

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO QUÍMICO E AMBIENTAL DE
EFLUENTES INDUSTRIAIS E RESÍDUOS SÓLIDOS ORIUNDOS DE
LAVANDERIAS DO POLO TÊXTIL NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

THAÍS JERUZZA MACIEL PÓVOAS SOUTO

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Alex Souza Moraes

Recife, PE
Fevereiro, 2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

THAÍS JERUZZA MACIEL PÓVOAS SOUTO

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO QUÍMICO E AMBIENTAL DE
EFLUENTES INDUSTRIAIS E RESÍDUOS SÓLIDOS ORIUNDOS DE
LAVANDERIAS DO POLO TÊXTIL NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Área de Concentração: Gestão Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Alex Souza Moraes

Recife, PE

Fevereiro, 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S728e Souto, Thaís Jeruzza Maciel Póvoas
Estudo do comportamento químico e ambiental de efluentes industriais e resíduos sólidos oriundos de lavanderias do polo têxtil no agreste pernambucano / Thaís Jeruzza Maciel Póvoas Souto . – 2017.

114 f. : il.

Orientador: Bernardo Barbosa da Silva.

Coorientador: Alex Souza Moraes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências e anexo(s).

1. Metais pesados 2. Análises ecotoxicológicas 3. Estação de tratamento de efluentes 4. Lodo têxtil I. Silva, Bernardo Barbosa da, orient. II. Moraes, Alex Souza, coorient. III. Título

CDD 628

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO QUÍMICO E AMBIENTAL DE EFLUENTES
INDUSTRIAIS E RESÍDUOS SÓLIDOS ORIUNDOS DE LAVANDERIAS DO POLO
TÊXTIL NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Tháís Jeruzza Maciel Póvoas Souto

APROVADO EM: 23 DE FEVEREIRO DE 2017

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda (PPEAMB/UFRPE)

Examinador Interno

Dr. Raimundo Mainar de Medeiros (UFCG)

Examinador Externo

Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva (PPEAMB/UFRPE)

Orientador

Prof. Dr. Alex Souza Moraes (UACSA/UFRPE)

Coorientador

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva (PPEAMB/UFRPE)

Coordenador

“No fim tudo dá certo, e se não deu certo é porque ainda não chegou ao fim”.

Fernando Sabino

AGRADECIMENTOS

Em meio a tantas pessoas a quem quero agradecer esta conquista, inicio agradecendo a Deus, por ter conseguido realizar esse objetivo pessoal de tornar-me mestre.

Aos meus pais pelo exemplo que são para mim, pelo amor, paciência, carinho, confiança e por sempre me ensinarem a não desistir dos meus sonhos e ter humildade para alcançá-los.

Aos meus irmãos, Paulo e Ari, pela companhia, brincadeiras, amizade e por me ajudarem sempre.

À toda minha família por tudo que representa para mim.

Ao meu orientador, Prof. Bernardo Barbosa, e co-orientador, Prof. Alex Moraes, pela confiança, amizade, apoio, dedicação e conhecimentos fornecidos durante a elaboração e conclusão da dissertação.

Ao Prof. Romildo Morant, pela confiança, amizade, ensinamentos, e pelas conversas e conselhos nos momentos mais difíceis da minha vida.

Aos meus amigos e colegas que tive a felicidade de conhecer, Alcione, Ana Paula Alencar, Amanda, Albedson, Cida, Karla, Júlio, Gleide, Ricardo, Rivaldo e Sara. Especialmente, Alci, Amanda, Albed, Ricardo e Sara, por mostrarem a importância das verdadeiras amizades.

Aos colegas do Laboratório de Materiais de Construção, pela ajuda e momentos vivenciados.

À Nana, Walquiria e Raimundo Mainar pela colaboração e ajuda durante essa minha jornada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, pelos excelentes professores, que sempre estiveram disponíveis para ajudar, e pelas aulas ministradas.

Aos dirigentes das Indústrias Têxteis da cidade de Caruaru-PE, que abriram as portas das suas empresas para realização do trabalho.

RESUMO

O estado de Pernambuco é considerado um dos maiores polos industriais têxteis do país e dentre as cidades que integram o Arranjo Produtivo Local, destaca-se Caruaru, considerado grande centro urbano e têxtil do Agreste, comportando as mais importantes empresas deste setor. As lavanderias têxteis são constituídas por atividades industriais com grande potencial para contaminação do meio ambiente devido à qualidade resíduo sólido e efluente gerado, uma vez que contêm significativa carga de compostos poluentes oriundos dos inúmeros processos de tingimento de jeans e outros materiais. O lodo têxtil é caracterizado como portador de uma grande variedade de metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos provenientes dos corantes, fibras processos auxiliares. Com o objetivo de realizar estudos para reaproveitamento deste lodo na região, diversas abordagens foram desenvolvidas desde a descrição detalhada dos processos de tingimento, até a caracterização e comportamento da composição química de efluentes e resíduos sólidos de algumas lavanderias. Para isso foram realizados estudos de modelagem do comportamento químico de metais (Cádmio, Cromo, Cobre, Ferro, Manganês, Níquel, Chumbo, Zinco) presentes nos efluentes bruto e tratado, bem como as análises ecotoxicológicas com *Daphnia Similis* e matéria orgânica de quatro diferentes lodos têxteis gerados por lavanderias localizadas no Agreste de Pernambuco. Alguns resultados sugerem que o comportamento dos metais nos efluentes apresenta-se em diversas formas químicas podendo se complexar de diversas formas com as fibras dos tecidos liberadas durante os processos de tingimento. Ainda é possível que tais metais formam ligações com compostos remanescentes dos processos na Estação de Tratamento de Efluentes. Com os resultados das análises ecotoxicológicas, pode-se determinar o grau de toxicidade diferenciado em algumas amostras de lodo têxtil, sendo classificados como resíduos perigosos de classe I segundo a NBR 10.004/2004. Algumas análises adicionais nos mesmos lodos, como teor de matéria orgânica, pH e Eh indicaram haver correlação elevada entre si e com a toxicidade. De acordo com os resultados obtidos, fica evidente que existe a necessidade de melhorar a eficiência das estações de tratamento de efluentes, bem como buscar alternativas para uso da matéria-prima básica dos pigmentos inorgânicos ricos em metais pesados. Também ficou evidente que existe a necessidade de caracterização mais detalhada e monitoramento constante dos efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados pela atividade têxtil no estado de Pernambuco para dimensionar o grau de impacto ambiental presente nos corpos aquáticos e solos da região. Todavia, melhorando os processos de tratamento de efluentes, é possível reutilizar toda biomassa na indústria local como substituto para a lenha, reduzindo assim custos com a disposição e transporte de resíduos, reduzindo assim os impactos ambientais do setor têxtil.

Palavras-chave: Metais pesados; Análises ecotoxicológicas; Estação de tratamento de efluentes; Lodo têxtil.

ABSTRACT

The state of Pernambuco is considered one of the largest textile industrial centers in the country and among the cities that make up the Local Productive Arrangement, Caruaru stands out, considered a large urban and textile center of Agreste, with the most important companies in this sector. The textile laundries are an industrial activity with great potential for contamination of the environment due to the solid waste quality and effluent generated, since they contain a significant load of polluting compounds from the numerous dyeing processes of jeans and other materials. The textile sludge is characterized as carrying a wide variety of heavy metals, organic and inorganic compounds from the dyes, fibers auxiliary processes. With the objective of carrying out studies to reuse this sludge in the region, we developed a series of approaches from the detailed description of the dyeing processes, to the characterization and behavior of the chemical composition of effluents and solid wastes from some laundries. For this, modeling studies of the chemical behavior of metals (Cadmium, Chromium, Copper, Iron, Manganese, Nickel, Lead, Zinc) present in crude and treated effluents were carried out, as well as the ecotoxicological analyzes with *Daphnia Similis* and organic matter from four different Textile sludges generated by laundries located in the Agreste of Pernambuco. Some results suggest that the behavior of the metals in the effluents presents in several chemical forms that may in turn complex in different ways with the fibers of the tissues released during the dyeing processes. It is still possible that such metals form bonds with compounds remaining in the processes at the Effluent Treatment Station. With the results of the ecotoxicological analyzes, it is possible to determine the degree of toxicity differentiated in some samples of textile sludge, being classified as class I hazardous waste according to NBR 10.004/2004. Some additional analyzes in the same sludge, such as organic matter content, pH and Eh indicated high correlation between each other and with toxicity. According to the results obtained, it is evident that there is a need to improve the efficiency of the effluent treatment plants, as well as to find alternatives for the use of the basic raw material of the inorganic pigments rich in heavy metals. It was also evident that there is a need for more detailed characterization and constant monitoring of the liquid effluents and solid residues generated by the textile activity in the state of Pernambuco to measure the degree of environmental impact present in the aquatic bodies and soils of the region. However, once the effluent treatment processes are improved, it is possible to reuse all biomass in local industry as a substitute for firewood, thereby reducing waste disposal and transport costs, thereby reducing the environmental impacts of the textile industry.

Keywords: Heavy metals; Ecotoxicological analyzes; Effluent treatment station; Textile sludge.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Autorização Ambiental
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al₂SO₄	Sulfato de Alumínio
Al₂(OH)₃Cl₃	Policloreto de Alumínio
ANVISA	Agência de Vigilância Sanitária
APL	Arranjo Produtivo Local
APLCAPE	Arranjo Produtivo Local de Confeccões do Agreste Pernambucano
ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BR	Rodovia (Brasil)
Cd	Cádmio
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiental
CP	Consulta Prévia
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
Eh	Potencial Redox/oxirredutor
ETA	Estações de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Efluente
Fe	Ferro
g	Gramas
g.cm⁻³	Grama por centímetro cúbico
g.mol⁻¹	Grama por moles
H₂O	Molécula da água
HNO₃	Ácido Nítrico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
kg	Quilograma
km²	Quilometro quadrado
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
LS	Licença Simplificada
m³	Metro cúbico
µm	Micrómetro
mg.L⁻¹	Miligrama por litro
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Mn	Manganês
mS.cm⁻¹	MiliSiemens por centímetro
NaOH	Hidróxido de Sódio
NaClO	Hipoclorito
NBR	Norma Brasileira
Ni	Níquel
PE	Pernambuco
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
R\$	Real (moeda brasileira)
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SINDILAV	Sindicato de Lavanderias de São Paulo
Zn	Zinco
°C	Grau Celsius
%	Porcentagem

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos corantes utilizados pela indústria têxtil.	33
Tabela 2 - Concentração dos metais em efluentes de tingimento.....	34
Tabela 3 - Resultado das análises dos efluentes.	47
Tabela 4 - Origem dos metais e mecanismo de liberação.	71
Tabela 5 - Resultados dos ensaios de toxicidade após tratamento estatístico com as amostras de lodo.	73
Tabela 6 - Matéria orgânica presente no lodo têxtil.	75

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de beneficiamento e tingimento do jeans.	22
Figura 2 - Acabamento dos processos de beneficiamento.....	22
Figura 3 - Estação de tratamento de águas residuárias de uma lavanderia de jeans.....	25
Figura 4 - Identificação de metais na tabela periódica.	35
Figura 5 - Diagrama Eh-pH para o sistema Pb-O-H	41
Figura 6 - <i>Daphnia Similis</i>	43
Figura 7 - Mapa de localização município de Caruaru – PE.....	46
Figura 8 - Coleta do lodo residual na lavanderia têxtil.....	48
Figura 9 - Processo de secagem do lodo residual.....	49
Figura 10 - Determinação do pH das amostras.....	50
Figura 11 - Determinação da matéria orgânica no lodo.	51
Figura 12 - Análise ecotoxicológica do lodo.....	52
Figura 13 - Diagrama de equilíbrio Eh/pH de especiação do cádmio (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo...56	56
Figura 14 - Fluxograma de remoção do cádmio no efluente.....	57
Figura 15 - Diagrama de equilíbrio Eh/pH de especiação do cromo (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo...58	58
Figura 16 - Fluxograma de remoção do cromo no efluente.	58
Figura 17 - Diagrama de equilíbrio Eh/pH de especiação do cobre (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo...60	60
Figura 18 - Fluxograma de remoção do cobre no efluente.....	60
Figura 19 - Diagrama de equilíbrio Eh/pH de especiação do chumbo (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo...62	62
Figura 20- Fluxograma de remoção do chumbo no efluente.....	62
Figura 21 - Diagrama de equilíbrio Eh/pH de especiação do ferro (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo...64	64
Figura 22 - Fluxograma de remoção do ferro no efluente.....	64
Figura 23 - Diagrama de equilíbrio Eh/pH de especiação do manganês (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo...66	66
Figura 24 - Fluxograma de remoção do manganês no efluente.....	66
Figura 25 - Diagrama de equilíbrio Eh/pH de especiação do níquel (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo...68	68

Figura 26 - Fluxograma de remoção do níquel no efluente.....	68
Figura 27 - Diagrama de equilíbrio Eh/pH de especiação do zinco (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo...	70
Figura 28 - Fluxograma de remoção do zinco no efluente.....	70
Figura 29 - Fluxograma de caracterização e classificação de resíduos sólidos.....	74
Figura 30 - Gráfico da correlação linear entre o pH e a Matéria orgânica.....	76
Figura 31 - Oxidação da celulose.....	77
Figura 32 - Gráfico da correlação linear no Eh com toxicidade.....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivo Geral	17
1.2	Objetivos Específicos	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	Setor Têxtil Brasileiro	18
2.2	APL de Confecção do Agreste de Pernambuco	19
2.3	Lavanderias Industriais Têxteis	21
2.4	Efluentes das Lavanderias Industriais Têxteis	24
2.5	Geração do Lodo Têxtil.....	27
2.5.1	Técnicas para Tratamento do Lodo	27
2.5.1.1	<i>Secagem ou Desidratação</i>	27
2.5.1.2	<i>Solidificação e Estabilização</i>	28
2.5.1.3	<i>Incineração</i>	28
2.5.1.4	<i>Aterros de resíduos industriais</i>	28
2.5.1.5	<i>Compostagem e disposição no solo</i>	29
2.6	Definição e Classificação dos Resíduos Sólidos.....	29
2.7	Corantes Têxteis	31
2.8	Contaminação por Metais.....	33
2.8.1	Cádmio	36
2.8.2	Chumbo	36
2.8.3	Cobre	37
2.8.4	Cromo	37
2.8.5	Ferro	38
2.8.6	Manganês.....	39
2.8.7	Níquel	39
2.8.8	Zinco.....	40
2.9	Diagrama Pourbaix	41
2.10	Ecotoxicologia	42
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1	Delineamento da Pesquisa	44
3.2	Área de Estudo.....	45
3.3	Dados da Pesquisa	46
3.3.1	Efluente têxtil	46
3.3.2	Lodo têxtil	47
3.3.2.1	<i>Coleta e preparação das amostras do lodo</i>	48
3.3.2.2	<i>Caracterização do lodo</i>	49
3.3.2.2.1	<i>pH e Eh</i>	49
3.3.2.2.2	<i>Matéria Orgânica</i>	50
3.3.2.2.3	<i>Teste Ecotoxicológico do lodo</i>	51
3.3.2.2.4	<i>Análise estatística</i>	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1	Efluente Têxtil.....	53

4.1.1	Cádmio	55
4.1.2	Cromo	57
4.1.3	Cobre	59
4.1.4	Chumbo	61
4.1.5	Ferro	63
4.1.6	Manganês.....	65
4.1.7	Níquel	67
4.1.8	Zinco.....	69
4.2	Lodo Têxtil	72
4.2.1	Ecotoxicologia com Daphnia Similis	72
4.2.2	Matéria Orgânica, pH e Eh.....	75
5	CONCLUSÃO.....	79
6	PERSPECTIVAS.....	80
	REFERÊNCIAS	81
	ANEXO.....	92

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial no mundo cresce a cada dia, devido ao processo de aceleração de urbanização e o aumento da concentração populacional. Tanto as indústrias como o comércio, bem como a população, vêm aumentando a procura por matérias-primas, produtos e energia, ocasionando um incremento na geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Esses resíduos, quando não tratados adequadamente, impactam o sistema físicoecológico que nos circunda, comprometendo o equilíbrio do planeta (CALMON, 2010). Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias de tratamento, em substituição ao simples descarte desses resíduos em aterros sanitários.

O Arranjo Produtivo Local de Confecções do Agreste Pernambucano (APLCAPE) é o segundo maior polo têxtil do país, empregando cerca de 100 mil pessoas, com uma produção de aproximadamente 900 milhões de peças por ano, perdendo apenas para o de São Paulo. Contudo é importante que o APL adote ações para garantir a sustentabilidade ambiental. Muitas destas lavanderias têm interesse em obter o selo verde que atesta sua adequação à regularização ambiental, para manter sua importância e conquistar novos mercados (ESTADÃO, 2013).

A lavanderia têxtil é uma das indústrias que mais contaminam o meio ambiente, gerando grandes quantidades de resíduos, entre eles o lodo têxtil. Este lodo é oriundo dos sistemas de tratamento de efluentes. De acordo com Nortevisual (2010) uma lavanderia industrial têxtil de médio porte, processa 100 mil peças de vestuários por ano, gerando aproximadamente 120 toneladas de lodo com 95% de umidade e 6 toneladas de lodo seco.

Os resíduos sólidos, chamado lodo, é um material semissólido, composto de matéria orgânica e inorgânica. Ele apresenta difícil processo de tratamento e alto custo de disposição final. A quantidade de lodo gerado em uma lavanderia está relacionada com a eficiência dos sistemas de tratamento de efluentes pelos métodos físico-químicos e ou biológico. Por ser solúvel em água, a sua disposição no ambiente tornou-se um problema ambiental para as lavanderias têxteis (DIAS JÚNIOR, 2013).

De acordo com Cogo (2011) o efluente e lodo têxtil na sua composição podem conter metais pesados como chumbo, cobre, manganês, cromo, níquel, cádmio, além de alumínio, ferro e zinco, provenientes dos corantes, que quando são dispostos no meio ambiente, provocam impactos nefastos, como contaminação do solo, águas superficiais e ou subterrâneas, organismos aquáticos, e ainda afetando diretamente ou indiretamente o ser humano.

À luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010), um correto gerenciamento de resíduos sólidos, a reutilização do lodo residual têxtil pode ser considerada como uma ferramenta de preservação ambiental e grande fonte de matéria-prima para diversas aplicações industriais. Apesar do saber das instituições pertencentes ao governo sobre a necessidade da reciclagem, ainda falta muito para que essa prática seja implantada na cadeia produtiva têxtil.

1.1 Objetivo Geral

Estudar o ciclo produtivo em lavanderias do Agreste de Pernambuco para propor alternativas acerca da disposição, reutilização e redução dos resíduos gerados pelo polo têxtil.

1.2 Objetivos Específicos

- i. Estudo detalhado do processo das lavanderias;
- ii. Estudo de dados da literatura de efluentes têxteis para modelagem e posterior delineamento das propriedades gerais do impacto ambiental;
- iii. Análise da ecotoxicidade, matéria orgânica, (potencial hidrogeniônico) pH e (potencial redox) Eh em lodos têxteis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Setor Têxtil Brasileiro

O Brasil é um importante produtor mundial de artigos têxteis. Por fabricar cerca de 1,8 milhões de toneladas de artigos confeccionados é considerado o 5º maior produtor mundial (IEMI, 2014). O país apoderou-se da 7ª colocação na produção de fios e tecidos planos e a 3ª posição na confecção de tecidos de malha (FINKLER et al., 2005), com isso, o setor cresceu e tornou-se uma das indústrias intensivas em mão de obra, gerando mais de 8 milhões de empregos diretos e indiretos conforme afirma Neuls (2012).

Segundo a IEMI (2015), especialista em pesquisa e análises do setor têxtil e de vestuário, a cadeia têxtil e de confecção em 2014 faturou cerca de R\$ 126 bilhões, o que equivale a 5,6% do valor total da produção da indústria brasileira de transformação, aí excluídas as atividades da extração mineral e construção civil, as quais completam o setor secundário da economia.

No período analisado, de 2010 a 2014, a quantidade de empresas em atividades na cadeia têxtil cresceu 6,4%, mas, sobre 2013, ocorreu a queda de 0,4%. O segmento de confecções para a linha lar foi a que mais cresceu no período, com alta de 14%. Em contrapartida, o segmento de meias e acessórios reduziu 3,5%. Na confecção de vestuário, o crescimento foi de 7,6%, enquanto as fiações apresentam queda de 3,7%, as tecelagens, de 3,6% e as malharias, de 3,2% (IEMI, 2015).

Em relação ao emprego na cadeia têxtil, registrou-se redução de 6,1% no setor têxtil e de 2,4% nos confeccionados, entre 2010 a 2014. Quando é analisado o número médio de empregados por empresa, observa-se que no período de 2010 a 2014, houve declínio, tanto no setor têxtil quanto no de confecção, mostrando que existe maior nível de automação e modernização do setor (IEMI, 2015).

Recentemente, o Brasil tornou-se um país importador de produtos têxteis e confeccionados, ou seja, as importações excedem as exportações. A balança comercial da cadeia têxtil vem, ano a ano, ampliando seu déficit, chegando a US\$ 4,7 bilhões em 2014. Em, 2010, com déficit de US\$ 2,8 bilhões. Em quatro anos houve um crescimento de 69%, ou seja, uma média de 14% ao ano (IEMI, 2015).

O Nordeste é uma das principais regiões produtoras de têxteis no país, pois concentra um dos maiores mercados consumidores e sedia os principais centros de distribuição de atacado e varejo do Brasil (IEMI, 2014). Visto que, tem uma importância

na economia brasileira que representa 3,4% do valor bruto da produção industrial têxtil e 5,0% dos empregos da indústria de transformação regional (IBGE, 2014).

De acordo com o Bezerra (2014), em 2012 o Nordeste participou com 14,3%, ou seja, 1453 estabelecimentos e 17,5%, que corresponde a 52.359 dos empregos formais. A região é proporcionalmente mais forte na área de fiação de fibras têxteis, detendo 25,7% do número de estabelecimentos e 26,3% dos empregos formais do país neste setor.

Segundo Abit (2015), o estado de Pernambuco é tido como segundo maior produtor têxtil e de confecção da região Nordeste e Norte e o oitavo principal produtor do Brasil, assumindo 2,9% do total do faturamento nacional. Em consequência também é responsável por 47,5 mil empregados diretos e 1.359 empresas do setor têxtil e de confecção. De janeiro a julho de 2015, o estado exibiu um déficit da balança comercial de 25,02% menor que o verificado no período anterior (de US\$ 74,74 milhões para US\$ 56,04). De acordo com IEMI (2015), o estado de Pernambuco teve um faturamento de 3,65 milhões, em 2014, teve uma expansão de aproximadamente 5,77% em sua produção têxtil nos primeiros sete meses em 2015, e respondeu por 0,81% do total de exportações brasileiras de produtos têxteis e de confecção, somando US\$ 5,12 milhões, um aumento de 24,1% em relação ao ano de 2014.

2.2 APL de Confecção do Agreste de Pernambuco

Conforme Oliveira (2013), o polo de confecções do agreste de Pernambuco é um dos maiores deste segmento no país, juntamente com São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais, Goiás e Ceará. Este polo é inserido numa região sem tradição industrial, tratando-se de uma área social singular. Contrastando com a pobreza predominante do semiárido brasileiro, o Polo de Confecções do Agreste de Pernambuco é designado como um conjunto de unidades produtivas, cujas atividades estão centradas na produção e comercialização de roupas e acessórios, em escala fabril, especialmente por meio de feiras que atraem compradores de todas as regiões do país (OLIVEIRA, 2013).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (2004) explana que o APL é definido como sendo um conjunto de empresas e instituições relacionadas a uma mesma área industrial, onde estão concentrados em um mesmo território geográfico, visando relações de algum tipo de cooperação a fim de retornar crescimento e competitividade para as mesmas, cujo principal objetivo está voltado a concorrer a nível internacional, desejando o aprimoramento dos seus produtos e serviços.

O APL de confecções do Agreste de Pernambuco surgiu como resultado da ação de indivíduos que “empreenderam” uma saída na busca por sua sobrevivência familiar, frente a um cenário de poucas oportunidades e condições adversas (Lima, 2011). Neste sentido, Vêras de Oliveira (2011) menciona as condições climáticas da seca e os escassos recursos naturais, que dificultam a subsistência das populações locais a partir da agropecuária.

O surgimento da produção de confecção no agreste pernambucano iniciou-se entre as décadas de 1940 e 1950, nas quais, grupos de comerciantes de Santa Cruz do Capibaribe, na época distrito de Taquaritinga do Norte, iam para o Recife comercializar produtos agrícolas e, na volta, traziam retalhos de tecidos para serem manufaturados e comercializados localmente. Durante o ano de 1960, caminhoneiros que vinham de São Paulo, traziam retalhos de malha helanca em grande escala para a cidade. Com isso, estes eram transformados em matéria-prima para a produção de produtos têxteis, onde eram comercializados em feiras livres, chamadas de “sulanca” (Lima, 2011). Conforme Araújo (2003) este nome se deu devido à combinação “sul” e “helanca”, a palavra “sul” refere-se a malha proveniente da região Sudeste do país, e “helanca” devido ao tipo de tecido.

Ainda em 1960, Santa Cruz do Capibaribe ficou conhecida com um mercado de produtos simples, de baixa qualidade e preços acessíveis, atraindo compradores das cidades vizinhas. Com isso, a sulanca passa também a ser comercializada na cidade de Caruaru, atraindo a população do interior do Norte e Nordeste que revendem essas roupas nas cidades de origem (SILVA, 2009).

Segundo os dados do Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (2013), o Polo de confecções de Pernambuco é composto por 18.803 unidades produtivas, no qual estão inseridas nas dez cidades da região do agreste Estado que compõem o APLCAPE: Agrestina, Brejo de Madre de Deus, Caruaru, Cupira, Riacho das Almas, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama e Vertentes. Especialmente nas cidades de Santa Cruz do Capibaribe, Toritama e Caruaru, concentra-se maior número de unidades produtivas. Esses três municípios formam o núcleo original do polo abrangendo 77% do total de unidades produtivas para os dez municípios.

De acordo com SEBRAE (2013), nos dez municípios, 80% das unidades produtoras são informais, tendo o restante declarado possuir o Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica do Ministério da Fazenda. Com isso, o número de informais tende a cair devido ao tratamento fiscal dado ao setor, por uma série de leis e decretos federais e estaduais. Segundo Gomes e Campos (2009), além da existência das indústrias, a

produção também ocorre em 37% dos domicílios, cujas as atividades são concretizadas em ambientes privados das casas. Vale ressaltar que 53% das empresas são de pequeno porte, produzindo até 2000 peças por mês, conforme o SEBRAE (2013). As unidades domiciliares são chamadas de facções, as quais ocupam-se de partes da produção das peças, por meio da terceirização. Também encontram-se os fabricos, que são pequenas unidades de fabricação que efetuam o acabamento final das peças (GOMES; CAMPOS, 2009).

2.3 Lavanderias Industriais Têxteis

A indústria têxtil possui processos produtivos muito diversificado, podendo apresentar todas as etapas do processo ou apenas uma. Dentre os processos, destacam-se os de fiação, tecelagem e/ou malária, beneficiamento e enobrecimento dos fios, tecidos e confecções (AVELAR, 2012).

Em geral, apenas algumas empresas de médio e grande porte têm a capacidade de realizar todas as etapas, fazendo surgir muitas empresas menores, que tem no seu processo produtivo apenas uma das etapas, sendo chamadas de tinturarias e lavanderias.

A lavanderias e tinturarias são conhecidas como indústria de beneficiamento têxtil, no qual os tecidos são tratados para melhorar sua aparência e são aferidas as características específicas de qualidade do produto (BELTRAME, 2000).

De acordo com Silva (2016) a entrada de insumo nos processos desenvolvidos nas lavanderias industriais vai depender do tipo de beneficiamento, podendo dar diversos acabamentos ao jeans. As transformações das peças estão relacionadas na passagem de alguns processos (Figura 1 e 2) como cita Silva (2016, p. 68).

Amaciado: consiste em favorecer melhoria em relação ao toque do tecido, ficando mais agradável para o uso, sendo aplicado processos químicos apenas de desengomar o tecido e amaciar para melhorar a sensação ao toque.

