



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



STEPHANYE THAYANNE DA SILVA

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA INDÚSTRIA
METALOMECÂNICA: ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Francisco Beltrão

2018

STEPHANYE THAYANNE DA SILVA

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA INDÚSTRIA
METALOMECÂNICA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão.

Orientador: Prof. Dr. Adir Silvério Cembranel

Francisco Beltrão

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

Impactos ambientais de uma indústria metalomecânica

por

Stephanye Thyanne da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 10:20 horas, do dia 18 de junho de 2018, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

Adir Silvério Cembranel

(Presidente da Banca)

Michelle Milanez França

(Membro da Banca)

Hernan Vielmo

(Membro da Banca)

Denise Andréia Szymczak

(Professora responsável pelo TCC e Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental)

"O Termo de Aprovação encontra-se assinado na coordenação do curso"

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente em minha vida, por dar-me força de sempre lutar e conquistar aquilo que almejo.

Aos meus pais, Elisabete de Souza Padilha e Jovanil Rodrigues da Silva que sempre acreditaram no meu potencial e me apoiaram na realização dos meus sonhos com amor e paciência.

Ao meu irmão Guilherme da Silva e vó Vanir Padilha que estiveram presentes em todos os momentos, incentivando e prestando amor e carinho.

Ao meu namorado Marcos Flâmia pela total dedicação nas correções do TCC e apoio técnico prestado desde o início, além de toda compreensão, amor e cumplicidade ao longo dos 5 anos de graduação.

Às minhas amigas da faculdade que fizeram parte de todos os momentos, que deixaram os dias difíceis longe da família mais leves. Obrigada pelo apoio nos estudos e principalmente pelo apoio emocional.

Ao meu amigo e professor orientador Adir Silvério Cembranel, por todo o conhecimento repassado nessa pesquisa, além dos conselhos profissionais que foram de extrema importância durante o período de estágio.

Às professoras da banca Michelle Milanez França e Ticiane Sauer Pokrywiecki pelas sugestões e contribuições nesse trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná por me proporcionar a realização de um sonho, que é a formação nesse curso.

Ao geólogo Custódio Crippa que me indicou literaturas e apoiou tecnicamente essa pesquisa.

À minha supervisora de estágio Flávia Cechinel Nunes que abdicou seu tempo e conhecimento. Agradeço também pela confiança e carinho dado ao longo do estágio e na elaboração desse trabalho.

Agradecer a empresa que disponibilizou o local de estudo, bem como, apoio para elaboração dessa pesquisa.

*“Sem sonhos a vida não tem brilho.
Sem metas, os sonhos não têm alicerces.
Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. ”*

(Augusto Cury)

RESUMO

SILVA, Stephanye Thyanne. **Impactos ambientais de uma indústria metalomecânica: estudo de caso**. 2018. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

O presente trabalho teve como objetivo identificar as possíveis fontes de contaminação por Ferro e Manganês da água subterrânea utilizada em indústria do setor metalomecânico, bem como a caracterização do efluente líquido e a avaliação do sistema de tratamento de efluente. Além da proposição de indicações ao sistema de tratamento existente. Na identificação das possíveis fontes de contaminação da água subterrânea e na avaliação do sistema de tratamento de efluentes foram realizadas análises físico-químicas da água e do efluente. Entre os meses de dezembro de 2017 e abril de 2018, foram realizadas coletas de amostras de água e efluente, em três pontos de coleta, totalizando 15 amostras. Foram analisados os parâmetros: pH, cor aparente, turbidez, manganês total e ferro total, DBO, DQO, óleos e graxas, sólidos sedimentáveis, fenóis e substâncias tensoativas. A investigação indicou como possíveis fontes de contaminação da água subterrânea uma fissura no revestimento do poço artesiano, além da existência de um depósito de resíduos sólidos inadequado. A avaliação do sistema de tratamento de efluentes, caracterizado como Separação de Água e Óleo, indicou que o sistema é ineficiente, o efluente tratado não atende aos critérios de lançamento estabelecidos na legislação. A sugestão de adequação é a substituição por sistema de tratamento existente por um processo de tratamento físico-químico seguido de tratamento biológico.

Palavras-chave: Efluente industrial. Água Subterrânea. Contaminação antrópica.

ABSTRACT

SILVA, Stephanye Thayanne. Environmental impacts of a metal-mechanical industry: a case study. 2018. 49 f. Course Completion Work (Bachelor of Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

The present work had as objective to identify the possible sources of contamination by Iron and Manganese of groundwater used in industry of the metalomechanical sector, as well as the characterization of the liquid effluent and the evaluation of the effluent treatment system. In addition to proposing indications to the existing treatment system. In the identification of possible sources of groundwater contamination and in the evaluation of the effluent treatment system, physical and chemical analyzes of water and effluent were carried out. Between December 2017 and April 2018, samples of water and effluent were collected at three sampling points, totaling 15 samples. The parameters were analyzed: pH, apparent color, turbidity, total manganese and total iron, BOD, COD, oils and greases, sedimentable solids, phenols and surfactants. The investigation indicated as possible sources of groundwater contamination a fracture in the artesian well lining, in addition to the existence of an inadequate solid waste deposit. The evaluation of the effluent treatment system, characterized as Water and Oil Separation, indicated that the system is inefficient, the treated effluent does not meet the launch criteria established in the legislation. The suggestion of adequacy is the substitution by existing treatment system for a physical-chemical treatment process followed by biological treatment.

Keywords: Industrial effluent. Subterranean water. Anthropogenic contamination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas de aquíferos existentes na região Oeste de Santa Catarina.	15
Figura 2 Área de abrangência do Rio do Peixe no estado de SC.	23
Figura 3 - Esquemático da coleta de amostras na área de estudo.	26
Figura 4 - Preparação do polímero via Jar-Test.	28
Figura 5 - Saturador utilizado nos testes de bancada.	28
Figura 6 - Área de localização do poço em conjunto com área do DIR.	31
Figura 7 - Resíduos armazenados de forma inadequada próximo ao poço artesiano.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados das análises físico-químicas mensais da água subterrânea..	29
Tabela 2 – Comparação do poço em investigação com poços da região.	30
Tabela 3 - Resultados das análises realizadas na entrada e saída do SSAO.	34
Tabela 4 - Eficiência da DBO nos 5 meses de coleta e pesquisa.	35
Tabela 5 - Dosagens dos químicos no teste de coagulação/flotação.....	37
Tabela 6 - Resultados de comparação dos testes de bancada realizados com dois coagulantes.....	38
Tabela 7 - Dados da vazão de entrada do SSAO da indústria.....	39

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	11
2.OBJETIVOS	13
2.1.OBJETIVO GERAL	13
2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3.REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1.ÁGUA SUBTERRÂNEA	14
3.2.CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	16
3.2.1.NATURAL.....	16
3.2.2.ANTRÓPICA	17
3.3.EFLUENTE INDÚSTRIA METALOMECÂNICA.....	18
3.4.TRATAMENTOS DE EFLUENTES EM INDÚSTRIAS METALOMECÂNICA.....	19
3.5.LEGISLAÇÕES	21
4.MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1.CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DA EMPRESA	23
4.2.CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	24
4.3.CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EFLUENTE E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO.....	25
4.4.PROPOSTAS DE ADEQUAÇÃO NO SISTEMA DE TRATAMENTO.....	27
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1.ÁGUA SUBTERRÂNEA	29
5.2.SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	33
5.3.ADEQUAÇÕES NO TRATAMENTO	37
6.CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXO 1.....	49

1. INTRODUÇÃO

A água é fonte primordial de vida, sua importância é discutida mundialmente por governos, pesquisadores e cientistas, que buscam alternativas para uso sustentável deste recurso. Pesquisadores afirmam, que no futuro, a disponibilidade de água de consumo passará por uma crise semelhante à do petróleo, que ocorreu em 1973 (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2009).

Os fenômenos naturais e as atividades antrópicas interferem diretamente a qualidade da água. No entanto, os maiores impactos estão associados ao uso e ocupação do solo por atividades humanas (SPERLING, 2005). Desta forma, quanto mais intensa a utilização do ambiente, mais complexa sua recuperação. A água é um dos recursos naturais com maior suscetibilidade a degradação e as atividades industriais possuem elevado potencial de contaminação dos recursos hídricos, especialmente por meio do lançamento de efluentes líquidos de forma inadequada (DEZOTTI, 2008).

A contaminação das águas subterrâneas está diretamente relacionada ao uso e ocupação do solo. São possíveis fontes de contaminação: necrochorume; percolação de efluentes sanitários e industriais; agrotóxicos; disposição inadequada de resíduos sólidos industriais entre outros (FRANCO et al., 2015).

A alta presença de Fe e Mn nas águas subterrâneas pode ter origem geológica. No entanto, a falta de saneamento básico contribui significativamente na elevação destes índices. Outra fonte de entrada de Fe e Mn são os poços artesianos, por meio da própria estrutura do poço, o revestimento, o conjunto moto bomba e as tubulações (CARVALHO, 2004).

Efluente industrial é o despejo líquido resultante de um determinado processo produtivo. As características do efluente variam de acordo com tipologia da indústria, que influencia diretamente na sua composição, volume e concentração (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2009).

Os efluentes industriais geralmente são constituídos de compostos orgânicos e inorgânicos, além de metais pesados, porém, quando o tratamento é realizado de forma adequada e eficaz é possível encaminha-las aos corpos hídricos sem provocar deterioração do ambiente (ARCHELA et al., 2003).

