



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

JULIA MENDES DE LIMA

**TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS E A PROPOSTA DE
REUTILIZAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA**

**CAMPINA GRANDE
2019**

JULIA MENDES DE LIMA

**TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS E A PROPOSTA DE
REUTILIZAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a/ao Coordenação /Departamento do Curso Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto Pereira de Sousa

**CAMPINA GRANDE
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732t Lima, Julia Mendes de.
Tratamento de efluentes industriais e a proposta de reutilização em uma indústria de galvanoplastia [manuscrito] / Julia Mendes de Lima. - 2019.
27 p.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.
"Orientação : Prof. Dr. Antônio Augusto Pereira de Sousa , Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."
1. Galvanoplastia. 2. Tratamento de efluentes. 3. Efluentes galvânicos. 4. Reúso de água. I. Título
21. ed. CDD 660

JULIA MENDES DE LIMA

TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS E A PROPOSTA DE REUTILIZAÇÃO
EM UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA

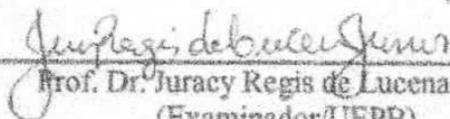
Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado a/ao Coordenação /Departamento
do Curso Química Industrial da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Química
Industrial.

Aprovada em: 29/11/2019.

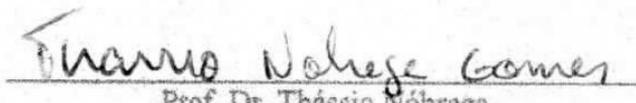
BANCA EXAMINADORA



Professor Dr. Antonio Augusto Pereira de Sousa
(Orientador/UEPB)



Prof. Dr. Juracy Regis de Lucena Junior
(Examinador/UEPB)



Prof. Dr. Thássio Nóbrega
(Examinador/UEPB)

A mainha, painho e João, meu irmão, por me ensinarem a ser quem hoje sou, por acreditarem sempre em mim e me impulsionarem a ser melhor, DEDICO.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Definição e Princípio Químico da Galvanoplastia	11
2.1.1 Etapas do Processo	11
2.1.2 Processo de Tratamento de Superfícies	12
2.2 EFLUENTES GALVÂNICOS	14
2.2.1 Conceito e Proveniência	14
2.2.2 Processos de Tratamento	16
2.2.3 Coagulação/Floculação.....	17
2.2.4 Lodo Galvânico	18
2.2.5 Legislações vigentes sobre efluentes	18
2.3 Reuso de água na indústria.....	19
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 Tratamento dos Efluentes Galvânicos.....	22
3.1.1 Procedimento Operacional de Tratamento Efluente Bruto - Cianeto	22
3.1.2 Procedimento Operacional de Tratamento Efluente Bruto – Cromo Hexavalente	22
3.1.3 Procedimento Operacional de Tratamento Efluente Bruto – Cobre Ácido, Cromo Trivalente e Gerais.....	23
3.2 ANÁLISE DOS EFLUENTES BRUTOS E TRATADOS	23
3.2.1 Efluentes Brutos	23
3.2.2 Efluentes Tratados	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS.....	27

RESUMO

As indústrias de galvanoplastia utilizam substâncias químicas potencialmente poluidoras, especialmente uma diversidade de banhos químicos e de soluções de metais pesados são empregados no processo, conseqüentemente necessitam de consideráveis volumes de água como insumo em seus procedimentos produtivos realizados, desta forma geram uma quantidade demasiada de efluente que tem o potencial de causar graves problemas nos ecossistemas aquáticos e ao ser humano. É bem sabido que é de fundamental importância o uso de água nestes processos, confere a certeza de um revestimento metálico eficiente, garantindo qualidade as peças produzidas e confiabilidade na resistência à corrosão, todavia há possibilidades de empregar tratamentos que permitam a reutilização destas águas nas próprias linhas de produção, conferindo cumprimento legal, redução financeira e de impactos ambientais. Desenvolveu-se uma observação em uma indústria do ramo, situada no estado da Paraíba, onde se pôde visualizar e comparar a situação físico-química dos efluentes gerados, tanto o bruto quanto o tratado, e assegurar que este último tem condições suficientes de ser empregado novamente nos processos produtivos, bem como em atividades adjacentes, sem interferir na qualidade dos produtos finais.

Palavras-chave: Galvanoplastia. Tratamento de efluentes. Efluentes galvânicos. Reúso de água.

ABSTRACT

The electroplating industries use potentially polluting chemicals, especially a variety of chemical baths and heavy metal solutions are employed in the process, thus requiring considerable volumes of water as input in their production procedures performed, thus generating too much effluent. Which has the potential to cause serious problems for aquatic ecosystems and humans. It is well known that the use of water in these processes is of the utmost importance. It ensures an efficient metallic coating, guaranteeing the quality of the parts produced and reliability in corrosion resistance. production lines, giving legal compliance, financial reduction and environmental impacts. An observation was developed in a branch industry located in the state of Paraíba, where it was possible to visualize and compare the physicochemical situation of the generated effluents, both crude and treated, and to ensure that the latter has sufficient conditions to be employed. Again in the production processes, as well as in adjacent activities, without interfering with the quality of the final products.

Keywords: Electroplating. Wastewater of treatment. Galvanic effluents. Water of reuse.

1 INTRODUÇÃO

Metais e reativos químicos são essenciais nos processos de tratamento de superfície. A utilização destes componentes produz resíduos químicos e efluentes que irão afetar de forma drástica o meio ambiente bem como causar sérios problemas de saúde na população. Alguns efeitos podem ser observados rapidamente, outros levam alguns anos até se manifestarem em sua forma mais agressiva. É importante salientar que, independentemente de sua concentração ou nível de toxicidade, todo efluente deve ser tratado de maneira apropriada (PONTE, 2006).

Para a maioria das empresas, a água é um dos insumos básicos para suas operações, e, ao mesmo tempo, os efluentes gerados são potencialmente danosos ao meio ambiente. Dessa forma, cresce o número de empresas que adotam posturas proativas para gestão e uso racional da água. A gestão ineficiente desse insumo aumenta os riscos de danos à imagem das empresas, pode comprometer o atendimento legal, aumenta os gastos de produção e o risco de escassez de água (GERBENS-LEENES; HOEKSTRA, 2008).

Por muito tempo o homem só se preocupou com o problema da poluição das águas relacionado à presença de organismos causadores de doenças. Contudo, com o aumento das atividades industriais, o homem também passou a se preocupar com os efeitos, sobre a sua saúde, das águas contaminadas com substâncias nutrientes, pesticidas, metais pesados, óleos, sedimentos, substâncias radioativas e calor, que também podem ter efeitos diretos e indiretos sobre o meio ambiente, colocando em risco a sua própria existência no Planeta (HESPANHOL, 1999) e (MEYBECK, CHAPMAN e HELMER, 1990).

De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2018), a demanda global por água continuará a crescer significativamente nas próximas duas décadas, sendo que as demandas domésticas e pelo setor industrial provavelmente crescerão mais rapidamente do que a demanda agrícola. O uso da água pela indústria, que atualmente representa cerca de 20% do consumo total, é dominado pela produção de energia, responsável por aproximadamente 75% da demanda industrial. A porcentagem restante, 25%, refere-se ao uso da água no setor industrial para fabricação.

