



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

**A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES
EM INDÚSTRIAS GALVANOTÉCNICAS**

MARIANA BULCÃO GUIMARÃES

**CAMPINA GRANDE- PB
2014**

MARIANA BULCÃO GUIMARÃES

**A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES
EM INDÚSTRIAS GALVANOTÉCNICAS**

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Química Industrial em
cumprimento às exigências para obtenção do
diploma de graduação em Química Industrial
pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.**

Orientadora: Profa.M.Sc Maria de Fatima Nascimento de Sousa

CAMPINA GRANDE - PB

2014

É expressamente proibida 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 da dissertação.

G963i Guimarães, Mariana Bulcão.
A importância do tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas [manuscrito] / Mariana Bulcão Guimarães. - 2014. 36 p.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.
"Orientação: Profa. Ma. Maria de Fatima Nascimento de Sousa, Departamento de Química".

1. Galvanoplastia. 2. Cromagem. 3. Niquelagem. 4. Legislação ambiental. I. Título.

21. ed. CDD 617.732

MARIANA BULÇÃO GUIMARÃES

A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES
EM INDÚSTRIAS GALVANOTÉCNICAS

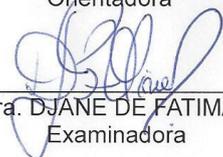
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Química Industrial em
cumprimento às exigências para obtenção do
diploma de graduação em Química Industrial
pela Universidade Estadual da Paraíba -
UEPB.

APROVADO em 30 / 07 / 2014

BANCA EXAMINADORA



Profa.M.Sc. MARIA DE FATIMA NASCIMENTO DE SOUSA- UEPB
Orientadora



Profa. Dra. DJANE DE FATIMA OLIVEIRA - UEPB
Examinadora



Profa.M.Sc MARIA DO SOCORRO PEREIRA MARQUES - UEPB
Examinadora

CAMPINA GRANDE- PB
2014

“ Só educadores autoritários negam a solidariedade entre o ato de educar e o ato de serem educadores pelos educando: Só eles esperam o ato de ensinar, do de aprender, de tal modo que ensina quem se supõe sabendo e aprende quem é tido como quem sabe”.

Paulo Freire

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me concedido o dom da vida e por ser obra da sua criação. Ele é o meu pai e meu Mestre que sempre me possibilitou a realização plena deste trabalho me abençoando sempre para que eu conseguisse essa vitória abençoada que tanto almejei.

A Minha família querida, Meus Pais, Meu esposo Jardel e ao meu filho que sempre me incentivaram e me apoiaram no decorrer deste curso, compreendendo muitas vezes a minha ausência.

Em especial a professora orientadora Professora Maria de Fátima Nascimento de Sousa pela sua dedicação, competência e seriedade em orientar-me nesse trabalho.

Á todos os meus amigos e amigas da turma que me ajudaram com a sua amizade e incentivo para que eu nunca desistisse, mas prosseguisse sempre em busca dessa realização.

Agradeço aos meus professores, os grandes difusores do conhecimento aos quais tenho plena admiração, meu muito obrigado pela competência, paciência e dedicação para comigo.

A todos que colaboraram para esse momento vitorioso acontecer

Á Deus, meu Pai, amigo fiel que sempre me abençoou com alegria, força, perseverança e saúde. Meus Pais, Meu esposo Jardel e ao meu filho Gabriel. **DEDICO**

RESUMO

Indústrias que trabalham com processos de galvanoplastia geram efluentes com elevadas concentrações de metais pesados (tóxicos ao homem e ao meio ambiente) e grandes quantidades de materiais dissolvidos e suspensos, causando altos valores de cor e turbidez. É importante salientar que durante o processo industrial nem sempre é possível evitar a geração de resíduos, no entanto requer um processo eficiente de tratamento para que obedeça os níveis de concentração de parâmetros físico-químicos compatíveis com a exigência da legislação ambiental. Esta pesquisa teve como objetivo ampliar os conhecimentos do leitor sobre a importância do tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas. Foi desenvolvido a partir de um estágio supervisionado realizado numa indústria de galvanoplastia localizada na cidade de Campina Grande- PB, no setor de cromagem e niquelagem durante 6 meses, com observação direta do processo e aplicação de questionário com os funcionários de todos os setores da empresa. O tratamento de efluentes desta empresa utiliza tecnologia para adequar os resíduos aos padrões da Legislação Ambiental antes de serem dispostos no meio ambiente, reduzindo a carga poluidora e minimizando o impacto ambiental. Todas as estações de tratamento de efluente – ETE, têm suas características específicas de acordo com o efluente gerado pela indústria. Cabe ao administrador condicionar a estação de tratamento para que este efluente tenha um fim adequado as suas condições e características. Os resultados evidenciaram que 10% dos funcionários da empresa não tinham consciência sobre a poluição ambiental causada pela atividade que desenvolve.