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi identificar as fontes de contaminação da água subterrânea utilizada na indústria do setor metalomecânico, localizada na região Oeste do Estado de Santa Catarina, bem como caracterizar o efluente líquido e avaliar a eficiência do sistema de tratamento, indicando possíveis adequações.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar os impactos ambientais de uma indústria metalomecânica através da identificação das possíveis fontes de contaminação da água subterrânea utilizada pela indústria, localizada na região Oeste do Estado de Santa Catarina.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar a caracterização físico-química da água subterrânea utilizada no processo industrial, bem como identificar as possíveis origens que justifiquem os elevados índices de ferro (Fe) e manganês (Mn) na água;

Avaliar a eficiência do tratamento de efluente existente, por meio da caracterização físico-química do efluente considerando os parâmetros pH, DQO, DBO, óleos e graxas, sólidos sedimentáveis, fenóis, manganês total, ferro total e substâncias tensoativas do efluente líquido industrial, considerando os índices exigidos nas legislações;

Propor adequações no sistema de tratamento de efluente buscando o atendimento aos critérios de lançamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ÁGUA SUBTERRÂNEA

A exploração de águas superficiais ocorreu de maneira acelerada em todo país e, considerando o grande aumento do uso de químicos no solo, aumento e domínio das indústrias e o crescimento populacional, fez com que as águas superficiais perdessem sua qualidade, devido a essas formas de degradação. Sendo assim, a região do Oeste Catarinense, também passou por este processo e, conseqüentemente surgiu a necessidade da exploração das águas subterrâneas. Os governos federais e estaduais influenciaram a exploração por meio de programas de perfuração de poços, com isso, grande parte do desenvolvimento econômico e social do Estado se deve a utilização das águas subterrâneas. No entanto, seu uso é restrito por falta de conhecimentos técnicos e, não é dada atenção ao uso sustentável (FREITAS, CAYE e MACHADO, 2003; FACHIN, 2005).

A preferência por águas subterrâneas em substituição às águas superficiais, se dá por diversas características: são menos suscetíveis a flutuações sazonais e secas prolongadas; fornece armazenamento natural sem a necessidade do uso de represamento; custo de condução reduzido quando a fonte está perto da demanda; a filtração da água ocorre através dos materiais geológicos; além de visualmente mais agradáveis são menos favoráveis a ocorrência de contaminação (MACKENZIE, 2017).

Outra vantagem da captação em águas subterrâneas é devido ao rápido aproveitamento por não existir perda por evaporação (CARVALHO, 2004).

Os aquíferos podem ser classificados de acordo com a pressão da água: livres ou freáticos, e artesianos ou confinados, ou ainda, conforme a geologia dos aquíferos: porosos, fraturados ou fissurados e cársticos (BOSCOV, 2008).

Na utilização de água subterrânea alguns dados físicos da bacia hidrográfica devem ser considerados, como: aspectos geológicos: precipitação pluviométrica, escoamento; variações climáticas; temperatura e evaporação. Esses fatores são considerados interferentes na qualidade das águas (SPERLING, 2005).

No ano de 2001 foi elaborado um diagnóstico dos recursos subterrâneos do Oeste de Santa Catarina, com base nas caracterizações hidrogeológicas. As categorias de aquíferos foram determinadas a partir dos tipos de rochas e estruturas encontradas na região, essas categorias são: aquíferos porosos – a porosidade

determina como ocorre o armazenamento e o comportamento da circulação da água; aquíferos fraturados – armazenamento e circulação da água está relacionado com às juntas e fraturas que ocorrem no interior do aquífero (FREITAS, CAYE e MACHADO, 2003).

De acordo com Santos e Oliveira (2013) na exploração de águas subterrâneas, principalmente aquelas realizadas através de poços tubulares, são necessários: concessões de outorga de uso da água correlacionada com os mapas de vulnerabilidade geológica de cada região, zoneamento dos perímetros de proteção dos poços, sejam eles antigos ou novos e considerar também a localização das fontes de contaminação potencial.

Com maior ocorrência na região Oeste Catarinense, os aquíferos fraturados podem ser denominados também como aquíferos Serra Geral e as suas propriedades lhe proporcionam interesses sociais e econômicos. Ocorrem nessas áreas predominância de rochas sedimentares e tem como característica o confinamento dos aquíferos através dos derrames basálticos. Este confinamento é consequência da cobertura por rochas de solidificações de lavas basálticas da formação Serra Geral, característica predominante nos aquíferos da região. A Figura 1 demonstra os sistemas aquíferos existentes na região Oeste (FREITAS, CAYE e MACHADO, 2003).

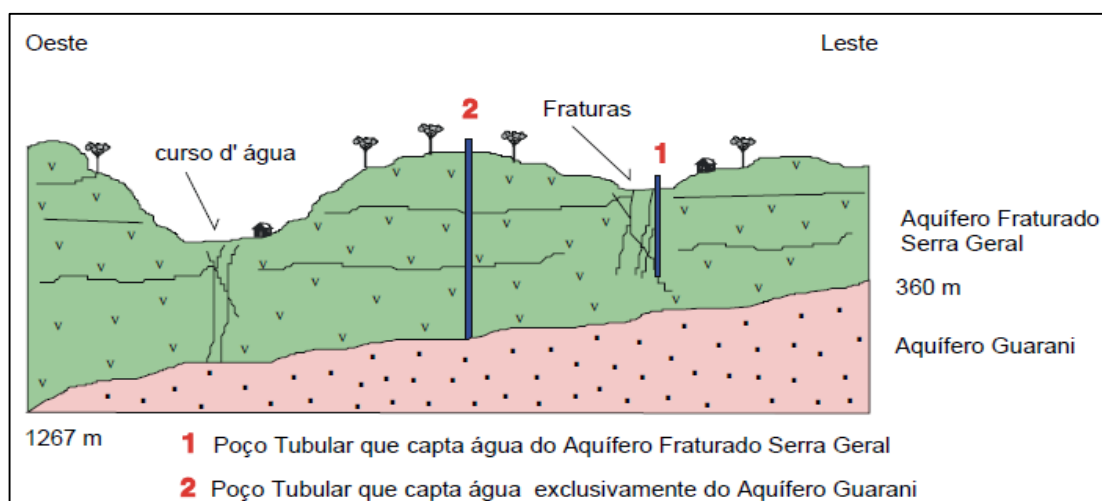


Figura 1 - Sistemas de aquíferos existentes na região Oeste de Santa Catarina.

Fonte: FREITAS, CAYE e MACHADO, 2003.

3.2. CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

3.2.1. NATURAL

Algumas águas subterrâneas se encontram naturalmente salgadas e ácidas, que inviabiliza seu uso para consumo humano além disso, também ocorrem excessos de íons de sódios, sulfetos e ferro, restringindo ainda mais seu uso (BAIRD e CANN, 2011).

O solo brasileiro apresenta uma grande quantidade de minerais em sua geologia, entre eles está o ferro e manganês (CARVALHO, 2004). Para Mackenzie (2017), a origem de ferro, mesmo que em pequenas quantidades, está relacionado com a alta quantidade de ferro disponível nos materiais geológicos. Nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a composição dos solos é basicamente de basalto, termo científico que indica alto teor de ferro e magnésio e baixo teor de sílica. Na fase de decomposição dos minerais metálicos, aqueles que contém ferro e magnésio tem como consequência a infiltração dos íons de ferro trivalente na rocha por meio das águas subterrâneas (MOTOKI et al., 2004).

No solo, o manganês está disposto nas estruturas de alguns minerais e também como complexos associados à matéria orgânica (NASCIMENTO, HYPOLITO e RIBEIRO, 2006). O ferro (Fe) associado ao manganês (Mn), caracteriza-se por água com sabor amargo, coloração amarelada e turva, elevando os índices de turbidez (RICHTER; AZEVEDO, 1991).

Segundo Sperling (2005) a qualidade das águas subterrâneas é afetada pela infiltração do solo, juntamente com o escoamento superficial sendo assim, no contato com a água se tem a incorporação de sólidos em suspensão ou dissolvidos, e esse contato independe da condição de preservação natural da fonte. Tendo-se uma grande influência da cobertura e composição do solo.

Especificamente os aspectos físico-químicos das águas encontradas nos aquíferos fraturados da região Oeste de Santa Catarina, são, geralmente, consideradas de boa qualidade (FREITAS, CAYE e MACHADO, 2003).

3.2.2. ANTRÓPICA

As origens da poluição antrópica estão associadas a fonte, como: processo intensificado da urbanização, atividades agrícolas, área de mineração e pelo acentuado desenvolvimento industrial (FACHIN, 2005).

Freitas e Almeida (1998) comentam que as principais fontes de contaminação antropogênicas de águas subterrâneas estão associadas a despejos de efluentes domésticos, industriais, agrícolas, chorume oriundo de aterros de resíduos, ou ainda, influenciadas pelos processos químicos que ocorrem de dissolução ou hidrólise no interior do aquífero. Aumentando assim as cargas residuais nas fontes de abastecimento.

No estudo de Menezes et al., (2009) nas análises realizadas nas águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos localizado na região noroeste do estado do Rio de Janeiro, foram encontradas inconformidades nos parâmetros de alumínio dissolvido, boro total, ferro dissolvido, manganês total, nitratos, pH, OD e DBO. Na investigação dos índices, concluiu-se que os elevados índices de manganês, tem como origem alta quantidade de resíduos de fertilizantes e fungicidas utilizado na área, ou seja, relação intrínseca com a agricultura regional. Incluindo nessa perspectiva o ferro, que é constituinte chave em diversos agrotóxicos comerciais.

Semelhante a isso, a região Oeste de Santa Catarina também desenvolve atividades, como criação de suínos, resultando numa alta quantidade de dejetos expostos ao ambiente, a fertilização das lavouras em massa e o uso de agrotóxicos é imprescindível na agricultura local. Mas nem por isso as águas subterrâneas devem ser conceituadas como substituta das águas superficiais já contaminadas e fora de uso, mas sim como um complemento de equilíbrio ambiental (FREITAS, CAYE e MACHADO, 2003).

Ações para controle e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes são executadas pelo MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em conjunto com a SFA/SC – Superintendência Federal da Agricultura em Santa Catarina (SFA/SC, 2007).

As atividades agropecuárias, execução de obras de engenharia e degradação dos solos e cobertura vegetal tendem a alterar as condições naturais das áreas,

comprometendo assim, a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica (FRANCO et al., 2015).

Na maioria das vezes, as contaminações das águas subterrâneas ocorrem por meio de poços abandonados e mau revestidos. No entanto a identificação deste tipo de contaminação é considerada de difícil reconhecimento (FREITAS, CAYE e MACHADO, 2003).

