Arroio adquire uma qualidade que varia de péssima para ruim, servindo apenas para usos de navegação e produção de energia.

Em uma análise geral dos resultados de IQA, nota-se que o ponto 2 é o mais impactado, ou seja, aquele em que as águas estão fortemente comprometidas, mesmo ocorrendo uma melhora dos parâmetros de fósforo total, nitrogênio total e coliformes fecais, ocasionados pela diluição dos mesmos pelo lançamento do efluente da ETA. É importante ressaltar que os valores médios de oxigênio dissolvido, DBO₅, sólidos totais e turbidez encontrados no ponto 2 foram muito significativos, possuindo influência no impacto negativo não só nos dados de IQA mas também na classificação do Arroio.

6 CONCLUSÃO

Os parâmetros analisados no efluente da ETA, de maneira geral estão dentro do limite estipulado pelas legislações estadual e federal, com exceção de DBO, DQO e sólidos sedimentáveis, que impactam o Arroio de maneira significativa.

As condições do Arroio pós lançamento são afetadas para a maioria dos parâmetros analisados, com exceção de fósforo total, nitrogênio total e coliformes fecais, pois o lançamento do efluente dilui os mesmos.

A partir dos resultados obtidos e analisados de acordo com o CONAMA 357/05, pode-se afirmar que o lançamento do lodo proveniente da ETA está mudando a classe do Arroio. Deste modo, nota-se que a ETA não está operando de forma a respeitar a Resolução CONAMA 430/11, onde afirma que o lançamento de efluentes ou outras substâncias não podem conferir mudança de classe ao corpo receptor.

Foram observadas concentrações superiores das principais variáveis ambientais que compõe o Índice de Qualidade das Águas (IQA), revelando que o estado de conservação do Arroio está danificado pela presença do efluente de lodo.

Pode-se concluir também que, devido ao acréscimo na concentração de metais, o lançamento das águas residuárias eleva a toxicidade do Arroio, alterando significativamente a qualidade do mesmo. Observou-se também, por meio das análises físico-químicas, uma alta concentração de alumínio presente no efluente, decorrente da adição de coagulantes no processo de tratamento de 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.

Ao final deste trabalho pode-se concluir que até 2019 a Estação de Tratamento de Água Alagados/Pitangui deve procurar melhores alternativas para destinar o efluente, pois segunda a legislação SEMA 021/09 não será mais permitido o descarte

do mesmo. Desta forma, os gestores da ETA devem ter uma visão geral sobre o impacto do efluente no Arroio Pilão de Pedra, buscando alternativas com princípios de desenvolvimento sustentável e potencial de reaproveitamento.

REFERÊNCIAS

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Leito de drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p.54-62, mar. 2008.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J.S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Goiânia, v. 18, n.2, p. 115-122, abr/jun 2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (2004). **NBR 10.004:2004**. Rio de Janeiro, p. 48.

AHMAD, K.; AZIZULLAH, A.; SHAMA, S.; KHATTAK, M. N. K. Determination of heavy metal contents in water, sediments, and fish tissues of *Shizothorax plagiostomus* in river Panjkora at Lower Dir, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, p. 7357-7366, 2014.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas. Brasília, 2017. Disponível em < <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em 09 de Set. 2017.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association. Washington, DC, 19 ed., 1995.

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

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** American Public Health Association. Washington, DC, 22 ed., 2012.

ARAI, T.; OHJI, M.; HIRATA, T. **Trace metal deposition in teleost fish otolith as an environmental indicator.** Water, Air and Soil Pollution, v. 179, p. 255–263, 2007.

BACCAN, N.; GODINHO, O. E. S.; ALEIXO, L. M.; STEIN, E. **Introdução à Semimicroanálise Qualitativa.** 6ª ed., Ed. UNICAMP, Campinas, 1995.

BAIRD, C. **Química ambiental.** 2. Ed. São Paulo: Bookman, 2002. 622 p.