Na maioria dos casos o que Olivier (2006) cita em seu trabalho ainda é bastante atual, pelo fato de que os resíduos perigosos constituem, no Brasil, um fator que revela preocupação por parte das autoridades e órgãos ambientais, seja devido às quantidades que vem sendo gerados, principalmente como resultado da elevada concentração industrial em algumas regiões do país, seja pela carência de instalações e locais adequados para o tratamento e destino final destes resíduos.

Quanto à prevenção da poluição, o principal procedimento adotado consiste no direcionamento dos efluentes gerados a partir dos diversos processos industriais para um sistema de tratamento de efluentes, no qual são utilizadas técnicas de tratamento que visam adequar às características desses efluentes aos padrões de lançamento estabelecidos em legislações e/ou normas. Este conceito é denominado de tratamento de fim de tubo, ou mais conhecido como *“end of pipe treatment”*. Atualmente, é perceptível que o foco da gestão ambiental tem se tornado cada vez mais a empresa e não o meio ambiente, pois o aumento da produtividade e competitividade manterá a empresa no mercado, mas é através da melhoria de seus produtos, processos e serviços que a redução dos impactos ambientais por eles causados serão obtidos (TANAKA, 2014).

Dentro deste enfoque este trabalho objetiva acompanhar uma indústria de galvanoplastia, situada no estado da Paraíba, a qual realiza os processos de cromagem, niquelagem e zincagem, no tratamento dos seus efluentes, os resultados apresentados mediante os parâmetros que a mesma julga essencial controlar, concentração de cromo trivalente e total, cianeto total, cobre dissolvido, níquel e zinco, pH, tanto dos efluentes brutos quanto dos mesmos já tratados, e mediante as características físico-químicas presentes, verificar a possibilidade do reúso destes nas águas de lavagem presentes nas linhas de produção, bem como no uso em atividades indiretas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Definição e Princípio Químico da Galvanoplastia

A galvanoplastia é um processo eletroquímico que consiste no tratamento de superfícies a partir da deposição de camadas finas de um metal sobre o outro, conferindo resistência corrosiva e acabamento decorativo às peças submetidas aos processos.

A eletrodeposição é baseada na ação de uma corrente elétrica sobre o ânodo, metal que dará revestimento, o qual é ligado ao polo positivo, em direção ao cátodo, objeto que receberá o revestimento metálico, ligado ao polo negativo. Este fenômeno de oxirredução é denominado eletrólise, onde o total de elétrons cedido pelo pólo positivo deve ser igual ao total de elétrons recebidos no pólo negativo. O princípio da deposição metálica, apresentado por Foldes (1974), sugere que os íons metálicos de uma solução carregados com energia positiva com determinada valência transformam-se em átomos metálicos, recebendo um número de elétrons correspondentes e formando, conseqüentemente, uma camada metálica sobre um objeto qualquer.

Conforme cita Silva (2010) os componentes fundamentais da cela galvânica são:

a) o ânodo, polo positivo, é o eletrodo onde ocorrem as oxidações. Pode ser solúvel ou insolúvel.

Os insolúveis são usados nos processos de desengraxamento e decapagem eletrolítica, bem como na eletrodeposição do cromo e de metais nobres. Os principais eletrodos são de chumbo, aço ou grafite.

Os solúveis são usados nos outros banhos de eletrodeposição para manter constante a concentração do íon metálico que constitui o banho.

Os ânodos são constituídos do metal que se quer depositar sobre a peça, ou de uma liga metálica, ou do metal com fósforo.

b) o cátodo, polo negativo, é o eletrodo onde ocorrem as reduções, as peças contidas na gancheira funcionam como cátodo;

c) soluções eletrolíticas são constituídas principalmente de sais metálicos ou íons metálicos completados, que serão reduzidos a metal e se depositarão sobre a peça (metal base).

2.1.1 Etapas do Processo

Esta técnica possui uma série de etapas preparatórias que devem anteceder o processo de eletrodeposição propriamente dito, conhecido como pré-tratamento (mecânico e químico) e a etapa final de eletrodeposição. As etapas de pré-tratamento, se observadas corretamente, garantirão a efetividade da deposição dos metais protetores sobre as peças a galvanizar e a qualidade final da peça. (BUZZONI, 1991). BUZZONI, H.A. Galvanoplastia. 2ª ed. São Paulo: Ícone Editora, 1991.).

O pré-tratamento mecânico é dado pelo esmerilhamento, onde se retiram as rebarbas com esmeril, no qual, normalmente, é utilizado carbetto de silício; tamboreamento, neste as peças passam por um tambor giratório a fim de ter suas rebarbas removidas pelo atrito com pedras artificiais ou porcelanizadas; riscamento, onde as superfícies das peças são fosqueadas, através de escovas de aço e de fibra, as mesmas são alisadas e limpas; e polimento, quando se aplainam superfícies não planas, utilizam-se etapa óxido do alumínio e óxido de cromo III, para metais duros e aço;

mistura de óxido de cálcio e magnésio, para ligas de níquel e óxido férrico para acabamento dos metais nobres (Silva, 2010).

O pré tratamento químico é dado pelo desengraxamento e decapagem. O primeiro pode ser químico ou por imersão, segundo Silva (2010), onde, principalmente, as graxas e óleos são retirados, o banho necessita estar a uma temperatura média de 80°C, e geralmente é utilizado para peças de ferro, e eletrolítico, o qual tem a finalidade de deixar a peça, após ser submetida ao desengraxamento por imersão, sem resquícios de sujeiras para produzir uma deposição metálica de boa aderência e sem manchas, nesse processo eletrolítico, há no cátodo a redução das moléculas de água, gás hidrogênio e íon hidroxila, os quais têm ação desengraxante, aumentando o poder de limpeza da solução eletrolítica, e este é potencializado com a agitação causada pelas moléculas. Infelizmente, o gás hidrogênio formado é o principal responsável por dispersar para o meio ambiente na forma de névoa as soluções contidas nos banhos, se não houver um sistema de ventilação local exaustora nos tanques de desengraxe. O desengraxe catódico é o mais utilizado, pelo fato de formar o dobro de gás hidrogênio em relação ao oxigênio formado no desengraxe anódico, além de formar junto a peça os íons hidroxila que renovam o poder desengraxante. A temperatura do banho é ao redor de 80°C e a densidade de corrente é de 7 a 10 A/dm, tanto no desengraxe catódico como anódico.

A decapagem pode ocorrer de duas maneiras, pelo método da alcalina eletrolítica, a qual é utilizada para peças constituídas de ligas que possam ser danificadas na decapagem ácida, esta é muito importante para eliminar resíduos do esmerilhamento, bem como de pastas abrasivas e de polimento, em tal processo pode-se utilizar soluções alcalinas de hidróxido, fosfatos e carbonatos e substâncias complexantes. Dentre as substâncias utilizadas na decapagem alcalina e em outras etapas do processo galvânico, gluconato de sódio é bastante utilizado, pelo fato de ser um complexante de inúmeros íons metálicos, dentre eles o ferro e o cobre, logo o tratamento com esse produto tem dupla função: desengraxe e decapagem; e pelo método ácido, usado para remoção de casca de fundição de peças que contém carepa (óxidos formados em tratamento térmico ou em laminação), óxidos formados em pontos de solda ou óxidos formados pela oxidação da peça metálica com oxigênio do ar atmosférico, podem-se ser utilizados nesta etapa os seguintes tipos de ácidos, clorídrico, sulfúrico, nítrico, fluorídrico, fosfórico (SILVA, 2010; ROCHA, 2019).