A existência de fossas sépticas aumenta significativamente as fontes de nitrato, bactérias, detergentes, vírus e produtos de limpeza para as águas subterrâneas (BAIRD e CANN, 2011). Os detergentes, chamados também de substâncias tensoativas são altamente resistentes a deterioração, assim, permanece no meio por um tempo indefinido, representando uma alta taxa de degradação ao meio ambiente, colocando em risco os organismos aquáticos (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2009).

Os processos de contaminação no solo ocorrem lentamente, as consequências são identificadas após longo período de tempo, no entanto, não podem ser desconsideradas, pois, afetam as águas subterrâneas por meio da movimentação dos poluentes pelo solo e rochas permeáveis (BOSCOV, 2008).

3.3. EFLUENTE INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

A maioria dos processos produtivos industriais são geradores de resíduos, sólidos, líquidos e gasosos, comumente nocivos ao meio ambiente e a saúde humana (FREIRE et al., 2000).

Segundo a NBR 9800 da ABNT, os efluentes líquidos industriais são considerados despejos líquidos resultantes dos estabelecimentos industriais, podendo ser efluentes do processo industrial, águas pluviais poluídas, esgoto doméstico ou até mesmo águas de refrigeração contaminadas (BRASIL, 1987).

A rede de efluentes industriais é considerada uma fonte de poluição pontual, resultado de descargas diretas para os corpos d'água. A emissão pode ser contínua quando o lançamento é constante ou, intermitente quando o despejo ocorre de forma fracionada (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2009).

As indústrias metalomecânicas têm como principal agente poluidor, os fluidos de corte incluídos nos processos de usinagem e este resíduo se torna especial no

quesito de gerenciamento ambiental empresarial (QUEISSADA, SILVA e PAIVA, 2011; VIEIRA et al., 2012).

A atividade galvânica tem como objetivo recobrir as superfícies metálicas com diversos metais, aumentando assim a resistência a corrosão da peça. Porém, os processamentos dessas superfícies metálicas em contato com as soluções aquosas geram efluentes líquidos ricos em metais pesados dissolvidos, dificultando a etapa de tratamento e pondo em risco a qualidade do corpo receptor (NETO et al., 2008).

Quando comparados quantitativamente aos resíduos sólidos urbanos, o lodo galvânico não é considerado um poluente de significativo impacto, no entanto, qualitativamente representa um forte risco ambiental (NEUMANN, 2016). Outra fonte de contaminação neste segmento industrial é a limpeza de tubulações, tanques e pisos, que dão origem a potenciais cargas poluidoras (MARTFELD, 2012).

O lançamento indevido de efluentes industriais de diferentes fontes ocasiona modificações nas características do solo e da água, podendo poluir ou contaminar o meio ambiente. A poluição ocorre quando esses efluentes modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico. A contaminação ocorre quando existe ameaça à saúde de humana, de plantas e animais. E com o cenário atual de preocupação mundial ambiental, as indústrias metalomecânicas necessitam adequar os processos visando a diminuição de rejeitos, principalmente os resíduos gerados ao final da vida útil dos fluidos de corte (VIEIRA et al., 2012).

É considerado imprescindível tratar também os esgotos sanitários gerados na própria indústria, evitando-se assim a sobrecarga no sistema público. Com isso, cada indústria deve controlar totalmente a sua carga poluidora (GANDHI 2004).

3.4. TRATAMENTOS DE EFLUENTES EM INDÚSTRIAS METALOMECÂNICA

O aumento de novas alternativas tecnológicas para o tratamento de efluentes tem se principalmente pelo interesse no reaproveitamento e reuso do efluente tratado para suprir a necessidade de água em alguns processos industriais, solucionando a problemática dos despejos industriais (MARCHETI, 2013).

É importante considerar que a água utilizada nos processos produtivos influencia diretamente no custo do produto, que normalmente é repassado ao consumidor. Com isso o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento e no

reuso da água estão fortemente ligados com as questões ambientais e econômicas (MONTEIRO, 2006).

Gandhi (2004) diz que antes mesmo de determinar qual o melhor tratamento a ser feito para o efluente líquido, é necessário otimizar o processo industrial, daí a importância de uma melhor caracterização dos processos da indústria.

Segundo Vieira et al., (2012) independentemente da solução que seja adotada para o lançamento dos resíduos industriais é de extrema importância que a empresa determine métodos de acondicionamento desses materiais residuais, além do sistema de tratamento.

Martfeld (2012) relata que para o atendimento da legislação ambiental em relação ao programa de monitoramento das estações de tratamento, os parâmetros de caracterização do efluente devem ser representativos em relação a carga poluidora, servindo assim como definição do tratamento e dimensionamento da estação.

Segundo Dezotti (2008) deve-se evitar analisar todos os constituintes das análises qualitativas e quantitativas de efluentes líquidos. Normalmente esses efluentes são constituídos por misturas complexas, gerando caracterizações longas e de alto custo. Tendo essa limitação, pondera-se apenas aquelas composições que se comportam como agente poluidor e se apresentam de diversas formas no despejo final.

O tratamento físico-químico, tem como objetivo a clarificação de despejos e a retirada parcial de carga orgânica (DBO), este tratamento comumente antecede a tratamento biológico e remoção dos metais pesados (CAVALCANTI, 2016).

Além da composição do efluente, a vazão é também de extrema importância pois, possibilita a determinação das cargas de poluição e contaminação. Desta forma é possível determinar o tratamento, que atenda ao enquadramento da legislação ambiental, tendo em vista a capacidade de autodepuração do corpo receptor desse efluente após tratamento (VIEIRA et al., 2012).

Nunes (2012) recomenda que na remoção dos poluentes inorgânicos, óleos e graxas, metais pesados, sólidos sedimentáveis, cor, sólidos em suspensão e matérias orgânicas não biodegradáveis sejam utilizados processos físico-químicos.

Considerado um processo físico-químico, o uso de flotores está relacionado principalmente pela alta taxa de remoção dos sólidos totais e turbidez presente em

efluentes industriais. Além de remoção significativa em DQO – Demanda química de oxigênio (MARCHETTI, 2013).

A metodologia FAD – Flotação por Ar Dissolvido, consiste na inserção de microbolhas de ar no efluente, geradas em uma câmara de saturação. Uma vez injetadas no efluente incorporam no interior dos flocos, promovendo o aumento da densidade que tentem a elevar a superfície, facilitando a remoção. O lodo é gerado em menor escala, porém com alta concentração (VALCORTE, 2014).

Considerando que a agregação das partículas aumenta a colisão bolha-partícula, é comum a adição de coagulantes e floculantes, para aumentar a eficiência de separação. Pois, ocorre a cinética de flotação e aumenta a eficiência da utilização do ar (ROSA, 2002).

Segundo Cavalcanti (2016) a adição de coagulantes e floculantes são considerados processos físico-químicos convencionais que tem como objetivo a aglutinação das partículas em suspensão existentes no efluente. Nesse processo alguns poluentes contidos na fase líquida tendem a serem transferidos para a fase sólida, facilitando-se assim a remoção de cargas orgânicas e sólidos suspensos.

O pH é um fator limitante para o uso de coagulantes, e cada elemento se caracteriza com uma faixa para melhor realizar a coagulação dos sólidos em suspensão. O sulfato de Alumínio exige um pH entre 5 e 8, caso seja utilizado cloreto férrico pH exigido é entre 5 e 11. Considerando-se pela melhor faixa de pH, o cloreto férrico é o mais utilizado industrialmente (NUNES, 2012).

3.5. LEGISLAÇÕES

Para Tocchetto (2005), as legislações específicas das emissões industriais, começaram a entrar em vigor a partir da década de 1980. Na busca de melhorias nos processos de produção e de sistemas produtivos mais limpos é necessário que as empresas busquem o completo atendimento as legislações vigentes (VIEIRA et al., 2012).

Nas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, estão previstas as classificações dos corpos de água, as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos. (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Segundo a Portaria estadual de Santa Catarina, nº 24 de 1979, o Rio do Peixe, corpo hídrico receptor do efluente líquido tratado da empresa, se enquadra na Classe 2 na classificação dos corpos d'água da Resolução CONAMA 357/2005. Diante dessa classificação, as águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento e à proteção das comunidades aquáticas (SANTA CATARINA, 1979; BRASIL, 2005).

A lei nº 14.675 de 2009, estabelece o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina, a Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (FATMA), realiza a inspeção nas indústrias e exige análises dos efluentes com resultados dentro dos padrões pré-estabelecidos pelas leis estaduais e federais (SANTA CATARINA, 2009).

Quando não apresentarem conformidade, a empresa deve oferecer soluções de melhoria na qualidade do despejo final. E essa mesma lei cobra através da licença ambiental de operação da indústria os seguintes parâmetros: fenóis, óleos e graxas, pH, DBO, DQO e sólidos sedimentáveis (SANTA CATARINA, 2009).

Com a Portaria nº 2.914 de 2011, tem se os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Já pontualmente em relação as águas subterrâneas, a Resolução nº 92 de 2008 estabelece os critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro (BRASIL, 2011; BRASIL, 2008).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DA EMPRESA

A pesquisa ocorreu em uma indústria do setor metalomecânico, inserida na microbacia do Rio do Peixe, localizado no Oeste do Estado de Santa Catarina (Figura 2). O rio do Peixe é o corpo receptor do efluente da indústria, possui uma média de vazão de 110 m³/s, a bacia é contribuinte da Bacia do Rio Uruguai (TREVISOL; SCHEIBE 2011). Segundo a Portaria nº 24 do estado de Santa Catarina o rio se enquadra como Classe 2, baseado nas diretrizes e definições da Resolução CONAMA 357/2005 (SANTA CATARINA, 1979; BRASIL, 2005). As características do efluente devem estar vinculadas à qualidade do corpo receptor, desta forma, é necessária a classificação do rio como critério de tratamento.