BARRETO, V. M.; PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L. **CONHECENDO A PAISAGEM – Córrego Pilão de Pedra e Núcleo 31 de Março – Ponta Grossa (PR).** Seminário Internacional “Experiências de agendas 21: os desafios do nosso tempo”. Ponta Grossa – PR, 2009.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; FLORES, E. M. M.; GIROTTO, E. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v.42, n.4, p.653-659, 2012.

BIZARRO, V. G.; MEURER, E. J.; TATSCH, F. R. P. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 247-250, 2008.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRAYNER, F. M. M. **Determinação de taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina e urbana**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998, 103 p.

CARMO, C. A.; ABESSA, D. M. S.; NETO, J. G. M. **Metais em águas, sedimentos e peixes coletados no estuário de São Vicente-SP, Brasil**. O Mundo da Saúde, São Paulo, v. 35, n. 1, 2011, 64-70.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo**. Apêndice A. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/2010/07/23/relatorios-da-cetesb-apontam-tendencias-dos-indices-de-qualidade-ambiental-registradas-em-2009/>>. Acesso em 02 fev. 2017.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade de Águas Interiores do estado de São Paulo. Séries relatórios**. São Paulo, 1997.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade de Águas Interiores do estado de São Paulo. Séries relatórios**. São Paulo, 2005.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade de Águas Interiores do estado de São Paulo. Séries relatórios**. São Paulo, 2009.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.
Relatório de Qualidade de Águas Interiores do estado de São Paulo. Séries relatórios. São Paulo, 2014.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, (2005). **Resolução nº 357**, de 17 de Março de 2005. p. 58-63.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, (2011). **Resolução nº 430**, de 13 de Maio de 2011. p. 9.

COSTA, J. R. **Distribuição de metais em peixes marinhos ao longo do litoral sudeste do Brasil.** 2007. 43 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro de Biotecnologia e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2007.

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.

EMBRAPA. **Organismos Bentônicos:** Biomonitoramento de Qualidade de Águas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. p. 91.

FERREIRA FILHO, S. S.; WAEKENS, B. E. **Minimização da produção de lodo no tratamento de águas de abastecimento mediante uso do cloreto de polialumínio e sua disposição em estações de tratamento de esgotos.** Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, jul/set. 2009, p. 317-326.

FERREIRA, P. C.; PIAI, K. A.; SEGURA-MUÑOZ, S. I.; TAKAYNAGUI, A. M. M. Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. **Revista Latino Americana de Enfermagem**. Universidade Estadual de São Paulo, v. 16, n.1, jan/fev. 2008.

FILHO, E. B.; FIORUCCI, A. R. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos**. Química Nova na Escola, 22, 2005.

FREITAS, E. V. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOULART, D. F.; SILVA, J. P. S. Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1899-1907, 2009.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. Ministério da Saúde. Brasília: Coordenação de Comunicação Social, 2014, p.112.

GEALH, A.M.; MELO, M.S.; MORO, R.S. (Orgs.). **Pitangui, rio de contrastes: seus lugares, seus peixes, sua gente**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2010.

GERVASONI, R. **Caracterização e avaliação do potencial de destinação do lodo de estações de tratamento de água do Estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial), Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014, 142 f.

IKEM, A.; EGIEBOR, N. O.; NYAVOR, K. **Trace elements in water, fish and sediment from Tuskegee Lake, Southeastern USA**. Water, Air, and Soil Pollution, v.149, p. 51-75, 2003.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

LOMBARDI, A. P.; PRETTO, F. M.; ROZA, W. S. S.; SANTOS, Z. R. (2013), “O Processo de urbanização e a degradação ambiental: Programa de regularização de assentamentos precários da bacia hidrográfica do Arroio Pilão de Pedra na cidade de Ponta Grossa – Paraná – Brasil”, In: **Anais do 14º Encuentro de Geógrafos de America Latina – Reencuentro de Saberes Territoriales Latinoamericanos**, Perú.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, p. 912.