2.1.2 Processo de Tratamento de Superfícies

- Banho de Cobre Alcalino ou Cianídrico

O íon cianeto, CN^- , é um ótimo complexante, formando complexos muito estáveis e mantendo baixíssima a concentração do íon metálico livre em solução. Consequentemente, a atividade iônica é alterada e o potencial-padrão requerido para a redução do metal também. A deposição do cobre sobre o metal-base ocorre com perfeita aderência e o depósito é de ótima qualidade. Além disso, pelo seu poder complexante, pela hidrólise do cianeto e pela adição de outros sais básicos, o pH do banho fica entre 12 e 13. Os íons que aparecem como impurezas ou são complexados pelo cianeto ou se depositam na forma de hidróxido. Por causa do pH bastante básico, esse tipo de banho possui alto poder desengraxante (VAZ, 2009).

- Banho de Cobre Ácido

O banho de cobre ácido não pode ser utilizado diretamente quando o metal-base é ferro, pois forma depósito poroso, ocorrendo a deposição química. O cobre do banho ácido forma bons depósitos sobre cobre, níquel e chumbo, mas, quando o metal-base é zinco ou ferro, deve-se antes depositar cobre por meio do banho de cobre alcalino.

A insuflação de ar, ou a agitação do cátodo auxilia a oxidação do cobre I a cobre II (em razão de redução incompleta do cobre II).

Uma composição usual do banho de cobre ácido é:

- 200 g/l de sulfato de cobre pentahidratado $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
- 80 g/l H_2SO_4 (SILVA, 2010).

- Banho de Níquel

Há diversos tipos de banho de níquel, com acabamento opaco, brilhante, banhos rápidos e lentos, dependendo da utilização final da peça a ser niquelada. Algumas, como no caso do processo de cromo decorativo, ainda receberão uma camada de cromo, mas há outros processos em que o níquel é a camada final, depositando-se sobre o cobre. Quando o níquel é a camada final, dependendo da espessura da camada, ela possuirá boa resistência à abrasão e, outras vezes, terá finalidade decorativa.

Uma composição bastante comum de banho de níquel ácido é:

- 120 g/l de sulfato de níquel NiSO_4 ;
- 35 g/l de cloreto de níquel NiCl_2 ;
- 30 g/l de ácido bórico H_3BO_3 (VAZ, 2009).

- Banho de Cromo Trivalente

A estabilidade do cromo depende do seu estado de oxidação (ARAÚJO, 2006), ele apresenta estados de oxidação de -2 até +6. Sua oxidação vai depender de algumas condições como potenciais redox, pH entre outros (KAWA, 2014).

O tipo mais comum do cromo na natureza é na forma de Cr (III), assim ele está no estado de maior estabilidade e é responsável por possuir maiores quantidades de compostos (KAWA, 2014). Ele se apresenta na forma de hidróxido de cromo III [$\text{Cr}(\text{OH})_3$] ou óxido de cromo III, também conhecido como “cromo verde” (Cr_2O_3). Quando se encontra cromo na forma Cr (VI) geralmente é decorrente de atividades de indústrias, como as de galvanização (ARAÚJO, 2006), curtume e de metalúrgicas (KAWA, 2014).

O cromo trivalente é insolúvel e menos tóxico quando comparado ao cromo hexavalente, este quando se apresenta em forma solúvel, dicromato ou cromato, oferece risco ao meio ambiente, e seus resíduos galvânicos lançados em aterros, são normalmente reduzidos por matéria orgânica para a forma trivalente como hidróxido, ocorrendo em pH neutro (AMBIENTE BRASIL, 2005 citado por ARAÚJO, 2006).

A forma mais tóxica do cromo é hexavalente, que ocorre como cromato (CrO_4^{2-}) ou dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) (MELLA, 2013). O cromo (VI) está presente em meio neutro ou alcalino, em resíduos e solos, em pequenas quantidades, como ânion cromato (CrO_4) solúvel ou sais cromatos – cromatita (CaCrO_4), cromato de chumbo (PbCrO_4) e como cromato de bário (BaCrO_4) (ARAÚJO, 2006). Quando na forma hexavalente o cromo é um dos principais metais perigosos e tóxicos para o meio ambiente (ARAÚJO, 2006) e para a saúde humana afetando a pele e vias respiratórias, e ainda sendo cancerígeno (KAWA, 2014).

O cromo é um metal que se destaca dos demais no tratamento de superfícies metálicas, por ser utilizado para fins decorativos, dar brilho as peças com uma grande reflexibilidade, mas acima de tudo pela sua capacidade de resistência à corrosão, já que o mesmo não sofre reação química por intermédio do oxigênio, umidade, ou outros agentes presentes na atmosfera. Esses fatores são essenciais para a escolha do cromo pelas indústrias (ARAÚJO, 2006).

- **Banho de Zinco Alcalino**

O zinco é anódico em relação ao ferro e o aço, oferecendo com isso mais proteção quando aplicado em camadas finas de 7 a 15 microns, do que espessura idêntica de níquel ou outra camada catódica (WIERCINSKI, 2015).

O aço revestido com camada de zinco, na verdade, está protegido de duas maneiras distintas: se a camada de zinco se mantiver contínua, sem qualquer perfuração, essa atua como uma barreira evitando que o oxigênio e a água entrem em contato com o aço, inibindo assim a oxidação. Se acaso tiver qualquer descontinuidade, com a presença do ar atmosférico, que possui umidade, o zinco passa a atuar como ânodo, se corroendo no lugar do ferro (WIERCINSKI, 2015)

Este tratamento garante à peça uma maior durabilidade, já que a corrosão do zinco é de 10 a 50 vezes menor que no aço em áreas industriais e rurais, e de 50 a 350 vezes em áreas marinhas.

2.2 EFLUENTES GALVÂNICOS

2.2.1 Conceito e Proveniência

Os efluentes gerados em operações de galvanoplastia consistem nos descartes periódicos dos diversos banhos concentrados que fazem parte do processo (desengraxantes, decapantes, cromatizantes, banhos de eletrodeposição, etc.), assim como nas águas de lavagem posterior as operações nos banhos concentrados, em resíduos sólidos diversos, solventes e emissões atmosféricas (PONTE, 2006)

Os efluentes dos processos de galvanização provocam grandes e inúmeros problemas de poluição nos ecossistemas aquáticos devido aos seus despejos conterem metais pesados, que acima de determinadas concentrações podem ser tóxicos ao ambiente e ao ser humano, e apresentam ainda grande quantidade de materiais dissolvidos e suspensos, ocasionando altos valores de cor e turbidez, respectivamente. Portanto é de extrema importância seu tratamento prévio antes do descarte em corpos receptores a níveis aceitáveis (VAZ, 2009).