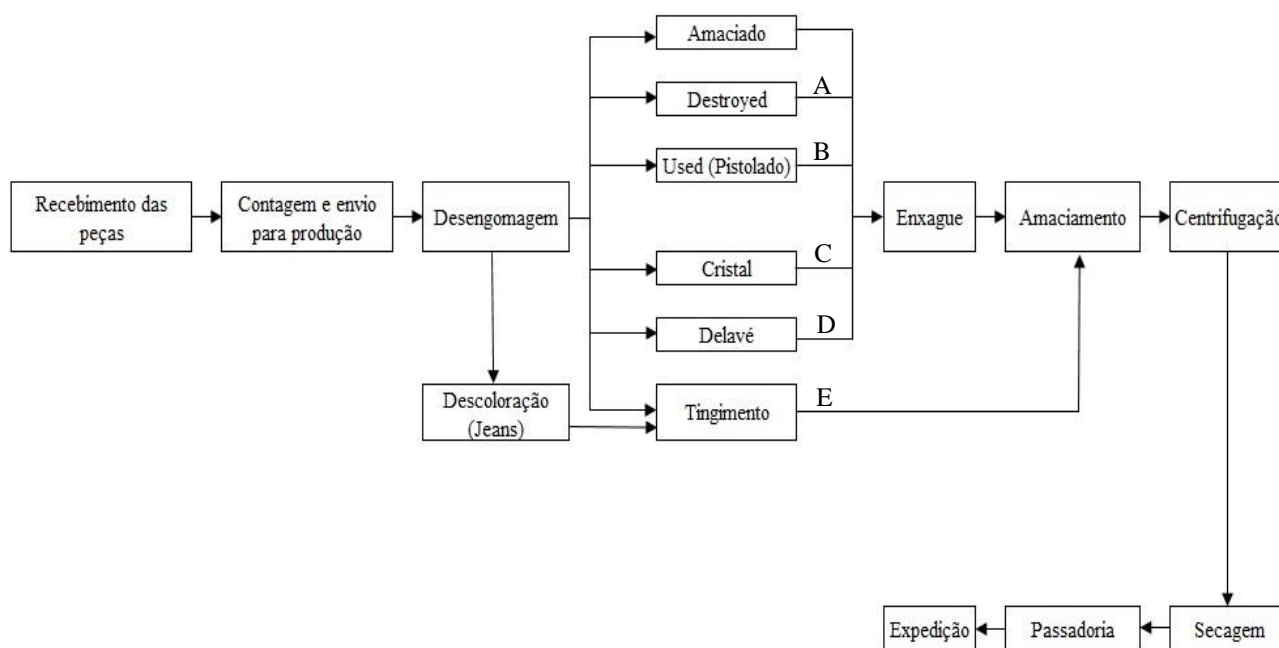
Destroyed: aplicação de procedimentos físicos onde o jeans pode ter infinitas combinações de desgaste ou cortes para aparentar muito gasto, muito apreciado pela população jovem.

Used: consiste na aplicação de uma solução de permanganato de potássio para que ocorra assim a descoloração na área aplicada simulando também desgaste na peça, este processo é bastante utilizado no beneficiamento do jeans.

Cristal (azul claro): consiste em coloração bem clara no jeans é preferível utilizar uma substância oxidante forte, como o hipoclorito de sódio.

Délavé (azul médio): consiste na obtenção da coloração mais forte no tecido, normalmente é aplicado o peróxido de hidrogênio, sendo sua aplicação bastante recomendada principalmente pela facilidade de sua neutralização e ausência de resíduo, pois ao utilizar enzimas para a neutralização o mesmo se decompõe e um dos seus produtos é a água.

Figura 1 - Processo de beneficiamento e tingimento do jeans.



Fonte: SILVA (2016).

Figura 2 - Acabamento dos processos de beneficiamento.



Fonte: o autor.

No processo de beneficiamento nas lavanderias industriais, no processo de tingimento ocorre a aplicação das cores nos tecidos, onde são regidas pela moda da temporada. Este procedimento impõe às lavanderias a utilização de uma grande diversidade de corantes. No decorrer desses processos, observa-se que em algumas etapas são utilizados diversos produtos químicos, cujo o mau manuseio pode vir a causar inúmeros prejuízos ao meio ambiente e a saúde humana.

Costa (2008) menciona os tipos de corantes que são utilizados no processo de tingimento do tecido, nos quais podem ser classificados como reativos, básicos, ácidos, mordentes, diretos, azoicos, de enxofre, pré-metallizados, branqueadores e tina.

Além desses produtos, ainda existem duas substâncias químicas utilizadas nos processos das lavanderias, o percloroetileno e o permanganato de potássio, que se destacam por serem prejudiciais à saúde humana. O percloroetileno é um gás solvente que é utilizado como removedor de tinta que ocasiona diversos sintomas ao ser humano, em alguns casos quando seus vapores são inalados, podem causar enjoos, fadiga, dores de cabeça e a perda da consciência (VIÑOLAS, 2005).

Decorrente a utilização de percloroetileno, a Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 161, de 23/06/2004, estabelece regras no objetivo de proteger o meio ambiente e a saúde da população e dos trabalhadores.

Já o permanganato de potássio é um composto químico que serve como agente oxidante. Ele possui uma coloração violeta, utilizado nas lavanderias para o desbotamento das peças, conforme o Sindicato de Lavanderias de São Paulo-SP (SINDILAV, 2011). O metal manganês está inserido na sua composição podendo causar ao ser humano perda de expressão facial, ausência do ato de piscar, gagueira, insônia, tremores nas mãos e rigidez dos membros (TEXEIRA, 2010).

Com isso, medidas corretivas foram discutidas no Congresso de Associação Brasileira de Técnicos Têxteis em 2011, onde foram expostas as tecnologias sustentáveis, como a utilização de marcação no jeans por laser, substituindo a utilização do permanganato de potássio. Outra técnica é o uso de ozônio, que reduz o uso da água e a utilização de produtos químicos (SINDILAV, 2011).

Segundo Lima (2014), existem três impactos que estão diretamente relacionados com as lavanderias: a contaminação das águas, a contaminação atmosférica e a geração de resíduos sólidos (fibras de tecido, cinza e resto de pedras). Devido a esses fatores as lavanderias têxteis para serem instaladas requerem a licença ambiental, a qual é conseguida após algumas etapas e cumprimentos de exigências. A Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) de Pernambuco, em sua Lei Estadual nº 14.249/10, determina em seu Art 8. os procedimentos a fim de obter-se as licenças necessárias para exercerem a atividade: I - Licença Prévia (LP), II - Licença de Instalação (LI), III - Licença de Operação (LO), IV - Autorização Ambiental (AA), V - Licença Simplificada (LS), VI – Consulta Prévia (CP). São de responsabilidade os municípios a incumbência, a

fiscalização e o monitoramento ambiental dos empreendimentos e das atividades impactantes no meio ambiente, conforme Art 36. da Lei nº 14.249/10.

2.4 Efluentes das Lavanderias Industriais Têxteis

O processo de beneficiamento têxtil utiliza elevados volumes de água em seu processamento, sendo por esta razão, um dos principais insumos. O efluente gerado traz consigo uma alta carga poluidora, onde 90% dos produtos químicos utilizados no processo são eliminados após cumprirem seus objetivos (SOUZA et al., 2014). Essas indústrias geram efluentes com composição extremamente heterogênea e uma grande quantidade de material tóxico e recalcitrante, além de apresentarem uma forte coloração, possuem grande quantidade de sólidos suspensos, temperatura elevada, elevada concentração de Demanda Química de Oxigênio (DQO), considerável quantidade de metais pesados, compostos orgânicos clorados e surfactantes (STRÖHER et al., 2012; NAGEL-HASSEMER et al., 2012).

Segundo Kant (2012), o consumo diário de água em uma lavanderia de médio porte com uma produção de cerca de 8000 kg de tecido por dia é cerca de 400 mil de litros de água. Para o tingimento o consumo de água específico varia de 30 a 50 litro/kg de tecido, dependendo do tipo de corante utilizado.

Já Rezende et al. (2009) afirma que cerca de 100 m³ de água são consumidos em média para cada tonelada de tecido processado e que o consumo de água varia conforme as operações de tratamento empregado durante as diversas etapas do seu processamento.

Segundo Guarantini e Zanoni (2000), independentemente de maior ou menor nível de concentração, o lançamento da água residual poderá interferir na absorção de luz do ambiente aquático, prejudicando o processo de fotossíntese, além de contribuir para contaminação dos mananciais.

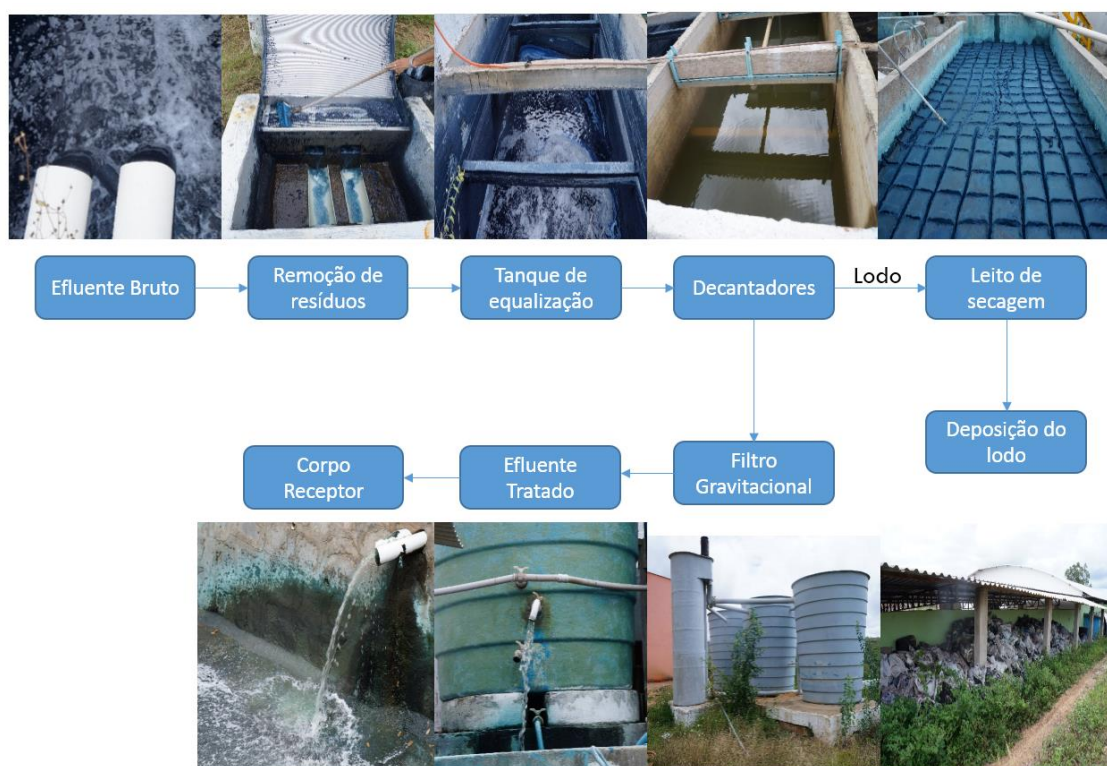
Dessa forma, a reciclagem de efluentes torna-se um importante processo a ser avaliado, pois, além da remoção dos corantes e da carga orgânica das águas de tratamento, sais inorgânicos como cloreto de sódio e o sulfato de sódio, que são usados para melhorar o processo de tingimento, podem ser reutilizados no processo, evitando assim a salinização dos solos. Do mesmo modo, por meio de tratamento de efluentes, além da redução aos impactos ambientais, existe a possibilidade de se recuperar compostos químicos reutilizáveis e minimizar o volume de efluentes (HILDEBRAND, 2010).

Os métodos usados para os tratamentos de efluentes indústrias podem ser simples quanto à aplicação de processos físico-químicos. No entanto, quando se deseja eliminar

uma substância tóxica, ou reduzir a sua concentração até um teor inócuo, são utilizados processos de tratamento biológicos e os processos oxidativos avançados (POA) (ALATON, TEKSOY, 2007).

Para o tratamento de efluentes têxteis, muitas empresas adotam o processo físico-químico de coagulação-floculação, seguindo uma etapa de absorção (carvão ativado) em filtros (BUSS et al., 2015). Nesta forma de tratamento é comum o emprego de estações compactas (Figura 3), devido à localização das lavanderias, pois muitas delas estão situadas em centros urbanos com pouca disponibilidade de área (STRÖHER et al., 2013).

Figura 3 - Estação de tratamento de águas residuárias de uma lavanderia de jeans.



Fonte: o autor.

Segundo Zagonel (2015), o tratamento é dividido em três etapas distintas: preliminar, primário e secundário. Na etapa preliminar, os efluentes provenientes das lavagens do jeans são direcionados à caixa de passagem, que funciona como um decantador. No entanto, antes de entrar na caixa de passagem, o efluente é passado por uma peneira que impede o arraste de sólidos grosseiros.

Em seguida, a água residual é bombada para o tanque de equalização, onde bolhas de ar são ejetadas para auxiliar na homogeneização, permitindo que as próximas etapas do tratamento ocorram sem altas variações nos parâmetros (SOUZA et al., 2013).

No tratamento primário, o efluente é direcionado para um decantador, onde há adição de hidróxido de Sódio (NaOH) (Soda). Este composto tem como função auxiliar na coagulação, aumentando a velocidade de sedimentação, e elevando a resistência do floco ao cisalhamento e minimizando a queda o pH (LIBÂNIO, 2010). Libânio (2010) explica que na sequência é necessário a adição do Policloreto de Alumínio ($Al_2(OH)_3Cl_3$) ou Sulfato de Alumínio (Al_2SO_4), compostos coagulantes que atuam nas cargas superficiais das moléculas desestabilizando-as, facilitando desta maneira a formação de flocos quando adicionado um polímero.

Por fim, a adição do polímero, que de acordo com Von Sperling (2005) é utilizado para a formação de flocos e a separação de sólido/líquido. Nos decantadores, por apresentar maior densidade que a parte líquida, os sólidos sedimentam-se no fundo do tanque formando o lodo, onde são encaminhados para leitos de secagem.

A fração líquida dos decantadores seguem para os filtros de fluxo ascendente, em meio filtrante contendo carvão ativado. Os filtros são utilizados para que ocorra a remoção de partículas responsáveis pela cor e turbidez (ZAGONEL et al., 2015).

De acordo com Von Sperling (2005), o tratamento secundário consiste no processo de inativação de microrganismos presentes nas águas residuárias tratadas, pois muitos apresentam características patogênicas.

Algumas empresas utilizam uma solução de Hipoclorito ($NaClO$ – 12%) de forma líquida numa concentração de 1/10 conforme Zagonel et al. (2015).

Desta forma, os efluentes líquidos gerados passam por processos de tratamentos físicos, químicos e biológicos, para o produto final apresentar características determinadas pelos órgãos ambientais, para que sejam lançados nos corpos d'água. Como será visto a seguir, o tratamento do efluente líquido produz o lodo têxtil (CASTRO et al., 2009).

Na APL de confecção do estado de Pernambuco, estudos sobre a remoção de cor dos efluentes têxteis vêm sendo de grande interesse nas últimas décadas. Os processos de remediação das águas residuárias de lavanderias e tinturarias industriais têm envolvido apenas sistemas físico-químicos de coagulação, floculação e decantação. Pesquisas precisam ser incentivadas para que sejam investigados a toxicidade dos efluentes tratados além da aplicação de tratamentos biológicos (COSTA, 2008).

2.5 Geração do Lodo Têxtil

Os sistemas de tratamento aplicados às indústrias têxteis são grandes geradoras de resíduos conhecidos como lodos, cuja geração está relacionada com a eficiência dos processos físico-químicos ou de tratamento biológico por lodo ativado. A exposição desde material ao meio ambiente tornou-se um problema ambiental para as lavanderias, em parte, pela sua característica de ser solúvel em água (DRAEGER, 2015).

O lodo têxtil oriundo do processo de tratamento do efluente possui composição química variada, sendo rico em metais pesados e outros componentes químicos, dentre os quais estão o alumínio, manganês, ferro, sódio, cálcio, fósforo, silício, carbono total, carbono orgânico e cloretos. A poluição por metal pesado é altamente perigosa devido à sua toxicidade e à sua persistência no ambiente, quando não são degradados ou facilmente desintoxicados biologicamente (BARBOZA, 2011). Achar soluções eficientes e seguras para os resíduos semissólidos que contêm metais pesados é sempre um desafio para as indústrias geradoras, devido ao custo efetivo das alternativas de tratamento disponível (PRIM, 1998).

2.5.1 Técnicas para Tratamento do Lodo

Dentre as diversas tecnologias de tratamento dos lodos, pode-se citar a secagem ou desidratação, solidificação ou estabilização e a incineração. E as principais tecnologias de disposição de resíduos destacam-se os aterros de resíduos industriais, compostagem e disposição no solo (CASTRO, 2010).

2.5.1.1 *Secagem ou Desidratação*

A secagem ou desidratação têm como objetivo principal a evaporação máxima da água presente no lodo, pois ela é o veículo de espalhamento dos poluentes presentes nele. Além disso, dificulta também as operações de transporte e disposição em aterros sanitários (BARBOZA, 2011).

A secagem do lodo de lavanderia têxtil é realizada por transferência de calor ou por processos físicos, como a prensagem e centrifugação. Esses equipamentos não são muito eficientes para a redução da umidade, gerando um lodo com umidade entre 70% a 80%. O tratamento resulta na redução do volume, a remoção de componentes orgânicos e inorgânico voláteis (COGO, 2011; DRAEGER, 2015).

2.5.1.2 Solidificação e Estabilização

A solidificação é um processo que gera uma massa sólida de resíduo tratado, melhorando sua estrutura e características físicas, tornando mais fácil o seu manuseio e transporte. A estabilização consiste no tratamento, onde os constituintes perigosos de um resíduo são transformados em compostos que apresentam baixa solubilidade ou desintoxicando quaisquer constituintes perigosos contidos no resíduo. O lodo utilizado nesse processo, além de solidificar o resíduo perigoso por meios químicos, encapsula, destrói ou interage com os componentes do resíduo, fazendo com que torne menos perigosos que no lodo original (PRIM, 1998; COGO, 2011).

2.5.1.3 Incineração

Segundo Psomopoulos et al. (2009), a incineração é um processo de tratamento de resíduos sólidos ligados a combustão das substâncias orgânicas presentes no resíduo, reduzindo seu volume, seu peso e algumas periculosidades existentes. De acordo com Renosam (2006), este método de tratamento, dependendo da composição do resíduo, leva à redução de até 98% do volume original, podendo depois da queima, ser enviado para aterros sanitários.

Vale destacar que para realizar esta atividade, deve-se compreender bem as características e classificação do resíduo, estado da viabilidade e técnica econômica para decidir se o material é passível de queima. Pois a queima dos resíduos pode ocorrer a emissão dos poluentes tão ou mais tóxicos do que os originais. Então é necessário que a incineração seja feita para resíduos sem alternativas de outros tratamentos mais seguros (DRAEGER, 2015).

2.5.1.4 Aterros de resíduos industriais

Segundo Castro (2010) os aterros industriais são definidos como técnica de disposição de resíduos no solo para minimizar os riscos de degradação ambiental e a saúde pública. São áreas planejadas e impermeabilizadas, para evitar o escoamento do chorume. De acordo com Rosa (2004) os resíduos com baixa umidade são os mais apropriados para serem dispostos no aterro, pois o alto teor de umidade criam problemas pela formação de percolados devido à liberação da fase líquida, podendo comprometer a estabilidade das células do aterro. Para que o lodo têxtil seja despejado, é necessário secá-los antes de enviá-los ao aterro.

Para a deposição do resíduo, é necessário o conhecimento da sua quantificação, qualificação e periculosidade. Segundo Monteiro (2006) existem aterros próprios para a destinação dos resíduos sólidos industriais, normalmente classificados como aterro Classe I, aterro Classe II (A ou B). Para identificar o tipo de resíduo que será desposto é essencial fazer a classificação do resíduo de acordo com a NBR 10.004/2004.

De acordo com Draeger (2015), um dos maiores problemas dos aterros é sua demanda por grandes áreas para sua viabilização operacional e econômica. Vale lembrar que os resíduos permanecem potencialmente perigosos no solo até que possam ser inseridos naturalmente no meio ambiente.

2.5.1.5 Compostagem e disposição no solo

A compostagem é o processo de degradação aeróbica, na qual o material orgânico decompõe-se e transforma-se sob a ação de microrganismos, produzindo dióxido de carbono e água, além de produto orgânico estável, rico em compostos húmicos (CASTRO, 2010).

Alguns tipos de lodo podem ser utilizados na agricultura, porém é necessário que essa atividade seja regulamentada, de modo que o resíduo seja aplicado de forma segura ao meio ambiente e a população (ROSA, 2004).

Ainda assim, o lodo têxtil merece uma atenção, pois a utilização do mesmo na agricultura pode aumentar a concentração de metais pesados no solo. Vários metais são fundamentais para as atividades microbianas, porém em concentrações excessivas podem causar toxicidade (DRAEGER, 2015).

Outra forma de disposição de tratamento do lodo no solo, segundo Rocca et al. (1993) é o processo de “landfarming”, no qual o tratamento se dá por meio de propriedade físicas e químicas do solo, e da intensa atividade microbiana existente neste meio, promovendo a biodegradação, a desintoxicação, a transformação e a imobilização dos constituintes dos resíduos tratados, minimizando os riscos de contaminação ambiental.

2.6 Definição e Classificação dos Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei federal nº 12.305 de 2012, em seu capítulo II define resíduos sólidos como:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável

o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Concomitante com Barbieri (2007) que conceitua lixo ou resíduo, como o que sobra da atividade humana, uma vez que para esse autor no meio natural não existem resíduos, já que normalmente eles se decompõem voltando ao ciclo natural. Já Ribeiro (2009) define resíduo como “coisa” indesejadas provenientes do consumo ou produção de bens.

A NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) traz que:

resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível.

Segundo a norma da ABNT 10.004/2004, os resíduos podem ser classificados de acordo com a periculosidade:

Classe I – Perigosos: resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada;

Classe II A – Não Perigosos – Não-inertes: resíduos que não se enquadram na Classe I ou na Classe II B. Podem ter propriedades tais como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água;

Classe II B – Não Perigosos – Inertes: resíduos sólidos que, submetidos a teste de solubilização, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto: cor, turbidez, dureza e sabor.

A PNRS classifica os resíduos sólidos de acordo com sua origem em: domiciliares, limpeza urbana, sólidos urbanos, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, serviços públicos de saneamento básico, industriais, serviços de saúde, construção civil, agrossilvopastoris, serviços de transportes e resíduos de mineração (CARVALHO, 2016). Conforme a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) (PERNAMBUCO, 2010, Art. 3º) os resíduos sólidos estão compreendidos nas seguintes categorias:

I - resíduos urbanos: provenientes de residências, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, da varrição, de podas e da limpeza de vias, logradouros públicos e sistemas de drenagem urbana passíveis de contratação ou delegação a particular, nos termos de lei municipal;

II - resíduos industriais: provenientes de atividades de pesquisa e de transformação de matérias primas e substâncias orgânicas ou inorgânicas em novos produtos, por processos específicos, bem como, os provenientes das atividades de mineração e extração, de montagem e de manipulação de produtos acabados e aqueles gerados em áreas de utilidade, apoio, depósito e de administração das indústrias e similares, inclusive resíduos provenientes de Estações de Tratamento de Água - ETAs e Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs;

III - resíduos de serviços de saúde: provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial humana ou animal, de centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde de necrotérios, funerárias e serviços de medicina legal, de barreiras sanitárias, bem como, medicamentos e imunoterápicos vencidos ou deteriorados;

IV - resíduos de atividades rurais: provenientes da atividade agropecuária, inclusive os resíduos dos insumos utilizados; V - resíduos provenientes de portos, aeroportos, terminais rodoviários, e ferroviários, postos de fronteira e estruturas similares: são os provenientes de embarcação, aeronave ou meios de transporte terrestre, incluindo os produzidos nas atividades de operação e manutenção, os associados às cargas e os gerados nas instalações físicas;

VI - resíduos da construção civil: provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras, de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como, tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica, denominados entulhos de obras, calça ou metralha.

O resíduo industrial é considerado um dos grandes responsáveis pelas agressões ao meio ambiente. Nele estão inseridos produtos químicos, metais e solventes químicos que ameaçam os ciclos naturais onde são despejados. Com isso, a gestão dos resíduos gerados pela atividade industrial representa um desafio para o mundo sustentável (SILVA, 2016). Deste modo, têm-se buscadas diversas alternativas para a aplicação de processos mais ecológicos, como a eliminação ou a conversão de lodo e o processamento de matérias-primas de esgoto (ALMEIDA et al., 2013; SAMANLIOGLU, 2013).

2.7 Corantes Têxteis

3200 a.C., tanto no Egito quanto na Índia, existiam relatos de uso de tecidos tingidos, nos quais evidencia-se que a utilização de corantes pelo homem é um conhecimento antigo. Nesta época, todos os pigmentos e/ou corantes eram obtidos de fontes naturais como animais e plantas, e foram preparados em pequena escala (CARDOSO, 2012).

A grande revolução aconteceu em 1856 quando o químico William H. Perkin sintetizou a Mauveína, ou Malva, sendo considerado o primeiro corante sintético produzido em larga escala (PINTO, 2012).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM, 2015), os corantes e pigmentos orgânicos podem ser definidos como substâncias intensamente coloridas que ao serem aplicadas a um material conferem cor.

No decurso do tingimento, são três as principais etapas: a “montagem”, onde o corante é transferido da solução para a fibra; a fixação, onde ocorrerá a reação do tecido com o corante; e o tratamento final, que é uma lavagem com detergentes em alta temperatura para remoção do excesso de corantes. A fixação dos corantes à fibra ocorre através de reações químicas, normalmente em meio aquoso e pode envolver quatro tipos de interações químicas: interações de Van der Waals, ligações de hidrogênio, ligações iônicas e ligações covalentes (YAGUB et al., 2014). Segundo Guarantini e Zanoni (2000) seguem abaixo:

Interações de Van Der Waals: São tingimentos baseados na interação proveniente da aproximação máxima entre orbitais do corante e da molécula da fibra, de tal modo que as moléculas do corante são “ancoradas” firmemente sobre a fibra por um processo de afinidade, sem formar uma ligação propriamente dita. Exemplos característicos deste tipo de interação são encontrados na tintura de lã e poliéster com corantes com alta afinidade por celulose.

Ligação de Hidrogênio: São tinturas provenientes da ligação entre átomos de hidrogênio covalentemente ligados no corante e pares de elétrons livres de átomos doadores em centros presentes na fibra. Exemplos característicos deste tipo de interação são encontrados na tintura de lã, seda e fibras sintéticas como acetato de celulose.

Ligação Iônica: São tingimentos baseados em interações mútuas entre o centro positivo dos grupos amino e carboxilato presentes na fibra, e a carga iônica da molécula do corante ou vice-versa. Exemplos característicos deste tipo de interações são encontrados na tintura da lã, seda e poliamida.

Ligação Covalente: São provenientes da formação de uma ligação covalente entre a molécula do corante contendo grupo reativo (grupo eletrofílico) e resíduos nucleofílicos da fibra. Exemplos característicos deste tipo de interação são tinturas de fibra de algodão.

A etapa de tingimento é um dos fatores essenciais no sucesso comercial dos produtos têxteis. Pois para garantir a qualidade do tingimento, as substâncias devem apresentar um alto nível de afinidade, uniformidade na coloração, resistência aos agentes desencadeadores do desdobramento e ainda viável economicamente (OLIVEIRA, 2015).

Com isso, existem uma diversidade de corantes têxteis, onde são justificados pela necessidade de cada tipo de fibra a ser colorida requerendo corantes com características

próprias e bem definidas. Na Tabela 1, é possível verificar a classificação e descrição dos corantes, os poluentes inerentes à sua utilização, além do percentual de fixação de cada classe de corante (BASTIAN et al., 2009).

Tabela 1 - Características dos corantes utilizados pela indústria têxtil.

Corantes	Descrição	Fibra	Poluentes	Fixação (%)
Ácidos	Compostos aniônicos solúveis em água	Lã e Poliamida	Cor, Ácidos orgânicos e corantes não fixados	80 - 93
Catiônicos e básicos	Compostos catiônicos solúveis em água	Acrílico e alguns tipos de Poliéster	Sal, ácidos orgânicos, retardantes, dispersantes	97 - 98
Diretos	Solúveis em água e compostos catiônicos	Algodão e demais fibras celulósicas	Cor, sal, corantes não fixados, fixadores, agentes catiônicos surfactantes e retardantes	70 - 95
Dispersos	Insolúveis em água, compostos não iônicos	Poliéster, acetato e demais fibras sintéticas	Cor, ácidos orgânicos, agentes de igualização, fosfatos, antiespumantes, lubrificantes, dispersantes	80 - 90
Reativos	Solúveis em água, Classe mais importante de corante	Algodão, lã e outras fibras celulósicas	Cor, sal, corante hidrolisado, surfactante, antiredutor orgânico e antiespumante	60 - 90
Sulfurosos	Mercapto corantes, compostos contendo enxofre e polisulfetos	Algodão e outras fibras celulósicas	Algodão e outras fibras celulósicas	60 - 70
Cuba ou Tina	Corante tipo Redox, insolúveis em água	Algodão e outras fibras celulósicas	Cor, álcolis, agentes oxidantes e redutores	80 - 95

Fonte: BASTIAN et al. (2009), adaptado.

Os corantes reativos são os mais utilizados na indústria têxtil devido à sua boa estabilidade durante processo de lavagem e por serem de simples aplicação. Por outro lado, são perdidos facilmente no efluentes pois são altamente solúveis em água e apresentam baixos níveis de fixação nas fibras (KURBUS et al., 2002).

2.8 Contaminação por Metais

Muitos corantes empregados nas indústrias têxteis contêm íons metálicos ligados à sua estrutura. Igualmente, os metais estão presentes na composição de alguns produtos químicos que são aplicados nos processos industriais. Com isso, ocorre o aumento do caráter poluidor dos efluentes (GAMBA, 2001).

A Tabela 2 apresenta a concentração de alguns metais encontrados em algumas classes de corantes por tipo de fibra.

Tabela 2 - Concentração dos metais em efluentes de tingimento.