Palavras Chave: galvanoplastia, cromagem, niquelagem, legislação ambiental

ABSTRACT

Industries that work on the process of galvanotecnia produce effluents with high concentration of heavy and toxic metals (for humans and the environment) also significant quantities of dissolved and suspended materials causing distinct turbidity colors. It is important to keep in mind that the industrial process is not always possible to avoid the generation of those leavings, however it requires an efficient process of treatment to be agreed with the parameters physicochemical of the environmental legislation. This search intends to expand the reader's knowledge about the importance of the wastewater treatment on galvanotecnia industries. Under supervised internship during six months, this work was accomplished at an industry on the department of galvanotecnia located in the city of Campina Grande-PB, plating and electroplate under total observation of the process and electroplate under total observation of the process and electroplate under total observation of the process and application of a questionnaire with the employees of all departments of the industry. The industry uses the technology of wastewater treatment to adapt the quality of effluents to be the same as the standard environmental legislation demands before being discharged into the environment, reducing the polluted amount and minimizing the environmental impact. Each effluent treatment station has inherent characteristics according to the type of effluent that is generated by each industry. It is a function of the administrator of the project to assure that the station of effluent treatment has an adequate end as for its conditions and characteristics. The results attested that 10% of the employees did not have consciousness about the environmental pollution caused by the developed activities.

Key Words: Galvanotecnia, plating and electroplate, environmental legislation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Processo de Galvanização	12
2.2	Tratamento de efluentes numa indústria Galvanoplástica	14
2.2.1	<i>Efluentes líquidos</i>	14
2.2.2	<i>Impacto Ambiental da Galvanoplastia</i>	17
2.2.3	<i>Fontes de Poluentes</i>	18
2.2.4	<i>Tipos de Reuso</i>	18
2.3	Etapas de um tratamento de Efluente	19
2.3.1	<i>Tratamento preliminar</i>	19
2.3.1.1	<u>Gradeamento</u>	19
2.3.1.2	<u>Desarenação</u>	19
2.4	Tratamento Primário	20
2.4.1	<i>Floculação</i>	20
2.4.2	<i>Decantação Primária</i>	20
2.4.3	<i>Peneira Rotativa</i>	20
2.5	Tratamento Secundário	21
2.5.1	<i>Tanque de Aeração</i>	21
2.5.2	<i>Decantação Secundária e Retorno do Lodo</i>	21
2.5.3	<i>Elevatória do Lodo Excedente: Descarte do Lodo</i>	22
2.5.4	<i>Efluentes Líquidos</i>	22
2.6	Emissões Gasosas	24
2.7	Aplicações da Água Reciclada	25
	METODOLOGIA	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Questionários dos Colaboradores	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS	32
	ANEXOS	33
	ANEXO A: QUESTIONÁRIO DOS COLABORADORES	34

1 INTRODUÇÃO

A galvanotécnica é um método de revestimento por processos químicos e eletrolíticos de superfícies metálicas, plásticas e borrachas com outras superfícies geralmente metálica com a finalidade de proteger da ação corrosiva, aumentar a espessura, a dureza e para embelezamento. Este tema é um processo que subdividi-se em duas partes: galvanoplastia e a galvanostegia. A galvanoplastia, por sua vez, divide-se em galvanoplastia decorativa e protetora e galvanoplastia de eletroformação. Ao se tratar da galvanoplastia decorativa e protetora, constitui-se no revestimento metálico de um objeto não condutor de corrente (metalização). A galvanoplastia de eletroformação é a preparação ou formação de corpos maciços (matriz), como por exemplo, a gravura e a boneca.

No processo de eletro formação, ou mesmo eletroforese tem a finalidade de produzir objetos não propriamente metálicos, por exemplo, os artigos de borracha, por meio da matriz e a corrente elétrica contínua.

A galvanostegia é o revestimento metálico com disposição do metal em um substrato. O processo é feito por meio de uma corrente contínua que passa através de uma solução particular, denominada banho. A disposição resultante desse processo chama-se deposição galvanotécnica ou eletrodeposição.

Atualmente, a galvanoplastia convencionou-se como sendo a operação de depositar diversas camadas metálicas sobre objetos, através da aplicação dos princípios fundamentais ou reagem ao fenômeno da eletrólise, como reações de oxidação e redução, havendo ganho e perda de elétrons com ânodos e cátodos, em função da força eletromotriz empregada. Esse processo é realizado por intermédio de uma solução em que estão dissolvidos os metais, na qual se faz atravessar uma corrente elétrica contínua de baixa tensão, mas de grande amperagem, isto é, de grande intensidade.

Esse processo químico consiste na disposição de finas camadas de um metal sobre outro com a principal finalidade de assegurar melhor proteção de um metal mais fraco por outro, menos sujeito aos efeitos da corrosão. Esse processo permite com que as peças feitas com metais baratos torne-se mais resistentes e ganhem melhor aparência e embelezamento.