O acompanhamento da emissão de efluentes, quantificação, tratamento, destinação final e seus impactos no meio ambiente por vezes não foram nem são prioridades das indústrias, entretanto a legislação vigente e a conscientização ambiental fazem com que algumas indústrias desenvolvam atividades para mensurar a vazão e determinar a composição de seus resíduos líquidos. A geração dos efluentes líquidos industriais é relacionada com o tempo de funcionamento de cada linha de produção e com as características do processo, da matéria-prima e dos equipamentos, podendo ser constante ou bastante variada (MOTA, 1997).

As propriedades físicas, químicas e biológicas do efluente líquido industrial são variáveis com o tipo de indústria, com o período de operação, com a matéria prima utilizada, com a reutilização de água, acabamentos oferecidos as peças, etc. Com isso, o efluente líquido pode ser solúvel, com sólidos em suspensão, com ou sem coloração,

orgânico ou inorgânico, com temperatura baixa ou elevada (HUDSON-EDWARDS, 2003).

Quanto aos principais contribuintes na formação do efluente final de uma indústria galvânica, Rocha (2019) cita:

- As descargas de fundo dos tanques para renovação completa dos banhos de preparação (desengraxe e decapagem), eletrolíticos e químicos, e tanques de lavagem das superfícies metálicas das peças. A descarga completa também pode ocorrer em função da necessidade de manutenção nos tanques;
- Os respingos das peças durante a retirada e transferência de um tanque para outro;
- Limpezas dos tanques;
- Vazamentos de tanques e tubulações;
- As descargas dos sistemas de controle da poluição atmosférica por via úmida;
- Estocagem de reativos;
- Transferência e manuseio de reativos;
- Descarte de processos de laboratório;
- Disposição de resíduos contidos nos recipientes de reativos químicos.

De acordo com Macklin et al. (2003) e Olivier (2006), os resíduos líquidos provenientes dos processos de tratamento de superfície de metais podem ser reunidos, basicamente, em dois grupos principais: os concentrados e os diluídos. Os concentrados são descartados periodicamente e os diluídos são descartados, geralmente, de forma contínua, pois provêm das águas de lavagem das peças, águas de lavagem de equipamentos e de suas purgas, do piso, dos lavadores de gases, por exemplo.

Os efluentes líquidos gerados pelos processos industriais deverão ser isolados de acordo com sua classificação ou características químicas, separadamente dos coletores pluviais, através de canaletas e/ou tubulações para os reservatórios de acúmulo, estes necessitam ser dimensionados com um volume que atenda a vazão diária de descarte de cada efluente, para assegurar a execução da manutenção de equipamentos ou outra eventualidade na operação da Estação de Tratamento de Efluente (ETE), bem como estarem dentro de contenções de tamanho proporcional a cada respectivo tanque e fabricadas com materiais que não reajam com os efluentes (PONTE, 2006)

Os resíduos segregados necessitam, muitas vezes, de um sistema de uniformização antes de serem submetidos ao tratamento. Este procedimento propicia um ganho de consistência ou parcial estabilidade em suas características físico químicas principais, auxiliando, desta forma, o decorrer do tratamento, evitando grandes variações, as quais tornam as operações de tratamento mais longas e laboriosas, pois as oscilações bruscas das tais características dos resíduos líquidos causam o desbalanceamento dos sistemas de dosagem de reagentes ocasionando dificuldades na operação da unidade e padronização dos resultados finais. Ponte sugere que dependendo do porte e do volume de efluentes gerados por uma galvânica, pode-se optar pela instalação de estações de tratamento de efluentes compactas ou multifuncional, automáticas ou semiautomáticas.

Os efluentes da tipologia galvânica nas seguintes classes:

- Efluentes cianídricos: banhos de cádmio, cobre, ouro, prata, zinco, certas soluções desengraxantes e suas águas de lavagem;
- Efluentes crômicos: banhos de cromo em geral, abrillantadores e passivadores e suas águas de lavagem;
- Efluentes gerais ácidos diluídos e concentrados: soluções decapantes, desoxidantes, geralmente compostas por soluções de ácido sulfúrico, clorídrico, nítrico

e fluorídrico, além dos respectivos sais e dos banhos eletrolíticos essencialmente ácidos, e suas águas de lavagem;

- Efluentes gerais alcalinos diluídos e concentrados: desengraxantes químicos e eletrolíticos e suas águas de lavagem, as quais são habitualmente constituídas de sais de sódio, zinco, potássio, hidróxidos de sódio e potássio e de detergentes sintéticos.

2.2.2 Processos de Tratamento

Devido à natureza altamente perigosa dos resíduos sólidos e líquidos gerados pela indústria de revestimentos de metais e restrições relacionadas a limites de descarga, as medidas de prevenção da poluição tornam-se ferramentas importantes para alcançar melhorias ambientais e econômicas dentro da indústria (Daylan et al., 2013).

O tratamento convencional de efluentes da indústria de galvanoplastia é geralmente baseado no tratamento físico-químico, este é eficaz e, certamente, o processo mais amplamente utilizado para o tratamento de águas residuais deste ramo industrial, pelo fato de ser relativamente simples e pouco custoso de implementar e operar. O tratamento físico-químico tem os seguintes objetivos: remoção de cianetos, remoção de cromo e diversos outros metais presentes, óleos e graxas, neutralização, floculação e decantação (Petrinic *et al.*, 2015).

Independentemente do tipo de efluente que será tratado, inicialmente, é realizada uma medição do pH e posterior adequação de acordo com o método que será abordado, para isso utiliza-se soda cáustica diluída e/ou cal hidratada, para alcalinizar o meio, e, para acidificar, solução com ácido sulfúrico e/ou clorídrico (TANAKA, 2014).

- Efluentes Crômicos

Efluentes com cromo em sua composição passam previamente pelo processo de redução do cromo hexavalente a trivalente, com a diminuição do potencial redox (ORP), o qual inicialmente mede em torno de 700 mV e, após a redução a cromo trivalente decresce para valores entre 200 e 300 mV, isto ocorre com a dosagem, mais comum e vantajoso financeiramente, de metabissulfito de sódio, em pH abaixo de 2,5, assim como, Rocha (2019) também cita, é verificado o pH inicial do efluente a ser tratado, se necessário for, acidifica-se o meio com ácido sulfúrico antes e durante a adição do metabissulfito de sódio, esta é feita até quando o potencial redox estiver dentro da faixa recomendada.

- Efluentes Cianídricos

Os efluentes que contém cianeto necessitam ser oxidados com o auxílio do hipoclorito de sódio, numa faixa de pH entre 10 e 11, a fim de que a reação seja eficiente e não produza gases tóxicos, a regulagem do pH é dado com a dosagem de cal hidratada, o potencial de oxiredução precisa ser elevado até, em média, 250 - 300 mV, após isto o pH pode ser regulado com os próprios efluentes concentrados ácidos e/ou com algum tipo de ácido clorídrico e/ou sulfúrico.

Após a reação com o NaClO o cianeto passa a forma de cianato, contudo este tende a se hidrolisar e pode ser transformado em gás carbônico e gás nitrogênio, e o lançamento deste não é restringido (PEDRO, 2010).

- Efluentes Gerais

Os efluentes denominados gerais, os quais contém, ácido e álcalis concentrados e diluídos, quando já não abastecem o tanque de acúmulo em conjunto, são dosados simultaneamente no reator de tratamento, a fim de serem homogeneizados, o pH da amostra final tende a ser mais próximo da neutralidade, há, então, uma certa economia nos produtos químicos que serão utilizados no tratamento.