Classe de Corante	Fibras	Metais					
		Cádmio mg.L ⁻¹	Cromo mg.L ⁻¹	Cobre mg.L ⁻¹	Chumbo mg.L ⁻¹	Mercúrio mg.L ⁻¹	Zinco mg.L ⁻¹
Ácidos	Poliamida	0,02	0,08	1,43	0,21	0,38	1,39
	Lã	0,04	0,11	0,07	0,22	0,48	3,43
Ácidos Pré-metalizados	Poliamida	0,02	0,85	0,48	0,12	1,23	1,78
	Lã	7,5	0,21	0,05	0,10	1,53	3,10
Básicos	Acrílicos	0,03	0,03	0,09	0,12	0,39	1,06
	Poliéster	0,05	0,05	0,05	0,26	0,43	0,46
Diretos	Algodão	0,16	0,07	12,05	0,42	1,39	0,87
	Viscose	0,18	2,71	8,52	1,95	0,50	1,32
Reativos	Algodão	0,20	0,12	0,23	0,54	0,62	0,65
Azóicos	Algodão	0,02	0,05	0,06	0,16	1,12	2,02
Ao enxofre	Algodão	0,01	0,08	0,08	0,28	1,15	0,54
À Tina	Algodão	0,05	0,07	0,37	0,42	2,20	0,83
Dispersos	Poliéster	0,02	0,04	3,93	0,15	0,50	0,66
	Poliamida	0,05	0,10	0,16	0,18	0,99	1,53
	Triacetato	0,02	0,14	0,08	0,15	0,58	1,00

Fonte: PERES E ABRAHÃO (1998).

Os efluentes industriais são lançados ao meio ambiente constituídos de poluentes, é o caso dos metais pesados, de um lado, por não serem biodegradáveis, de outro, por serem tóxicos e carcinogênicos, destacando-se o zinco, cobre, níquel, mercúrio, cádmio, chumbo e cromo como os principais metais tóxicos presentes em efluentes (FENGLIAN; WANG, 2011).

Segundo Srivastava e Majumder (2008), os metais pesados podem ser definidos como elementos químicos que possuem massa específica entre 63,5 e 200,6 g.mol⁻¹ e massa específica maior do que 5 g.cm⁻³. Podem ser classificados em metais pesados essenciais e não essenciais. Alguns deles são benéficos em pequenas quantidades para os seres vivos, porém acima de determinadas concentrações, tornam-se perigosos.

Segundo Kumpiene et al. (2008), para alguns organismos vivos, a contaminação por metais depende da biodisponibilidade e necessidade dos organismos, como por

exemplo, o cromo, zinco e cobre são considerados micronutrientes. Já o chumbo ainda em pequenas concentrações pode ser danoso aos organismos.

Já Gundogdu e Erdem (2008) afirma que os metais pesados têm influência significativa nas atividades de vários seres vivos no ecossistema, comprometendo suas atividades biológicas e alteração na cadeia alimentar.

Hashim et al. (2011) afirma que, além do impacto no ecossistema, esses autores confirmam que os metais pesados podem interagir com os seres humanos provocando doenças ou alterações relevantes no metabolismo.

Estudo realizado por Silva (2016) indica que o efluente têxtil do APL da cidade de Caruaru apresenta teores de metais, no qual foram detectados Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn (Figura 4). Com isso, um breve estudo das principais propriedades desses íons metálicos são tratados a seguir.

Figura 4 - Identificação de metais na tabela periódica.

<h1>Tabela periódica</h1>																	
1 H hidrogênio [1,0079 - 1,0082]																	18 He hélio 4,0026
3 Li lítio [6,938 - 6,997]	4 Be berílio 9,0122																
11 Na sódio 22,990	12 Mg magnésio [24,304 - 24,307]																
19 K potássio 39,098	20 Ca cálcio 40,078(4)	21 Sc escândio 44,956	22 Ti titânio 47,867	23 V vanádio 50,942	24 Cr cromo 51,996	25 Mn manganês 54,938	26 Fe ferro 55,845(2)	27 Co cobalto 58,933	28 Ni níquel 58,693	29 Cu cobre 63,546(3)	30 Zn zinco 65,38(2)	31 Ga gálio 69,723	32 Ge germânio 72,630(8)	33 As arsênio 74,922	34 Se selênio 78,971(8)	35 Br bromo [79,901 - 79,907]	36 Kr criptônio 83,798(2)
37 Rb rubídio 85,468	38 Sr estrôncio 87,62	39 Y ítrio 88,906	40 Zr zircônio 91,224(2)	41 Nb nióbio 92,906	42 Mo molibdênio 95,95	43 Tc tecnécio [98]	44 Ru rútenio 101,07(2)	45 Rh ródio 102,91	46 Pd paládio 106,42	47 Ag prata 107,87	48 Cd cádmio 112,41	49 In índio 114,82	50 Sn estanho 118,71	51 Sb antimônio 121,76	52 Te telúrio 127,60(3)	53 I iodo 126,90	54 Xe xenônio 131,29
55 Cs césio 132,91	56 Ba bário 137,33	57 a 71	72 Hf háfnio 178,49(2)	73 Ta tântalo 180,95	74 W tungstênio 183,84	75 Re rênio 186,21	76 Os ósmio 190,23(3)	77 Ir íridio 192,22	78 Pt platina 195,08	79 Au ouro 196,97	80 Hg mercúrio 200,59	81 Tl talio [204,38 - 204,39]	82 Pb chumbo 207,2	83 Bi bismuto 208,98	84 Po polônio [209]	85 At astato [210]	86 Rn radônio [222]
87 Fr frâncio [223]	88 Ra rádio [226]	89 a 103	104 Rf rutherfordório [267]	105 Db dúbnio [268]	106 Sg seabórgio [269]	107 Bh bóhrio [270]	108 Hs hássio [269]	109 Mt meitnério [278]	110 Ds darmstádio [281]	111 Rg roentgênio [281]	112 Cn copernício [285]	113 Nh nihônio [286]	114 Fl fleróvio [289]	115 Mc moscóvio [288]	116 Lv livermório [293]	117 Ts tenessino [294]	118 Og oganesônio [294]
57 La lantânio 138,91	58 Ce cério 140,12	59 Pr praseodímio 140,91	60 Nd neodímio 144,24	61 Pm promécio [145]	62 Sm samário 150,36(2)	63 Eu eúrópio 151,96	64 Gd gadolínio 157,25(3)	65 Tb térbio 158,93	66 Dy disprósio 162,50	67 Ho hólmio 164,93	68 Er érbio 167,26	69 Tm tulio 168,93	70 Yb itérbio 173,05	71 Lu lutécio 174,97			
89 Ac actínio [227]	90 Th tório 232,04	91 Pa protactínio 231,04	92 U urânio 238,03	93 Np netúnio [237]	94 Pu plutônio [244]	95 Am amerício [243]	96 Cm cúrio [247]	97 Bk berquélio [247]	98 Cf califórnio [251]	99 Es einstênio [252]	100 Fm fêrmio [257]	101 Md mendelévio [258]	102 No nobélio [259]	103 Lr lawrêncio [262]			

Fonte: o autor.

2.8.1 Cádmió

Segundo Nordberg et al. (2015), o cádmio, apresenta número atômico 48, massa específica $122,4 \text{ g.mol}^{-1}$ e número de oxidação +2, sendo muito instável na forma de oxidação +1. É um metal branco azulado, pouco abundante na natureza. É considerado tóxico, teratogênico e carcinogênico, não apresenta biomagnificação mas é cumulativo, podendo atingir níveis de toxicidade crônica.

O Cádmió é o sétimo da lista *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) que apresenta uma ameaça significativa para a saúde humana e meio ambiente (ATSDR, 2011).

A exposição ao elemento pode causar efeitos adversos à saúde humana, como câncer no pulmão, fraturas ósseas, disfunções renais e hipertensão, sua toxicidade é mais elevada quando inalado do que ingerido. Apenas 1 a 5% do cádmio é adsorvido através dos alimentos que são ingeridos e 10 a 40% podem ser absorvidos nos pulmões durante a respiração (ZUKOWSKA; BIZIUK, 2008).

Quando a água e solo são contaminados com cádmio, esse metal tende ser mais disponível em pH mais ácido. Com isso, a forma química com que esse metal se encontra disponível e outras condições ambientais, tais como pH, salinidade e potencial redox são essencialmente importante para sua remoção (CARDOSO, 2001).

A Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece que as atividades industriais geradoras de efluentes registram contaminação no meio ambiente, quando os teores de cádmio apresentam valores maiores que $0,2 \text{ mg/L}$.

2.8.2 Chumbo

O chumbo é um metal denso ($11,29 \text{ g.cm}^{-3}$), de coloração azul-cinza, apresenta dois estados de oxidação Pb^{+2} e Pb^{+4} são estáveis. Possui o ponto de fusão 327°C e de ebulição 1744°C (SILVA, 2010). Dentre a lista de 275 substâncias tóxicas consideradas prioritárias nos EUA, o chumbo ocupa o lugar de segundo entre os metais pesados, representando maior risco a população (ATSDR, 2011).

Segundo Alloway (2013), o chumbo não é essencial nem benéfico aos organismos vivos. Seu uso prolongado causou considerável exposição a grupos populacionais, onde os sintomas de toxicidade estão ligados às doenças mentais.

A Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece que as atividades industriais geradoras de efluentes registram contaminação no meio ambiente, quando os teores de chumbo apresentam valores maiores que $0,5\text{mg.L}^{-1}$.

2.8.3 Cobre

De acordo com Sun et al. (2015), o cobre é um metal com número atômico 29 e massa específica $63,6\text{ g.mol}^{-1}$. Na temperatura ambiente, encontra-se no estado sólido. Segundo Moura (2001), o cobre apresenta cor avermelhada. É um elemento muito duro, tenaz e ao mesmo tempo de extrema maleabilidade, é um bom condutor de calor e eletricidade.

Segundo Bourg e Kedziorek (2003), os perigos causados pelo seu consumo em larga escala estão relacionados aos impactos aos recursos hídricos, cuja principal fonte de contaminação está ligada com as atividades agrícolas, metalúrgicas e de mineração.

O cobre é um metal essencial para muitas funções bioquímicas e fisiológicas, porém quando se encontra dissociado no corpo humano produz espécies reativas de oxigênio, como superóxido e o radical hidroxila, que danificam as proteínas e a cadeia de DNA (CHERFI et al., 2014).

A Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece que as atividades industriais geradoras de efluentes registram contaminação no meio ambiente, quando os teores de cobre apresentam valores maiores que $1,0\text{mg.L}^{-1}$.

2.8.4 Cromo

O cromo é um metal que possui número atômico 24, massa atômica 51 g.mol^{-1} , apresenta seus estados de oxidação variando de -2 a +6, sendo os estados predominantes no meio ambiente o Cr(III) e o Cr(VI), onde diferem nas propriedades físico-químicas (MARQUES et al., 2000). Enquanto o Cr(VI) é um elemento com efeitos altamente tóxicos para os organismos vivos, o Cr(III) é considerado um elemento traço essencial para os seres humanos (SUSSULINI; ARRUDA, 2006).

Estudos desenvolvidos por Coelho (2008) apontam que os surgimentos das maiores fontes de Cr(VI) são derivadas de ações humanas, sendo resultado de processos industriais, chegando ao ambiente através do ar e água.

De acordo com Lau et al. (2008), o cromo (III), é considerado essencial aos seres vivos atuando como cofator que potencializa a função da insulina no metabolismo carboidratos, lipídios e proteínas, estabilizando o nível de glicose no sangue. O cromo(VI) apresenta efeitos tóxicos que vão desde dermatites de contato até efeitos irritantes, corrosivos e carcinogênicos.

Segundo Durante et al. (2011) os compostos de cromo são usados em diversos processos industriais, tais como: fabricação de corantes e tintas, curtimento de couro, etc. Os efluentes provenientes de desses processos contenha Cr (III) encontram-se na literatura certa preocupação sobre os possíveis riscos mutagênicos e cancerígenos relacionados ao Cr (VI) também presente nos efluentes e resíduos sólidos industriais.

A Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece que as atividades industriais geradoras de efluentes registram contaminação no meio ambiente, quando os teores de Cr (III) e Cr (VI) apresentam valores maiores que $1,0\text{mg.L}^{-1}$ e $0,1\text{mg.L}^{-1}$, respectivamente.

2.8.5 Ferro

De acordo com Marques (2015), o ferro é um metal de transição e pertence ao grupo 8 da tabela periódica, possui a aparência cinza prateado, maleável e dúctil, apresentando número atômico 26, massa molar $55,845\text{ g.mol}^{-1}$, temperatura de fusão $1537\text{ }^{\circ}\text{C}$ e de ebulição de $2860,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ e densidade $7,87\text{ g.cm}^{-3}$. Este é o quarto elemento mais abundante da terra, compondo 30% da massa do planeta. A maioria do ferro encontra-se na forma de Fe^{+2} , que é rapidamente oxidado a Fe^{+3} . Este é insolúvel em água (SILVA et al., 2013).

Estudos desenvolvidos por Silva et al. (2013) afirmam que a exposição excessiva ao ferro, bem como sua deficiência no organismo podem causar consequências graves à saúde. A ingestão de altas concentrações desse metal pode ocasionar em problemas cardíacos ou hepáticos letais.

Lima e Pedrozo (2001) afirma que existem fontes de contaminação do meio ambiente por ferro, como caso de processos de mineração, soldagem, polimentos de metais, lançamento de efluente industrial com alta carga de ferro.

A Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece que as atividades industriais geradoras de efluentes registram contaminação no meio ambiente, quando os teores de ferro apresentam valores maiores que $15,0\text{mg.L}^{-1}$.

2.8.6 Manganês

Segundo Herzog (2009), o manganês é um metal de transição e pertence ao grupo 6 da tabela periódica, apresenta número atômico 25, massa molar $54,938 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, temperatura de fusão $1245 \text{ }^\circ\text{C}$ e de ebulição $2060 \text{ }^\circ\text{C}$ e densidade $7,470 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Esse metal é muito presente na natureza, geralmente em forma de óxido, sulfeto, carbonato e silicato, em rochas ou solo.

De acordo com Mendes (2007), sua concentração vai variar conforme a sua fonte, em geral os alimentos são responsáveis por grande parte de sua absorção no organismo humano, sendo importante para o bom funcionamento do organismo. Porém, quando absorvidas em grandes concentrações podem causar problemas graves, tal como manganismo, doença que causa distúrbios psiquiátricos e motores.

Estudos realizados por Martins e Lima (2001) verificam que o comportamento do manganês em água é muito parecido com o do ferro. O transporte de manganês na água está relacionado com as variações de pH, em meio ácido pode atingir águas subterrâneas e depois é precipitado quando ocorre o aumento do pH.

A Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece que as atividades industriais geradoras de efluentes registram contaminação no meio ambiente, quando os teores de manganês apresentam valores maiores que $1,0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

2.8.7 Níquel

Segundo Branco (2008), o níquel é a matéria prima para obtenção de aço inoxidável e outras ligas resistentes a corrosão. Um metal branco prateado, levemente duro, está localizado no grupo VIII da tabela periódica, possui número atômico 28, massa molar $58,693 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, temperatura de fusão $1454 \text{ }^\circ\text{C}$ e de ebulição $2912 \text{ }^\circ\text{C}$ e densidade $8,908 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Ainda conforme o mesmo autor o níquel pode atingir níveis de oxidação de (-1) a (+4).

Seu estado de oxidação mais comum é o Ni^{+2} , geralmente encontrado em nível de traço na água e solo. Este elemento não se concentra em peixes, ao contrário do que ocorre em algumas plantas (CAESP, 2012).

De acordo com Marques (2015) para os seres humanos a alimentação é a maior fonte de absorção de níquel. A ingestão de elevadas concentrações pode causar dores

estomacais, alterações sanguíneas e renais e cancerígenas e quando é inalado pode causar dermatite de contato, gengivites, fadiga crônica, dores articulares.

A Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece que as atividades industriais geradoras de efluentes registram contaminação no meio ambiente, quando os teores de níquel apresentam valores maiores que $2,0\text{mg.L}^{-1}$.

2.8.8 Zinco

De acordo com Medeiros (2012), o zinco é um metal de transição interna, que apresenta número atômico 30, massa molar $65,392\text{ g.mol}^{-1}$, temperatura de fusão de $419,5^{\circ}\text{C}$ e de ebulição de 907°C e densidade $7,14\text{ g.cm}^{-3}$. Ainda conforme este mesmo autor é um elemento químico presente em diversos ambientes naturais (água e solo), sendo utilizado na indústria de galvanização, protegendo peças de aço e ferro da corrosão, além de ser essencial à vida.

Estudos desenvolvidos por Cruz e Soares (2011) apontaram que o zinco age como estimulante do crescimento, na prevenção do diabetes, como nutriente antioxidante, estimulante tireoidiano e como imunomodulador. Para Macêdo et al. (2010) este elemento desempenha inúmeras funções no processo biológico humano, dentre as quais: diferenciação celular, crescimento estrutural, desenvolvimento neurológico e defesa imunológica.

Alexandre et al (2012), afirmam que em níveis adequados, o zinco é um micronutriente essencial para a manutenção da vida, porém quando encontrado em altas concentrações no ambiente, pode causar degradação de áreas e difícil revegetação no local, uma vez que é um metal pesado que está entrando em contato constantemente com o substrato. Corroborando com esta ideia, Vieira Filho (2015) destaca que, assim como outros elementos essenciais, o zinco, torna-se tóxico e perigoso para a saúde humana quando ultrapassa as concentrações mínimas necessárias à vida.

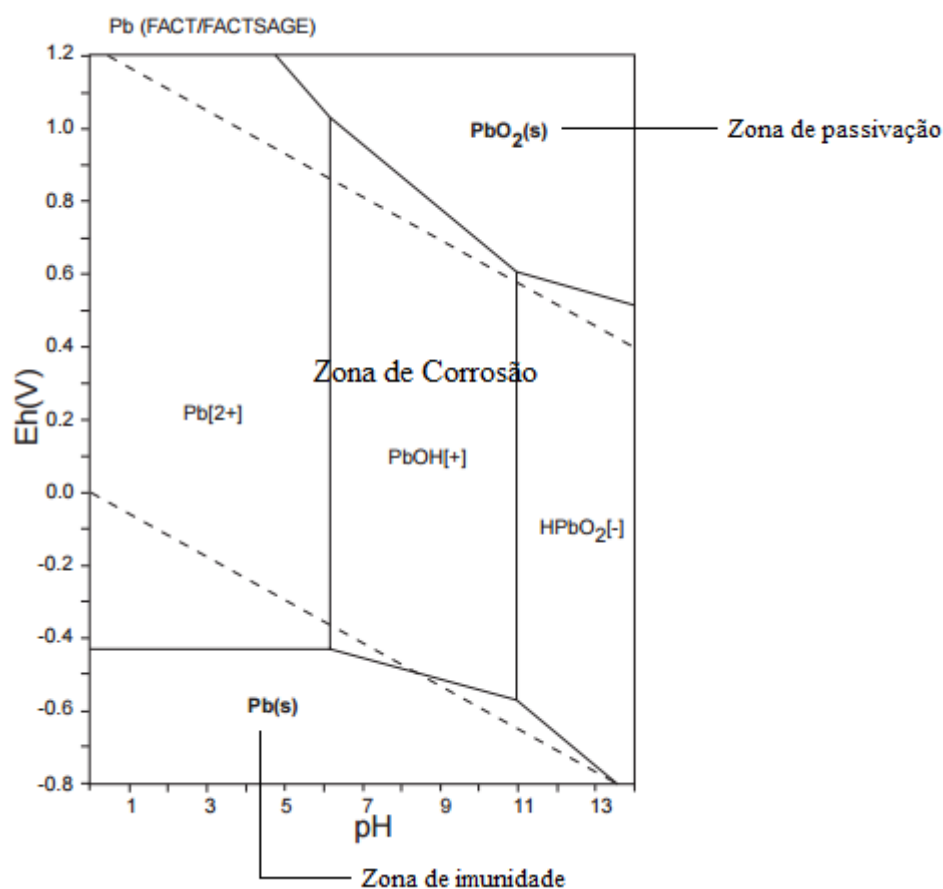
A Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece que as atividades industriais geradoras de efluentes registram contaminação no meio ambiente, teores de cádmio apresentam valores maiores que $5,0\text{mg.L}^{-1}$.

2.9 Diagrama Pourbaix

O diagrama de Pourbaix é conhecido também como diagrama Eh/pH, que são utilizados para compreensão do comportamento geoquímico dos elementos. Ele descreve as espécies dominantes aquosas e as fases sólida e estável sobre um plano definido pelo eixo vertical, representando o potencial oxi/redutor (Eh) e no eixo horizontal é rotulado pelo potencial hidrogeniônico (pH), que permite prever se esse metal apresenta ou não tendência para se corroer. Embora grande parte do foco dos diagramas está relacionado à corrosão, a sua utilização está sendo aplicada em diversas áreas de eletrólise, baterias, geologia, química ambiental e lixiviação hidrometalúrgica (O'KEEKE, 2001).

O diagrama apresenta de forma simples a indicação das zonas de imunidade, corrosão e passividade, compreendendo o comportamento de um metal determinado em um ambiente específico (Figura 5).

Figura 5 - Diagrama Eh-pH para o sistema Pb-O-H



Fonte: TAKENO (2005).

Segundo Cook e Olive (2012), no diagrama Eh/pH existem três zonas: A zona de imunidade onde as reações nunca são termodinamicamente possíveis. Com isso, o metal apresenta um comportamento inerte do metal, isto é, este se mantém na forma metálica (*Pb*). A zona de corrosão onde as reações são possíveis, e na teoria provocaria a destruição do material. Nesta área às formas mais estáveis são iônicas (Pb^{+2} , $HPbO_2^{-1}$, $PbOH^{+1}$). A zona de passivação onde as reações são possíveis conduzindo à formação de óxidos, ou hidróxidos metálicos (PbO_2).

2.10 Ecotoxicologia

Segundo Cesar et al. (2011), o aumento da geração dos resíduos e a crescente consciência dos perigos que eles podem provocar fizeram com que fosse necessário quantificar os impactos ambientais. Uma das formas para obter resultados é a realização de teste ecotoxicológicos para avaliar riscos ao ecossistema, à saúde humana e à qualidade dos recursos naturais. Ainda conforme esse mesmo autor, os organismos de diferentes grupos vêm sendo amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental, uma vez que possibilitam conhecer níveis de contaminação em águas, solos e sedimentos.

A contaminação química tem merecido maior atenção na sociedade, pois as substâncias sintetizadas pelo homem vêm aumentando exponencialmente no último século. Contudo, os produtos químicos comercializados mundialmente não dispõem de informações suficientes sobre o risco que causam ao meio ambiente e à saúde humana (DEZOTTI, 2008).

Sendo assim, a ecotoxicologia ganha destaque em complementar as análises químicas, possibilitando a compreensão do comportamento dos compostos no ambiente, bem como os possíveis efeitos causados na população, no ecossistema e etc. (CESAR et al., 2011). De acordo com Roig et al. (2012), os experimentos de ecotoxicidade são caracterizados pela exposição de organismos aquáticos vivos ou organismos-teste a várias concentrações de um efluente e/ou resíduos em um determinado período do seu ciclo de vida.

Em geral, esses testes são realizados com espécies de microcrustáceos aquáticos. A mais utilizada a espécie do gênero *Daphnia*. A *Daphnia* conhecida como pulgas d'água mede de 0,5 a 5,0mm. No Brasil, existem outras espécies, porém as mais utilizadas em laboratórios são a *Daphnia magna* e *Daphnia similis* as quais não são naturalmente encontradas no país (DOMINGUES; BERTOLETTI, 2006)

Estudos foram realizados por Buratini e Bertoletti (2008) onde compararam testes utilizando *Daphnia magna* e *Daphnia similis* em diversos efluentes industriais. Os autores comprovaram que os dois organismos estão literalmente semelhantes, porém a *Daphnia similis* atendeu mais aos critérios estabelecidos nos Estados Unidos.

A espécie *Daphnia similis* (Figura 6) é importante para testes de toxicidade aguda, por ser organismo partenogenético. Isto é, apresenta estabilidade genética que possibilita lotes uniformes de organismos (DOMINGUES; BERTOLETTI, 2006). Além dessa vantagem, o organismo é muito utilizado por ser bastante sensível a poluentes, abundantes na água doce, por ser facilmente cultivável em laboratório e por exercer um papel importante no ecossistema aquático (Da MATTA, 2011).

Figura 6 - *Daphnia Similis*.



Fonte: Buratini e Bertoletti (2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delineamento da Pesquisa

Os critérios para classificação do tipo de pesquisa a ser desenvolvida variam de acordo com o enfoque dado pelos pesquisadores. Segundo Neves e Domingues (2007), as pesquisas podem ser classificadas conforme o objetivo geral, que englobam as pesquisas exploratória, descritiva e explicativa, ou quanto à forma de abordagem, sendo identificadas como quantitativa e/ou qualitativa.

A pesquisa descritiva é definida como sendo a realização da observação, de registo, de análise e de correlação de fatos e variáveis. Tem como foco descobrir a frequência com que um fenômeno ocorre, na sua relação ou conexão com outros, sua natureza e características (CERVO & BERVIAN, 2002).

Já a pesquisa exploratória é caracterizada por não haver elaboração de hipóteses a serem testadas no trabalho. Têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias (CERVO & BERVIAN, 2002).

Por último, a pesquisa explicativa caracteriza-se pela busca de fatores que determinam ou que contribuem para ocorrência dos fenômenos. É o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, pois procura explicar a razão e o porquê das coisas (GIL, 2008).

A presente pesquisa que visa analisar o comportamento de metais do efluente têxtil e a ecotoxicidade do lodo têxtil. Pode-se enquadrar como pesquisa exploratória e descritiva, por demandar a observação e conhecimento dos fatores que caracterizam o efluente e o lodo têxtil oriundos das lavanderias do agreste de Pernambuco.

Optou-se por uma pesquisa qualitativa e quantitativa, permitindo uma maior interpretação e contextualização do tema estudado.

Segundo Gil (2010), a pesquisa qualitativa condiciona o pesquisador como instrumento-chave com possibilidade de desenvolver sua análise de forma indutiva. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados.

Para Creswell (2010), a pesquisa quantitativa é um meio para testar teorias objetivas por meio de análise da relação entre as variáveis. Tais variáveis, por sua vez, podem ser medidas tipicamente por instrumentos, para que os dados numéricos possam ser analisados por procedimentos estatísticos.

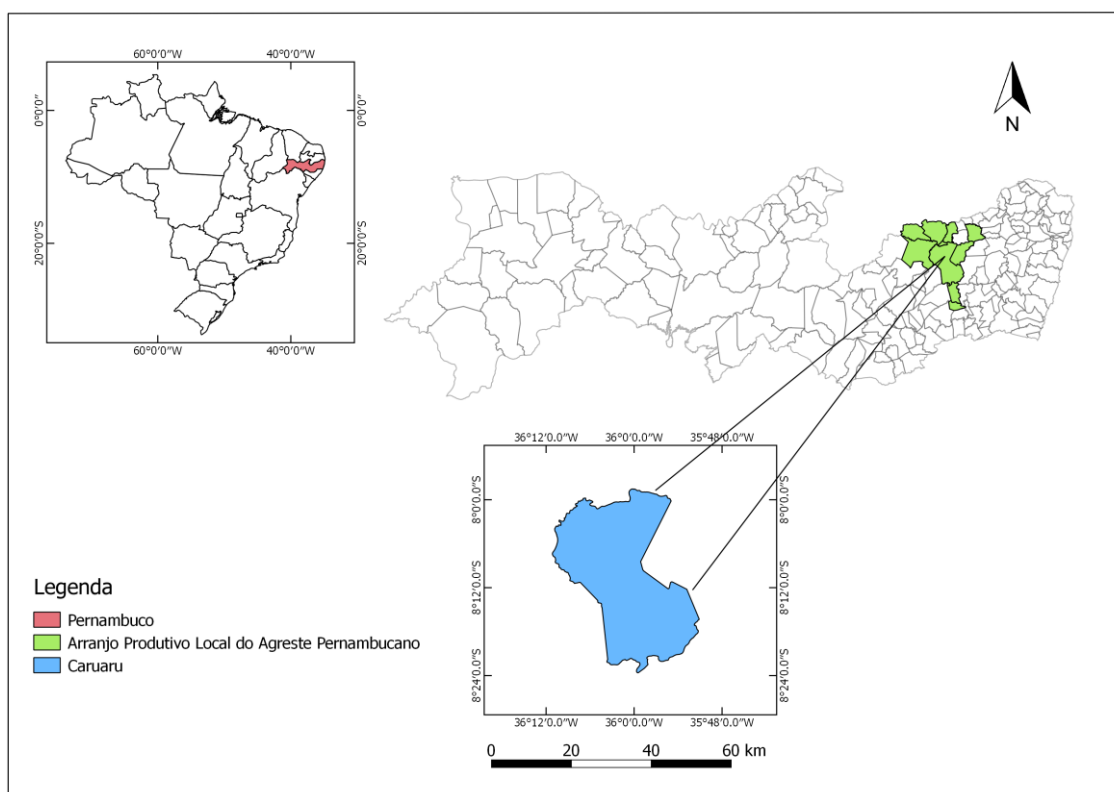
3.2 Área de Estudo

O presente estudo focou nas lavanderias indústrias têxteis, situadas na região do semiárido Pernambucano, onde está instalado o Arranjo Produtivo Local de Confecções do Agreste de Pernambuco, abrangendo 10 municípios que são: Caruaru, Toritama, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Cupira, Agrestina, Brejo da Madre de Deus, Riacho das Almas, Vertentes e Taquaritinga do Norte, sendo objeto do estudo a cidade de Caruaru (SEBRAE, 2013).