MIZOTURI, Ivan S. **Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais em Meios Peri-Urbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto – RJ**. 2009. 181f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MYZERKOWSKI, Byanka D.; ZIMMERMANN, Ciro M.; “**Em busca da Sustentabilidade do Arroio Pilão de Pedra na cidade de Ponta Grossa- Pr**”. In V seminário de Extensão e Inovação. Campo Mourão-PR, 2016.

NÚÑEZ, J. E. V.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PALMIERI, F.; MESQUITA, A. A. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do

solo, sedimentos e água por metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 981-990, 1999.

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.

PAIVA, M. W.; PARREIRA, R. L. T. **Resíduos de estação de tratamento ETA**. In: *Linguagem Acadêmica*, Batatais, v. 2, n. 2, jul./dez. 2012, p. 83-96.

PARANÁ, I. A. **Resolução N° 021/09 – SEMA**. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Curitiba, 2009. Disponível em <
http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_21_2009_LICENCIAMENTO_PADROES_AMBIENTAIS_SANEAMENTO.pdf>. Acessado em 04 de Out. 2017.

PEREIRA, S. L. M. **Características Físicas, Químicas e Microbiológicas do Lodo das Lagos da ETA Gramame**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011.

PROSAB - REDE COOPERATIVA DE PESQUISAS. **Aproveitamento do Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água e Esgotos Sanitários, Inclusive com a Utilização de Técnicas Consorciadas com Resíduos Sólidos Urbanos**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2001, p. 257.

RACANICCHI, R. M. Z. V. **Influência da Implantação de Estação de Tratamento de Esgoto Tipo Lagoas de Estabilização na Recuperação da Qualidade da Água do Córrego Cabeceira da Mula em Santa Fé do Sul - SP.** 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais), UNESP, Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2002.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL-SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés por metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.7, p. 1289-1303, 2000.

RECESA. Transversal: lodo gerado durante o tratamento de água e esgoto. Guia do profissional em treinamento, nível 2. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2008, p. 90.

REIS, E. A.; REIS, I. A. **Análise descritiva de dados: Síntese Numérica.** Relatório Técnico, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas. Ed. 1, jul. 2002.

REIS, E. L. T. **Abordagem sistêmica do sistema de tratamento de água de Registro, São Paulo, com ênfase na avaliação do impacto do descarte de resíduos na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape.** Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). São Paulo, 2006.

REIS, E. L. T.; COTRIM, M.; RODRIGUES, C.; PIRES, M. A. F.; BELTRAME 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. 865/1678- 7064-872, 2007.

RESAG – REDE DE SANEAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA. Água e Saúde. São Paulo, 2013. Disponível em <http://www.resag.org.br/extranet/uploads/PublicacaoArquivo/resag_aguasaude_1403716030790.pdf>. Acessado em 12 de Set. 2017.

RIBEIRO, F. L. M. **Quantificação e caracterização química dos resíduos de ETA de Itabirito – MG.** 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2007.

RODRIGUES, M. L. K.; FORMOSO, M. L. L. **Heavy metals in recent sediments and bottomfish under the influence of tanneries in south Brazil.** Water, Air and Soil Pollution, v. 176, p. 307-327, 2006.

SANEP – SERVIÇO AUTÔNOMO DE SANEAMENTO DE PELOTAS. Tratamento. Pelotas, 2017. Disponível em <<http://server.pelotas.com.br/sanep/tratamento/>>. Acessado em 12 de Set. 2017.

SANTOS, A.; ALONSO, E.; CALLEJÓN, M.; JIMÉNEZ, J. C. **Distribution of Zn, Cd, Pb and Cu metals in groundwater of the Guadiamar river basin.** Water, Air, and Soil Pollution, v. 134, p. 275-286, 2002.

SCALIZE, P. S. **Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto.** 2003. 171 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto: uma avaliação dos níveis de metais pesados.** 2002. 150 f. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2002).