Nestes efluentes estão presentes todas as águas de lavagem, exceto as que contém cromo e cianeto, já citado anteriormente, com a presença dos mais variados metais, níquel, zinco, cobre, a precipitação destes ocorre pela formação de hidróxidos metálicos, devendo ser verificada a curva de solubilidade dos metais (pH x solubilidade). Há uma certa dificuldade na precipitação concomitante de diversos metais, sem que as curvas de solubilidade apresentem coincidências entre as concentrações mínimas. (TRATAMENTO E CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS – Eng. Gandhi Giordano)

A remoção de metais pesados dos efluentes é feita por meio de procedimentos de ajustes de pH, com ácido ou álcali, de forma a diminuir a solubilidade de metais dissolvidos no efluente e conseqüentemente precipitar os metais sob a forma de hidróxidos metálicos com a utilização de hidróxido de sódio ou soda cáustica (NaOH), o hidróxido de cálcio ou cal (Ca(OH)_2) ou o carbonato de cálcio (CaCO_3).

De acordo com Scarazzato et al (2017), alguns fatores têm contribuído para o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas ao tratamento de efluentes da galvanoplastia. Esses fatores incluem maiores restrições de leis ambientais, as questões econômicas relacionadas ao desperdício de materiais e a necessidade de reutilizar a água devido a ameaças globais de escassez.

2.2.3 Coagulação/Floculação

A coagulação é o processo de agregação de partículas devido a desestabilização de partículas coloidais, e o transporte das mesmas, enquanto floculação refere-se apenas a etapa de transporte das partículas. Portanto, floculação é parte integrante do processo de coagulação e não um processo distinto que ocorre opcionalmente após a etapa de coagulação.

A coagulação anula as forças de repulsão entre as partículas coloidais, por meio de mecanismos de ligação e adsorção na superfície da partícula coloidal, pela adição de agentes químicos, denominados de eletrólitos (CPRH, 2001). Segundo DI BERNADO & DANTAS (2005) para que o processo de coagulação seja eficiente, este deve ser realizado por meio de agitação intensa (mistura rápida) para que ocorram interações entre o coagulante e a água (efluente).

A floculação das partículas já coaguladas pela ação do eletrólito resulta das várias forças de atração que atuam entre as partículas “neutralizadas” que se agregam umas às outras formando os denominados flocos. A velocidade de formação desses flocos depende, no início da agitação térmica (movimento Browniano) e, ao atingirem um tamanho de cerca de 0,1 mm, depende também da agitação mecânica do meio.

Evidentemente, essa agitação mecânica deve ser em nível moderado (mistura lenta), pois, do contrário, poderá provocar a desagregação dos flocos já formados, o que dificultará a sua remoção (CPRH, 2001).

O processo de coagulação/floculação com posterior sedimentação propicia a remoção de cor e turbidez do efluente a ser tratado, bem como do que já foi tratado, a decantação dos hidróxidos metálicos e outros compostos formados durante o tratamento ou já existentes inicialmente.

2.2.4 Lodo Galvânico

O lodo galvânico gerado nos processos de precipitação é classificado como resíduo perigoso e representa um grande problema ambiental, basicamente pela falta de espaço físico nas instalações industriais para seu armazenamento, pelo alto custo associado ao seu transporte, tratamento e disposição final (PACHECO, 2002).

Após a sedimentação do lodo, existe a necessidade de condicionar o lodo para o transporte e disposição, principalmente com relação ao teor de umidade. Para isso, são geralmente utilizados filtros prensa, entre outros equipamentos, geralmente dependentes do tamanho da empresa e quantidade de efluentes a ser tratado, estes podem estar interligados com a ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) ou serem independentes. A redução da umidade tem um impacto direto no custo de disposição do resíduo, pois geralmente paga-se por quilo de lodo a ser depositado nos aterros (CPRH, 2001).

2.2.5 Legislações vigentes sobre efluentes

A Lei 9.433 de 08/01/1997, conhecida por Lei das Águas, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) do Brasil (BRASIL, 1997). Porém, a questão diretamente relacionada à disposição de efluentes no meio ambiente é detalhada pela Resolução nº 430 de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2011).

A Resolução CONAMA 430/2011 refere-se a padrões exigidos em lançamentos diretos e indiretos de efluentes em corpos receptores, exceto quando o efluente for liberado em solo, não podendo neste caso, poluir ou contaminar as águas superficiais ou subterrâneas, bem como enfatiza a obrigatoriedade do tratamento dos efluentes, antes do lançamento, conforme o artigo 3º (BRASIL, 2011):

Art. 3º - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

O artigo 16º da deliberação do CONAMA apresenta as condições físico-químicas para o lançamento de efluentes em corpos receptores, conforme os itens abaixo sintetizados (BRASIL, 2011):

- a) pH do efluente deve estar entre 5 a 9;
- b) Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não excederá à 3°C no limite da zona de mistura;
- c) Permite-se a presença de óleos e graxas minerais até 20mg/L e vegetais até 50mg/L;
- d) É proibido nos efluentes o lançamento de poluentes orgânicos persistentes (POPs);
- e) Processos industriais em que possam surgir dioxinas e furanos deve-se utilizar tecnologia adequada para a redução ou eliminação completa destes componentes;

- f) É possível a presença de material sedimentável até 1 ml/L, com exame de cone Imhoff por uma hora;
- g) Para corpos receptores lagos e lagoas não deve haver material sedimentável;
- h) Proibido material flutuante no efluente;
- i) Vazão máxima do efluente pode ser uma vez e meia (1,5) a vazão média do período diário.

O vigésimo quarto artigo desta resolução salienta a responsabilidade que os gestores das fontes poluidoras dos recursos hídricos necessitam ter em relação a praticar o automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, na premissa da realização de uma amostragem representativa dos mesmos. O quadro 1, abaixo, mostra os padrões dos parâmetros averiguados pela empresa em questão, baseados nos tipos de efluentes que são formados na mesma.

Quadro 1 – Parâmetros CONAMA

Padrões de lançamento de efluentes - Resolução 430/2011 CONAMA	
Parâmetros inorgânicos	Valores máximos
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr ⁺⁶
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr ⁺³
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Zinco total	5,0 mg/L Zn
pH	5 - 9

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

2.3 Reuso de água na indústria

A lavagem entre os banhos, desde o pré-tratamento químico até os banhos galvânicos, é primordial no processo de eletrodeposição, as mesmas conferem a certeza da qualidade. Ela atua na diluição ou diminuição da quantidade de sais arrastados pelas peças de um banho a outro, os quais influenciam negativamente na eletrodeposição. A concentração aceitável de eletrólito arrastado para a etapa seguinte do processo fica entre 1mg/l e 100 mg/l, dependendo do tipo e da composição deste banho (PONTE, 2006).

A lavagem final, isto é, a última etapa de lavagem do processo, é responsável pela remoção de eletrólitos, pois, estes, se não forem retirados, geram grande impacto na qualidade final dos produtos, no recobrimento superficial, alterando os padrões de resistências mecânica e corrosiva.

É um equívoco pensar que uma lavagem eficiente só pode ser realizada com o emprego de um grande consumo de água, é certamente possível uma boa lavagem com uma pequena quantidade de água.