A cidade de Caruaru situa-se na mesorregião do agreste Pernambucano, à 136 km da capital Recife. Compreende uma a área de transição entre a mata úmida e o sertão semiárido. Situa-se sobre o maciço da Borborema, com altitude média de 555 m acima do nível do mar. Seu clima é semiárido, com precipitação média anual em torno de 634mm. O principal período chuvoso concentra-se nos meses de abril a julho (SOUZA et al.,2007). O valor anual da evaporação é superior à da precipitação, a temperatura média varia entre 22° e 30°C. Segundo os dados do IBGE (2015), é a cidade mais populosa do interior do estado, com 347.000 habitantes, tornando o quarto município mais populoso do estado em uma área total de 920,610 km². A cidade é beneficiada por sua localização geográfica, pois perpassada por duas importantes rodovias, que se cruzam leste/oeste, pela BR 232 e norte/sul, pela BR 104. Por conta disto, concentra a região do agreste, principalmente através do setor de serviço, saúde, educação e comércio. Do mesmo modo, é conhecida internacionalmente por ser o maior centro de artes figurativas da América Latina e por realizar um dos festejos juninos mais conhecidos do Brasil. Neste sentido, consolida-se como sendo um importante Polo urbano, industrial, econômico, administrativo e cultural de Pernambuco, a qual ostenta um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 5.239.833,00. Isto o torna o quinto maior PIB de Pernambuco (IBGE, 2015).

Na Figura 7, vêem-se a localização do arranjo produtivo local de confecções do agreste de Pernambuco (APLCAPE), com destaque nas cidades que o compõe, com ênfase na cidade de Caruaru, onde se realizou a pesquisa.

Figura 7 - Mapa de localização município de Caruaru – PE.



Fonte: o autor.

3.3 Dados da Pesquisa

3.3.1 Efluente têxtil

Partindo dos resultados físico-químicos do efluente têxtil obtidos por Silva (2016), para analisar o comportamento dos metais, bem como a discussão química dos resultados, correlacionando com o lodo proveniente da estação.

A proposta consiste na utilização dos dados pré-existentes para propor modelos de comportamento dos metais e demais parâmetros físico-químicos do efluente na etapa posterior do processo de geração do lodo.

O conhecimento da natureza de um efluente é essencial para o desenvolvimento de técnicas de tratamento, visto que, deve estar de acordo com os limites permitidos pela legislação ambiental vigente. Devido a extrema diversidade de processos, matérias-primas, produtos auxiliares, técnicas e equipamentos utilizados na indústria têxtil, fazem com que os efluentes variem enormemente. A partir dos dados da Tabela 3 pode-se realizar estudos químicos do efluente, através da interpretação do comportamento dos íons metálicos, bem como das análises físico-químicas realizadas por Silva (2016).

Tabela 3 - Resultado das análises dos efluentes.

Análises	Efluente (Entrada da Estação)	Efluente (Saída da estação)	Eficiência de remoção (%)
pH	6,2	6,8	-
Condutividade mS.cm ⁻¹	3,72	5,3	-
Salinidade (‰)	2,2	3,2	-
Alcalinidade (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	69	160	-
Cloreto (mg.L ⁻¹)	48,36	48,46	-
Dureza (mg.L ⁻¹)	260	360	-
Turbidez (NTU)	50	20	60
Cor aparente (Harzen)	>2500	100	>96
Cor verdadeira (Harzen)	87,5	60	31,43
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	0	0	-
DQO (mg.L ⁻¹)	581,08	329,66	43,27
DBO (mg.L ⁻¹)	93,6	78,8	15,81
Cd (mg.L ⁻¹)	0,008	0,0005	94
Cr (mg.L ⁻¹)	0,016	0,013	18,75
Cu (mg.L ⁻¹)	0,17	0,011	93,33
Fe (mg.L ⁻¹)	1,48	0,17	88,64
Mn (mg.L ⁻¹)	9953,00	11,78	99,88
Ni (mg.L ⁻¹)	0,01	0,04	0
Pb (mg.L ⁻¹)	0,025	0,004	83,6
Zn (mg.L ⁻¹)	0,08	0,004	95

Fonte: SILVA (2016).

3.3.2 Lodo têxtil

Para entender o cenário do lodo têxtil nas indústrias locais, foram realizadas pesquisas de campo, através de visitas técnicas, entrevistas com representantes das empresas e coletas de amostras de lodo residual. A seleção das empresas têxteis que

integram a amostra teve como parâmetro a contribuição teórica que o estudo pode ter. Deste modo, a definição da amostra foi intencional, por acessibilidade ou conveniência, tendo como base os objetivos da pesquisa. Neste tipo de amostragem, o pesquisador apenas obtém os elementos a que tem maior acessibilidade, admitindo que eles possam efetivamente representar de forma adequada a população (CRESWELL, 2010).

Desta forma, foram selecionados elementos de análise que representassem à cadeia de produção têxtil, a seleção das organizações foram pertencentes a região geográfica em estudo, isto é, Caruaru- PE. Como ponto de partida, verificou-se o universo de empresas instaladas e em operação no município. Diante da metodologia definida por Creswell, 2010, foram selecionadas 4 (quatro) empresas para a realização da coleta de lodo residual das lavanderias após a passagem pelas suas respectivas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE).

3.3.2.1 Coleta e preparação das amostras do lodo

Coletaram-se aproximadamente 2 kg de amostras de lodo diretamente no leito de secagem em cada local, após a passagem pela ETE. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e devidamente etiquetadas até a chegada ao laboratório (Figura 8).

Figura 8 - Coleta do lodo residual na lavanderia têxtil.



Fonte: o autor.

Inicialmente, para retirada de partículas superiores e restos de tecidos como fiapo entre outros, as amostras peneiradas utilizando peneiras para análise granulométrica $63\mu\text{m}$. Restaram-se apenas as partículas inferiores, ou seja, silte e argila, pois nesta composição do lodo é possível encontrar a maior quantificação de metais devido às suas características. Em seguida, cerca de 100g foram levados a estufa a 60°C por cerca de 48 horas para eliminação da umidade (Figura 9). Após esse período, a amostra foi macerada, utilizando cadinho e pistilo, e disponibilizada para o ensaio.

Figura 9 - Processo de secagem do lodo residual.



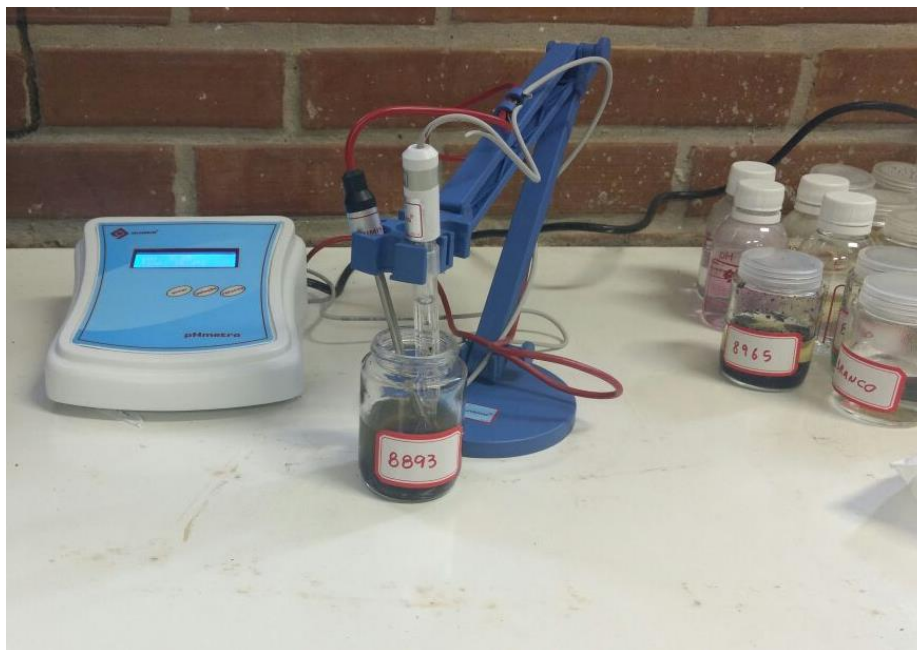
Fonte: o autor.

3.3.2.2 Caracterização do lodo

3.3.2.2.1 pH e Eh

Foram adicionados cerca de 50 gramas do lodo seco a um béquer de 250 mL contendo 100 mL de água destilada. Realizou-se agitações com bastão de vidro em intervalos regulares de cerca de uma hora por cerca de 06 horas para homogeneização da solução. Em seguida, será aferido o pH, Eh e temperatura de cada amostra (Figura 10).

Figura 10 - Determinação do pH das amostras.



Fonte: o autor.

3.3.2.2.2 *Matéria Orgânica*

Uma alíquota de cerca de 10 gramas de cada amostra de lodo seco foi adicionada ao cadinho de porcelana para queima em mufla a aproximadamente 600°C por cerca de 8 horas (Figura 11).

O teor de matéria orgânica será calculado pela diferença de massa inicial e final do processo. A determinação obedece a equação:

$$\%MO = \left(\frac{P_s - P_m}{P_s} \right) \times 100$$

Onde:

$\%MO$ - Matéria orgânica em porcentagem;

P_s - Massa total ou inicial;

P_m - Massa após ser submetida à combustão.

Figura 11 - Determinação da matéria orgânica no lodo.



Fonte: o autor.

3.3.2.2.3 Teste Ecotoxicológico do lodo

O cladocero *Daphnia similis* foi adotado como organismo-teste no ensaio de ecotoxicidade com o lodo oriundo de lavanderias têxteis seguindo as premissas da NBR NBR 12.713 (ABNT, 2009). Inicialmente foi aferido o pH das amostras, utilizando fita para medição de pH da Merck®, estando esta variável dentro da faixa adequada para espécie.

Foi escolhida a fase de vida de neonatos com até 24h de idade, submetidos ao cultivo padrão pela normativa supracitada. Foram utilizados 20 organismos por unidade experimental. Sendo assim, o ensaio seguiu com quatro tratamentos em triplicatas e o controle, sendo estes denominados: LODO 1, LODO 2, LODO 3, LODO 4.

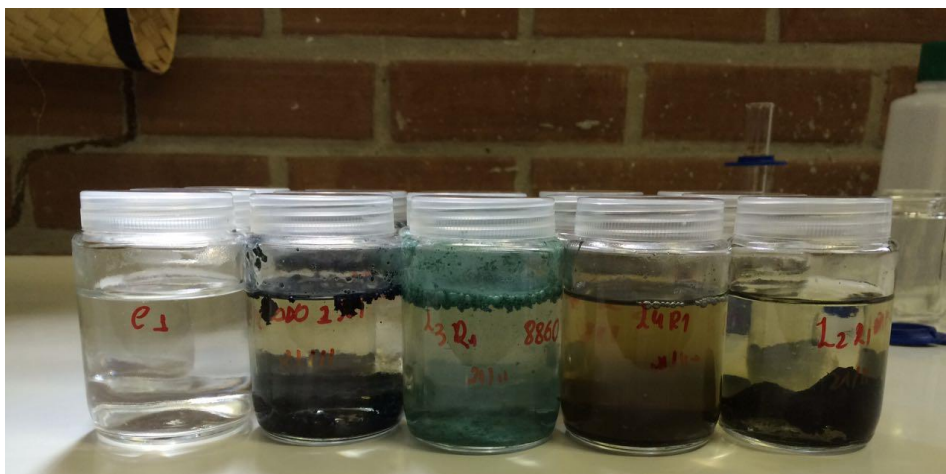
Em cada unidade padrão, foi adicionado o lodo seco de forma que cobrisse o fundo com aproximadamente 2g para que desta forma não apresentasse nenhuma superfície descoberta. Posteriormente, foi adicionada a água de diluição no ensaio, permaneceu desta forma durante as 48h de execução do ensaio (Figura 12).

3.3.2.2.4 Análise estatística

As análises dos resultados foram realizadas segundo a metodologia de Buratini e Bertoletti (2008), para as análises de dados de teste toxicológico aguda com uma única concentração e o controle.

Com isso, ainda conforme o mesmo autor, para as análises dos resultados agudos verificou-se a homogeneidade de variância a partir do teste Bartlett ($p > 0,05$), e normalidade dos dados Liliefors ($p > 0,05$). Para os dados com variância homogênea, aplicou-se o teste-t Student. Quando detectadas diferenças significativas entre o controle e os pontos da amostra é considerada “tóxica”, e quando não a significância entre o controle e as amostras é considerada “não tóxica” (ABNT, 2005). Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico STATISTICA versão 13.1.

Figura 12 - Análise ecotoxicológica do lodo.



Fonte: o autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

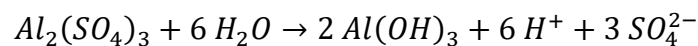
Este tópico descreve os resultados e discussão a respeito do lodo gerado nas indústrias têxteis do agreste Pernambucano estudadas. Este resíduo vem se traduzindo num problema crescente, devido principalmente à sua destinação. Devido à quantidade e diversidade de aditivos utilizados nos processos das lavanderias industriais, foi necessário o estudo do comportamento químico do efluente têxtil, antes e após o tratamento para melhor compreensão do lodo residual que é resultante das estações de tratamento. Além disso, este estudo é essencial para a otimização dos custos, bem como para facilitar a disposição final, ambientalmente correta.

4.1 Efluente Têxtil

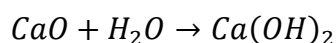
O cuidado com a qualidade do meio ambiente induz à busca de estudos mais detalhados para alternativas adequadas de tratamento de efluentes têxteis. Em virtude do processo industrial que envolve etapas de lavagem, alvejamento, tingimento e acabamento, o efluente é constituído por altos níveis de compostos orgânicos (amido, corantes, gomas e enzimas) e compostos inorgânicos (hidróxido de sódio, permanganato de potássio, carbonatos, sulfetos e cloretos, corantes). Em consequência, são geradas elevadas concentrações de DQO e DBO, de sais e de cloretos, mostrada na Tabela 3.

As empresas do APLCAPE utilizam o processo físico-químico no tratamento de efluentes, onde são tratados via reações químicas. Os principais produtos químicos usados no processo são: Sulfato de Alumínio ($Al_2(SO_4)_3$), Sulfato Ferroso ($FeSO_4$), Cal virgem (CaO).

De acordo com os resultados de Silva (2016), o aumento do pH e da alcalinidade é decorrente da adição de $Al_2(SO_4)_3$ e o (CaO), ocorrendo a seguinte reação:

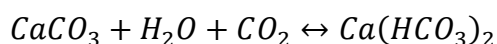


Por apresentar excesso de H^+ , a solução torna-se ácida, não permitindo a formação do hidróxido de alumínio. Então, faz-se necessário a adição do CaO que quando adicionado, ocorre a seguinte reação:



A formação do hidróxido de cálcio torna o meio alcalino, aumentando o pH do sistema e consequentemente permitindo a formação do hidróxido de alumínio que está carregado positivamente, fazendo com que neutralize as impurezas coloidais que estão carregadas negativamente. As partículas acabam sofrendo uma aglutinação com $Al(OH)_3$, formando flocos, reduzindo também a turbidez e cor do efluente.

Devido à ocorrência da dificuldade de coagulação dos flocos, fazem-se necessárias a adição de coagulantes auxiliares para o beneficiamento do processo de floculação. Com isso, utiliza-se o bicarbonato de cálcio ($Ca(HCO_3)_2$) ou o hidróxido de sódio ($NaOH$) para acelerar a precipitação, ocasionando o aumento da dureza do efluente. Outro fator que poderia ter ocorrido é a formação do bicarbonato de cálcio através da seguinte reação:



Como mencionado anteriormente, o uso de carbonato nos processos de beneficiamento têxtil pode ocasionar a formação de bicarbonato de cálcio. A formação do sal de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) também pode se dar a partir da reação reversível, consequentemente influenciando no aumento da salinidade e condutividade do efluente.

A etapa Cristal ou comumente chamada de azul claro é o processo onde as peças são desbotadas, deixando-as bem claras. Para esse tipo de modelo são utilizadas soluções de hipoclorito de sódio ($NaClO$) ou clorito de sódio ($NaClO_2$) essas soluções são compostas por íons de cloro. Como o efluente possui muita matéria orgânica, ocorre a complexação com os agentes clorados resultando a formação de organoclorados, produtos potencialmente tóxicos. Analisando a tabela 3, os íons cloretos entram no processo de tratamento de efluente e não são removidos, provavelmente estejam na forma de organoclorados, mostrando também a falta de eficiência do processo para remoção desse componente.

É importante verificar quais reagentes podem ser substituídos pelos agentes clorados, pois sua reação com outros componentes pode ocasionar um impacto ambiental. De acordo Bastian et al. (2009), estudos foram realizados sobre produção mais limpa das lavanderias têxteis, no qual foram aplicadas medida para substituições dos produtos químicos, visando os benefícios ambientais e econômicos. Em consequência, é indicada a substituição dos agentes clorados por peróxido de hidrogênio.

De acordo com o CPRH N 2.001/2003 quanto maior for a relação DQO/DBO, menos biodegradável será o efluente. A matéria orgânica contida no efluente é oriunda dos diversos aditivos que são adicionados nas etapas de produção. Muitos são complexados formando compostos de difícil remoção. Todos os coagulantes utilizados no tratamento tiveram baixa eficiência de remoção de DQO e DBO, porque são provenientes de material dissolvido, não sendo removido por meio deste tratamento físico-químico. Portanto, faz-se necessário a adição de uma unidade adequada para redução da DQO e DBO.

Os metais pesados são um dos principais contaminantes das águas superficiais e do solo, de origem antrópica, introduzido por despejos de efluentes têxteis, pela aplicação de corantes com composição metálica no processo.

Segundo Jardim (2014), os principais fatores que influenciam a especiação química de cátions nos efluentes são o potencial hidrogeniônico (pH), o potencial de oxirredução (Eh), a presença de cátions competidores, os agentes complexantes orgânicos e inorgânicos.

A partir do diagrama de estabilidade, serão interpretados os valores de Eh e pH, contendo como limite superior a oxidação da água, enquanto no limite inferior a redução da água. Para valores positivos de Eh indicam condições oxidantes, enquanto que os valores negativos indicam condições redutoras.

Estudos realizados por Holman e Wareham (2005) relatam que os valores do potencial redox (Eh) podem ser relacionar com a presença ou ausência de oxigênio. Com a elevada presença de matéria orgânica, o consumo de oxigênio aumenta, diminuindo o potencial de oxi-redução, deixando o meio redutor. Este fato explica que quando o OD (0 mg/L) são obtidos nas análises dos efluentes, encontram-se potenciais redutores ($Eh < 0 \text{ mV}$).

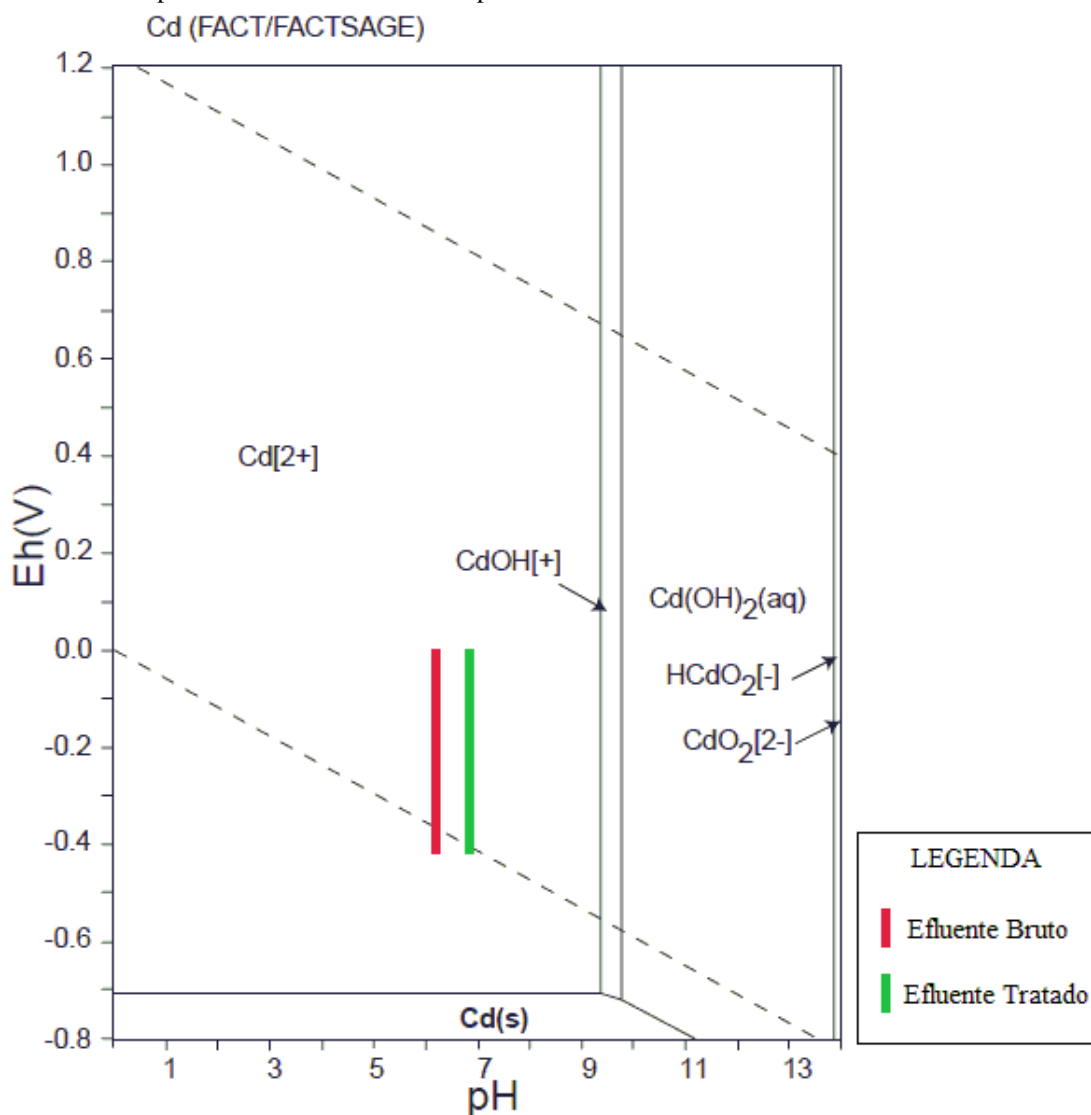
Com base em trabalhos realizados sobre efluentes industriais, o potencial redox do efluente se encontrava entre a faixa 0mV e -400mV, no qual foram adotadas para analisar o comportamento dos íons metálicos (Cd, Cr, Cu, Pb, Fe, Mn, Ní, Zn) nos efluentes bruto e tratado com pH de 6,2 e 6,8, respectivamente.

4.1.1 Cádmió

O diagrama Eh-pH para o sistema de $Cd - O - H$ dispõe de informações termodinâmicas quanto sua estabilidade. De acordo com a Figura 13 o cádmio nos

efluentes analisados dissolve-se em pH ácido e relativamente neutro, formando o íon Cd^{2+} . Em soluções alcalinas, ocorre a formação do precipitado hidróxido de cádmio ($Cd(OH)_2$), onde está propenso a formação em pH entre 10 e 13. Esse composto está constituído em uma pequena zona de estabilidade.

Figura 13 - Diagrama de equilíbrio Eh-pH de especiação do cádmio (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo.



Fonte: o autor.

Com isso, a remoção do cádmio no processo de tratamento de efluente deu-se através da absorção do Cd^{2+} pelo óxido de cálcio, eliminando cerca de 94% (Figura 14). Para se ter uma melhor eficiência de remoção, seria necessário a elevação do pH (alcalinidade) para que ocorra a precipitação do hidróxido de cádmio que se dá pela seguinte reação:

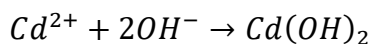
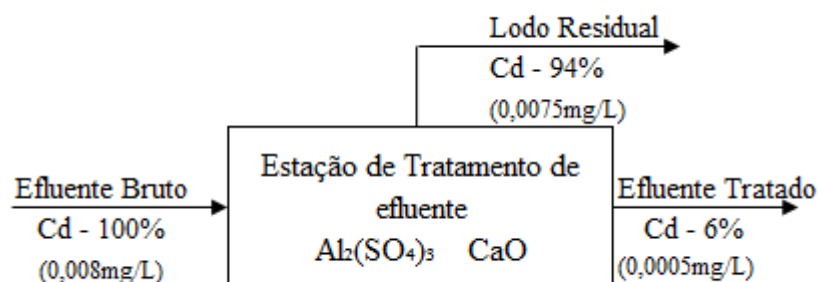


Figura 14 - Fluxograma de remoção do cádmio no efluente.



Fonte: o autor.

4.1.2 Cromo

A presença de cromo em efluentes têxteis está associada à contaminação de origem antrópica, ligada à atividade do processo de beneficiamento da etapa de tingimento das peças, com uso de corantes constituindo na sua molécula íons de cromo.

Segundo ATSDR (2011), o cromo apresenta dois estados de oxidação no ambiente natural, o Cr^{3+} é pouco móvel e que apresenta baixa toxicidade para o ser humano, enquanto que Cr^{6+} que é altamente móvel e mesmo em baixas concentrações é tóxico e que é carcinogênico. Por isso, é importante analisar a especiação dos íons de cromo, especialmente por apresentar grande diferença de toxicidade. De acordo com a Figura 15 os efluentes analisados estão em condições redutoras de baixo Eh e de pH ácido e relativamente neutro, predominando as espécies de Cr^{3+} como cátion $(CrOH)^{2+}$.

Verifica-se que no efluente há uma abundância de íons de Cr^{6+} , por ser a forma que apresenta maior solubilidade na água (81,25%), sendo encontrados predomínio de cromato de hidrogênio $(HCrO_4^-)$.

Portanto, pode-se inferir que o efluente de caráter ácido e apresentando elevada quantidade de matéria orgânica pode favorecer a redução da espécie Cr^{6+} para Cr^{3+} , que possui baixa solubilidade em água, podendo ocorrer uma precipitação (18,75%).

De acordo com a Figura 16 pode-se observar que a eficiência do tratamento foi baixo devido também ao óxido de manganês (MnO_2) , existente em grande quantidade no efluente (decorrente da etapa de descoloração da peça através do permanganato de potássio $(KMnO_4)$), que é responsável pela oxidação do Cr^{3+} formando Cr^{6+} , pois o $(CrOH)^{2+}$ é considerado mais reativo nas condições oxidantes, pela seguinte reação:

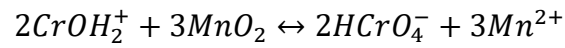
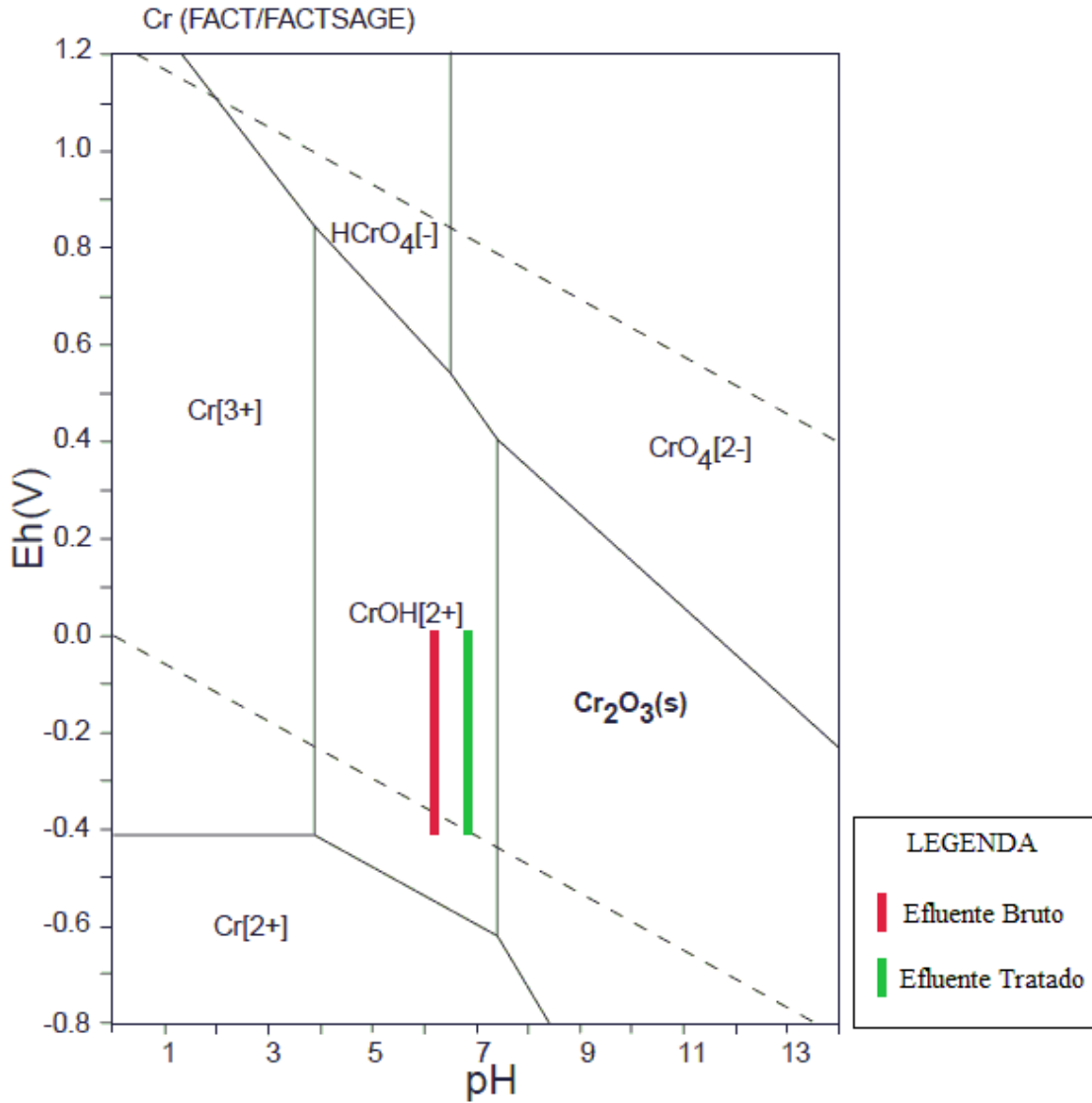
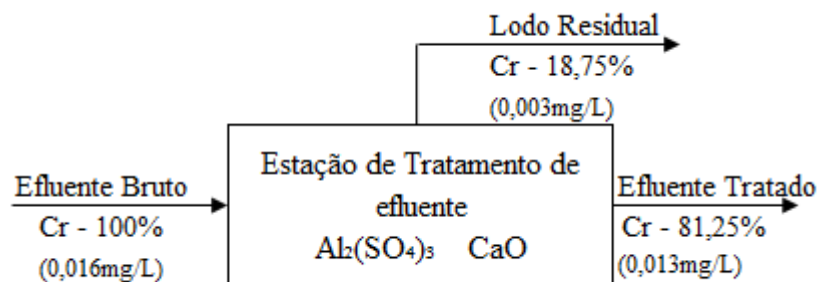


Figura 15 - Diagrama de equilíbrio Eh-pH de especiação do cromo (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo.