SOARES, L. V.; ACHON, C. L.; MEGDA, C. R. Impactos 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, 2004. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, ICTR, 2004, p. 248-256.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 2^a edição. Belo Horizonte: SEGRAC, 1996. 243 p.

STROMBERG, A. C.; ALMEIDA, M. G. **Comparação entre o IQA e o IQApva na avaliação das águas do Arroio Pilão de Pedra na cidade de Ponta Grossa – PR.** Semana Acadêmica de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

VIEIRA FILHO, J. P. B. **Doenças causadas pelo aumento de metais pesados na água do rio cateté, ferro, cobre, cromo e níquel.** ABRAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NUTROLOGIA, 2015. Disponível em < <http://abran.org.br/wp/wp-content/uploads/2015/07/Relatorio-complementar-Rio-Catete.pdf>>. Acessado em 12 de Set. 2017.

VUITIK, G. A.; MALKOWSKI, B.L.; WIECHETECK, G.K. **Eficiência dos processos de clarificação de água aplicados no sistema de tratamento de Ponta Grossa (PR).** Revista de Engenharia e Tecnologia. Vol. 2, n. 3, p. 77-89, 2010.

VICENTE, Juliano. **Determinação de surfactantes aniônicos em efluentes de postos revendedores de combustíveis da região da Grande Florianópolis.** Trabalho de conclusão de curso, fev. 2004. 27p.

VOGEL, A. I. **Qualitative Inorganic Analysis.** 7^a edição. Harlow: Longman, 1996. 347 p.

ZIMMERMANN, Ciro M. **Rio Tibagi em alerta: conflitos e perspectivas.** Diário dos Campos, Ponta Grossa, 20 jul. 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Compilação dos dados encontrados para o efluente em diferentes datas.

Data	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	N(NH ₃) (mg/L)	S.totais (mg/L)	S.Sed. (mg/L)	Cor	pH	Col.Fec. (NMP/100mL)	Al (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Pb (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Cr (mg/L)
28/03/17	143,5	267	1,0	346	6,5	550	7,31	9400	18,85	0,132	1,99	0,356	0,106	0,237	0,055
18/04/17	161,0	280	0,72	1.613	175	550	7,38	7500	10,50	0,225	1,37	0,405	0,058	0,377	0,032
09/05/17	118	263	6,44	735	60	550	7,17	6000	237,65	0,079	0,575	0,418	0,066	0,581	0,029
30/05/17	110	232	2,86	560	65	550	7,42	8400	191,25	0,105	0,57	0,511	0,058	0,251	0,015
03/07/17	81	143	5,00	305	10	550	7,21	9200	39,6	0,070	1,126	0,481	0,064	0,469	0,033
Média	122,7	237	3,20	711,8	63,3	550	7,30	8100	99,57	0,122	1,13	0,4342	0,0704	0,383	0,033

APÊNDICE B

Parâmetros utilizados para determinar o Índice de Qualidade das Águas para os pontos 1 e 2 comparados com valores da legislação.

Ponto 1	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	P total (mg/L)	NT (mg/L)	S.totais (mg/L)	Turb. (NTU)	pH	Col.Fec. (NMP/100mL)	Temp (°C)	IQA
28/03/17	4,6	5,8	1,25	48,86	46	19,5	6,95	54000	22	35,3
18/04/17	3,6	9,76	0,82	38,62	235	24,5	7,12	93000	21	33,0
09/05/17	3,8	7,3	0,76	15,82	176	22,4	6,64	39000	19	37,7
30/05/17	4,8	5,10	1,04	12,23	180,5	18,7	6,95	26000	20	42,6
03/07/17	4,7	5,4	0,60	13,13	138	29,6	6,85	46000	18	40,76
Média	4,3	6,67	0,89	25,73	155,1	22,9	6,90	51600	20	37,86
Ponto 2	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	P total (mg/L)	NT (mg/L)	S.totais (mg/L)	Turb. (NTU)	pH	Col.Fec. (NMP/100mL)	Temp (°C)	IQA
28/03/17	3,2	18,2	0,67	33,6	190,5	125	7,18	28000	22	28,16
18/04/17	1,7	59,8	0,24	11,97	320	152	7,16	22000	21	17,11
09/05/17	2,8	26,0	0,38	16,95	221	145	7,08	23000	19	26,93
30/05/17	2,2	31,7	0,74	8,45	312	118	7,10	32000	20	23,66
03/07/17	2,6	27,8	0,42	8,37	158	133	7,23	24000	18	26,66
Média	2,5	32,7	0,49	15,87	240,3	134,6	7,15	25800	20	24,5
CONAMA 357/05 – Classe II	Acima de 5,0	Até 5,0	Até 0,05	-	Até 500	Até 100	6,0-9,0	Até 1000	-	-
CONAMA 357/05 – Classe III	Acima de 4,0	Até 10,0	Até 0,15	-	-	-	-	-	-	-