No ramo industrial a água pode ser aplicada como insumo no processo produtivo, matéria-prima (compondo com outras substâncias, o produto final), meio de transporte, agente de limpeza, em sistemas de refrigeração, na geração de vapor, entre outras aplicações.

A iniciativa para a conservação de água no setor industrial provém, principalmente, da imprescindível gestão de redução de custos, tanto os relacionados ao

consumo de água quanto ao tratamento de efluentes, atendimento de requisitos legais cada vez mais restritivos, proteção ambiental, bem como indisponibilidade hídrica.

Segundo Ecopolo, citado por Telles e Costa (2010), os custos elevados da água industrial no Brasil, particularmente nas regiões metropolitanas, têm estimulado as indústrias a implantarem sistemas de reúso de água que viabilizem a maximização da eficiência no uso dos recursos hídricos. Essa atividade tende a se ampliar perante legislações associadas aos instrumentos de outorga e cobrança pela utilização dos recursos hídricos, tanto na captação da água quanto no despejo de efluentes. Pode-se citar como principais benefícios da aplicação do reúso no setor industrial:

- Maximização da eficiência na utilização dos recursos hídricos;
- Benefícios referentes à imagem da empresa;
- Garantia na qualidade da água tratada;
- Viabilização de um sistema fechado, com descarte mínimo de efluentes;
- Independência do sistema público e de suas instabilidades.

A reutilização da água nas atividades industriais e afins baseia-se, também, na utilização industrial de efluente tratado, em vez de sua disposição no meio ambiente. A finalidade específica do uso da água na indústria definirá padrões de qualidade e, portanto, os processos e operações unitárias necessárias para o condicionamento desse efluente aos padrões estabelecidos.

Mierzwa e Hespanhol (2005) classificam o reúso industrial nas modalidades macroexterna e macrointerna, incorporando o reúso interno ou reciclagem dentro da modalidade macrointerna.

- Reúso macroexterno: pode ser efetuado por companhias municipais, estaduais ou até mesmo outras indústrias que fornecem esgoto tratado como água de utilidade para um conjunto de indústrias. Os sistemas macroexternos não são concebidos unicamente para o atendimento da demanda industrial. Dependendo do nível de qualidade da água distribuída, o sistema de reúso poderá atender também a uma gama significativa de usos urbanos não potáveis, aumentando, assim, a viabilidade econômica do empreendimento.

- Reúso macrointerno: efetuado dentro da própria empresa. O reúso macrointerno pode ser em cascata, quando o efluente de um processo é diretamente usado em um processo subsequente, sendo necessário, portanto, que a qualidade do mesmo seja compatível com o novo uso. Outro tipo de reúso considerado macrointerno é o reúso de efluente tratado, quando o efluente é utilizado após a sua passagem por um sistema de tratamento, de modo a adequar a qualidade do efluente à qualidade demandada pelo processo.

Rocha (2019) e Mancuso e Santos (2003) cita como exemplo de sucesso de reúso macroexterno tem-se o projeto Aquapolo, maior empreendimento para produção de água de reúso industrial na América do Sul e quanto ao reúso macrointerno, exemplos típicos são os que ocorrem em operações de pintura, em indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos. As águas de lavagens intermediárias sucessivas, oriundas da decapagem, desengorduramento, fosfatização, etc., podem, após tratamento, ser reutilizadas no próprio processo de lavagem.

O reúso, independente da modalidade, é uma importante ferramenta para a conservação da água no setor industrial. Em geral, as indústrias que consomem um grande volume de água, obviamente, têm maior potencial para reutilizar as águas residuais. A tecnologia de membranas surgiu como uma alternativa viável aos processos convencionais de tratamento, uma vez que economiza custos operacionais e consumo de água (Kim et al apud Petrinic et al, 2015).

Tendo em vista a enorme variedade de indústrias e diversidade de processos produtivos, é recomendado, para cada caso, um estudo dos processos produtivos e de apoio que fazem uso da água, da geração dos diversos tipos de efluentes, padrões de qualidade requeridos para o uso da água, os custos envolvidos na aquisição de água, no tratamento de efluentes, e das tecnologias aplicáveis para propiciar a adequação da água ao reuso pretendido (ROCHA, 2019).

Dentre os diversos parâmetros de qualidade que podem ser utilizados para a identificação de aplicações potenciais para o reuso de efluentes, a concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) pode ser o mais adequado. Isto se justifica em razão da concentração de SDT ser utilizada como um parâmetro restritivo para o uso da água em diversas aplicações industriais, além da limitação que os processos de tratamento de efluentes, comumente utilizados, apresentam para remover esse tipo de contaminante. Outro fator que justifica o uso da concentração de SDT, na avaliação do potencial de reuso de efluentes, está associado ao seu aumento, pois, à medida que o efluente vai sendo reutilizado, uma carga adicional de sais vai sendo incorporada ao mesmo, seja devido ao processo e evaporação da água, ou então pela adição ou incorporação de compostos químicos (Mierzwa, 2002).

Júnior e Carrara (2000) estudaram a viabilidade do reuso de efluentes gerados nos enxágues das peças em processos de galvanoplastia do zinco, níquel-cromo e fosfatização, desenvolvidos em uma indústria de freios automobilísticos.

Em termos de proteção ambiental, particularmente no que concerne à conservação e ao reuso de água, a indústria química brasileira vem respondendo adequadamente aos preceitos estabelecidos no SAICM (termo em inglês, traduzido significa “Abordagem estratégica para o gerenciamento internacional de produtos químicos”) (ABIQUIM, 2008). As indústrias químicas associadas à Associação Brasileira de Indústrias Químicas (Abiquim), apresentaram uma redução do indicador de consumo de água de 9,22 metros cúbicos por tonelada de produtos fabricados para 6,99, o que equivale a uma redução de aproximadamente 24%. Em termos de redução da emissão de efluentes, o indicador variou de 4,19 metros cúbicos por tonelada de produto para 1,89, o que equivale a uma redução de aproximadamente 55%.

As variações extremamente positivas dos indicadores de consumo e de emissão de efluentes ocorreram, certamente, em função do crescimento da prática do reuso efetuado pelas empresas do setor. O aumento dessa prática, ocorrido durante um período de 6 anos (2001 a 2007), foi superior a 88%, variando de 3,7% de reuso sobre o total para 31,5%, logo a CNI (2017) é bem incisiva é relatar que as companhias as quais não incluem conceitos ambientais aos seus planos estratégicos se arriscam a perder oportunidades em mercados que são continuamente moldados por fatores interligados ao meio ambiente, assim como podem possuir outro resultado benéfico gerado pela aplicação de ideais corretos de gestão ambiental, a obtenção de uma imagem empresarial positiva, ou ecoimagem, que pode trazer retornos superiores àqueles proporcionados por programas extensivos de propaganda e marketing.

3 METODOLOGIA

3.1 Tratamento dos Efluentes Galvânicos

A indústria referida separa seus efluentes brutos em seis tipos, concentrados ácidos e alcalinos, cobre ácido, cianeto, cromo e gerais, estes são encaminhados, partindo das linhas de produção para ETE por encanações distintas e independentes onde cada um segue para seu respectivo tanque de armazenamento, os quais comportam em média 23 m³, e posteriormente são destinados para os reatores de tratamento, totalizando quatro, um para cada tipo de reagente, cianeto, cromo, cobre ácido e gerais, os três primeiros tem capacidade de 8 m³ e o último, 15 m³, os concentrados ácidos e alcalinos são adicionados mediante a necessidade em cada reator para auxiliar no tratamento dos mesmos.