Fonte: o autor.

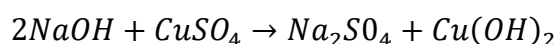
Figura 16 - Fluxograma de remoção do cromo no efluente.



Fonte: o autor.

4.1.3 Cobre

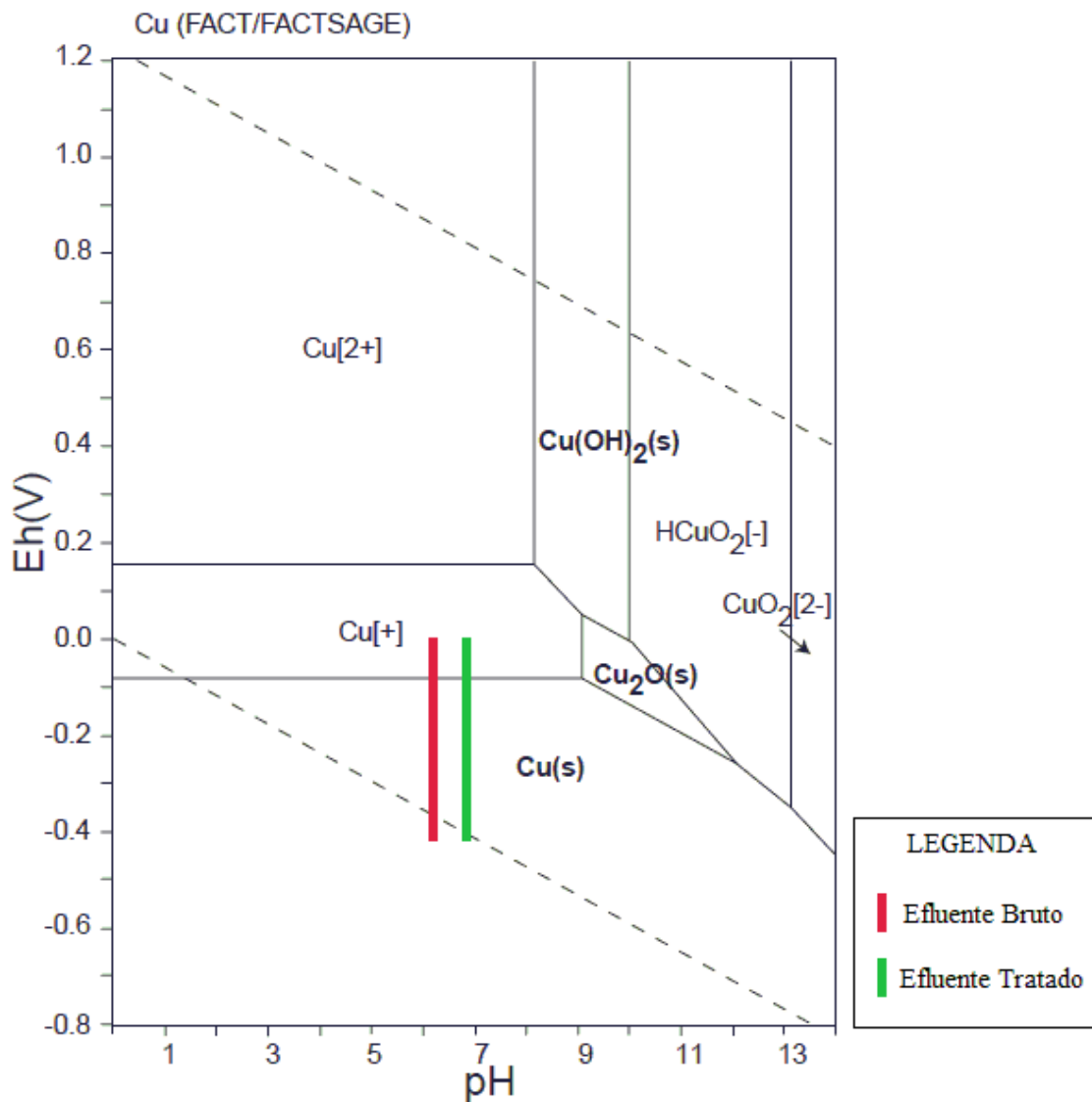
Para o diagrama Eh-pH do sistema $Cu - O - H$, o pH desempenha forte influência na mobilidade dos íons metálicos, sendo que em pH baixo são considerados mais moveis. Com isso, de acordo com a Figura 16, a mobilidade do cobre diminui com o aumento de pH devido à precipitação de formas insolúveis como óxido de cobre (Cu_2O) e hidróxido de cobre ($Cu(OH)_2$). Este precipitado ocorre a partir a adição de hidróxido de sódio ($NaOH$) no efluente, de acordo com a reação:



A Figura 17 relata que em ambientes onde os níveis de Eh são negativos (condições redutoras), o Cu^{2+} reduz-se para Cu^+ e Cu^0 , na presença de íons de sulfito (SO_3^{2-}), formando os precipitados o sulfito de cobre I (Cu_2SO_3) e cobre metálico (Cu_s). O efluente apresentou maior quantidade de cobre na forma metálica.

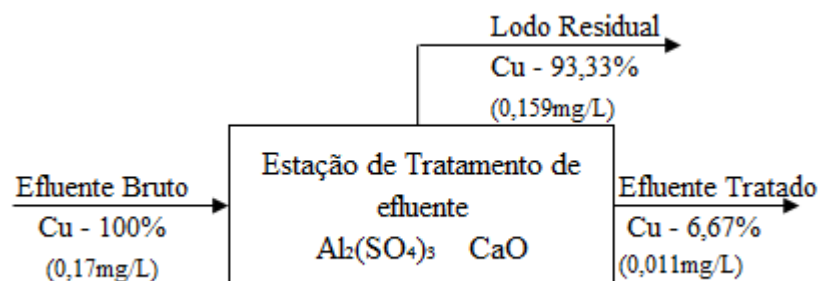
Isso explica por que o tratamento físico-químico teve uma eficiência de remoção de 93,33% (Figura 18), no qual foi utilizado o sulfato de alumínio para remoção do cobre. Os 6,67% do metal que não foram retidos no processo provavelmente estão em forma de Cu^{2+} dissolvidos no efluente.

Figura 17 - Diagrama de equilíbrio Eh-pH de especiação do cobre (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo.



Fonte: o autor.

Figura 18 - Fluxograma de remoção do cobre no efluente.



Fonte: o autor.

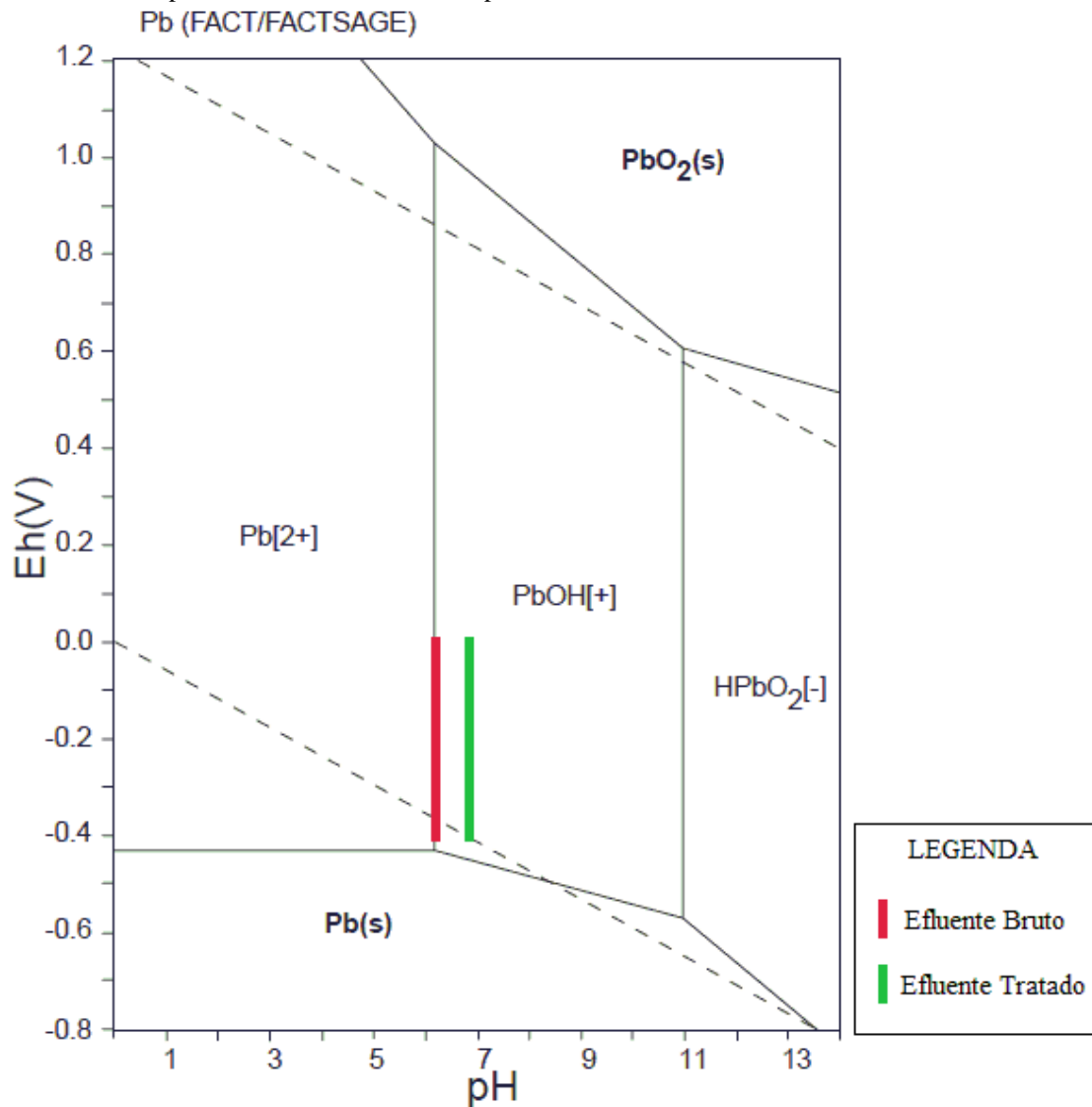
4.1.4 Chumbo

O chumbo, ao compor o efluente, sofre influência do pH, sais dissolvidos e agentes complexantes orgânicos que define seu estado físico na fase aquosa ou como precipitado.

A Figura 19 mostra que os efluente bruto está na forma de Pb^{2+} e $PbOH^+$. O Pb^{2+} quando é exposto a sulfatos e carbonatos, forma compostos insolúveis como o sulfato de chumbo ($PbSO_4$) e carbonato de chumbo ($PbCO_3$). Porém o carbonato em ambientes alcalinos tende a se combinar com o chumbo. Afirmando a eficiência do processo de tratamento com 83,6% (Figura 20), onde o chumbo reage com o sulfato de alumínio obtendo o sulfato de chumbo precipitado.

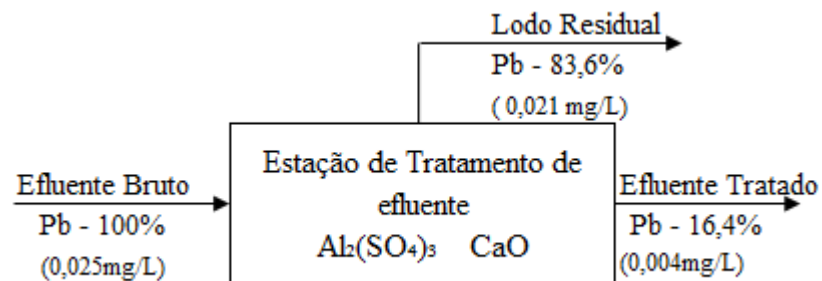
Para o efluente tratado, existe a predominância do $PbOH^+$, formado compostos solúveis no efluente, exceto a formação de hidróxido de chumbo ($Pb(OH)_2$) que em pH elevado tem-se a precipitação. Para se ter um melhor resultado de remoção do chumbo, faz-se necessária a adição de hidróxido de sódio ($NaOH$) para aumentar o pH da solução para precipitação do hidróxido de chumbo e posterior remoção.

Figura 19 - Diagrama de equilíbrio Eh-pH de especiação do chumbo (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo.



Fonte: o autor.

Figura 20- Fluxograma de remoção do chumbo no efluente.



Fonte: o autor.

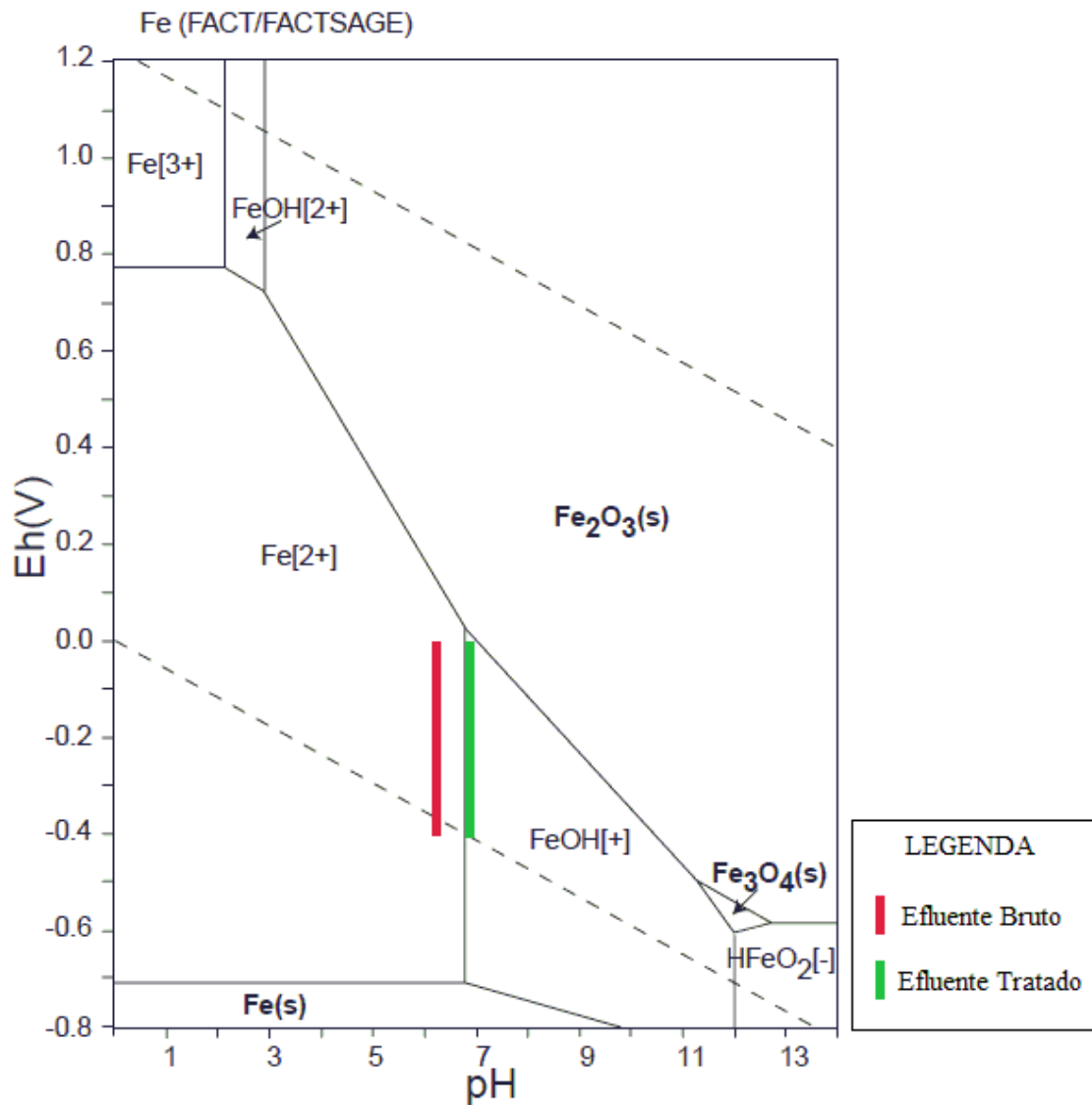
4.1.5 Ferro

As fontes de contaminação por ferro podem ser naturais e antrópicas. A maior parte do ferro está presente em forma de Fe^{3+} e Fe^{2+} . Segundo Gamito (2011), em pHs ácidos e nos ambientes redutores o ferro está na forma bivalente. No entanto, oxida-se com facilidade passando a ferro trivalente. Ainda o mesmo autor afirma que o processo mais utilizado para remoção do ferro é a oxidação de Fe^{2+} para Fe^{3+} , por aeração. Caso não tenha uma boa eficiência, é recomendada o uso de um oxidante forte.

A Figura 21 mostra a estabilidade química do $Fe - O - H$, para o efluente bruto, o ferro está na forma de íons bivalente Fe^{2+} , formando compostos solúveis na solução. Com a aplicação de um composto alcalino, o efluente tratado atingiu um pH relativamente neutro, formando íons de hidróxidos de ferro, onde é complexado formando hidróxido de ferro ($Fe(OH)_2$) como precipitado.

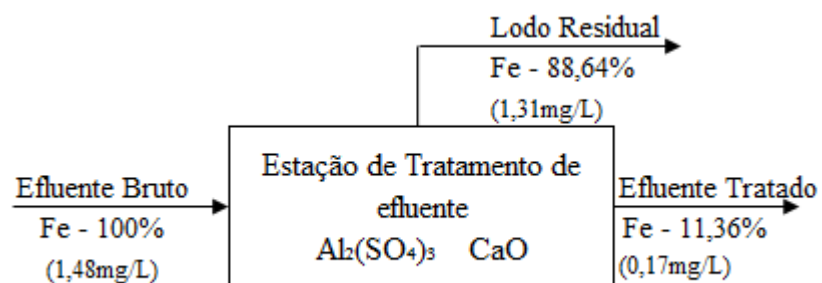
De acordo com a eficiência do processo (Figura 22), o ferro dificilmente seria dissolvido em meio alcalino (faixa de pH de 8 a 13), pois a espécie mais estável termodinamicamente é o óxido de ferro III (Fe_2O_3). Com isso, para sua melhor remoção, seria necessário deixar o meio alcalino utilizando o hidróxido de sódio.

Figura 21 - Diagrama de equilíbrio Eh-pH de especiação do ferro (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo.



Fonte: o autor.

Figura 22 - Fluxograma de remoção do ferro no efluente.



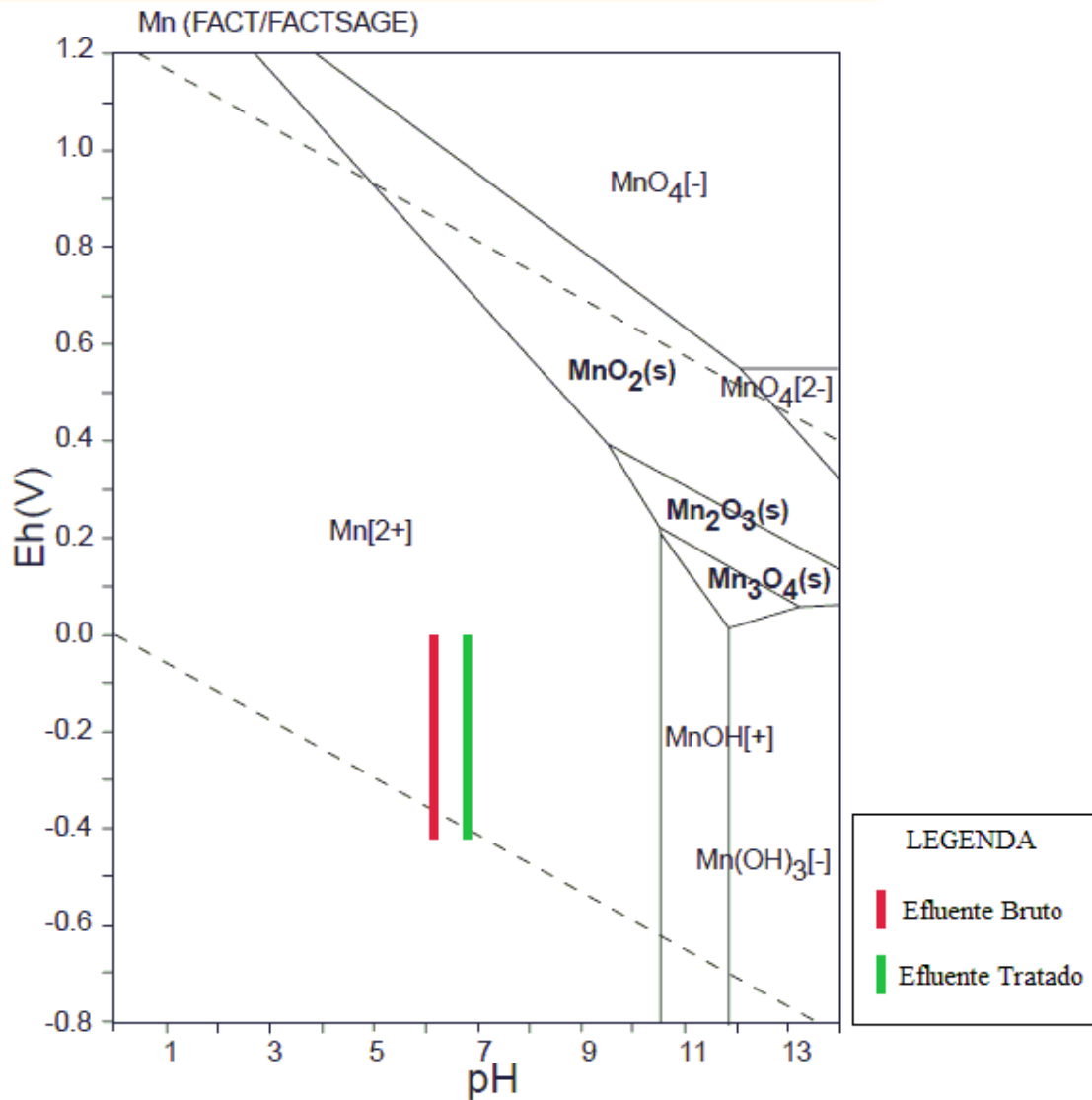
Fonte: o autor.

4.1.6 Manganês

O diagrama Eh-pH mostra a predominância do manganês nos estados de oxidação Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+} , Mn^{6+} , Mn^{7+} , sendo que a de maior estabilidade é Mn^{2+} , ocorrendo em ambientes redutores e nos pHs baixos. De acordo com a Figura 23 os dois efluentes analisados apresentam o manganês na forma de íons bivalentes. Estudos realizados por Alloway (1995) indicam que o manganês é um elemento sensível às variações de pH e de potencial redox das águas e afluentes. A elevação de uma unidade de pH, por exemplo, causa diminuição na concentração do Mn^{2+} cerca de 100 vezes.

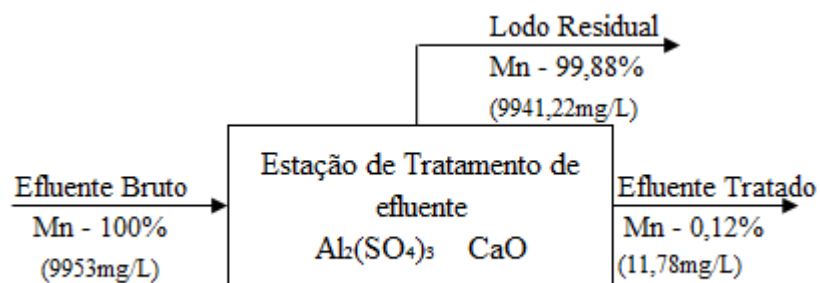
De acordo com afirmação de Alloway (2013), comprova-se a remoção do metal no processo de tratamento, conseguindo extrair 99,88% (Figura 24) do manganês contido no efluente. Entretanto, a extração também pode ser realizada a partir da formação de hidróxidos de manganês ($Mn(OH)_2$), em ambiente redutor porém em meio alcalino com pH entre 10,5 e 12,8.

Figura 23 - Diagrama de equilíbrio Eh-pH de especiação do manganês (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo.



Fonte: o autor.

Figura 24 - Fluxograma de remoção do manganês no efluente.



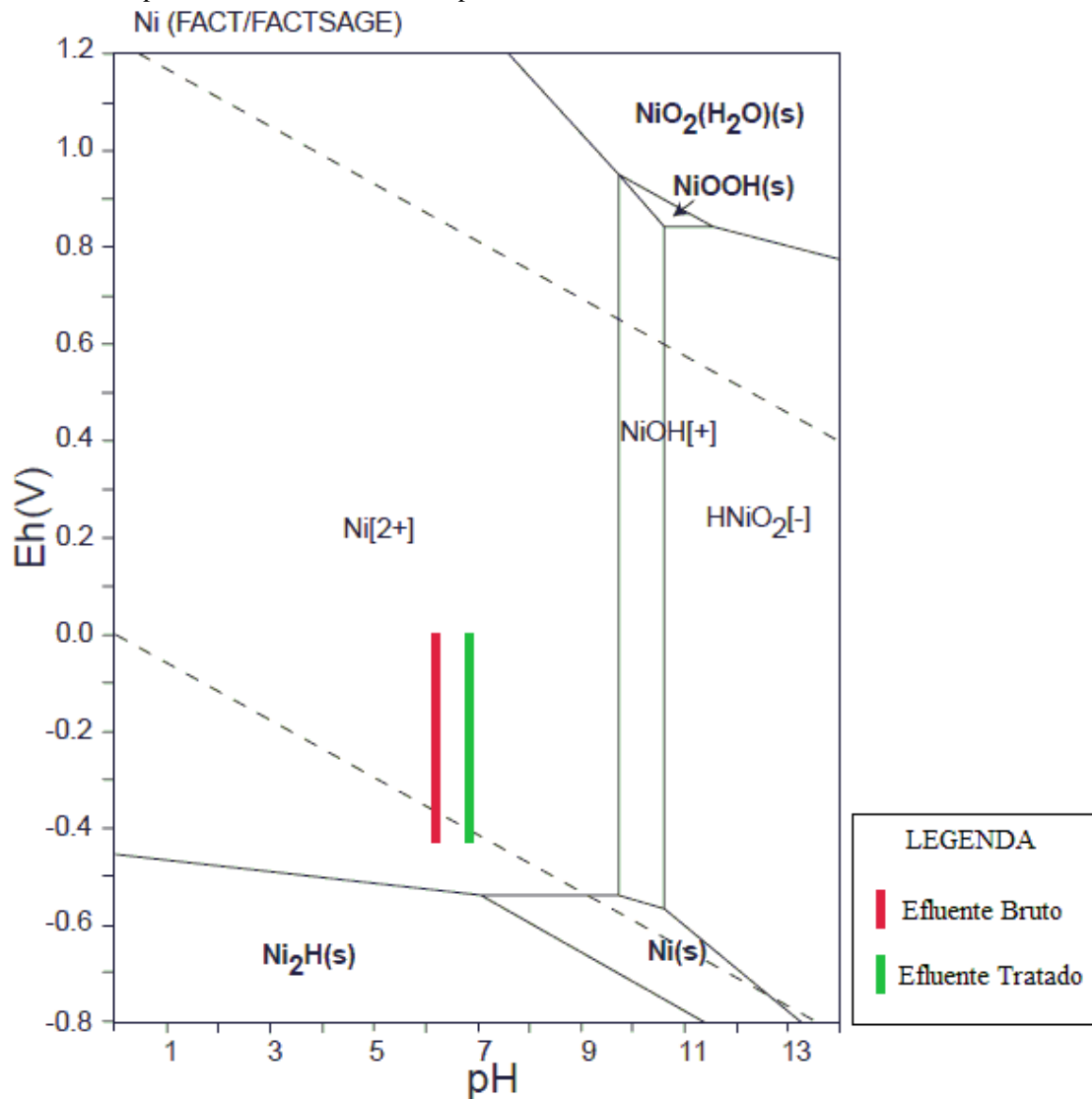
Fonte: o autor.

4.1.7 Níquel

No diagrama do sistema $Ni - O - H$, há predominância de Ni^{2+} em meio oxidante e pH ácido. Segundo Kabata & Pendias (2001), a maioria dos compostos de níquel são relativamente solúvel em $pH < 6,5$ e em $pH > 6,7$. Contudo, em $pH > 9$ o níquel forma complexos insolúveis com hidróxidos e carbonato, obtendo o carbonato de níquel ($NiCO_3$) e hidróxido de níquel $NiOH_2$.