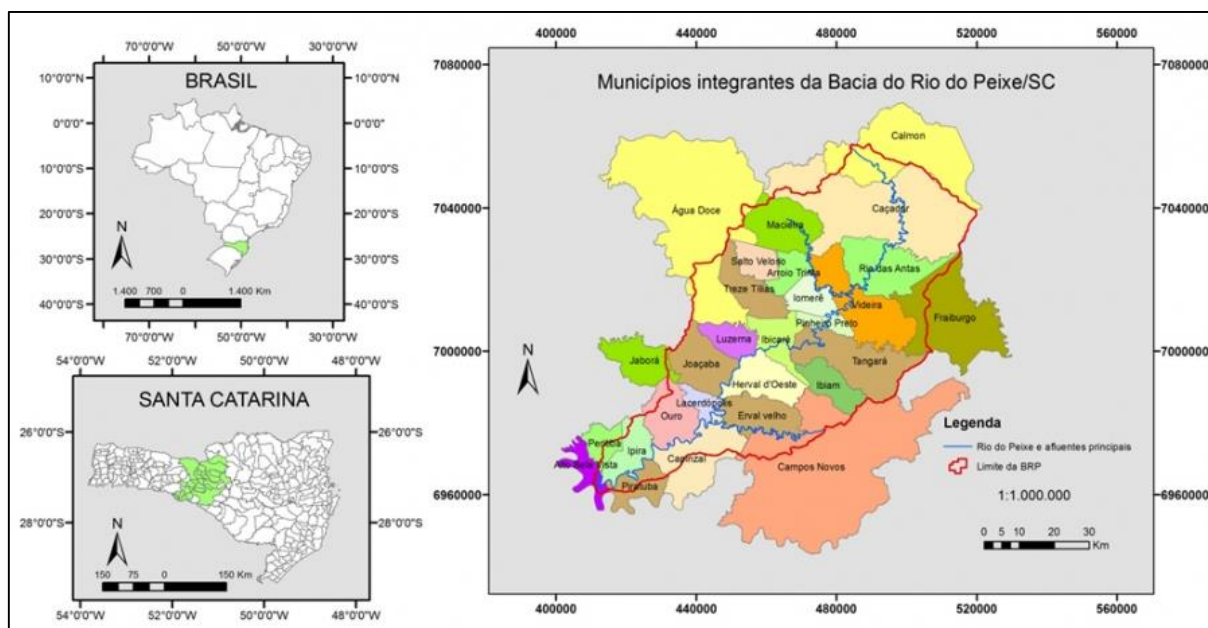


Figura 2 Área de abrangência do Rio do Peixe no estado de SC.

Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.

A microrregião do Rio do Peixe possui temperaturas média do mês mais quente inferior a 22°C, sendo assim é caracterizado pela classificação Koeppen Cfa – clima subtropical úmido com verões quentes já a classificação de Thorthwaite o estado é dotado de clima mesotérmico, com precipitações distribuídas durante o ano todo (EMBRAPA, 2004).

A região está localizada numa zona de transição climática, com clima subtropical para tropical. Com isso, as massas de ar quente provindas da região central da América do Sul se encontram com as massas de ar frio de origem polar sul, resultando em chuvas frontais, com maior ocorrência no verão. O relevo da região possui variação de altitudes significativas, variando de 200 a 1400 metros, favorecendo o aparecimento de chuvas orográficas e convectivas regionais (FREITAS, CAYE e MACHADO, 2003).

A precipitação do estado de Santa Catarina é considerada bem distribuída anualmente devido as características do relevo e atuações de Massa de ar Polar Atlântica e da Massa Tropical Atlântica, dando-se assim pouca ocorrência de estação seca (SANTA CATARINA, 1996).

O poço está localizado no pátio da empresa, é do tipo confinado e fraturado, tem como referência o planalto de Campos Novos. O solo da região caracteriza-se como Latossolo/Roxo, Cambissolo, Terra Bruna Estruturada e Latossolo Bruno, com horizonte superficial húmico ou proeminente (EMBRAPA, 2013).

Segundo a Instrução Normativa nº 04/2004 da FATMA, a empresa tem como atividades principais a fabricação de máquinas, aparelhos, peças e acessórios com tratamento térmico e/ou galvanotécnico (galvanização) e/ou fundição e/ou pintura. E como atividades secundárias serviços de usinagem, solda e reparação de máquinas ou manutenção de equipamentos com pinturas (SANTA CATARINA, 2014).

Atualmente o único sistema de tratamento de efluente na indústria é o SSAO (sistema de separação simples de água e óleo), não existe outro sistema, como por exemplo, não há complementos com tratamentos físico-químicos nem tratamentos biológicos.

4.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Na caracterização físico-química da água subterrânea foram realizadas cinco coletas mensais de amostras de 2 litros cada, na saída do poço. As coletas ocorreram nos meses de dezembro de 2017 a abril de 2018. As análises foram enviadas ao laboratório e comparadas com a Portaria Federal nº 2.914/01, que dispõe acerca dos padrões de potabilidade da água.

Os ensaios foram realizados pela empresa Terranálises – Laboratório de Análises Ambientais, acerca dos parâmetros: cor aparente, pH, turbidez, ferro total e manganês total, através do método analítico Standard Methods (APHA, 2012).

Considerando os elevados índices de Fe e Mn identificados em análises de potabilidade da água do poço, realizadas no passado, constituiu-se a necessidade de conhecer as razões destes elevados índices. Uma vez que o poço foi perfurado com o objetivo de a água ser utilizada para consumo humano, possibilidade descartada em virtude dos elevados índices de Fe e Mn.

A primeira etapa da investigação foi a inspeção em todo perfil de escavação do poço, realizado por meio de câmeras de vídeo. O diagnóstico foi realizado pela empresa Água Azul Poços Artesianos que, realiza a perfuração e monitoramento de poços da região.

Na segunda etapa, as análises físico-químicas da água do poço foram comparadas com outros dois poços localizados numa distância que varia de 3 a 5 km do poço em estudo, sendo eles constituintes da mesma bacia hidrográfica. Os parâmetros confrontados foram: pH, cor aparente, turbidez, manganês total e ferro total. Os índices da água dos poços utilizados na comparação foram obtidos junto ao geólogo Custódio Crippa, que atua na abertura de poços na região.

A terceira etapa constituiu em inspeções, por meio de visitas *in loco* e avaliações em toda a estrutura da empresa, buscando potenciais fontes de contaminação.

4.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EFLUENTE E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Na caracterização físico-química do efluente as coletas foram realizadas nos pontos P2 e P3 (Figura 3) e, ocorreram coletas mensais, nos meses de dezembro de 2017 a abril de 2018 consecutivamente.

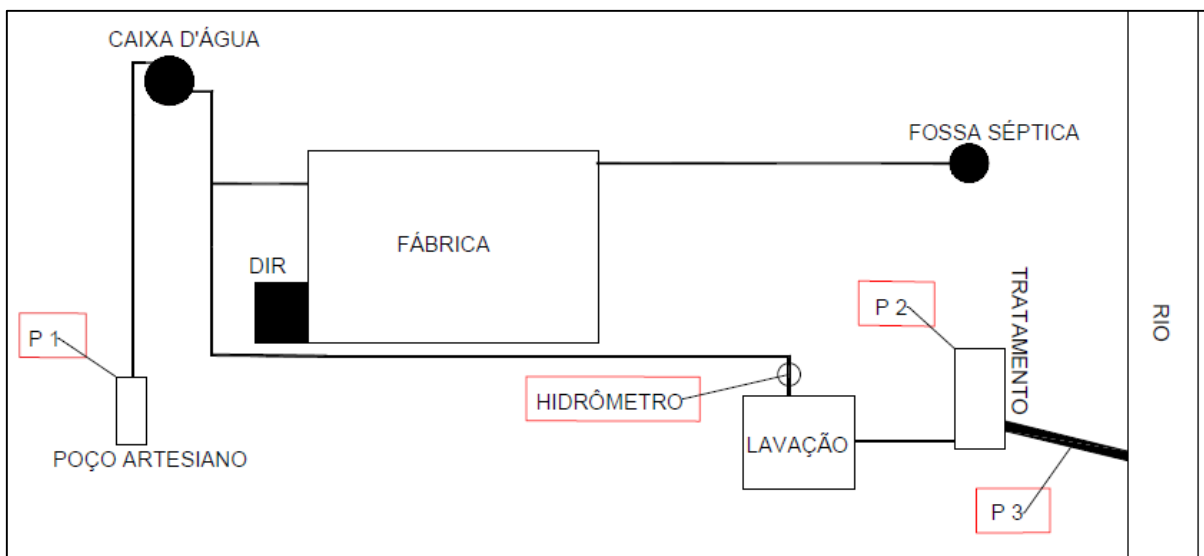


Figura 3 - Esquemático da coleta de amostras na área de estudo.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Os pontos de coleta de efluente foram definidos considerando as alterações dos parâmetros físico/químico do efluente ao longo do processo produtivo. O ponto P2, após a área de lavagem de peças, teve como objetivo identificar os índices de contaminação gerados no processo produtivo. O ponto P3, na saída do sistema de tratamento (separador simples de água e óleo), objetivou avaliar a eficiência do sistema na remoção dos contaminantes. Além disso, na entrada do sistema de tratamento de efluentes foi implantado um medidor de vazão, a fim de verificar a compatibilidade entre a capacidade de tratamento do sistema com volume de entrada de efluente.

A caracterização físico-química do efluente foi realizada de acordo com os procedimentos indicados no *Standard Methods* (APHA, 2012), em que foram analisados os parâmetros exigidos pela FATMA: pH; DQO; DBO; óleos e graxas; sólidos sedimentáveis e fenóis. Além dos índices de ferro total, manganês total e substâncias tensoativas, a fim de que sejam relacionados aos índices obtidos nas análises da água subterrânea. Os ensaios foram realizados em triplicata, pela empresa Terranálises – Laboratório de Análises Ambientais, contratante da empresa.