O tratamento dos lodos gerados é em comum para todos os efluentes, após as águas serem descartadas, os lodos são destinados a um tanque de armazenamento e deste para uma prensa hidráulica por encanamentos, após ser prensado é armazenado em sacos específicos e a água liberada é descartada no esgoto.

3.1.1 Procedimento Operacional de Tratamento Efluente Bruto - Cianeto

O efluente é transferido para o reator de tratamento específico, o qual já se encontra com a agitação a ar acionada, primeiramente verifica-se o pH e potencial de oxirredução, em seguida adiciona-se cal hidratada 10%, a fim de ajustar o pH para 11, faixa onde ocorre eficazmente a oxidação dos íons de cianeto presentes, a qual se dá pela dosagem do Hipoclorito de Sódio industrial, até o redox se apresentar entre 300 – 350 mV, o efluente apresentará uma coloração azulada, devido a formação do cianato de sódio e liberação de íons de cobre, os quais possuem cor azul, após o tempo de reação necessário, cerca de 40 minutos, regula-se o pH para a faixa de 8,5 – 8,8 com a adição do Efluente Concentrado Ácido, após 20 minutos dosa-se polieletrólito até que os flocos sejam formados, o registro da agitação a ar é fechado para que ocorra a decantação.

Após 30 minutos coleta-se uma amostra do efluente tratado para que se possa analisar, em laboratório, e verificar se todas as concentrações estão dentro dos parâmetros requeridos pela Resolução 430/2011 do CONAMA. Se sim, pode dar seguimento a liberação do efluente para a rede de esgoto industrial, se não realiza-se um retratamento no mesmo, seguindo os passos descritos acima.

3.1.2 Procedimento Operacional de Tratamento Efluente Bruto – Cromo Hexavalente

O efluente é transferido ao reator de tratamento, com agitação a ar acionada, se for detectado a presença de cromo hexavalente no efluente bruto, este é submetido ao processo de redução a cromo trivalente, com o pH na faixa de 2 – 2,5 é adicionado metabissulfito de sódio até o potencial redox atingir a faixa de 300 – 350 mV, a coloração do efluente ficará verde-azulada, característica do cromo trivalente, para manter o pH na faixa indicada anteriormente dosa-se ácido sulfúrico, a fim de que a redução ocorra eficientemente.

Após o tempo de reação necessário, 10 minutos, ajusta-se o pH para a faixa de 8,5 – 8,8 com a adição do leite de cal 10% e a soda cáustica 50%, é aguardado 20 minutos para reagir e após adiciona-se o polieletrólito até que os flocos sejam formados, cessa-se a agitação a ar, aguarda a decantação por 30 minutos, coleta-se uma amostra

para análise em laboratório, mediante parâmetros requeridos, se estes estiverem obedecidos é possível liberar o efluente para a rede de esgoto, se não realiza-se um retratamento.

3.1.3 Procedimento Operacional de Tratamento Efluente Bruto – Cobre Ácido, Cromo Trivalente e Gerais

Estes três tipos são tratados da mesma forma, o que difere é o pH inicial dos mesmos, logo a quantidade de cal hidratada e soda cáustica irão variar, vale salientar que mesmo com o pH inicial alcalino é de fundamental importância a adição de cal, pois este é, junto a soda cáustica, o principal responsável pela formação dos hidróxidos metálicos, logo auxilia na formação do lodo.

Os efluentes são destinados a seus reatores de tratamento, onde, sob agitação a ar, é inicialmente verificado o pH, em seguida é posto o leite de cal, elevando o pH em dois pontos e posteriormente adiciona-se soda cáustica, até levar o pH a faixa indicada de 8 – 8,5, se o pH estava alcalino no início do tratamento, após a cal e a soda, regular com efluente concentrado ácido e/ou ácido clorídrico para a faixa requerida.

Após o tempo de reação de 20 minutos, dosa-se o polieletrólito, cessa-se a agitação, aguarda a decantação, no mínimo depois de 30 minutos coleta-se uma amostra e encaminha ao laboratório químico para realização das análises devidas.

3.2 ANÁLISE DOS EFLUENTES BRUTOS E TRATADOS

3.2.1 Efluentes Brutos

Estes são coletados no reator de tratamento e são analisados por titulometria, mediante métodos informados pelos fornecedores dos banhos galvânicos.

3.2.2 Efluentes Tratados

À medida que cada batelada de efluente é tratada coleta-se uma amostra e esta é analisada por colorimetria, marca Labortec, e por espectrofotometria visível, modelo DR 3900, marca Hexis.

Utiliza-se o kit colorimétrico correspondente e/ou os reagentes requeridos pelo espectrofotômetro, conforme metodologias informadas pelos fabricantes, a concentração do ânion ou do cátion que se deseja saber, de acordo com o tipo de efluente tratado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme se pode observar, a partir dos quadros 2 e 3, os procedimentos e controles físico químicos realizados desde o recebimento na Estação de Tratamento de Efluentes até a liberação das águas dos processos industriais para a rede de esgoto são bastante eficientes e bem fiscalizados.

O quadro 2 explana os valores médios das concentrações, bem como os pH, dos efluentes brutos, ou seja, águas provenientes dos processos produtivos sem tratamento.

Quadro 2 – Concentrações pré tratamento físico químico

Efluentes Brutos						
Parâmetro Analisado	V1 (mL)	V2 (mL)	V3 (mL)	Média dos Volumes (mL)	Concentração (mg/L)	pH
Cianeto	0,2	0,6	0,4	0,40	519,43	9,9
Cobre Ácido	0,8	1	0,8	0,87	1375,83	2,1
Cromo Trivalente	0,9	0,9	1,1	0,97	168,72	2,5
Conc. Ácido	4	4	4	4,00	1462,52	1,1
Conc. Alcalino	5	5	5	5,00	16041,60	12,3
Cobre – Gerais	1,8	2,2	1,6	1,87	2963,34	12,4
Níquel – Gerais	3	2,6	2,8	2,80	8207,56	12,4
Zinco – Gerais	0,4	0,4	0,4	0,40	653,08	12,4

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Segundo os dados repassados, por dia são tratados cerca de 60 m³ de água e utiliza-se em torno de 57 m³ de água de lavagem nos setores citados anteriormente, logo o que é liberado pela ETE, em um dia, é suficiente para abastecer as linhas de produção, bem como manter uma quantidade armazenada.

Conforme resultados fica evidenciado a eficiência do tratamento dos efluentes implantados pela empresa, tendo como efeito disto, as concentrações finais dentro dos parâmetros requeridos pela resolução do CONAMA, um dos maiores focos do tratamento, pois atendendo a estes, é possível agregar a empresa uma ótima imagem tanto do ponto de vista interno quanto externo, a partir da confiabilidade nos tratamentos feitos e do cumprimento de sua responsabilidade socioambiental.

O quadro 3 mostra as concentrações médias dos principais metais após o tratamento dos efluentes realizados pela empresa de galvanoplastia estudada.