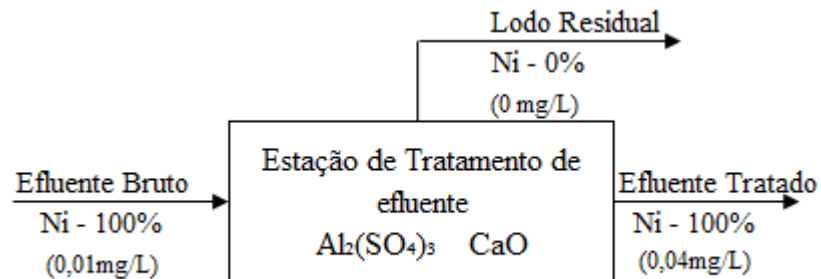
De acordo com a Figura 25 o níquel está na sua forma bivalente nos efluentes. Conforme os resultados obtidos por Kabata & Pendias (2001), no efluente bruto com $pH = 6,2$ encontram-se compostos de níquel solúveis, respondendo a baixa eficiência do processo de tratamento (Figura 26). Com isso, para se ter uma boa eficiência de remoção do níquel, necessita-se deixar o meio mais alcalino com aproximadamente um $pH < 9$, para formação do composto de hidróxido de níquel e imediata precipitação.

Figura 25 - Diagrama de equilíbrio Eh-pH de especiação do níquel (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo.



Fonte: o autor.

Figura 26 - Fluxograma de remoção do níquel no efluente.



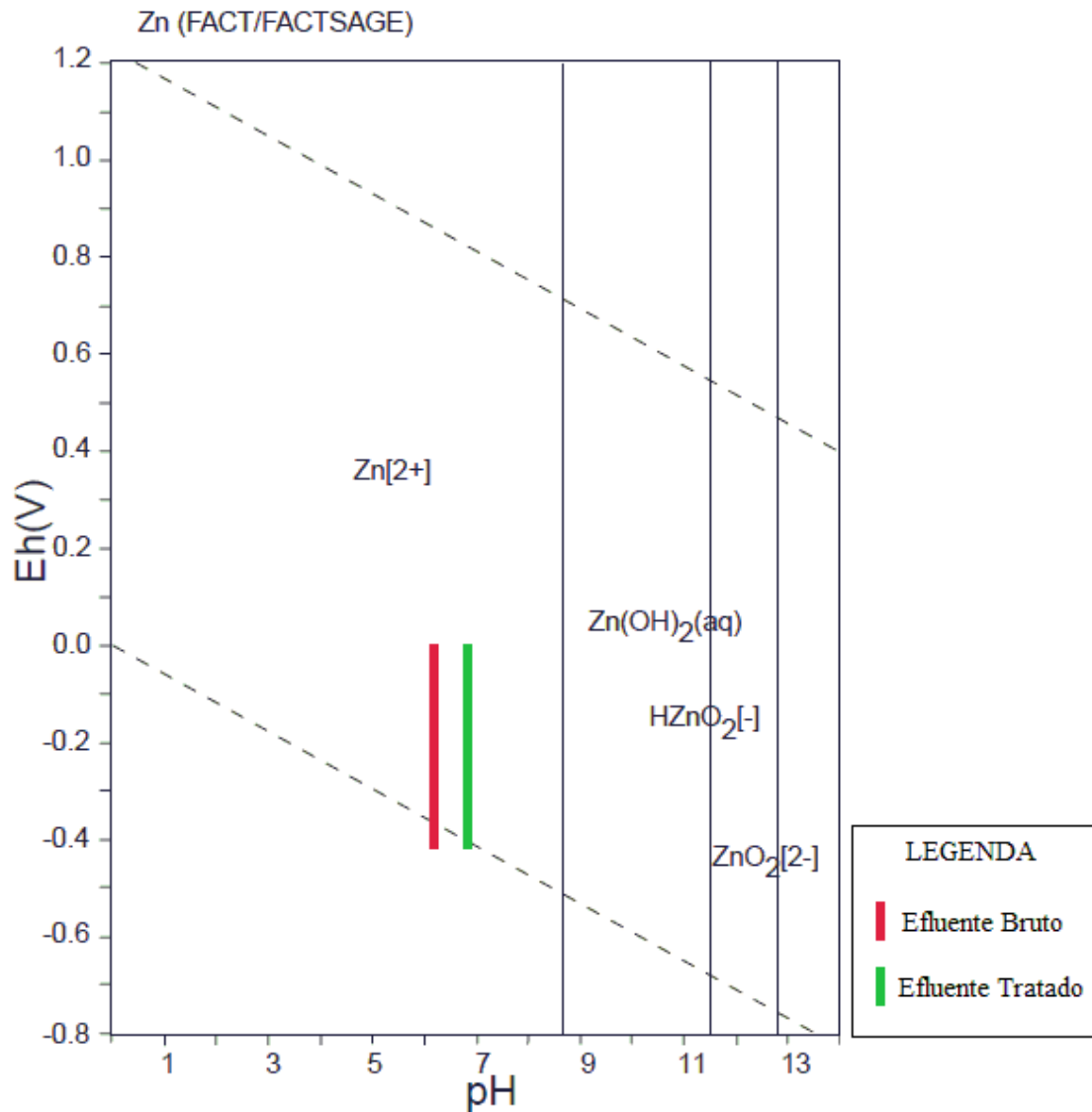
Fonte: o autor.

4.1.8 Zinco

A avaliação da estabilidade termodinâmica das possíveis espécies de zinco presentes na solução do efluente bruto e do efluente resultante do tratamento foi realizada a partir da interpretação do diagrama de distribuição de espécies. No qual, pode-se observar que as espécies solúveis de zinco ocorrem no $\text{pH} < 6$ em meio ácido e em meio alcalino $\text{pH} > 11,5$. Segundo Alloway (2013), o zinco pode ser precipitado das seguintes formas $\text{Zn}(\text{OH})_2$, ZnCO_3 , ZnSO_4 , ZnS e pode formar complexos com diversos ânions e ácidos orgânicos.

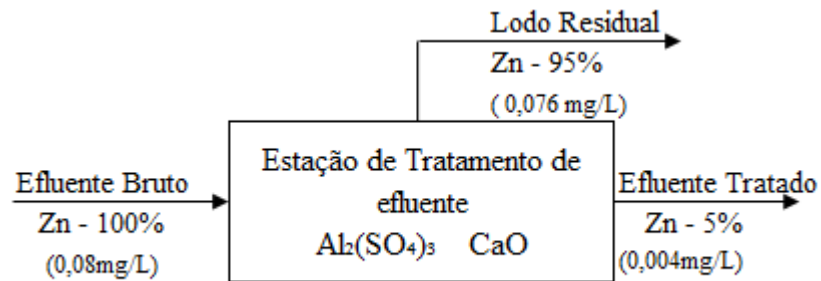
A Figura 27 mostra que o zinco presente nos efluentes está em estado de oxidação +2, onde sob condições redutoras pode-se ocorrer a forma compostos sulfatados insolúveis, no qual foi extraído 95% do íons de zinco (Figura 28). Para obter-se uma maior eficiência no processo, em ambiente redutor, adiciona-se solução de hidróxidos de sódio para a formação e precipitação de carbonato e hidróxido, dosando para que o pH não ultrapasse de 11,5.

Figura 27 - Diagrama de equilíbrio Eh-pH de especiação do zinco (TAKENO, 2005), com indicação do posicionamento dos dados de pH e Eh das amostras de efluente neste estudo.



Fonte: o autor.

Figura 28 - Fluxograma de remoção do zinco no efluente.

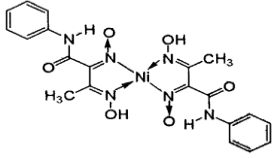
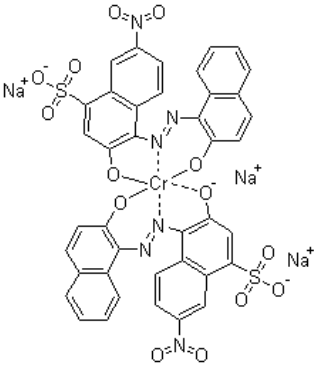
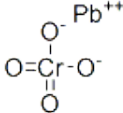
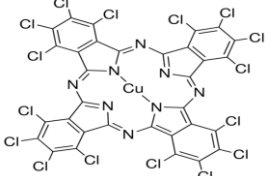


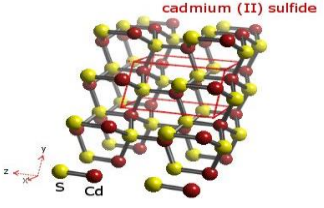
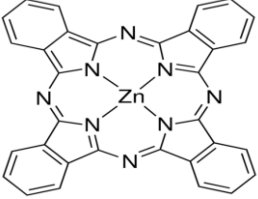
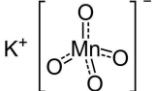
Fonte: o autor.

Segundo Ciminelli (2008) as reações de dissolução/precipitação de óxidos e hidróxidos em água têm diversas e importantes aplicações nos processos aquosos. Os hidróxidos aparecem, em geral, como as fases mais estáveis em meio aquoso em temperatura ambiente. As reações de dissolução e de precipitação de hidróxidos são relativamente rápidas e reversíveis.

Uma proposta para se entender a origem de tais metais pesados está na estrutura dos pigmentos utilizados na indústria têxtil, onde alguns dados foram coletados de embalagens comerciais e em empresas fornecedoras destes produtos. Assim, a Tabela 4 mostra um resumo dos metais que foram analisados dos efluentes e suas possíveis fontes, bem como um modelo para a liberação de tais metais de acordo com os mecanismos de reação em um ambiente anóxico que libera gases durante o processo.

Tabela 4 - Origem dos metais e mecanismo de liberação.

Metal	Origem	Mecanismo	Nome
Ni		$\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{N}_6\text{NiO}_6 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{NH}_4 + \text{O}_2 + \text{Ni}^{2+}$	Amarelo 153
Cr		$\text{C}_{40}\text{H}_{20}\text{CrN}_6\text{Na}_3\text{O}_{14}\text{S}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{NH}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 + \text{CrOH}^{2+}$	Acid Black 172
Pb		$\text{PbCrO}_4 + 4 \text{OH}^- \rightarrow [\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{CrO}_4^{2-}$	Cromo amarelo
Fe	FeCl ₂	$\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeOH}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	Cloreto de ferro
Cu		$\text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{N}_8\text{Cu} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{NH}_4 + \text{O}_2 + \text{Cu}^{2+}$	Copper Phthalocyanine ou Azul monastral

Cd		$\text{CdS} \rightarrow \text{Cd}^{+2} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{Cd}^+$	Cádmio Amarelo
Zn		$\text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{N}_8\text{Zn} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{NH}_4 + \text{O}_2 + \text{Zn}^{2+}$	Zinc Phthalocyanine
Mn		$\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}^+ \text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{K}^+ + \text{O}_2$	Agente oxidante

Fonte: o autor.

4.2 Lodo Têxtil

4.2.1 Ecotoxicologia com *Daphnia Similis*

Os testes ecotoxicológicos são instrumentos importantes para verificar o impacto ambiental gerados pelos compostos puros e misturas complexas. O conhecimento sobre a natureza tóxica do lodo têxtil nos permite ter maior segurança para avaliar o risco ambiental provocado pelo resíduo sólido. O escoamento superficial do lodo têxtil sob influência das chuvas, pode atingir os recursos hídricos superficiais. Desta maneira, é essencial o estudo ecotoxicológico para avaliar a contaminação e assegurar a prática de destinação correta.

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos quanto da exposição da *Daphnia Similis* às amostras de lodo durante 48h.

Tabela 5 - Resultados dos ensaios de toxicidade após tratamento estatístico com as amostras de lodo.

Tratamento	pH	Média ± desvio padrão	Valor de p	Toxicidade aguda (Teste T)
LODO 1	5,0	0,00 ± 0,00	0,00	T
LODO 2	8,0	14,00 ± 3,00	0,089	NT
LODO 3	6,0	13,00 ± 2,64	0,039	T
LODO 4	6,0	0,00 ± 0,00	0,00	T
Controle	7,0	18,33 ± 1,52	-----	Controle

T - mortalidade significativa dos organismos em até 48h.

NT - não há diferença significativa na sobrevivência em relação ao grupo controle a nível de $p > 0,05$.

Fonte: o autor.

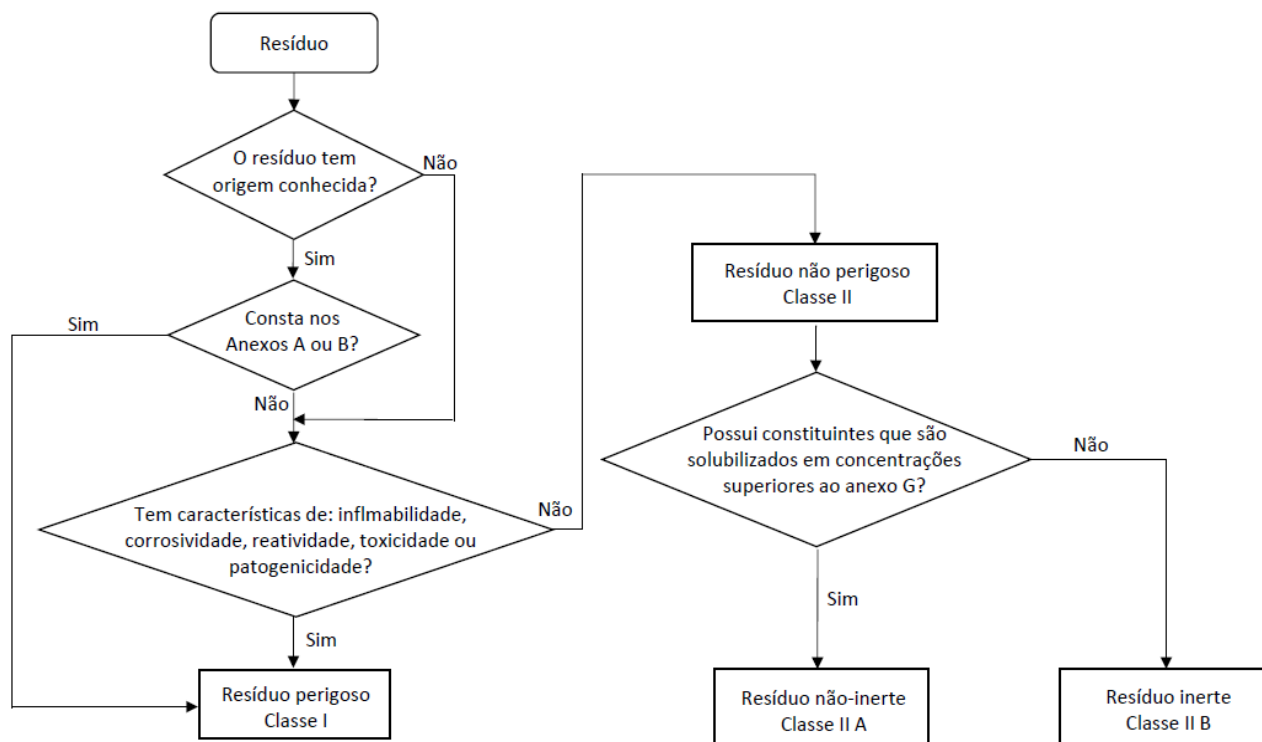
Os resultados estatísticos revelam que em média os organismos expostos aos lodos têxteis apresentaram menor sobrevivência em relação ao controle. Os lodos 1, 3 e 4 tiveram um índice de sobreviventes estatisticamente inferior ($p < 0,05$) aos observados da solução controle, apresentando toxicidade aguda. No lodo 2 este índice não pode ser estatisticamente diferenciado da solução controle, com isso, alegando a não toxicidade.

Esses resultados mostram que existe uma condição de qualidade ambiental relacionada com as atividades modificadoras do meio ambiente. Assim, estudos realizados por Monteiro (2009) afirmam que a elevada letalidade dos organismos incubados no lodo têxtil está sendo induzida pelo aumento de complexos químicos, decorrentes do uso de corantes têxteis. Ainda conforme o mesmo autor, os corantes azo sob condições de anaeróbicas geram aminas aromáticas, que são compostos tóxicos e cancerígenos, podendo ser até mais tóxico que o composto precursor.

O tratamento e disposição final dos resíduos sólidos industriais dependem de sua classificação, proposta pela NBR 10.004/2004. O lodo pode ser classificado como Perigosos (classe I), Não Inerte (classe II) ou Inertes (classe III). Após as análises dos lodos que possibilitaram a identificação de substâncias tóxicas, o que denota a presença de uma das características descritas pela norma, a toxicidade, há argumento suficiente para classificar o resíduo em classe I, como mostra a Figura 29. Verificou-se que para os lodos da ETE 1, 3 e 4, apresentaram toxicidade e que não enquadramento dentro dos padrões estabelecidos pela norma NBR 10.004 da ABNT, como resíduo perigoso de classe I.

Segundo NBR 10.004/2004 os resíduos perigosos de classe I são aqueles cuja suas propriedades físico-químicas e infectocontagiosas, podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente.

Figura 29 - Fluxograma de caracterização e classificação de resíduos sólidos.



Fonte: NBR 10.004/ 2004.

O custo para tratar e dispor resíduos sólidos é um fator consideravelmente importante para a indústria têxtil. Considerando este aspecto econômico, o custo de uma lavanderia de médio porte, para disposição em aterro industrial gira em torno de R\$ 170,00 à R\$ 200,00 por tonelada, mais o frete mensal para cidade de Caruaru custa em torno de R\$1.900,00/ton.. As lavanderias estudadas produzem em média 5 tonelada/mês, tendo um custo anual de aproximadamente R\$ 35.000,00. Devido a elevada quantidade de lodo resultante do processo de tratamento do efluente e o alto custo para destinação em aterros industriais, a prática para reutilização pode ser de grande ajuda para a diminuição do impacto ambiental causado pela disposição deste resíduo no meio ambiente.

4.2.2 Matéria Orgânica, pH e Eh

Tabela 6 - Matéria orgânica presente no lodo têxtil.

Tratamento	pH	Eh (mV)	Matéria Orgânica (%)
LODO 1	4,54	+148	66,9
LODO 2	6,68	+24	49,3
LODO 3	7,54	-27	35,7
LODO 4	5,08	+118	58,4

Fonte: o autor.

Como mostra na Tabela 6, os lodos têxteis possuem na sua composição grande quantidade de matéria orgânica passível de ser utilizada como fonte de energia, ou seja, podendo ser aproveitados para uso em caldeiras de biomassa.

Estudos realizados por Avelar (2012) utilizando o lodo têxtil como matéria prima para a produção de briquetes com fins energéticos, a partir dos estudos concluiu que o lodo pode ser considerado como combustível no processo de combustão para geração de energia.

Segundo Felder Azzolini (2013) a queima desse material produz energia, no entanto deve-se ter conhecimento dos possíveis riscos que podem ser causados, como a produção de gases poluidores como, por exemplo, CO , CO_2 , NO_x e SO_x , como também a geração de resíduos como as cinzas provenientes da queima.

Sendo assim, as cinzas podem ser utilizadas para a produção de materiais cerâmicos, onde práticas vem sendo utilizadas para imobilização de compostos inorgânicos contido nas cinzas.

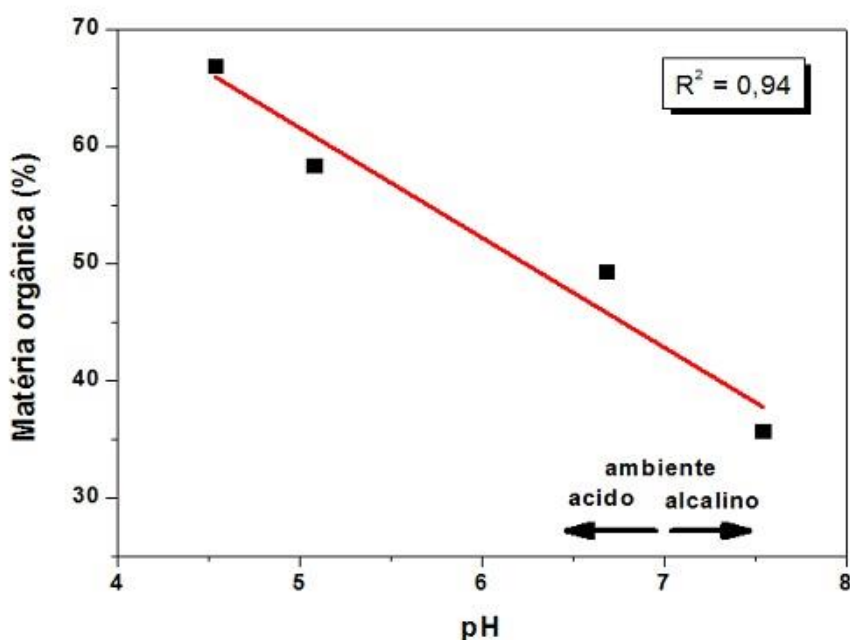
Diversas pesquisas vêm sendo executada para a reutilização do lodo têxtil como matéria prima de outros processos. Estudos realizados por Dias Júnior (2013) que a incorporação de 10% do lodo têxtil no processo de fabricação dos blocos cerâmicos não comprometeu a qualidade técnica do material, estando dentro dos limites permitidos de acordo com as normas vigente.

Segundo Lepoup (2013) quanto menor a quantidade de matéria orgânica possuir o resíduo, melhor vai ser a estabilidade dos materiais cerâmicos. Diversos estudos vêm sendo realizados para a reutilização do lodo têxtil como matéria prima de outros processos. De acordo com Dias Júnior (2013) a incorporação de 10% do lodo têxtil no

processo de fabricação dos blocos cerâmicos não comprometeu a qualidade técnica do material, estando dentro dos limites permitidos de acordo com as normas vigente.

Atualmente o tratamento de resíduos sólidos têxteis vem sendo praticada com base na sua reutilização ou a sua inertização. De acordo com a variedade de produtos utilizados nos processos das lavanderias têxteis, não existe um processo de tratamento pré-determinado, havendo a necessidade de realização de pesquisas e desenvolvimento de processos economicamente viáveis.

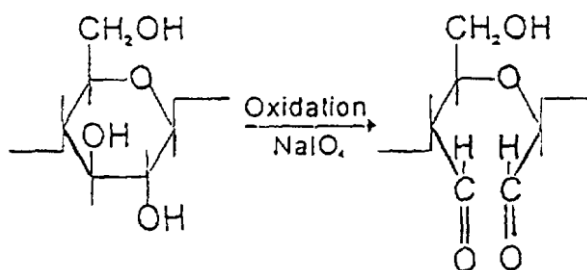
Figura 30 - Gráfico da correlação linear entre o pH e a Matéria orgânica.



Fonte: o autor.

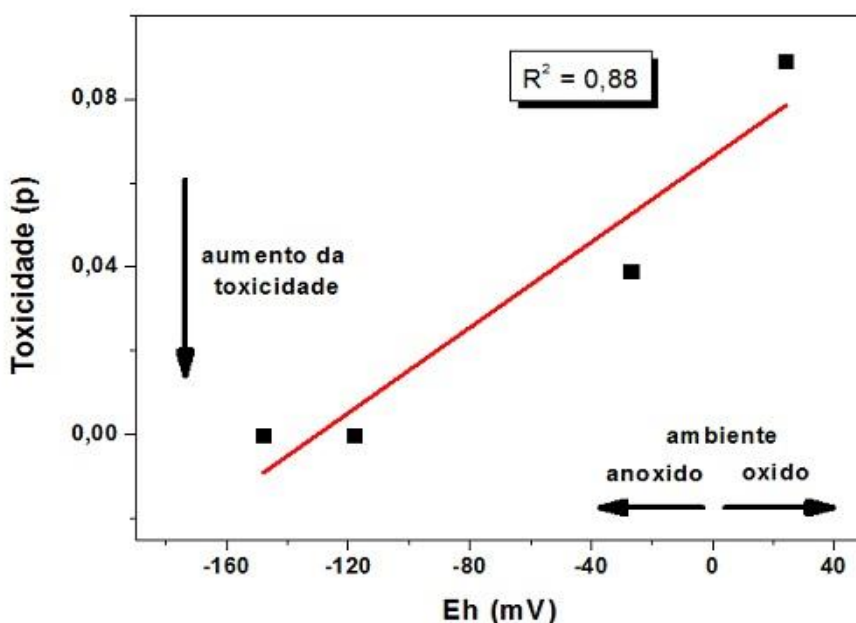
O comportamento do pH e da matéria orgânica está descrito no gráfico da Figura 30 evidenciando um coeficiente de correlação linear de 0,94. Observa-se uma dependência decrescente neste comportamento, onde quanto maior o pH do meio, menor é o teor da matéria orgânica. Isso sugere que os radicais que podem ser disponibilizados para o elutriato são essencialmente ácidos, provavelmente provenientes de radicais carboxílicos ou simplesmente da liberação de hidrogênios das moléculas orgânicas de celulose e demais compostos das fibras dos tecidos (Figura 31).

Figura 31 - Oxidação da celulose.



Fonte: KIM et al. (2004).

Figura 32 - Gráfico da correlação linear no Eh com toxicidade.



Fonte: o autor.

De acordo com o gráfico da Figura 32, o coeficiente de correlação linear obtido foi de 0,88, representando a dependência da toxicidade com as condições de oxirredução do meio. Observa-se que o Eh é influenciado pela matéria orgânica e demais substâncias liberadas do lodo para o elutriado. Assim, pode-se sugerir que a diminuição dos valores de Eh, de um ambiente pouco oxidante para um ambiente francamente redutor acompanha o aumento da toxicidade do referido elutriado. Tal resultado sugere que a qualidade do lodo gerado pelas lavanderias têxteis pode ser consequência do tipo de tratamento que foi submetido seu efluente, uma vez que concentra as substâncias que causam a redução das condições no ambiente. Um conjunto de compostos orgânicos provenientes das fibras dos tecidos bem como compostos inorgânicos oriundos dos processos de tingimento e

floculação como os carbonatos, sulfatos, hidróxidos de alumínio ou óxido de cálcio seriam os responsáveis para essa condição anóxica.

Tal disposição deste resultado indica que os estudos para reuso desse lodo pode está condicionado ao melhoramento das estações de tratamento de efluente na tentativa de minimizar ou até separar de forma efetiva os compostos orgânicos e inorgânicos. Uma vez esse processo seja otimizado, pode-se propor alternativas para reutilização das fibras na indústria têxtil, os corantes recuperados para reutilização nos processos de tingimento, e os compostos inorgânicos mais concentrados serem destinados para reciclagem e reuso, dentro de suas possibilidades. Em todo caso o intuito sempre volta para uma reutilização como matéria prima local, diminuindo o custo com transporte e disposição em aterros, e substituindo alguma matéria prima em outros segmentos da indústria local.

5 CONCLUSÃO

Diante do que foi retratado nesta pesquisa, fica claro que os efluentes e os lodos gerados pelas lavanderias têxteis são de grande importância para o desenvolvimento de pesquisas sobre a aplicabilidade como matéria prima de outros processos. A partir disso, foram realizados estudos de avaliação do tratamento existente e possíveis alternativas a fim de se obter melhor tratado, evitando impactos ao meio ambiente.

A utilização dos diagramas Eh-pH para a identificação das condições termodinâmicas dos íons metálicos ganham importância no monitoramento ambiental e passam a compor a lista de parâmetros para melhor diagnóstico dos efluentes têxteis.

A presença de metais nos efluentes têxteis está relacionada com o uso de corantes e compostos químicos auxiliares utilizados nos processos industriais. As lavanderias consumidoras deverão exigir dos fabricantes melhores informações sobre o produto, pois elas que são responsáveis pela geração dos resíduos provenientes dos processos de tratamento de efluente e tentar buscar a substituição do produto por aqueles que apresentarem menor carga contaminante.

Os lodos gerados dos tratamentos de efluentes têxteis, dentre os quatro analisados, três apresentaram toxicidade, sendo classificado segundo a NBR 10.004/2004 como resíduos perigosos de classe I. Sendo assim, devem ser tratadas para reutilização como matéria prima de processos produtivos ou destinada a aterros industriais de classe I.

Embora as atividades de reciclagem têxtil sejam uma contribuição positiva para a destinação dos lodos advindos das estações de tratamento, ainda não existe fiscalização e controle no Brasil sobre a segurança química desses resíduos, para serem reprocessados e inseridos na cadeia produtiva de outro produto.

6 PERSPECTIVAS

O estudo do tipo de matéria orgânica presente nos lodos pode indicar o destino mais adequado, como por exemplo, a fabricação de “briquetes” para a indústria cerâmica local, por conter grande carga orgânica. E além do mais, seu resíduo inorgânico presente no lodo, poderia ser incorporado à matéria prima da fabricação de blocos cerâmicos. Talvez alguns processos adicionais sejam necessários, como um tanque de lavagem para os gases ou a limpeza mais frequente dos fornos, mas um estudo da viabilidade técnica e econômica poderá indicar a melhor solução.

É esperado um acompanhamento mais detalhado das Estações de Tratamento de Efluentes em relação aos parâmetros físico-químicos sejam determinantes na composição de soluções sustentáveis para os descartes de seus efluentes. Considerando a grande escassez de água na região, é evidente que falta uma cultura de reaproveitamento e reuso de recursos hídricos com o objetivo de reduzir a grande carga poluidora de metais pesados e outros compostos que são jogados direta e indiretamente nos mananciais.