4.4. PROPOSTAS DE ADEQUAÇÃO NO SISTEMA DE TRATAMENTO

Análises prévias do efluente indicaram que o atual sistema de tratamento de efluente, caracterizado como separador de água e óleo, não atende aos parâmetros físico/químicos no lançamento do efluente estabelecidos na resolução CONAMA nº 430/2011, em desacordo com a FATMA.

Desta forma, as propostas de adequação do sistema de tratamento embasaram-se em três procedimentos: 1) Ensaios de bancada com uso de Jar-Test; 2) Ensaios no saturador com aplicação de microbolhas; 3) Análises físico-químicas do efluente antes e após o tratamento. Os parâmetros e as metodologias das análises físico-químicas foram apresentados no item 5.3 desta pesquisa.

Segundo Quartaroli (2014), no atendimento aos padrões de lançamento de efluentes os processos físico-químicos como coagulação, floculação, sedimentação, flotação, filtração e oxidação são considerados boas alternativas. Desta forma, sugeriu-se como primeira opção o sistema de flotação por ar dissolvido.

Os efluentes industriais, na maioria das vezes, possuem oscilações qualitativas, pois dependem de características do processo e produção da indústria (QUARTAROLI, 2014). Por esse motivo, os testes de coagulação, floculação e flotação foram realizados a partir de amostra composta, coletadas antes do sistema de tratamento, no ponto P2 (Figura 3).

A amostra composta foi constituída a partir de coletas realizadas nos dias 22, 23, 26 e 27 de março de 2018. As amostras, de um litro cada, foram armazenadas a temperatura entre 6 a 10°C. A homogeneização ocorreu por agitação manual, totalizando quatro litros de amostra composta.

No primeiro teste de coagulação, denominado como teste A o coagulante cloreto férrico em solução a 10% de diluição, foi acrescentado em um litro de efluente composto. No segundo teste, denominado teste B, foi acrescentado ao efluente composto o coagulante tanino em 10% de diluição.

As amostras A e B, foram submetidas ao Jar-Test e ao teste de floculação com a adição do polímero aniônico Q –Magnafloc LT 27, diluído a 0,1%, com tempo de agitação de 40 minutos (Figura 4).



Figura 4 - Preparação do polímero via Jar-Test.

Fonte: Aatoria própria, 2018.

A flotação foi realizada por meio de saturador de bancada com capacidade de 1 litro, o saturador recebe o ar induzido por um compressor de ar, a pressão de saturação variou de 4 a 6 Kgf/cm², controlada por meio de manômetro acoplado ao sistema do saturador, o tempo de saturação foi de aproximadamente 40 minutos (Figura 5).

Para formação de microbolha é necessário injetar água de abastecimento público no sistema do saturador para que, essa água seja saturada e quando atingido a pressão necessária para formação de microbolha, a válvula de saída é aberta e a água entra em contato com a amostra de efluente (VALCORTE, 2014).



Figura 5 - Saturador utilizado nos testes de bancada.

Fonte: Aatoria própria, 2018.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ÁGUA SUBTERRÂNEA

A inspeção realizada por câmara de vídeo, no perfil de escavação do poço, ocorreu no mês de dezembro de 2017. Durante a avaliação foi identificada uma fratura no tubo aço galvanizado utilizado no revestimento do poço, a aproximadamente seis metros de profundidade.

Após a identificação da falha foram realizadas alterações no poço, como: revestimento do tubo com geomembrana; o topo do poço foi revestido em concreto para evitar infiltrações; ocorreu a troca da bomba de sucção e a elevação da cota do solo no entorno do poço para reduzir o escoamento superficial. As alterações estão apresentadas no Anexo 1.

Quando comparadas com as análises anteriores e, após as alterações realizadas os índices de ferro (Fe) e manganês (Mn) diminuíram, assim como os demais índices, porém, permaneceram em concentrações superiores ao estabelecido na Portaria nº 2.914/2011 de potabilidade (Tabela 1). No entanto, a redução indica que as características do poço contribuíam na contaminação.

Na reestruturação do poço ocorreu significativa redução do escoamento superficial em direção a perfuração e o fim da entrada de água por meio da fratura no tubo. As características e estrutura do poço, a qualidade dos materiais e equipamentos, formas de construção, adoção de tecnologias e capacitação do perfurador, podem gerar contaminação da água subterrânea (FAGUNDES, 2016).

Tabela 1 - Resultados das análises físico-químicas mensais da água subterrânea.

Parâmetros	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	Portaria 2.914/2011
pH (25°C)	7,3	7,3	7,44	7,54	7,29	6,0 a 9,5
Cor Aparente -uH	121	32,8	46,53	78,7	56,1	15
Turbidez - uT	145	15,7	4,33	9,24	6,28	5
Manganês total - mg Mn/L	0,78	0,5	0,256	0,266	0,316	0,1
Ferro total - mg Fe/L	11,9	3,1	1,741	1,74	1,29	0,3

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Os índices dos parâmetros analisados na amostra coletada três meses após a reconfiguração do poço, mais especificamente no mês de março/2018, foram confrontados aos parâmetros de outros dois poços (A e B) localizados na mesma bacia hidrográfica (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparação do poço em investigação com poços da região.

Parâmetros	POÇO EM INVESTIGAÇÃO	POÇO A	POÇO B	Portaria 2.914/2011
pH (25°C)	7,37	9,11	6,65	6,0 a 9,5
Cor Aparente – uH	67,02	4,3	18	15
Turbidez – uT	36,11	1,22	<1	5
Manganês total – mg Mn/L	0,42	0,03	<0,005	0,1
Ferro total – mg Fe/L	3,95	0,01	<0,005	0,3

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Como é possível identificar na Tabela 2, os parâmetros das amostras de água dos poços A e B, atendem o estabelecido na Portaria nº 2.914/2011, diferente da amostra do poço em investigação.

Considerando a redução nas concentrações dos parâmetros analisados após a adequação na estrutura do poço e a comparação com os índices dos poços A e B, possivelmente os elevados índices identificados nas análises têm origem antrópica, gerados na indústria.

A contaminação da água subterrânea por ferro e manganês possui diversas origens, como: rejeitos e resíduos industriais, postos de gasolina, lixões, químicos e tóxicos injetados no subsolo. Além disso, a movimentação dos elementos químicos depende das propriedades físico-hídricas do solo, influenciado pelas características ambientais (FAGUNDES, 2016).

Neste contexto, a pesquisa transcorreu na identificação das potenciais fontes antrópicas de contaminação, tendo como foco as atividades desenvolvidas na indústria. Foram considerados dois potenciais focos de contaminação por Fe e Mn: 1) área destinada ao Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); 2) existência de fossa séptica.

O depósito de resíduos está localizado próximo ao poço no qual são destinadas todas as classes de resíduos gerados na empresa (Figura 6). Durante muitos anos os resíduos foram depositados diretamente no solo e exposto a

intempéries, permanecendo no local por longos períodos, até serem coletados. A partir de janeiro de 2018 os resíduos passaram a ser depositados e separados corretamente em caçambas cobertas de capacidade de 7m³.



Figura 6 - Área de localização do poço em conjunto com área do DIR.

Fonte: Autoria Própria, 2018.

No estudo realizado por Ribeiro (2013), em indústrias do setor metalomecânica são realizadas atividades de galvanização e cromagem de peças e identificou-se que a contaminação do solo tinha como origem o armazenamento das sucatas geradas nas atividades da indústria. De acordo com Silva e Araújo (2003), a contaminação das águas subterrâneas por substâncias orgânicas e inorgânicas pode ter como origem atividades irregulares de indústrias, como disposição inadequada de resíduos sólidos industriais.

Segundo Borgo (2005), um dos setores mais críticos no que se diz respeito à emissão de poluentes é a atividade galvanotécnica, devido aos grandes volumes de resíduos gerados e as características químicas do processo, aumentando os riscos de contaminação ambiental. A contaminação do ambiente ocorre por meio das matérias-primas e dos processos industriais característicos de cada indústria. Além disso, o nível de contaminação está atrelado à natureza do resíduo, concentração e volume de geração (MERTEN; MINELLA, 2002). Na Figura 7 é possível identificar o grande volume de resíduos gerado e disposto inadequadamente na empresa.



**Figura 7 - Resíduos armazenados de forma inadequada próximo ao poço artesiano.
Fonte: Autoria Própria, 2018.**

Considerando o depósito de resíduo como potencial fonte de contaminação foi realizada uma coleta de solo em um ponto localizado na área entre o poço e o depósito, com objetivo de identificar as concentrações de Fe e Mn. Os resultados da análise da amostra de solo ocorreram a partir do método EPA 3050B determinado pela United States Environmental Protection Agency, realizado por técnica de espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP –OES). A investigação demonstrou concentrações de Fe 5,18 g/Kg e Mn 0,0126 g/Kg.

Segundo EMBRAPA (2006), os solos com teores de óxidos de ferro abaixo de <80g/Kg são considerados hipoférrico. Desta forma, o depósito de resíduo não estaria causando a contaminação do solo e não poderia ser considerado a fonte de contaminação de Fe e Mn na água subterrânea devido aos baixos índices. Porém, na reconfiguração ocorreu grande movimentação de solo na área ao redor do poço, inviabilizando uma análise confiável, além disso a investigação ocorreu considerando apenas uma amostra em um único ponto de coleta.

Segundo Malavolta (2006) a principal fonte de manganês do solo é oriunda da rocha que dá origem ao solo, pois os teores desses metais refletem na concentração presente no solo.

A contaminação do solo, gerada no depósito inadequado de resíduos sólidos, pode, por meio do escoamento superficial e no processo de lixiviação, causar contaminação das águas subterrâneas (SILVA; FAY, 2004; MASIÁ et al., 2013). O escoamento superficial está diretamente relacionado aos índices pluviométricos que

facilitam o carreamento de contaminantes. Nos Estado de Santa Catarina, durante o verão ocorrem tempestades que se caracterizam por chuvas de forte intensidade (MONTEIRO, 2001).

A investigação da fossa séptica como potencial fonte de contaminação considerou a possibilidade de parte do efluente industrial, com elevadas concentrações de Fe e Mn, ser destinado a fossa, além da possibilidade da existência fissuras que possibilitem o vazamento. A investigação ocorreu por meio da realização de coleta e análise de uma amostra do efluente destinado a fossa, buscando identificar os índices de Fe e Mn.