Quadro 3 – Concentrações pós tratamento físico químico

Efluente Tratados	
Parâmetro Analisado	Concentração Média (mg/L)
Cianeto	0,10
Cobre Ácido	0,68
Cromo Trivalente	0,01
Cobre – Gerais	0,67
Níquel – Gerais	1,53
Zinco – Gerais	4,07

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Portanto vale salientar que as características físico-químicas dos efluentes tratados certifica que os mesmos podem ser reutilizados com primazia nas

linhas de produção, principalmente nos processos de zincagem, niquelagem e retratamento de peças fora do padrão, na realização de limpezas do maquinário e setores, pelo fato de serem processos e atividades com maior grau de aceitação de agentes externos.

Pela qualidade das águas tratadas subtemde-se que as mesmas agregarão de uma maneira bastante positiva, pelo ponto de vista da economia de água, insumo este primordial para a realização de todo e qualquer processo industrial, o qual apresenta-se de maneira tão escassa, principalmente na região onde a indústria observada se localiza, também pelo ponto de que não influenciará na qualidade das peças produzidas, visto que o ideal é reutilizar os efluentes tratados onde são inicialmente originados, por exemplo, empregar o efluente do cianeto nas águas de lavagem antes e/ou após os banhos de cobre alcalino, visto que a partir destes que procedem estas tais águas residuais, a fim de se evitar o arrastes de íons indesejados ao processo.

Há inúmeros ganhos para a empresa, desde os financeiros, é bem sabido que este é um dos mais relevantes, visto que toda indústria tem suas estratégias baseadas na redução de custos, o socioambiental, pois as águas que serão poupadas podem ser utilizadas para outros fins e por mais pessoas, fator que oferece melhoria para as famílias e estabelecimentos que dependem da água da rede de distribuição, a imagem da empresa no mercado externo se torna mais valorizada, pois nos dias de hoje tem-se consumidores mais preocupados em saber da onde, como e por quem o produto a ser adquirido provém, o grau de seletividade e preocupação nos impactos que as empresas podem causar ao meio ambiente são bastante levados em consideração no momento da escolha do fabricante.

5 CONCLUSÃO

As conclusões para este trabalho foram de que:

- As águas residuais dos processos de niquelagem, zincagem e decapagem de peças defeituosas da indústria de galvanoplastia estudada, localizada no estado da Paraíba, após serem submetidas aos tratamentos físico-químicos na Estação de Tratamento de Efluentes, seguindo os critérios essenciais para obedecer aos parâmetros requeridos pela Resolução 430/2011 do CONAMA, estão aptas para serem reutilizadas dentro dos próprios processos, assim, praticamente se terá um circuito fechado, onde irá facilitar no tratamento desses efluentes, bem como reduzir os insumos químicos necessários para isso, pelo fato de se tornar possível aumentar o fluxo de troca das águas e as concentrações dos íons monitorados irão decrescer.
- Sugere-se à indústria adquirir tanques de armazenamentos, bombas hidráulicas, tubos de PVC e registros a fim de comportar as águas tratadas, liberadas pelos reatores de tratamento, para posteriormente serem distribuídas, conforme a necessidades dos setores e atividades que serão realizadas.
- Os benefícios alcançados pela empresa serão a nível macro, alguns poderão ser vistos em curto prazo, como uma economia considerável na parte das finanças e em longo prazo tem-se toda a parte de redução nos impactos sobre o meio ambiente e conseqüentemente o destaque no campo da visibilidade mercadológica internamente e externamente.

REFERÊNCIAS

- BARROS, Sérgio Silveira de. **Galvanoplastia: controle ambiental no Brasil e na Alemanha, suas bases legais e tecnológicas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial - PPGMAUI, da Universidade Stuttgart e do SENAI Paraná, Curitiba, 2016.
- COLARES, Carla Joviana Gomes et al. Estudo de caso do tratamento de efluentes líquidos gerados no processo de galvanoplastia. **Anais do VIII Seminário de Iniciação Científica e V Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação Universidade Estadual De Goiás**. 10 a 12 de nov., 2010.
- Confederação Nacional da Indústria. **O uso racional da água no setor industrial**. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. – 2 ed. – Brasília: CNI, 2017.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União**: nº 92, de 16/05/2011, p. 89. Online. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>.
- FOLDES, P. A. Galvanotécnica Prática. São Paulo: Polígono, 1974.
- GERBENS-LEENES, P. W.; HOEKSTRA, A. Y. **Business water footprint accounting: a tool to assess how production of goods and services impacts on freshwater resources worldwide**. 2008. Disponível em: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report27-BusinessWaterFootprint_1.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2017.
- GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Apostila da ABES. Mato Grosso, 2004.
- HUDSON-EDWARDS, K. A. Sources, mineralogy, chemistry and fate of heavy metalbearing particles in mining-affected river systems. **Mineral. Mag.**, v. 67, p. 205–217, 2003.
- JÚNIOR, Ruben Bresaola; CARRARA, Silvia Marta Castelo de Moura. Reúso de águas residuárias geradas em processos de galvanoplastia. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Rio de Janeiro. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2000. p.1-6.
- MACKLIN, M. G. et al. The long term fate and environmental significance of contaminant metals releases by the January and March 2000 mining tailings dam failures in Maramures Country, upper Tisa Basin, Romania. **Appl. Geochem.** v. 18, p. 241-257, 2003.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos S. (ed.). **Reúso de Águas**. Barueri, Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informação em Saúde Ambiental, 2003.

MIERZWA, José Carlos. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – estudo de caso da Kodak Brasileira**. 2002. Tese (Doutor em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. 280 p.

OLIVIER, Samantha. **Avaliação dos impactos ambientais gerados pela produção de resíduos industriais do ramo metalúrgico: recuperação e reciclagem**. 2006. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) – Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2006.

PEDRO, João Paulo Borges. **Medidas de Produção Mais Limpa e Otimização de Tratamento de Efluentes Líquidos em Indústrias Galvânicas da Região Metropolitana de Florianópolis**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

PETRINIC, I., et al. A feasibility study of ultrafiltration/reverse osmosis (UF/RO) – based wastewater treatment and reuse in the metal finishing industry. **Journal of Cleaner Production**, 2015, v. 101, p. 292-300. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.04.022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615003753>. Acesso em: 24 jul. 2018.

PONTE, H. A. **Tratamento de efluentes líquidos de galvanoplastia**. Evento de Extensão, Departamento de Tecnologia Química, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

ROCHA, L. C. P. **Viabilidade de reúso de efluente tratado em indústria de galvanoplastia**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2019.

SILVA, Carlos Sérgio da. **Um estudo crítico sobre a saúde dos trabalhadores de galvânicas, por meio das relações entre as avaliações ambientais, biológicas e otorrinolaringológicas**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1998.

TANAKA, Juliana Tiemi. **Preparação para a implantação do sistema de gestão ambiental de uma empresa do setor de galvanoplastia**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

TELLES, Dirceu D.; COSTA, R. H. P. G. (coord.). **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento de efluente líquido gerado na galvanoplastia**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, 2009.

WIERCINSKI, Adriano. **Galvanoplastia: melhorias no processo de zincagem eletrolítica**. 2015. Monografia (Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia Industrial) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, RS, 2015.