De forma geral essa dissertação teve como meta o esclarecimento, mesmo que de forma parcial, uma abordagem da problemática dos efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados no Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco. Os trabalhos seguintes irão envolver a caracterização química e física mais detalhada de matérias que possam ser empregados na indústria local, as possíveis destinações dos metais pesados monitorados e também o desenvolvimento de um projeto de educação ambiental para atender as comunidades que estão diretamente envolvidas com o ciclo produtivo do polo têxtil.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química. Disponível em: <<http://abiquim.org.br/>>. Acesso em: 10 de junho 2016.

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Pernambuco recebe Circuito Abit/Texbrasil, 2015**. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/noticias/pernambuco-recebe-circuito-abittexbrasil>>. Acesso em: 07 de outubro de 2016.

ALEXANDRE, J. R.; OLIVEIRA, M. L. F.; SANTOS, T. C.; et al. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza on line**, v. 10, n. 1, p. 23–28, 2012.

ALLOWAY, B. J. Heavy Metals in Soils – Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability. 3rd. ed. Springer Dordrecht Heidelberg New York London, p. 613, 2013.

ALLOWAY B.J. Heavy Metals in Soils. Chapman & Hall, London, 1995.

ALMEIDA, C.M.V.B.; BONILLA, S.H.; GIANETTI, B.F.; HUISINGH, D. Cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world: an introduction to this special volume. *Journal of Cleaner Production*, v. 47, p. 1-10, 2013.

ALTON, I. A.; TEKSOY, S. Acid dyebath affluent pretreatment using Fenton's reagent: process optimization, reaction kinetics and effects on acute toxicity. **Dyes and pigments**. V. 73, p. 31-39, 2007.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC/ANVISA nº 161/04. Uso do Percloroetileno. Disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=509>. Acesso em: 24 outubro 2016.

ARAÚJO, J. F. **História de Santa Cruz do Capibaribe**. Recife, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos Sólidos – Classificação: NBR 10.004**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12.713**: Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia spp.* (Cladocera, crustácea). Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13.373**: Ecotoxicologia aquática – Toxicidade Crônica – Método de ensaio com *Ceriodaphnia spp.* (Cladocera, crustácea). Rio de Janeiro, 2005.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S **The Priority List of Hazardous Substances, 2011**. Department of Health and Human Services, Public Health Services, Atlanta, GA, 2011.

- AVELAR, N.V. **Potencial dos resíduos sólidos da indústria têxtil para fins energéticos**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 71 f, 2012.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMNTOS ECONÔMIC E SOCIAL (BNDES). **Arranjos Produtivos Locais e Desenvolvimento**. Brasília, 2004.
- BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BARBOZA, A. A. S. Desenvolvimento de Argamassas de Revestimento com Adição Concomitante de Cinzas de Lenha e Lodo Têxtil Gerados no APL de Confecções Pernambucano. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. p. 1–94, 2011.
- BASTIAN, E.Y.O.; ROCCO, J. L. S.; MARTIN, E. S. Guia técnico ambiental da indústria têxtil. São Paulo, CETESB: SINDITEXTIL,2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/textil.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2016.
- BELTRAME, T.C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. Dissertação (Mestrado) UFRN, Natal, 161 f, 2000.
- BEZERRA, F. D. Análise Retrospectiva e Prospectiva do Setor Têxtil no Brasil e no Nordeste. Informe Macroeconomia, Indústria e Serviços. vol. 9, n. 2, 2014.
- BOURG, A. C. M.; KEDZIOREK, M. A. M. Natural attenuation of inorganic pollutants (copper, sulfate) in the aquifer below an industrial site. *Journal de Physique IV*. p. 215-216, 2003.
- BRANCO, P. M. Dicionário de Mineralogia e Gemologia. São Paulo: Oficina de Textos. p. 608, 2008.
- BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
- BURATINI, S. V.; BERTOLETTI, E. Análise estatística. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática – Princípios e Aplicações**. Editora Rima. São Carlos, p. 221-249, 2008.
- BUSS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. S. dos S. Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de tratamento. *Revista de Engenharia Civil IMED*, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.
- CAESP – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Tecnologia ambiental>laboratórios>serviços>informações toxicológicas>ficha de informação

toxicológica – Níquel, 2013. Disponível em: < <http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2013/11/niquel.pdf>>. Acesso em: 6 de janeiro de 2016.

CALMON, J. L. Resíduos industriais e agrícolas. In: ISAIA, G. C. (org./ed.) **Materiais de construção civil e princípios de ciências e engenharia dos materiais**. 2 ed.. São Paulo: IBRACON, v. 2, p. 1591-1627. 2010.

CARDOSO, N. F. Adsorção de corantes têxteis utilizando bioissorventes alternativos. 2012. 52f. Tese (Doutorado) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Química, 2012.

CARDOSO, L. M. N.; CHASIN, A. A. M. Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. **Série Caderno de Referência Ambiental**. v. 6, Salvador (Bahia): Centro de Recursos Ambientais, 2001.

CARVALHO, A. T. DE. A utilização dos resíduos sólidos do setor de manufatura do vestuário de moda na reciclagem em anel fechado e em anel aberto. Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, p. 0–160, 2016.

CASTRO, T. M. Solidificação/estabilização de lodo gerado no tratamento de efluente de lavanderia industrial têxtil em blocos cerâmicos acústicos e seu desempenho em câmara reverberante. 86 f. Dissertação (mestrado) UEM Maringá 2010.

CASTRO, T. M. DE; KAMINATA, O. T.; TAVARES, C. R. G. Solidificação/Estabilização de lodo de lavanderia têxtil para fabricação de blocos cerâmicos acústicos: Estudo da resistência à compressão e da absorção de água. **VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM**, p. 1–14, 2009.

CERVO, A L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. Editora Prentice Hall, 5ª edição, 2002.

CESAR, R.G.; ÁLVARO, T.T.; SILVA, M.B.; COLONESE, J.; PEREIRA, C.; POLIVANOV, H.; EGLER, S.G.; BIDONE, E.D.; CASTILHOS, Z.C. Biodisponibilidade de contaminantes em solos brasileiros tratados com lodo de esgoto: uma abordagem ecotoxicológica utilizando bioensaios com organismos aquáticos e edáficos. *Geochimica Brasiliensis*, in press. p. 41-49, 2011.

CHERFI, A.; ABDOUN, S.; GACI, O. Food survey: Levels and potential health risks of chromium, lead, zinc and copper content in fruits and vegetables consumed in Algeria. *Food and Chemical Toxicology*, v.70, p.48-53, 2014.

CIMINELLI, V.S.T. Introdução ao processamento aquoso. Notas de aula, UFMG, Belo Horizonte, MG, 2008.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Controle de carga Orgânica em Efluentes Líquidos Industriais. CPRH N 2.001/2003. Disponível em:<<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/normas-cprh-2001.pdf>>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2017.

COELHO, F. dos S. Preparo, caracterização e aplicação de compósitos Fe(0)- Óxidos de Ferro em processos redutivos para remediação ambiental. Dissertação de mestrado, Belo Horizonte 2008.

COGO, M. DA C. Estudo de Caracterização e Disposição dos Resíduos de uma Indústria Têxtil do Estado do Rio Grande do Sul. **Trabalho de Diplomação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grand do Sul**, p. 48, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente–CONAMA.,9p. Disponível em: <http://www.legislacao.mutua.com.br/pdf/diversos_normativos/conama/2011_CONAMA_RES_430.pdf>. Acesso em: 18 de julho 2016.

COOK, W. G.; OLIVE, R. P. Pourbaix diagrams for chromium, aluminum and titanium extended to high-subcritical and low-supercritical conditions. *Corrosion Science*, Volume 58, May, Pages 291-298, 2012.

COSTA, A. F. de S.. Aplicação de tratamentos de efluentes biológicos e físico-químico em efluentes de lavanderia e tinturaria industriais do município de Toritama no estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento ambiental). Universidade católica de Pernambuco. Recife, 2008. Disponível em:<www.unicap.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=374>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa:** métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3ª edição, Porto Alegre: Artmed: Bookman, 2010.

CRUZ, J. B. F.; SOARES, H. F. Uma Revisão Sobre o Zinco. **Ensaio e Ciência**, v. 15, n. 1, p. 207–221, 2011.

Da MATTA, M.E.M; KUMMOW, F.; UMBUZEIRO, G.A. – Uma possível classificação da periculosidade de lodos de esgoto utilizando testes de toxicidade: Resultados preliminares. *Revista AIDIS de Ingenieria y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, v. 2, n.1, p. 49-55, 2009.

DEZOTTI, m. Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos. Série Escola Piloto em Engenharia Química. COPPE/UFRJ. Disponível em:<books.google.com.br/books>. Acesso em: 10 de janeiro de 2017.

DIAS JÚNIOR, M. L. Incorporação de lodo têxtil em blocos cerâmicos. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, Apucarana-PR p. 1–89, 2013.

DOMINGUES, D. F.; BERTOLETTI, E. Seleção, manutenção e cultivo de organismos aquáticos. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática – Princípios e Aplicações**. Editora Rima. São Carlos, p. 153-182, 2006.

DRAEGER, A. Aproveitamento de Lodo Têxtil na Produção de Briquetes para Queima

em Caldeiras. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental da Fundação Universidade Regional de Blumenau como requisito para a obtenção do título de mestre.p. 1–61, 2015.

DURANTE, C. et al. Advanced oxidation processes coupled with electrocoagulation for the exhaustive abatement of Cr-EDTA. *Water Research*, v. 45, n. 5, p. 2122-2130, Feb. 2011.

ESTADÃO. **Agreste tem 2º maior polo têxtil do país**. 2013. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,agreste-tem-2-maior-polo-textil-do-pais-imp-,981078>>. Acesso em:15 de novembro de 2016.

FELDER, C; AZZOLINI, J.C. Estudo de viabilidade de queima de resíduos originários da indústria de laticínio. *Revista Unoesc e Ciência - ACET*, Joaçaba, v. 4, n. 1, p. 71-84, jan./jun., 2013.

FENGLIAN, F.; WANG, Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. **Journal of Environmental Management**. V. 92, n. 3, p. 407-418, March, 2011.

FINKLER, M.; SCAPINI, P.; FREIRE, E.; ZATTERA, A. J.; ZENI, M. Compósitos de HDPE com Resíduos de Fibras Têxteis. Parte I: Caracterização Mecânica. In: *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 15, n. 3, p. 171-175, 2005.

GAMBA, A. Estudos de adsorção para remoção de metais e corantes de efluentes. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Química, p. 1–106, 2001.

GAMITO, D. DA C. Comportamento de íons associados ao solo, sedimentos, águas subterrâneas e superficiais do distrito industrial parque do lago – salto, São Paulo. Dissertação de mestrado – Programa de pós-graduação em recursos minerais e hidrogeologia. Universidade de São Paulo, p. 1–101, 2011.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisas**. Editora Atlas, 5ª edição, São Paulo, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. Editora Atlas, 6ª edição, São Paulo, 2010.

GOMES, D.; CAMPOS, L. H. *Produção domiciliar de artigos de vestuário e condições de trabalho: um estudo sobre Toritama-PE*. 2009. Disponível em:< http://www.coletiva.org/site/index.php?option=com_k2&view=item&id=22:condi%C3%A7%C3%B5es-de-trabalho-em-toritama&tmpl=component&print=1>. Acesso em: 14 de outubro de 2016.

GUARANTINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, n. 23, v.1, p. 71-78, 2000.

GUNDOGGU, A.; ERDEM, M. The accumulation of the heavy metals (copper and zinc) in the tissues of rainbow trout (*onchorhynchumykiss*, walbaum, 1792). **Journal of Fisheries Sciences**.v. 2, n. 1, p. 41-50, 2008.

HASHIM, M. A.; MUKHOPADHYAY, S. NARAYAN SAHU, J.; SENGUPTA, B. Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater. **Journal of Environmental Management**. V. 92, n. 10, p. 2344-2388, October 2011.

HERZOG, L. R. Estudo das Formas de Ocorrência de Fósforo em Minérios de Manganês. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, p. 1–100, 2009.

HILDEBRAND, C. **Reuso de água de efluentes do tingimento da indústria têxtil utilizando sistemas de membranas**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de pós-graduação em Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

HOLMAN, J. B.; WAREHAM, D. G. COD, ammonia, and dissolved oxygen time profiles in the simultaneous nitrification/denitrification process. *Biochemical Engineering Journal*, Amsterdam, v. 22, p. 33-125, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa industrial anual (PIA), 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Cadastro Central de Empresas 2013**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:< <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=260410&search=pernambuco%7Ccaruaru%7Cinfograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 07 de setembro de 2016.

IEMI – INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. **Relatório setorial da Indústria Têxtil Brasileira – Brasil Têxtil 2015**. 15ª Edição. São Paulo, 2015.

IEMI - INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira - Brasil Têxtil 2014. 14ª edição. São Paulo, 2014.

JARDIM, W. F. Medição e interpretação de valores do potencial redox (Eh) em matrizes ambientais. **Química Nova**, v. 37, n. 7, p. 1233–1235, 2014.

KABATA, A.; PENDIAS, H. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press. Boca Raton London New York Washington, D.C. Third Edition, 2001.

KANT, R. Textile dyeing industry an environmental hazard, **Natural Sci.**, v. 4, p. 22-26, 2012.

KIM, U. J., KUGA, S., WADA, M., OKANO, T., KONDO, T., *Biomacromolecules*, 1, 2000, 488.

KUMPIENE, J.; LAGERKVIST, A.; MAURICE, C. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments – A review. **Waste Management**. V. 28, n. 1, p. 215-225, 2008.

KURBUS, T.; SLOKAR, Y.M.; MARECHAL, A.M.; The study of the effects of the variables on H₂O₂/UV decoloration of vinylsulphone dye: part II Dyes Pigment, 54, 67, 2002.

LAU, F. C. et al. Nutrigenomic basis of beneficial effects of chromium(III) on obesity and diabetes. Molecular and Cellular Biochemistry, v. 317, ed. 12, p. 1-10, oct 2008.

LELOUP, W. DE A. Efeito da adição de lodo têxtil e cinzas de lenha gerados no apl de confecções pernambucano em argamassas de cimento portland. Dissertação de Mestrado para obtenção do título de Mestre, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, p. 1–110, 2013.

LIBÂNIO, Marcelo. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3. ed., rev. e ampl. Campinas, SP: Átomo, 494 p., 2010.

LIMA, L. R. de. Custos Ambientais e a Externalidade Negativa das Lavanderias Têxteis do Polo de Confecções do Agreste de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação no Mestrado de Ciências Contábeis do Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais da Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação. Recife. 2014.

LIMA, A. S. “*Empreendimento*” a sulanca: o SEBRAE e o Polo de confecções do agreste de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Universidade Federal de Campina Grande. Dissertação. Campina Grande. 2011.

LIMA, I. V.; PEDROZO, M. D. F. M. Ecotoxicologia do Ferro e seus Compostos. **Série Caderno de Referência Ambiental**. v. 4. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2001.

MACÊDO, E. M. C.; AMORIM, M. A. F.; SILVA A. C. S.; CASTRO, C. M. M. B. Efeitos da deficiência de cobre, zinco e magnésio sobre o sistema imune de crianças com desnutrição grave. Rev Paul Pediatr.;28(3):329-36, 2010.

MARQUES, J. R. Otimização e Validação de Metodologia Analítica para Determinação de Metais e Semimetais em Efluentes Líquidos por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma de Argônio (ICP-OES). **Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais**, p. 1–195, 2015.

MARQUES, M. J.; SALVADOR, A.; MORALES RUBIO, A.; DE LA GUARDIA, M. “chromium speciation in liquid matrices: a survey of the literature” *Fresenius j. anal. Chem.* p. 601-613, 2000.

MARTINS, I.; LIMA, I. V. Ecotoxicologia do Manganês e seus Compostos. **Série Caderno de Referência Ambiental**. v. 7. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2001.

MEDEIROS, M. DE A. Elemento Químico - Zinco. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 3, p. 159–160, 2012.

MENDES, F. M.; COELHO, N. M. Estudo do Uso da Moringa Oleifera para Remoção de Prata e Manganês em Água. **Revista Horizonte Científico**. v. 1, n. 1, 2007.

MONTEIRO, A.E. **Índice de qualidade de aterros industriais**. 2006 214 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em engenharias. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MONTEIRO, S. P. P. B. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE TESTE DE TOXICIDADE AGUDA UTILIZANDO COMO ORGANISMO-TESTE *Daphnia magna*. Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará. p. 1–83, 2009.

MOURA, M. C. P. A., Utilização de Microemulsões como agentes modificadores de superfícies de remoção de íons metálicos. Tese de Doutorado. PPGEQ, UFRN, Natal/RN, 2001.

NAGEL-HASSEMER, M. E.; CORAL, L. A.; LAPOLLI, F. R.; AMORIM, M. T. S. P. de. Processo UV/H₂O₂ como pós-tratamento para remoção de cor e polimento final em efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 35, n. 5, p. 900-904, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000500007>. Acesso em: 03 de novembro de 2015.

NEVES, E. B.; DOMINGUES, C. A. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (ESAO) – Rio de Janeiro, 2007.

NEULS, G. Economia movida a CO₂. **Revista Página 22**, n. 68, p. 13–14, 2012.

NORDBERG, G. F.; NOGAWA, K.; NORDBERG, M. **Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition)**, Chapter 32 – Cadmium VII. P, 667-716. Specific Metals 2015.

NORTEVISUAL, **Serviços Ambientais**, Av. Cidade de Leiria, 637, zona 4, Maringá, PR, 2010. Disponível em: <<http://www.nortevisual.com.br>>. Acesso 25 de novembro de 2016.

OLIVEIRA, M. F. D. DE. Remoção de corantes têxteis em solução aquosa utilizando bentonita natural e organofílica. Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós Graduação em Química, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 1–86, 2015.

OLIVEIRA, E. A. G. DE. Ecoinovação e design sistêmico estratégias sustentáveis para o Polo de Confeções de Pernambuco. Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Design, no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Estadual Paulista, p. 1–441, 2013.

O'KEEKE, T. J. Pourbaix Diagrams. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology (Second Edition)*, p. 7774-7781, 2001.

PERES, C. S.; ABRAHÃO, A. J. Características e sistemas de tratamento de águas residuais das indústrias têxteis – uma primeira abordagem. **Química Têxtil**, São Paulo: ABQCT, (52), 22-39, 1998.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 14.236, de 13 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Pernambuco**, Recife, PE, p. 7, coluna 2, 14 Dez. 2010.

PERNAMBUCO. (Estado). Instrução Normativa CPRH Nº 004/2012. Disciplina o enquadramento para Licenciamento Ambiental na CPRH das atividades de Comércio e Serviço, quanto ao Potencial Degradador, conforme previsto no item 6.1 da Tabela 6 do Anexo I, da Lei Estadual nº 14.249, de 17/12/2010 alterada pela Lei Estadual nº 14.549, de 21/12/2011.

PINTO, R. B. Remoção do corante têxtil preto de remazol b de soluções aquosas usando adsorventes a base de casca de pinhão. 2012. 82f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Química, 2012.

PRIM, E. C. C. **Reaproveitamento do Lodo da Indústria têxtil como Material de Construção Civil – Aspectos Ambientais e Tecnológicos**. 1998. 150 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, SC. 1998.

PSOMOPOULOS, C.S; BOURKA, A.;THEMELIS, N.J.; Waste to energy: A review of the status and benefits in USA. **Waste to Management** 29 p. 1718-1724, 2009.

REZENDE, D.; CARVALHO, K. Q.; KREUTZ, C.; ARANTES, E. J.; PASSIG, F. H. Avaliação do processo de tratamento de efluentes de uma lavanderia industrial de jeans. *Olam –Ciência e Tecnologia*. n.2, n.especial, set., p.253. Rio Claro-SP, 2009.

RENOSAM, 2006. The most efficient waste management system in Europe - Waste-to-energy in Denmark. Denmark, Ramboll. 2006.

RIBEIRO, V.R. e MORELLI, M.R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2009.

ROCCA, A.C.C. et al. **Resíduos sólidos industriais**. 2. ed. Cetesb, São Paulo, 233 p, 1993.

ROIG, N.; SIERRA, J.; MARTÍ, E.; NADAL, M.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J. L. Long-term amendment of Spanish soils with sewage sludge: Effects on soil functioning. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 158. p. 41-48, 2012.

ROSA, E. V. C. da; **Reaproveitamento de lodo têxtil em solo florestal: estudos dos aspectos físicos-químicos, agrônômicos, e ecotoxicológicos**. 2004. 139 f. Tese (Doutorado em Química) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Departamento de Química, UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

SAMANLIOGLU, F. A multi-objective mathematical model for the industrial hazardous waste location-routing problem. *European Journal of Operational Research*, v. 226, p. 332-340, 2013

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Estudo econômico do arranjo produtivo local de confecções do agreste pernambucano, 2012**, Recife, 2013.

SILVA, R. A. J. DA. Modelo de Gestão Ambiental para Reuso de Águas de Lavanderias do Agreste de Pernambuco. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, p. 1–129, 2016.

SILVA, D. B.; MONTEIRO, L. R.; FAUSTINO, M. G.; BICUDO, C.; BICUDO, D.; COTRIM, M. E. B.; PIRES, M. A. F. Estudo sobre o Ferro e Fósforo nas águas e Sedimentos da Represa Guarapiranga São Paulo – Brasil. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos: Água Desenvolvimento Econômico e Socioeconômico*, XX ed., Nov. 17-22, 2013.

SILVA, R. P. DA. Remoção de metais pesados em efluentes sintéticos utilizando vermiculita como adsorvente. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para a obtenção do título de Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, p. 1–101, 2010.

SILVA, S. R. *A Juventude na “sulanca”*. Os desafios da inserção no mundo do trabalho em Taquaritinga no Norte – PE. Campina Grande: Ed. Da UFCG, 2009.

SINDILAV. **Sustentabilidade em Lavanderias de jeans**. Sindicato das Lavanderias e Similares do Rio Grande do Sul. 1ª Edição – Set/out, 2011. Disponível em: <<http://sindilav.com.br/noticias/set-out-2011/sustentabilidadeem-lavanderias-de-jeans/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2016.

SRIVASTAVA, N.K.; MAJUMDER, C.B. Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v.151, p.1-8, 2008.

SOUZA, Frank Pavan de; AREAS, Samyla Mota Ribeiro; PERTEL, Mônica. Análise da viabilidade técnica de reutilização do efluente de uma lavanderia industrial. *Perspectivas online*, Campos dos Goytacazes, v. 3, n. 7, p. 1-16, 2013.

SOUZA, A. P. C.; SOUZA, E. A. M.; PEREIRA, N. C. Análise da Utilização do Coagulante Tanino na Remoção da Cor, Turbidez e DQO do Efluente Textil de uma Lavanderia Industrial. **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, p. 1–7, 2014.

SOUZA, I. A. DE et al. Implicações do Aquecimento Global no Balanço Hídrico Climático no Agreste de Pernambuco. n. 81, p. 1–6, 2007.

STRÖHER, A. P.; MENEZES, M. L. de; CAMACHO, F. P.; PEREIRA, N. Curvelo. Tratamento de efluente têxtil por ultrafiltração em membrana cerâmica. *E-xacta*, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2012.

STRÖHER, A. P.; MENEZES, M. L. de; PEREIRA, N. C.; BERGAMASCO, R. Utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluente proveniente de lavagem de jeans. *ENGEVISTA*, v. 15, n. 3. p. 255-260, dez. 2013.

SUN, X. Y. et al. - Copper Tolerance and Biosorption of during Alcoholic Fermentation. *Plos one*, vol. 10, nº6, p. 1-18, 2015.

SUSSULINI, A.; ARRUDA, M. A. Z. Determinação de cromo (VI) por espectrometria de absorção atômica com chama após a extração e pré-concentração no ponto nuvem. *Eclet. Quím.* 2006, vol.31, n.1, pp. 73-80.

TAKENO, N. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Research Center for Deep Geological Environments. n. 419, p. 1–287, 2005.

TEIXEIRA, S. **Os perigos dos metais pesados**. 2010. Disponível em: <<http://www.velhosamigos.com.br/atores/teixeira/teixeira5.html>>. Acesso em: 24 de outubro de 2016.

VÉRAS DE OLIVEIRA, R. O Polo de Confecções do Agreste de Pernambuco: ensaiando uma perspectiva de abordagem. In: ARAÚJO, Â.; VÉRAS DE OLIVEIRA, R.(Org.). *Formas de trabalho no capitalismo atual*. Vol. 1. São Paulo: Annablume, 2011.

VIEIRA FILHO, J. P. B. A Possível Morte do Rio Cateté, da Vida Aquática e Silvestre e suas Consequências Devidas aos Metais Pesados Tóxicos para os Relatório para o Gerente da Associação Porekrô E Ministério Público”. p. 1–17, 2015.

VIÑOLAS, M. J.. *Diseño ecológico: hacia un diseño y uma producción em armonía con la naturaleza*. 1. Ed. Barcelona – ESP: Art. Blume, 2005.

VON SPERLING, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Desa, UFMG, 2005. 452 p.

YAGUB, M. T.; SEN, T. K.; AFROZE, S.; ANG, H. M. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*. v.209, n.0, p.172-184, 2014.

ZAGONEL, J. T.; BUSS, M. V.; MENEZES, J. C. S. Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Uma Lavanderia de Jeans. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 2, n. 3, p. 5–14, 31 dez. 2015.

ZUKOWSKA, J. BIZIUK, M. Methodological Evaluation of Method for Dietary Heavy Metal Intake. **Journal of Food Science**. V. 73, p. 21-29, 2008.