A avaliação do efluente da fossa séptica ocorreu de acordo com Standard Methods (APHA, 2012), os índices de Fe e Mn foram: <0,007 mg/L e 0,059 mg/L, respectivamente. A baixa concentração de Fe e Mn indica que o efluente do processo produtivo não é destinado a fossa. Portanto, mesmo na existência de fissuras na estrutura da fossa o efluente doméstico não pode ser o responsável pelos elevados índices de Fe e Mn encontrados na água subterrânea. Uma vez que, a falta de revestimento em fossas possibilita por meio da infiltração a percolação no solo que tende a atingir e contaminar as águas subterrâneas mais próximas (FAUSTINO, 2007).

5.2. SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

A principal atividade geradora de efluente é a lavagem de máquinas, equipamentos e peças. Na manutenção, reforma ou adequação de máquinas e equipamentos é necessária, na maioria das vezes, limpeza prévia, uma vez que estes equipamentos são expostos a resíduos de esgoto doméstico, efluente industrial de graxarias, curtumes, frigoríficos, extração de óleos de palma e oliva, entre outros.

O efluente desta atividade é destinado ao processo de tratamento, constituído por Sistema de Separação de Água e Óleo (SSAO). A licença ambiental da empresa estabelece a necessidade da apresentação semestral de análises do efluente bruto (P2, Figura 3) 1 e tratado (P3, Figura 3) dos parâmetros: pH, DQO, DBO, óleos e graxas, sólidos sedimentáveis, fenóis. Os parâmetros devem atender os limites impostos pela lei estadual nº 14.675/2009.

Na avaliação da eficiência do sistema de tratamento foram avaliados os parâmetros do efluente na entrada (P2) e saída (P3) do SSAO, a Tabela 3 apresenta os resultados das coletas realizadas no mês de dezembro de 2017 e entre os meses de janeiro e abril de 2018, bem como os parâmetros da legislação a ser seguida.

Tabela 3 - Resultados das análises realizadas na entrada e saída do SSAO.

Parâmetros	dez/17		jan/18		fev/18		mar/18		abr/18	
	Ent.	Sd.	Ent.	Sd.	Ent.	Sd.	Ent.	Sd.	Ent.	Sd.
pH – 25°C	8,33	8,15	7,1	7,6	9,82	10,89	2,36	6,81	8,66	11,2
DQO	1465	3041	1835	1577	1645	1481,9	2229,4	1480,9	3603,6	2570,5
DBO (mg/L)	737	926	302	281	384	184	10	718	1108,7	743,72
O.G. (mg/L)	228	150	205	33	192	165	35	60	818,0	133,0
S.S. (ml/L)	< 0,5	< 0,5	2,4	0,3	6	0,6	<0,5	1,3	28,0	<0,5
Fenóis (mg/L)	0,275	0,685	-	-	4,257	<0,130	0,158	0,5	0,502	0,469
Manganês (mg/L)	-	-	0,93	1,1	1,199	0,129	<0,030	<0,030	2,988	0,261
Ferro (mg/L)	-	-	31	23,9	67,06	4,17	<0,05	<0,05	190,49	11,85
S.T. (mg/L)	-	-	24,5	134	6,55	7,45	168,51	40,85	34,81	49,53

Lei do estado de Santa Catarina 14.675/2009

pH (25°C)	DQO	DBO (mg/L)	O.G. (mg/L)	S.S. (ml/L)	Fenóis (mg/L)	Manganês (mg/L)	Ferro (mg/L)	S.T. (mg/L)
6 a 9	-	60	30	1	0,2	1	-	2

Ent. – Entrada do SSAO (P2); Sd. – Saída do SSAO (P3); O.G. – Óleos e graxas; S.S - Sólidos sedimentáveis; S.T. – Substâncias Tensoativas.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Na Tabela 3 é possível identificar a variação dos parâmetros analisados, isso ocorre, devido a variação da quantidade e das características das máquinas e equipamentos nos processos de manutenção e lavagem.

O pH é a medida da acidez ou alcalinidade, considerado um processo importante de controle devido ao fato de afetar diretamente os processos de tratamento como coagulação e oxidação biológica. As aplicações requeridas a jusante do tratamento geralmente demandam um ajuste de pH (CAVALCANTI, 2016).

Algumas reações dependem exclusivamente do pH, como por exemplo, precipitação química de metais pesados, oxidação química de cianeto ou oxidação química de fenóis. Assim, é possível verificar importância do pH no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais (MESQUITA, 2011).

Desta forma, a variação de pH no efluente industrial se torna um fator preocupante e limitante na adaptação de um novo sistema de tratamento. A oscilação

de pH ocorre devido às características adversas das máquinas e peças na lavagem. Além inexistência de padrão nos equipamentos, em algumas situações ocorre a utilização de produtos à base de soda cáustica, que tem como função facilitar a limpeza das máquinas, alterando-se o pH do efluente.

A soda, por sua vez, tende a aumentar o potencial hidrogeniônico, segundo a Funasa (2009), para se obter uma reação ótima com o coagulante no processo de coagulação/floculação, e a alcalinidade estiver muito elevada, tem-se como princípio a acidificação do meio. E, Araújo (2010) utilizou barrilha de carbonato de Sódio com 99,5% de pureza para alcalinizar o meio devido à alta variação do pH.

Por isso, a adição ou não de soda, e a adequação do pH são fatores atrelados exclusivamente com a carga de subproduto vinda da máquina em manutenção.

Segundo a Lei Estadual nº 14.675/2009, o sistema de tratamento de efluente deve remover 80% da DBO do efluente bruto. A Tabela 4 demonstra a ineficiência de remoção da DBO do sistema de tratamento existente nos 5 meses de pesquisa:

Tabela 4 - Eficiência da DBO nos 5 meses de coleta e pesquisa.

Coleta mensal	Eficiência DBO (%)
Dezembro	-25,6
Janeiro	6,95
Fevereiro	52
Março	-70,8
Abril	32,91

Fonte: Aatoria Própria, 2018.

Na tabela 4 é possível identificar que a concentração de DBO apresentou oscilações. No entanto, no mês de fevereiro/2018 ocorreu a melhor porcentagem do parâmetro com 52% na diminuição de carga orgânica, porém ainda não atingiu a exigência da lei estadual 14.675/2009 que cobra eficiência de 80% (SANTA CATARINA, 2009).

Segundo Gandhi (2004) o SSAO – Sistema de separação água e óleo pode ser utilizado como um tratamento preliminar de uma estação de tratamento de efluentes, com o objetivo de minimizar os impactos do óleo.

Sendo assim, não é recomendável para ser utilizado como sistema único de efluentes, pois não tem a capacidade de remoção de carga orgânica. Por isso a ineficiência da DBO foi tão alta e negativa nos meses de dezembro/2017 e março/2018.

Além do SSAO não ser adequado para remoção de carga orgânica, o tempo de retenção insuficiente para degradação e a instabilidade dos equipamentos de lavação são fatores que interferem diretamente na qualidade do tratamento e, conseqüentemente reduz a eficiência do processo.

Os fenóis são exigidos apenas pela lei estadual de Santa Catarina, com limite máximo permitido de 0,2 mg/L. Os meses de dezembro/2017 e abril/2018 são os únicos que obtiveram valores dentro do recomendável por lei, já o restante dos 3 meses não obteve eficiência na remoção de fenóis.

Os compostos orgânicos (fenóis) são considerados os compostos de maior preocupação ambiental em relação ao seu descarte (MELO, 2017). Segunda Rosa (2002), a baixa remoção de DQO, justifica-se pela alta quantidade de fenóis existente no efluente.

A Resolução Conama 430/2011, estabelece a concentração de 50mg/L para óleos e graxas. No entanto, a legislação estadual nº 14.675/2009 é mais restritiva e estabelece o limitante de 30 mg/L (BRASIL,2011; SANTA CATARINA, 2009). De acordo com a Tabela 3, o menor índice de óleos e graxas ocorreu no mês de janeiro que obteve 33 mg/L, não atendendo a legislação estadual.

O teor de óleos e graxas é um fator determinante na adequação alteração e/ou ampliação do sistema de tratamento de efluentes. De acordo com, Coutinho (2007) a degradação realizada por processos biológicos não é recomendada com a presença de óleos e graxas, devido a pequena solubilidade desse parâmetro.

A legislação estadual estabelece limite máximo de 1ml/L de sólidos sedimentáveis no lançamento do efluente. Neste parâmetro o sistema de tratamento apresentou resultado satisfatório, apenas no mês de março/2018 não se atingiu o parâmetro, no entanto, o valor foi muito próximo do limite.

A Lei Estadual e o CONAMA, estabelecem o limite de 1 mg/L de manganês no lançamento do efluente. De acordo com a Tabela 3, somente a amostra do mês de janeiro de 2018 ultrapassou o limite estabelecido nas legislações com 1,1 mg/L. No mês de dezembro de 2017 a análise do Mn não foi realizada. As demais amostras permaneceram dentro dos limites.

Assim como o manganês, no mês de dezembro de 2017 o ferro não foi avaliado. De acordo com a Resolução Conama 430/2011 o limite de Fe no lançamento do efluente é de 15 mg/L. Somente no mês de janeiro de 2018, com a concentração

de 23,9 mg/L, o limite não foi atendido, nas demais amostras os índices permaneceram nos limites da norma (Tabela 3).

Segundo Coutinho (2007) a presença de ferro e manganês na água e nos efluentes pode gerar inúmeros impactos ambientais. Na água o Fe e o Mn inibem o processo biológico, nos efluentes, permanecem no lodo inviabilizando sua utilização como fertilizante e encarecendo sua disposição final.

O lançamento das substâncias tensoativas no efluente tem o limite estabelecido na Lei Estadual e na Resolução 430/2011 do CONAMA, a concentração máxima estabelecida de 2 mg/L. Com isso na Tabela 3 é possível verificar que em nenhuma das amostras o limite estabelecido foi atingido. Somente no mês de fevereiro de 2018, a concentração de 7,45 mg/L, se aproximou do índice cobrado.