APÊNDICE C

Compilação dos dados encontrados para os Pontos 1 e 2 em diferentes datas comparados com os valores da legislação.

Ponto 1	DQO (mg/L)	N(NH ₃) (mg/L)	NTK (mg/L)	N(NO ₃) (mg/L)	S.Sed. (mg/L)	Cor (mg Pt Co/L)	Cond.	Surf	Al (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Pb (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Cr (mg/L)
28/03/17	16,8	8,0	47,93	0,9	0,0	30	253	1,4	0,425	0,055	0,115	0,112	0,008	0,118	0,017
18/04/17	23,0	9,3	37,92	0,7	0,0	30	259	2,1	0,05	0,078	0,26	0,111	0,009	0,087	0,005
09/05/17	19,8	10,03	15,02	0,8	0,0	40	233	0,8	0,529	0,043	0,006	0,140	0,005	0,352	0,009
30/05/17	12,5	7,81	10,73	1,5	0,0	50	237	1,2	0,08	0,079	0,003	0,190	0,009	0,107	0,013
03/07/17	17,0	7,87	11,43	1,7	0,0	90	220	0,7	0,235	0,025	0,086	0,157	0,023	0,090	0,027
Média	17,82	8,60	24,60	1,12	0,0	48	240,4	1,24	0,264	0,056	0,094	0,142	0,0108	0,1508	0,014
Ponto 2	DQO (mg/L)	N(NH ₃) (mg/L)	NTK (mg/L)	N(NO ₃) (mg/L)	S.Sed. (mg/L)	Cor	Cond.	Surf	Al (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Pb (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)	Cr (mg/L)
28/03/17	54	6,0	32,90	0,7	15	230	189	0,5	4,91	0,108	1,54	0,248	0,055	0,194	0,091
18/04/17	122	1,43	11,47	0,5	30	350	90	0,5	2,74	0,092	0,615	0,196	0,039	0,149	0,057
09/05/17	57	12,16	16,45	0,5	8,0	340	175	0,5	16,32	0,063	0,064	0,307	0,032	0,495	0,066
30/05/17	66,6	4,29	7,15	1,3	13	430	171	1,0	9,65	0,149	0,078	1,768	0,044	0,120	0,077
03/07/17	59,6	6,43	7,87	0,5	1,5	500	172	0,5	21,85	0,067	0,58	0,325	0,046	0,165	0,044
Média	71,84	6,06	15,17	0,7	16,2	370	159,4	0,6	11,094	0,096	0,57	0,5688	0,0432	0,2246	0,067
CONAMA 357/05 – Classe II	-	Até 3,7	-	Até 10,0	-	Até 75	-	Até 0,5	Até 0,1	Até 0,009	Até 0,5	Até 0,01	Até 0,025	Até 0,018	Até 0,05
CONAMA 357/05 – Classe III	-	Até 13,3	-	Até 10,0	-	-	-	-	Até 0,2	Até 0,013	Até 3,0	Até 0,033	Até 0,025	Até 5,0	Até 0,05