ANEXO

ABNT NBR 10004:2004

Anexo A
(normativo)

Resíduos perigosos de fontes não específicas

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F001	Os seguintes solventes halogenados usados, utilizados em desengraxe: tetracloroetileno; tricloroetileno; dicloro metano; 1,1,1-tricloroetano; tetracloreto de carbono e fluorocarbonetos clorados, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Tetracloroetileno, diclorometano, tricloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, tetracloreto de carbono, fluorocarbonos clorados	Tóxico
F002	Os seguintes solventes halogenados usados: tetracloroetileno; 1,1,1-tricloroetano; dicloro metano; tricloroetileno; 1,1,2-tricloroetano, clorobenzeno; 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoretano; orto-diclorobenzeno; triclorofluorometano, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Tetracloroetileno, diclorometano, tricloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, clorobenzeno, 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoretano, orto-diclorobenzeno, triclorofluorometano, 1,1,2-tricloroetano	Tóxico
F003	Os seguintes solventes não halogenados usados: xileno, acetona, acetato de etila, etilbenzeno, éter etílico, metilisobutilcetona, n-butanol, ciclohexanona e metanol, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Não aplicável	Inflamável
F004	Os seguintes solventes não halogenados usados: cresóis, ácido cresílico e nitrobenzeno, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Cresóis, ácido cresílico e nitrobenzeno	Tóxico
F005	Os seguintes solventes não halogenados usados: tolueno, metiletilcetona, dissulfeto de carbono, metil-1-propanol (isobutanol), piridina, benzeno, 2-etoxietanol e 2-nitropropano, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Tolueno, metiletilcetona, dissulfeto de carbono, piridina, isobutanol, 2-etoxietanol, benzeno, 2-nitropropano	Inflamável, tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F006	Lodos do tratamento de efluentes líquidos provenientes de operações de eletrodeposição, exceto os originários dos seguintes processos: (1) anodização do alumínio com ácido sulfúrico; (2) revestimento do aço-carbono com estanho; (3) revestimento do aço-carbono com zinco; (4) revestimento do aço-carbono com alumínio ou zinco-alumínio; (5) operações de limpeza/extração associadas com revestimentos de estanho, zinco e alumínio no aço-carbono e (6) gravura e estampagem química do alumínio	Cádmio, cromo hexavalente, níquel, cianeto (complexo)	Tóxico
F007	Soluções exauridas de cianeto provenientes de operações de galvanoplastia	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F008	Lodos provenientes do fundo de tanques de banhos galvanoplásticos nos quais foram usados cianetos	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F009	Soluções galvanoplásticas de extração e limpeza exauridas nas quais foram utilizados cianetos	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F010	Resíduos de banhos de têmpera provenientes dos banhos de óleo, empregados nas operações de tratamento térmico de metais, nos quais são utilizados cianetos	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F011	Soluções de cianeto exauridas provenientes da limpeza do cadinho de banho salino das operações de tratamento térmico de metais	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F012	Lodos originados no tratamento de efluentes líquidos provenientes dos banhos de têmpera das operações de tratamento térmico de metais nos quais são utilizados cianetos	Cianeto (complexo)	Tóxico
F014	Sedimentos de fundo de lagoa de descarga do tratamento de efluentes líquidos do processo de cianetação utilizado nas operações de extração de metais contidos em minérios	Cianeto (complexo)	Tóxico
F015	Soluções exauridas que contenham cianeto e sejam provenientes dos banhos utilizados nas operações de extração de metais contidos em minérios	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F017	Resíduos e lodos de tinta provenientes da pintura industrial	Cádmio, cromo, chumbo, cianeto, tolueno, tetracloroetileno	Tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F018	Lodos originados no sistema de tratamento de efluentes líquidos da pintura industrial	Cádmio, cromo, chumbo, cianeto, tolueno, tetracloroetileno	Tóxico
F019	Lodos de tratamento de efluentes líquidos provenientes do revestimento do alumínio por conversão química, com exceção dos provenientes da fosfatização com zircônio de latas de alumínio quando este processo é exclusivo de revestimento	Cromo hexavalente, cianeto (complexo)	Tóxico
F020	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de tri- ou tetraclorofenol, ou de intermediários usados para produzir seus derivados pesticidas, com exceção dos resíduos originados na produção de hexaclorofeno a partir de 2,4,5-triclorofenol altamente purificado	Tetra- e pentaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra- e pentaclorodibenzofuranos; tri- e tetraclorofenóis, bem como ácidos, ésteres Éteres, aminas e outros sais clorofenóxi-derivados	Altamente tóxico
F021	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de pentaclorofenol ou de intermediários utilizados na produção de seus derivados	Penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas; penta e hexaclorodibenzofuranos; pentaclorofenol e seus derivados	Altamente tóxico
F022	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de tetra-, penta- ou hexaclorobenzenos sob condições alcalinas	Tetra-, penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta- e hexaclorodibenzofuranos	Altamente tóxico
F023	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção de substâncias em equipamentos previamente utilizados na produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de tri- ou tetraclorofenol, exceto os resíduos de equipamentos utilizados somente na produção de hexaclorofeno a partir de 2,4,5-triclorofenol altamente purificado	Tetra- e pentaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra- e pentaclorodibenzofuranos; tri- e tetraclorofenóis, bem como ácidos, ésteres, éteres, aminas e outros sais clorofenóxi-derivados	Altamente tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F024	Resíduos da produção de hidrocarbonetos alifáticos clorados, com um a cinco átomos de carbono, por meio de reações de radicais livres envolvendo catálise, incluindo, mas não se limitando a, resíduos de destilação, fundos de coluna, alcatrões e resíduos de limpeza de reator, exceto os citados no anexo B	Clorometano, diclorometano, triclorometano, tetracloro de carbono, cloroetileno, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, trans-1,2-dicloroetileno, 1,1-dicloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetileno, 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetileno, pentacloroetano, hexacloroetano, cloreto de alila, (3-cloropropeno), dicloropropano, dicloropropeno, 2-cloro-1,3-butadieno, hexacloro-1,3-butadieno, hexaclorociclopentadieno, hexaclorociclo-hexano, benzeno, clorobenzeno, diclorobenzenos, 1,2,4-triclorobenzenos, tetraclorobenzeno, pentaclorobenzeno, hexaclorobenzeno, tolueno, naftaleno	Tóxico
F025	Resíduos da produção de hidrocarbonetos alifáticos clorados, com um a cinco átomos de carbono e número variável de átomos de cloros em posições diversas, por meio de reações de radicais livres envolvendo catálise, incluindo fração leve de destilação, filtros usados e seus suportes, bem como dessecantes usados	Clorometano, diclorometano, triclorometano, tetracloro de carbono, cloroetileno, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, trans-1,2-dicloroetileno, 1,1-dicloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetileno, 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetileno, pentacloroetano, hexacloroetano, cloreto de alila, (3-cloropropeno), dicloropropano, dicloropropeno, 2-cloro-1,3-butadieno, hexacloro-1,3-butadieno, hexaclorociclopentadieno, hexaclorociclohexano, benzeno, clorobenzeno, diclorobenzenos, 1,2,4-triclorobenzenos, tetraclorobenzeno, pentaclorobenzeno, hexaclorobenzeno, tolueno, naftaleno	Tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F026	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção de substâncias em equipamentos previamente utilizados na produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de tetra-, penta- ou hexaclorobenzeno em condições alcalinas	Tetra-, penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas, tetra-, penta- e hexaclorodibenzofuranos	Altamente tóxico
F027	Formulações descartadas contendo tri-, tetra- ou pentaclorofenol ou formulações descartadas sem uso contendo compostos químicos derivados destes clorofenóis, com exceção das formulações contendo hexaclorofeno sintetizado a partir de 2,4,5-triclorofenol purificado como único componente de partida	Tetra-, penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta- e hexaclorodibenzofuranos; tri-, tetra- e pentaclorofenóis bem como ácidos, ésteres, éteres, aminas e outros sais clorofenoxi-derivados	Altamente tóxico
F028	Resíduos resultantes da incineração ou tratamento térmico de solo contaminado com resíduos F020, F021, F022, F023, F026 ou F027	Tetra-, penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta- e hexaclorodibenzofuranos; tri-, tetra- e pentaclorofenóis, bem como ácidos, ésteres, éteres, aminas e outros sais clorofenoxi-derivados	Tóxico
F032	Efluentes líquidos e resíduos originados no processo de preservação da madeira, provenientes de plantas que utilizam ou tenham utilizado formulações clorofenólicas. Esta listagem não inclui lodos K001 do anexo B do tratamento de efluentes líquidos dos processos de preservação da madeira que utilizam creosoto e/ou pentaclorofenol	Benzo(a)antraceno; benzo(a)pireno; dibenzo(a,h)antraceno; indeno(1,2,3-cd)pireno; pentaclorofenol; arsênio; cromo; tetra-, penta-, hexa- e heptaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta-, hexa- e heptaclorodibenzofuranos	Tóxico
F034	Efluentes líquidos e resíduos originados no processo de preservação da madeira, provenientes de plantas que utilizam formulações contendo creosoto. Esta listagem não inclui lodo K001 do anexo B, do tratamento de efluentes líquidos dos processos de preservação da madeira que usam creosoto e/ou pentaclorofenol	Benzo(a)antraceno; benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno; dibenzo(a,h)antraceno; indeno(1,2,3-cd)pireno; naftaleno; arsênio; cromo	Tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F035	Efluentes líquidos e resíduos originados no processo de preservação da madeira, provenientes de plantas que utilizam conservantes inorgânicos contendo arsênio ou cromo. Esta listagem não inclui lodo K001 do anexo B, do tratamento de efluentes líquidos dos processos de preservação da madeira que usam creosoto e/ou pentaclorofenol	Arsênio; cromo; chumbo	Tóxico
F037	Lodo resultante da separação primária de água/óleo de refinaria de petróleo. Qualquer lodo gerado na separação gravitacional de água/óleo/sólido originado na estocagem ou tratamento de efluentes líquidos provenientes do resfriamento de óleos ou outros processos em refinarias de petróleo	Benzeno, benzo (a) pireno, criseno, chumbo, cromo	Tóxico
F038	Lodo resultante da separação secundária de água/óleo emulsificado de refinaria de petróleo. Qualquer lodo e/ou material flotante gerado da separação física e/ou química de água/óleo no processo de efluentes líquidos oleosos de refinarias de petróleo. Exceto os resíduos F037 do anexo A e resíduos K048 e K051 do anexo B	Benzeno, benzo (a) pireno, criseno, chumbo, cromo	Tóxico
F039	Quaisquer lixívia ou líquidos percolados provenientes da disposição de um ou mais resíduos constantes neste anexo, exceto F040	Não aplicável	Tóxico
F040	Quaisquer lixívia ou líquidos percolados provenientes da disposição de um ou mais dos seguintes resíduos: F020, F021, F022, F026, F027 ou F028	Ver constituintes dos resíduos F020, F021, F022, F026, F027 e F028	Tóxico
F041	Pós e fibras de amianto (asbesto)	Amianto	Tóxico
F042	Acumuladores elétricos à base de chumbo e seus resíduos	Chumbo, ácido sulfúrico	Tóxico, corrosivo
F043	Cinzas provenientes da incineração de placas de circuito impresso contendo metais preciosos	Não aplicável	Tóxico
F044	Lâmpada com vapor de mercúrio após o uso	Mercúrio	Tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F100	Óleos de isolamento térmico ou de refrigeração usados. Fluidos dielétricos, equipamentos, materiais e resíduos contaminados com bifenilas policloradas (PCB)	Bifenilas policloradas (PCB)	Tóxico
F130	Óleo lubrificante usado ou contaminado	Não aplicável	Tóxico
F230	Fluido e óleo hidráulico usado	Não aplicável	Tóxico
F330	Óleo de corte e usinagem usado	Não aplicável	Tóxico
F430	Óleos usados em isolamento elétrico, térmico ou de refrigeração	Não aplicável	Tóxico
NOTA Não aplicável - Termo empregado quando o resíduo enquadra-se como perigoso pela presença de um grande número de constituintes perigosos ou pelo efeito do conjunto destes.			

Anexo B (normativo)

Resíduos perigosos de fontes específicas

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Preservação de madeira	K001	Lodos provenientes do fundo de tanques de tratamento de efluentes líquidos originados nos processos de preservação de madeira que utilizam creosoto e/ou pentaclorofenol	Triclorofenóis, tetraclorofenóis, pentaclorofenol, fenol, 2-clorofenol, p-cloro-m-cresol, 2,4-dimetilfenol, 2,4-dinitrofenol, creosoto, criseno, naftaleno, fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, benzo(a)antraceno, dibenzo(a)antraceno, acenaftaleno	Tóxico
Pigmentos inorgânicos	K002	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmentos laranja e amarelo de cromo	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K003	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento laranja de molibdato	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K004	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento amarelo de zinco	Cromo hexavalente	Tóxico
	K005	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento verde de cromo	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K006	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento verde de óxido de cromo (anidro e hidratado)	Cromo hexavalente	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Pigmentos inorgânicos	K007	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento azul de ferro	Cianeto (complexo), cromo hexavalente	Tóxico
	K008	Resíduos provenientes de fornos utilizados na produção de pigmento verde de óxido de cromo	Cromo hexavalente	Tóxico
Químicos orgânicos	K009	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de acetaldeído a partir do etileno	Clorofórmio, formaldeído, diclorometano, cloreto de metila, paraldeído, ácido fórmico	Tóxico
	K010	<i>Side cuts</i> de destilação originados na produção de acetaldeído a partir do etileno	Clorofórmio, formaldeído, diclorometano, cloreto de metila, paraldeído, ácido fórmico, cloroacetaldeído	Tóxico
	K011	Corrente de fundo proveniente do separador de efluentes líquidos utilizado na produção de acrilonitrila	Acrilonitrila, acetonitrila, ácido cianídrico	Reativo, tóxico
	K013	Corrente de fundo proveniente da coluna de acetonitrila utilizada na produção de acrilonitrila	Acrilonitrila, acetonitrila, ácido cianídrico	Reativo, tóxico
	K014	Resíduos de fundo provenientes da coluna de purificação de acetonitrila utilizada na produção de acrilonitrila	Acetonitrila, acrilamida	Tóxico
	K015	Resíduos de fundo da destilação de cloreto de benzila	Cloreto de benzila, clorobenzeno, tolueno, cloreto de benzilidina	Tóxico
	K016	Frações pesadas da destilação ou resíduos de destilação gerados na produção de tetracloreto de carbono	Hexaclorobenzeno, hexaclorobutadieno, tetracloreto de carbono, hexacloroetano, percloroetileno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K017	Frações pesadas ou resíduos de fundo provenientes da coluna de purificação utilizada na produção de epicloridrina	Epicloridrina, cloroésteres [bis-(clorometil)-éter e bis-(2-cloroetil)-éter], tricloropropano, dicloropropanóis	Tóxico
	K018	Frações pesadas provenientes da coluna de fracionamento utilizada na produção de cloreto de etila	1,2-dicloroetano, tricloroetileno, hexaclorobutadieno, hexaclorobenzeno	Tóxico
	K019	Frações pesadas de destilação do dicloroetileno originada no processo de produção desse composto	Dicloreto de etileno, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, tetracloroetanos (1,1,2,2-tetracloroetano e 1,1,1,2-tetracloroetano), tricloroetileno, tetracloroetileno, tetracloreto de carbono, clorofórmio, cloreto de vinila, cloreto de vinilideno	Tóxico
	K020	Frações pesadas de destilação do cloreto de vinila originada no processo de produção do monômero desse composto	Dicloreto de etileno, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, tetracloroetanos (1,1,2,2-tetracloroetano e 1,1,1,2-tetracloroetano), tricloroetileno, tetracloroetileno, tetracloreto de carbono, clorofórmio, cloreto de vinila, cloreto de vinilideno	Tóxico
	K021	Resíduo aquoso de catalisador de antimônio exaurido proveniente da produção de fluorometanos	Antimônio, tetracloreto de carbono, clorofórmio	Tóxico
	K022	Resíduo de fundo de destilação originados na produção de fenol/acetona a partir de cumeno	Não aplicável	Tóxico
	K023	Frações leves de destilação originadas na produção de anidrido ftálico a partir do naftaleno	Anidrido ftálico, anidrido maléico	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K024	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de anidrido ftálico a partir de naftaleno	Anidrido ftálico, 1,4-naftoquinona	Tóxico
	K025	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de nitrobenzeno pela nitração do benzeno	m-Dinitrobenzeno, 2,4-dinitrotolueno	Tóxico
	K026	Resíduos de fundo de coluna de extração da produção de metiletilpiridinas	Paraldeído, piridinas, 2-picolina	Tóxico
	K027	Resíduos originados nos processos de destilação e centrifugação utilizados na produção de diisocianato de tolueno	Diisocianato de tolueno, tolueno-2,4-diamina	Reativo, tóxico
	K028	Catalisadores usados provenientes do reator de hidrocloração utilizado na produção de 1,1,1-tricloroetano	1,1,1-Tricloroetano, cloreto de vinila	Tóxico
	K029	Resíduos provenientes do extrator a vapor utilizado na produção de 1,1,1-tricloroetano	1,2-dicloroetano, 1,1,1-tricloroetano, cloreto de vinila, cloreto vinilideno, clorofórmio	Tóxico
	K030	Resíduos provenientes do fundo de colunas ou frações pesadas, ambos originados na produção combinada de tricloroetileno e percloroetileno	Hexaclorobenzeno, hexaclorobutadieno, hexacloroetano, 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, dicloreto de etileno	Tóxico
	K083	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de anilina	Anilina, nitrobenzeno, difenilamina, fenilenodiamina	Tóxico
	K085	Resíduos de fundo de colunas de destilação ou fracionamento originados na produção de clorobenzenos	Benzeno, diclorobenzenos, triclorobenzenos, tetraclorobenzenos, pentaclorobenzeno, hexaclorobenzeno, cloreto de benzila	Tóxico
	K093	Frações leves de destilação originadas na produção de anidrido ftálico a partir do ortoxileno	Anidrido ftálico, anidrido maléico	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K094	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de anidrido ftálico a partir de ortoxileno	Anidrido ftálico	Tóxico
	K095	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de 1,1,1-tricloroetano	1,1,2-tricloroetano, 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano	Tóxico
	K096	Fração pesada proveniente da coluna de frações pesadas utilizada na produção de 1,1,1-tricloroetano	1,2-dicloroetano, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano	Tóxico
	K103	Resíduos de processo originados na extração de anilina na sua produção	Anilina, nitrobenzeno, fenilenodiamina	Tóxico
	K104	Efluentes gerados na produção de nitrobenzeno/anilina	Anilina, benzeno, difenilamina, nitrobenzeno, fenilenodiamina	Tóxico
	K105	Efluente aquoso proveniente do reator durante a etapa de lavagem na produção de clorobenzenos	Benzeno, clorobenzeno, diclorobenzenos, 2,4,6-triclorofenol	Tóxico
	K107	Resíduos de fundo da coluna de separação utilizada na produção de 1,1-dimetilhidrazina (UDMH) a partir de hidrazidas de ácidos carboxílicos	1,1-Dimetilhidrazina (UDMH)	Corrosivo, tóxico
	K108	Líquidos condensados do topo da coluna de separação e os gases condensados provenientes do respiro do reator, ambos gerados no processo de produção de 1,1-dimetilhidrazina (UDMH) a partir de hidrazidas de ácido carboxílico	1,1-Dimetilhidrazina (UDMH)	Inflamável, tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K109	Cartuchos de filtro usados provenientes da etapa de purificação de produtos empregada na produção de 1,1-dimetilhidrazina a partir de hidrazidas de ácido carboxílico	1,1-Dimetilhidrazina (UDMH)	Tóxico
	K110	Líquidos condensados do topo da coluna provenientes da separação intermediária empregada no processo de produção de 1,1-dimetilhidrazina (UDMH) a partir de hidrazidas de ácido carboxílico	1,1-Dimetilhidrazina (UDMH)	Tóxico
	K111	Água de lavagem de produto proveniente da produção de dinitrotolueno a partir da nitração do tolueno	2,4-Dinitrotolueno	Corrosivo, tóxico
	K112	Condensado da coluna de secagem da produção de diaminotolueno via reação de hidrogenação do dinitrotolueno	2,4-Toluenodiamina; o-toluidina; p-toluidina; anilina	Tóxico
	K113	Frações leves condensadas líquidas provenientes da etapa de purificação do diaminotolueno obtido pela hidrogenação do dinitrotolueno	2,4-Toluenodiamina; o-toluidina; p-toluidina; anilina	Tóxico
	K114	Produtos secundários provenientes da etapa de purificação do diaminotolueno obtido pela hidrogenação do dinitrotolueno	2,4-Toluenodiamina; o-toluidina; p-toluidina	Tóxico
	K115	Frações pesadas da etapa de purificação do diaminotolueno obtido pela hidrogenação do dinitrotolueno	2,4-Toluenodiamina	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K116	Condensados orgânicos provenientes da coluna de recuperação de solventes utilizada no processo de produção de diisocianato de tolueno a partir da fosgenação do diaminotolueno	Tetracloroeto de carbono; tetracloroetileno, clorofórmio; fosgênio	Tóxico
	K117	Efluentes líquidos provenientes do lavador de gases do reator, do processo de produção do dibrometo de etileno pela bromação do eteno	Dibrometo de etileno	Tóxico
	K118	Sólidos adsorventes usados na etapa de purificação da produção do dibrometo de etileno pela bromação do eteno	Dibrometo de etileno	Tóxico
	K136	Resíduos de fundo de coluna da etapa de purificação do dibrometo de etileno pela bromação do eteno	Dibrometo de etileno	Tóxico
	K149	Resíduo de fundo de destilação da produção de toluenos clorados alfa- (ou metil-), anéis de toluenos clorados, cloretos benzoíla e compostos com misturas desses grupos funcionais (este resíduo não inclui fundo de destilação de cloreto de benzila)	Benzotricloreto, cloreto benzila, clorofórmio, clorometano, clobenzeno, 1,4-diclorobenzeno, hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno, 1,2,4,5-tetraclorobenzeno, tolueno	Tóxico
	K150	Resíduos orgânicos, excluindo carvão adsorvente usado, originados do processo de recuperação de gás cloro e ácido clorídrico usados, associados à produção de toluenos clorados alfa - (ou metil), anéis de toluenos clorados, cloretos de benzoíla, e compostos com misturas desses grupos funcionais	Tetracloroeto de carbono, clorofórmio, clorometano, 1,4-diclorobenzeno, hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno, 1,2,4,5-tetraclorobenzeno, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetileno, 1,2,4-triclorobenzeno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K151	Lodos do tratamento de águas residuárias originados da produção de toluenos clorados alfa- (ou metil), anéis de toluenos clorados, cloretos de benzoila, e compostos com misturas desses grupos funcionais, excluindo lodos biológicos e da neutralização	Benzeno, tetracloreto de carbono, clorofórmio, hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno, tolueno, 1,2,4,5-tetraclorobenzeno, tetracloroetileno	Tóxico
	K156	Resíduos orgânicos provenientes da produção de carbamatos e hidróxido de uréias (incluindo frações pesadas, fundos de destilação, frações leves, solventes usados, resíduos de filtração e do decantador) (este código não se aplica a resíduos gerados na manufatura do propinilbutilcarbamato de iodo)	Butilcarbamoilbenzilimidazol carbamato de metila, metil carbamato de naftilo, benzilimidazol carbamato de metila, carbofurano, carbosulfan, formaldeído, cloreto de metileno, trietilamina	Tóxico
	K157	Águas residuárias (incluindo águas de lavador de gás, águas de condensadores, águas de lavagem e águas de separação) originadas na produção de carbamatos e hidróxido de amônio. (este código não se aplica a resíduos gerados na fabricação do propinilbutilcarbamato de iodo)	Tetracloreto de carbono, formaldeído, cloreto de metileno, cloreto de metila, piridina, trietilamina	Tóxico
	K158	Pós de filtro de manga e sólidos dos filtros/separadores do processo de produção de carbamatos e "hidróxido de uréias" (este código não se aplica a resíduos gerados na manufatura do propinilbutilcarbamato de iodo)	Butilcarbamoilbenzilimidazol carbamato de metila, benzilimidazol carbamato de metila, carbofurano, carbosulfan, clorofórmio, cloreto de metileno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K159	Resíduos orgânicos provenientes do tratamento de resíduos de tiocarbamato	Benzeno, butilato, di-isopropiltiocarbamato de etila, etilcarbotoato de azepane, butileiltiocarbamato de propila , dipropiltiocarbamato de propila	Tóxico
	K161	Sólidos da purificação (incluindo sólidos da filtração, evaporação e centrifugação), pós de filtro de manga e varrição de piso da produção de ácidos de ditiocarbamatos e seus sais (este código não inclui K125 ou K126)	Antimônio, arsênio, metam-sódio, dimetilditiocarbamato de zinco	Reativo, tóxico
	K174	Lodo do tratamento de águas residuárias geradas na produção de dicloreto de etileno ou do monômero de cloreto de vinila (incluindo lodos que resultam da mistura das águas residuárias do dicloreto de etileno ou do monômero de cloreto de vinila com outras águas residuárias)	1,2,3,4,6,7,8-Heptaclodibenzo-p-dioxina (1,2,3,4,6,7,8-HpCDD), 1,2,3,4,6,7,8-heptaclodibenzofurano (1,2,3,4,6,7,8-HpCDF), 1,2,3,4,7,8,9-heptaclodibenzofurano (1,2,3,6,7,8,9-HpCDF), HxCDDs (todos os hexaclorodibenzo-p-dioxinas), HxCDFs (todos os hexaclorodibenzofuranos), PeCDDs (todos os pentaclorodibenzo-p-dioxinas), OCDD (1,2,3,4,6,7,8,9-octaclorodibenzo-p-dioxina, OCDF (1,2,3,4,6,7,8,9-Octaclorodibenzo-p-dioxina, OCDF 1,2,3,4,6,7,8,9-Octaclorodibenzofurano), PeCDFs (todos os pentaclorodibenzofuranos) TCDDs (todos os tetraclorodi-benzo-p-dioxinas), TCDFs (todos os tetraclorodibenzofuranos)	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K175	Lodos do tratamento de águas residuárias da produção do monômero de cloreto de vinila que utiliza como catalisador o cloreto mercúrico num processo à base de acetileno	Mercúrio	Tóxico
Pesticidas	K031	Sais secundários gerados na produção de matanoarsenato monossódico (MSMA) e ácido cacodílico	Arsênio	Tóxico
	K032	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de clordano	Hexaclorociclopentadieno	Tóxico
	K033	Efluentes líquidos e águas provenientes da coluna de depuração de gases, ambos originados na etapa de cloração do ciclopentadieno durante o processo de produção de clordano	Hexaclorociclopentadieno	Tóxico
	K034	Resíduos sólidos retidos na etapa de filtração do hexaclorociclopentadieno durante o processo de produção de clordano	Hexaclorociclopentadieno	Tóxico
	K035	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de creosoto	Creosoto, criseno, naftaleno, fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno-(1,2,3,c,d)-pireno, benzo(a)antraceno, dibenzo(a)antraceno, acenaftaleno	Tóxico
	K036	Resíduos de fundo de destilação originados na etapa de recuperação do tolueno durante o processo de produção de dissulfoton	Tolueno, ésteres dos ácidos fosforoditióico e fosfortióico	Tóxico
	K037	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de dissulfoton	Tolueno, ésteres dos ácidos fosforoditióico e fosfortióico	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Ferro e aço	K209	Poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado nos fornos <i>Cubilot</i> empregados na fundição de ferro	Cromo, chumbo, arsênio	Tóxico
Ferroligas	K090	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na produção de ferro-cromo-silício	Cromo	Tóxico
	K091	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na produção de ferro-cromo	Cromo, chumbo	Tóxico
Zinco primário	K066	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos e/ou purga ácida originados na unidade de produção de zinco primário	Chumbo, cádmio	Tóxico
	K067	Lodos calcários de anodos eletrolíticos originados na produção de zinco primário	Chumbo, cádmio	Tóxico
	K068	Resíduos provenientes da unidade cádmio (óxido de ferro) do processo de produção de zinco primário	Chumbo, cádmio	Tóxico
Cobre primário	K064	Lodos e lamas do adensamento da purga ácida do processo de produção de cobre primário	Chumbo, cádmio	Tóxico
Chumbo primário	K065	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na fundição de chumbo	Chumbo, cádmio	Tóxico
Chumbo secundário	K069	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na fundição de chumbo secundário	Cromo hexavalente, chumbo, cádmio	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Chumbo secundário	K100	Lixívia residual resultante do lixiviação ácida de lodos e/ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissões gasosas empregado na fundição secundária de chumbo	Cromo hexavalente, chumbo, cádmio	Tóxico
Química inorgânica	K071	Lamas de purificação de salmoura, provenientes de células de mercúrio em unidades de produção de cloro, onde não se faz a pré-purificação da salmoura	Mercúrio	Tóxico
	K073	Resíduos de hidrocarbonetos clorados provenientes da etapa de purificação utilizada no processo de produção de cloro que empregue sistema de células de diafragma e anodos de grafite	Clorofórmio, tetracloreto de carbono, hexacloroetano, tricloroetano, tetracloroetileno, dicloroetileno, 1,1,2,2-tetracloroetano	Tóxico
	K074	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção do pigmento branco de dióxido de titânio, por meio do método de cloretos, a partir de minérios que contenham cromo	Cromo	Tóxico
	K106	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de cloro em células de mercúrio	Mercúrio	Tóxico
	K176	Filtros-manga da produção de óxido de antimônio, incluindo filtros da produção de intermediários (por exemplo: antimônio metálico ou óxido de antimônio bruto)	Arsênio, chumbo	Explosivo

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Química inorgânica	K177	Escória da produção de óxido de antimônio, incluindo a escória da produção de intermediários (por exemplo: antimônio metálico ou antimônio bruto)	Antimônio	Tóxico
	K178	Resíduos da fabricação e de locais de armazenamento de cloreto férrico a partir de ácidos formados durante a produção do dióxido de titânio, utilizando o processo de <i>ilmenite-cloreto</i>	Tálio	Tóxico
Fabricação de tintas	K078	Resíduos provenientes de etapas de limpeza com solventes empregadas em processos de produção de tintas	Cromo, chumbo, solventes	Inflamável, tóxico
	K079	Efluentes líquidos provenientes de etapas de limpeza ou materiais cáusticos gerados em processos de produção de tintas	Chumbo, mercúrio, benzeno, tetracloreto de carbono, cloreto de metileno, tetracloroetileno, naftaleno, di-(2-etilhexilftalato), di-n-butilftalato, tolueno	Tóxico
	K081	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de tintas	Cromo, chumbo, mercúrio, níquel, cloreto de metileno, tolueno	Tóxico
	K082	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na produção de tintas	Antimônio, cádmio, cromo, chumbo, níquel, prata, cianetos, fenol, mercúrio, pentaclorofenol, cloreto de vinila, 3-3-diclorobenzilideno, naftaleno, di-(2-etilhexilftalato), di-n-butilftalato, benzeno, tolueno, tetracloreto de carbono, cloreto de metileno, tricloroetileno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Fabricação de tintas	K086	Lodos e lavagens aquosas, alcalinas ou com solventes, provenientes de etapas de limpeza de tubulações e equipamentos utilizados para a formulação de tintas a partir de pigmentos, secantes, sabões e/ou estabilizantes contendo cromo ou chumbo	Chumbo, cromo hexavalente	Tóxico
Produtos farmacêuticos e veterinários	K084	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de compostos arseniacais ou organo-arseniacaais	Arsênio	Tóxico
	K101	Resíduos de fundo de destilação originados na etapa de destilação de compostos anilínicos empregados na produção de compostos arseniacais ou organo-arseniacaais	Arsênio	Tóxico
	K102	Carvão ativo usado proveniente da etapa de descoloração da produção de compostos arseniacais ou organo-arseniacaais	Arsênio	Tóxico
Coqueificação	K060	Lodo calcário da destilação da amônia proveniente das operações de coqueificação	Cianeto, naftaleno, compostos fenólicos, arsênio	Tóxico
	K087	Lodo (borra) de alcatrão proveniente do tanque de decantação utilizado no sistema de tratamento de gases gerados na coqueificação do carvão	Fenol, naftaleno	Tóxico

Anexo G
(normativo)

Padrões para o ensaio de solubilização

Parâmetro	Limite máximo no extrato mg/L
Aldrin e dieldrin	$3,0 \times 10^{-5}$
Alumínio	0,2
Arsênio	0,01
Bário	0,7
Cádmio	0,005
Chumbo	0,01
Cianeto	0,07
Clordano (todos os isômeros)	$2,0 \times 10^{-4}$
Cloreto	250,0
Cobre	2,0
Cromo total	0,05
2,4-D	0,03
DDT (todos os isômeros)	$2,0 \times 10^{-3}$
Endrin	$6,0 \times 10^{-4}$
Fenóis totais	0,01
Ferro	0,3
Fluoreto	1,5
Heptacloro e seu epóxido	$3,0 \times 10^{-5}$
Hexaclorobenzeno	$1,0 \times 10^{-3}$
Lindano (γ -BHC)	$2,0 \times 10^{-3}$
Manganês	0,1
Mercúrio	0,001
Metoxicloro	0,02

Parâmetro	Limite máximo no extrato mg/L
Nitrato (expresso em N)	10,0
Prata	0,05
Selênio	0,01
Sódio	200,0
Sulfato (expresso em SO ₄)	250,0
Surfactantes	0,5
Toxafeno	5,0 x 10 ⁻³
2,4,5-T	2,0 x 10 ⁻³
2,4,5-TP	0,03
Zinco	5,0