Os surfactantes geralmente são encontrados em produtos de limpeza doméstica e industrial. Este tipo de efluente quando lançados de maneira incorreta em lagos, córregos ou rios sem o tratamento adequado podem diminuir a concentração de oxigênio, impactando os organismos do meio e aumentando a temperatura da água (MACHADO, 1992).

5.3. ADEQUAÇÕES NO TRATAMENTO

Considerando o processo de coagulação e floculação como substituto do SSAO, ocorreu variação das dosagens de coagulantes (Tabela 5), no entanto, os coagulantes testados não ultrapassaram o limite de 10 ppm. Nas dosagens do polímero ocorreu a adição de 12 ppm na etapa de finalização de formação dos flocos. O pH todas as amostras permaneceram no intervalo de 6 a 6,5 atendendo as legislações de descarte.

Tabela 5 - Dosagens dos químicos no teste de coagulação/flotação.

	Cloreto Férrico (ppm)	Tanino + Cloreto (ppm)
Coagulante	10	8
Polímero	12	12
pH	6.5	6.0

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Na etapa de flotação, considerou-se uma pressão de 4,5 kgf/cm² e uma taxa de recirculação a 30% com isso, o coagulante Cloreto Férrico gerou-se cerca de 3% de sólido flotado, o efluente com mistura de Cloreto Férrico e Tanino resultou numa geração de 4% de sólido flotado.

Em relação a porcentagem de sólido flotado, não houve muita diferente outros coagulantes, mas, a composição de tanino e cloreto gerou mais sólido.

A Tabela 6 demonstra os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados utilizando os dois coagulantes no tratamento do efluente composto.

Tabela 6 - Resultados de comparação dos testes de bancada realizados com dois coagulantes.

Parâmetros	Efluente Bruto	Efluente tratado	Efluente tratado	Lei n°
	(Coleta Composta)	(Cloreto)	(Cloreto+Tanino)	14.675/2009
pH (25°C)	11,09	6,14	5,9	6 a 9
DQO (mg/L)	4051,6	259,74	332,63	-
DBO (mg/L)	932	145	250	60
Óleos e graxas (mg/L)	874	<5,0	43	30
Fenóis (mg/L)	0,57	0,381	0,287	0,2
Substâncias Tensoativas (mg/L)	52,77	17,41	23,49	2

Fonte: Autoria própria, 2018.

Como é possível identificar na Tabela 6, os resultados do ensaio com cloreto férrico obtiveram resultados mais próximos à legislação, porém, ainda não atendem por completo os limites estabelecidos em lei. Os parâmetros que necessitam de complemento no tratamento são: DBO, Fenóis e Substâncias Tensoativas.

Considerando que no último mês de pesquisa a DBO da saída do efluente industrial ainda se encontra na faixa de 743,72 mg/L, sendo assim, considera-se que a proposta de flotação por ar dissolvido não é recomendada, pois não atende a todos os parâmetros cobrados pela legislação.

Em uma Estação de Tratamento de Efluente Compacta constituída de reator anaeróbico de fluxo ascendente, biofiltro aerado submerso e decantador secundário, obteve ótima eficiência na remoção de DBO, DQO, óleos e graxas e sólidos suspensos. A alta eficiência do tratamento apresentada na pesquisa de Mello (2007)

torna o sistema uma alternativa ao processo de tratamento atual da indústria metalomecânica.

Em substâncias tensoativas, Jesus (2016) considera um dos principais contaminantes da água e do solo, pois sempre estão presentes nos efluentes industriais em forma de sabões, detergentes, desengraxantes e outros. Desta forma é necessário reavaliar todo o sistema de tratamento de efluentes da empresa e realizar os reajustes necessários.

Os índices dos fenóis apresentados na Tabela 3, se aproximam do valor limite da lei estadual nº 14.675. E segundo Cavalcante (2016) os fenóis quando presentes em efluentes industriais, podem ser removidos através de processos físico-químicos. Por isso, recomenda-se novos testes de flotação/coagulação para remoção desse contaminante.

A vazão de entrada no sistema, composição do efluente e determinações das cargas de poluição são considerados os fatores mais importantes para definição do tipo de tratamento e, avaliação do tempo e a capacidade de autodepuração do corpo receptor, segundo a legislação ambiental (VIEIRA et al, 2012).

Desta forma, além dos testes de bancada foi realizado o monitoramento da vazão de entrada no tratamento de efluente entre dezembro de 2017 e abril de 2018. (Tabela 7).

Tabela 7 - Dados da vazão de entrada do SSAO da indústria.

MÊS	VAZÃO (m³)
Dezembro	21,7
Janeiro	70,4
Fevereiro	80,1
Março	70,1
Abril	76,0

Fonte: Autoria própria, 2018.

A partir do monitoramento da vazão é possível dimensionar o novo sistema de tratamento, bem como ajustes de equipamentos que venham a realizar o tratamento, dimensionamento de tanques de armazenamento e equalização pois, devido à baixa vazão diária é recomendável o armazenamento temporário desse resíduo líquido.

Independentemente do sistema que venha a substituir ou complementar o SSAO, recomenda-se que o tratamento seja realizado uma vez por semana, diminuindo custo com produtos químicos e mão-de-obra do operador da estação.

E durante a operação do novo sistema, dosagens de coagulantes e polímeros são ajustadas pelo operador no decorrer dos dias, tendo em vista as constantes modificações das características físico-químicas (COUTINHO, 2007).

6. CONCLUSÃO

Dentre os principais impactos ambientais da indústria metalomecânica, a caracterização físico-química da água subterrânea indicou que mesmo após a readequação do poço artesiano as concentrações de Fe e Mn se mantiveram superior aos índices de potabilidade. E, a contaminação desses metais possui forte influência do DIR (depósito intermediário de resíduos) da empresa.

Em relação as análises físico-químicas do efluente industrial indicaram que o atual sistema de tratamento não é eficiente na remoção dos parâmetros analisados, não atendendo o estabelecido na legislação.

E, propõem-se que atual sistema de tratamento de efluente seja substituído por sistema de tratamento físico-químico seguido de sistema biológico para se obter eficiência em todos os parâmetros exigidos em lei.

Acerca dessa temática conclui-se que não existem muitos estudos relacionados ao tratamento de efluente de indústria metalomecânica, recomenda-se assim a realização de novas pesquisas sobre o melhor tipo de tratamento e definição do melhor funcionamento do sistema que venha atender às legislações ambientais pertinentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 9800**. Critérios para lançamentos de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.

ARAÚJO, C.J. **Influência da velocidade cross-flow na câmara de flotação na eficiência de unidades de flotação por ar dissolvido tratando água para abastecimento**. Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos, departamento de hidráulica e saneamento. São Carlos, SP, 2010.

ARCHELA, E; CARRARO, A; FERNANDES, F; BARROS, O.N.F; ARCHELA, R.S. **Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos**. UEL - Universidade Estadual de Londrina. Paraná, 2003.

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.

BAIRD, C; CANN, M. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BORGO. S.C. **Minimização e reciclagem de lodo galvânico e poeira de jateamento**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor de Ciências Exatas – UFPR. Curitiba, 2005.

BOSCOV M.E.G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dez, de 2011. Gabinete do Ministro. **República Federativa [do] Brasil**. Brasília, 2011.

CARVALHO, A.R. **Processo de complexação do ferro em águas subterrâneas – Uma proposta de mudança da Portaria 36 do Ministério da Saúde**. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Revista nº 18. Cuiabá, 2004.

CAVALCANTE, P.R.M **Remoção de fenol de efluentes aquosos utilizando floculação iônica**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Rio Grande do Norte., Natal, 2016.

CAVALCANTI, J. E.W. A. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. 3ª edição. Engenho editora Técnica LTDA, São Paulo, 2016.

COMITÊ de Gerenciamento Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. **Sistema de informações sobre recursos hídricos do estado de Santa Catarina**. Secretaria do Estado do Desenvolvimento econômico sustentável. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/a-bacia-rio-do-peixe/municipios-da-bacia-rio-do-peixe>> Acesso em: 22 abr. 2018.

COUTINHO, W. **Emprego da Flotação a ar dissolvido no tratamento de cursos d'água. Avaliação de Desempenho da Estação de Tratamento dos Córregos Ressaca e Sarandi Afluentes à Represa da Pampulha**. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2007.

DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n° 46. Rio de Janeiro, 2004

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª edição. Embrapa Solos. Brasília, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª edição. Embrapa Solos. Brasília, 2013.

EPAGRI. **Atlas Climatológico do estado de Santa Catarina**. Versão 01.01. Florianópolis, 2002.

FACHIN, E.F. **Avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos em Santa Maria – RS**. Monografia de Especialização – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS). Santa Maria, 2005.

FAGUNDES, J. P; ANDRADE A,L,A. **Poços Artesianos: uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade**. Revista multidisciplinar do Nordeste Mineiro. Teófilo Otoni, Minas Gerais, 2016.

FAUSTINO, A. S. **Estudos Físico-Químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo.** Universidade Federal de São Carlos. UFSCAR Centro de ciências exatas e tecnologia. São Carlos, 2007.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água.** Manual de Bolso. Engenharia de Saúde Pública (DENSP). Ministério da Saúde, Brasília, 2009.

FRANCO, G.B; SILVA, D.D; MARQUES, E.A.G; CHAGAS, C.S; GOMES, R.L. **Análise da vulnerabilidade à contaminação do aquífero freático e da taxa de infiltração do solo da bacia do rio Almada e área costeira adjacente – BA.** Revista Brasileira de Geografia Física, 2015.

FREIRE, R.S; PELEGRINI, R; KUBOTA, L.T; DURÁN, N. **Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas.** Departamento de Química – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2000.

FREITAS, M.A; CAYE, B.R; MACHADO, J.L.F. **Diagnóstico dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Oeste do estado de Santa Catarina – Projeto Oeste de Santa Catarina.** Secretaria de desenvolvimento urbano e meio ambiente do estado de Santa Catarina. Porto Alegre, 2003.

FREITAS, M.B; ALMEIDA L.M. **Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário.** Núcleo de estudos de Saúde Coletiva – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1998.

GANDHI, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** Revista ABES, Volume 4, edição 76. Rio de Janeiro, 2004.

HAUSMAN, A. **Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, RS.** Estudos Tecnológicos: Acta Geológica Leopoldensia. 2º edição. Porto Alegre, 1995.

JESUS, J. F. **Gestão de processos para redução de surfactantes aniônicos de efluente industrial: estudo de caso.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

MACHADO, P. A. **Direito Ambiental.** Revista ampliada e atualizada. 21º edição. São Paulo, 1992.

MACKENZIE, D. **Tratamento de águas para abastecimento e residuárias: princípios e práticas**. Elsevier. Rio de Janeiro, 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Editora Agronômica Ceres. Primeira edição. São Paulo, 2006.

MARCHETI, T. **Tratamento de efluente líquido da indústria de cosméticos com sulfato de alumínio e biopolímero**. Curso de engenharia química - PUC- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

MARTFELD, M.I.D. **Avaliação da qualidade de água no alto curso do Rio Xingu: Bacia do Rio das Pacas, Querência -MT**. Dissertação de mestrado n° 40. Brasília, 2012.

MASIÁ, A.; CAMPO, J.; VÁZQUEZ-ROIG, P.; BLASCO, C.; PICÓ, Y. Screening of currently used pesticides in water, sediments and biota of the Guadalquivir River Basin (Spain). **Journal of Hazardous Materials**, v. 263, p. 95-104, 2013.

MELO, H.M **Composição e tratamento da água produzida de petróleo no desempenho de sementes de alface e gergelim**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em engenharia química. Natal, 2017.

MELLO, E.J.R **Tratamento de esgoto sanitário – Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG**. UNIMINAS- Curso de pós-graduação em engenharia sanitária. Uberlândia, 2007.

MENEZES, J.M; PRADO, R.B.; JUNIOR, G. C.S.; MANSUR, K. L.; OLIVEIRA, E. S. **Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: Bacia hidrográfica do Rio São Domingos- RJ**. Engenharia Agrícola de Jaboticabal. Rio de Janeiro, 2009.

MESQUITA, P, V,S. **Análise do pH e oxigênio dissolvido em rios e igarapés próximos a postos de combustíveis em São Luis -MA e seu mapeamento espacial**. IFMA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. São Luis, 2011.

Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução n° 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Publicada no DOU n° 053. Brasília, DF, 18 mar, de 2005.

Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 92 de 05 de novembro de 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Publicada no DOU nº 053. Brasília, DF, 04 fev, de 2009.

Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Publicada no DOU nº 053. Brasília, DF, 16 mai, de 2011.

Ministério do Meio Ambiente. MMA. **Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, 2006.

Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Publicada no DOU nº 092. Brasília, DF, 16 maio, de 2011.

MONTEIRO, M.I. **Tratamento de efluentes oleosos provenientes da indústria metal-mecânica e seu reúso**. Lorena – São Paulo, 2006.

MONTEIRO, M.A. **Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano**. Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina Florianópolis, 2001.

MOTOKI, A; ZUCCO, L.L; VARGAS, T; NEVES, J.L.P. **Basalto da Serra Gaúcha e sua relação com o desenvolvimento regional**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Belo Horizonte, 2004.

MERTEN, G,H; MINELLA, J.P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, 2002.

NASCIMENTO, S.C; HYPOLITO R; RIBEIRO, A.A. **Disponibilidade de metais pesados em aterro de indústria siderúrgica**. Nota Técnica – Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2006.

NETO, A.P; BRETZ, J.S; MAGALHÃES, F.S; MANSUR, M.B; ROCHA, S.D.F. **Alternativas para o tratamento de efluente da indústria galvânica**. Revista de Engenharia Sanitária. Vol. 13 nº 3. Minas Gerais, 2008.

NEUMANN, M.A. **Estudo de caso: Estação de tratamento de efluentes de uma indústria metal-mecânica do Noroeste do RS**. Trabalho de conclusão de curso. DCEENG/UNIJUÍ. Ijuí, 2016.

NUNES, J.A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias**. 6º edição, editora J. Andrade, 2012.

OLIVEIRA, A.J. **Otimização das condições de usinagem visando o torneamento a seco do aço ABNT 1045 em operação de desbaste**. Universidade Federal de Campinas. Campinas, 2003.

PENETRA, R.G. **Pós-tratamento físico-químico por flotação de efluentes de reatores anaeróbicos de manta de lodo (UASB)**. Tese de mestrado da escola de engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1998.

QUARTAROLI, L; KURITZA J,C; CAVALLINI,G,S; VIDAL,C,M,S; SOUZA, J,B. **Aplicação de polímeros aniônico e catiônico na flotação por ar dissolvido como forma de pós-tratamento de efluente de indústria de papel e celulose**. Sci. For.,v. 42, n. 101. Piracicaba, 2014.

QUEISSADA, D.D; SILVA, F.T; PAIVA, T.C.B. **Tratamentos integrados em efluente metal-mecânico: precipitação química e biotratamento em reator do tipo air-lift**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.6 n.12 – Rio de Janeiro, 2011.

RIBEIRO, M.A.C **Contaminação do solo por metais pesados**. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias - Faculdade de Engenharia. Engenharia do Ambiente. Lisboa, 2013.

RICHTER, C.A; AZEVEDO, J.M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. Blucher. São Paulo, 1991.

ROCHA, C.J; ROSA, A.H; CARDOSO, A.A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROSA, J.J. **Tratamento de Efluentes Oleosos por Floculação Pneumática em Linha e Separação por Flotação - Processo FF**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM. Porto Alegre, 2002.

SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 04, versão Abril de 2014**. Florianópolis, 2014.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009**. Código Estadual do Meio Ambiente. Florianópolis, 2009.

SANTA CATARINA. **Portaria Estadual nº 24 de 19 de setembro de 1979.** Enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 1979.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente; Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e Da Agricultura. **Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica da bacia do rio Araranguá.** Documento síntese, 1996.

SANTOS, P.R.P; OLIVEIRA, I.B. **Estudo da vulnerabilidade à poluição do aquífero Marizal na região de influência do Polo Industrial de Camaçari – PIC – Bahia.** ABAS- Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Bahia, 2013.

SILVA, R. C. ARAÚJO, T.M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em área urbanas de Feira de Santana (BA).** Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Bahia, 2003.

SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E.F. (Org). **Agrotóxicos e ambiente.** Brasília: Embrapa, 2004.

SFA – Superintendência Federal de Agricultura em Santa Catarina. **Relatório de Gestão 2007.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA — SFA. SC. Florianópolis, 2007.

SPERLING, M.V. Princípios do Tratamento Biológico de águas residuárias – **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Minas Gerais: ABES, 2005.

TOCHETTO, M.R.L. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais.** Curso de Química Industrial, Departamento de Química - CCNE – Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria, 2005.

TREVISOL, J. V; SCHEIBE, L. F. **Bacia hidrográfica do Rio do Peixe - Natureza e Sociedade.** Joaçaba: Editora Unoesc, 2011.

VALCORTE, P.W. **Espessamento de lodo de uma estação de tratamento de água através de flotação por ar dissolvido.** Universidade Federal de Santa Maria, centro de Tecnologia. Santa Maria, 2014.

VIEIRA, C; PASQUALINI, A; ALEXANDRINI, F; ALEXANDRINI, C; HASSE, C.R. **Reaproveitamento de óleo de corte em centros de usinagem no setor de suportes na Metalúrgica Riosulense S.A.** Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende – Rio de Janeiro, 2012.

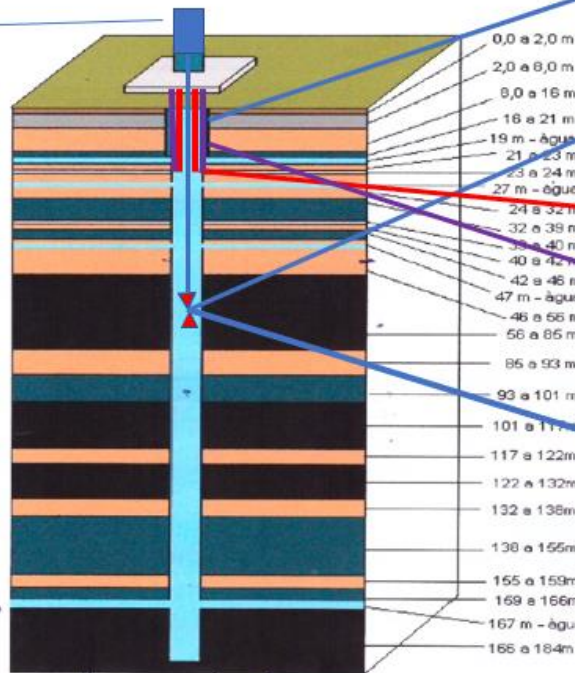
ANEXO 1

ÁGUA AZUL POÇOS ARTESIANOS

PERFIL CONSTRUTIVO DO POÇO TUBULAR PROFUNDO

Aumentado em 80 cm
Para aterro de nivelar
O pátio.

- LEGENDA
- Solo
 - Basalto Preto Duro
 - Basalto Preto Mole
 - Basalto Marrom Mole
 - Basalto Cinza Mole
 - Argila Cinza
 - Tubo Galvanizado
 - Água



Ponto de Vazamento
Na parte revestida de
Tubo Galvanizado 6 metros

Ponto de sucção da
Tubos 1 barras 66
Bomba 0,80
total 66,80 metros

Revestido 24
metros com tubo
de geomembrana
4"

Concreto até
Final do revestimento.

Colocado bomba nova
CV 5.
Capacidade 10 m³/h.
MCA 50 metros.
Marca:

Data da manutenção
15/12/2017.

CUSTODIO CRIPPA
GEOLOGO
CREA 0314808-4

*As variações litológicas são reais, enquanto que as cores especificadas são meramente ilustrativas.