Para esses processos de deposição metálica, a peça a ser galvanizada deve ser previamente preparada, isenta de óleos, graxas e óxidos metálicos. As peças passarão por

processos de limpeza química com desengraxantes e decapantes dos mais diversos tipos e a lavagem da peça na água para não contaminarem os banhos eletrolíticos.

As águas geradas nas lavagens possuem um alto teor de concentração de ácidos e alcalinos, por tal motivo, essas águas apresentam grande efeito poluidor, especialmente por metais pesados, além de gerar na indústria gases tóxicos e nocivos à saúde de toda sociedade. Os efluentes líquidos e ou gasosos deverão ser captados, tratados e enquadrados segundo o que determina a legislação vigente (RESOLUÇÃO CONAMA 357 de 2005).O desenvolvimento dessa temática deu-se a partir da experiência de um estágio realizado numa indústria que trabalha com galvanoplastia, no setor de cromagem e niquelagem.

O objetivo deste trabalho foi mostrar a importância do tratamento de efluentes na galvanoplastia e conscientizar os colaboradores da indústria sobre a toxicidade dos produtos químicos gerados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Processo de Galvanização

A galvanoplastia é um processo químico que consiste no depósito de finas camadas de um metal sobre superfícies de corpos metálicos ou não, por meios químicos ou eletroquímicos, a partir de soluções aquosas que contêm metais, tais como, o cromo, o níquel, o cobre, o zinco, o cádmio, entre outros, seguidos de enxágues com água de abastecimento para limpeza. O processo de galvanização, basicamente envolve uma sequência de banhos consistindo de etapas de pré-tratamento, de revestimento e de conversão de superfície. Entre estas etapas, a peça sofre um processo de lavagem.

A tecnologia da galvanização é semelhante para todos os metais base, diferindo somente em detalhes de operações. Em todos os tratamentos de superfície metálica, a superfície a ser recoberta deve estar limpa, isto é, isenta de qualquer substância estranha, esta condição é fundamental para que se consiga um revestimento de boa aderência, uniforme e aparência. O processo de preparação da superfície consiste, basicamente, das seguintes etapas: Acabamento mecânico, Remoção de óleos e graxas (desengraxe), Remoção de camada de óxido (decapagem).

O acabamento mecânico se faz necessário para dar a uma peça estampada, fundida, forjada, entrudada, injetada, etc., condições de perfeição técnica para receber um acabamento superficial decorativo, protetor ou funcional. Este acabamento consiste de três etapas: Escovação, lixamento e polimento .

A escovação tem a finalidade de remover camadas de óxido, resíduos de tinta, resíduos de solda, para isso normalmente se utilizam escovas de aço ou latão. O lixamento remove rebarbas e dá acabamento em quinas, sendo também utilizado para a remoção de camadas mais aderentes de óxido ou de excesso de soldas e nivelamento. Nessa etapa, são utilizados rolos de esmeril ou de lixas, lixas de correia, dentre outras formas. O polimento permite deixar a superfície da peça extremamente lisa, sob o ponto de vista macroscópico, reduzindo com isso a área a ser tratada, pois uma superfície lisa necessita uma quantidade menor de metal a ser depositado em relação a uma superfície áspera.

A superfície não apresentando fissuras, poros ou frisos, também evita que íons fiquem retidos nesses locais, facilitando a posterior oxidação, ou então graxas que impeçam um contato elétrico perfeito. Neste processo, são utilizados rolos de feltro, tecido simples, tecido e

sisal. O material abrasivo é transferido para esses rolos, através de barras abrasivas, compostas por um material aglomerante e o abrasivo. Os abrasivos utilizados são: esmeril (óxido de alumínio e de ferro com 57 a 75 % de óxido de alumínio), corundum (óxido de alumínio natural), carbeto de silício e alumina (óxido de alumínio artificial). Dentre estes abrasivos, o mais utilizado é a alumina.

Após o pré-tratamento mecânico as peças são submetidas ao pré-tratamento químico chamado desengraxamento. O desengraxamento funciona como uma etapa preliminar e obrigatória para a deposição, atuando de forma específica e, visa a eliminar óleos e graxas que se encontram aderidos às peças metálicas. Tais contaminantes são provenientes de diversas fontes: do contato com as mãos; de óleos empregados para proteção durante o armazenamento e o transporte; de óleos usados nas operações de corte; de estampagem; de trefilagem; de pastas de polimento, etc. Para as diferentes propriedades das graxas e óleos que aderem aos metais, três processos principais de desengraxamento são usados na prática: com solventes orgânicos ou emulsões, o alcalino e o alcalino eletrolítico.

O desengraxamento com solventes tem se ampliado nos últimos anos devido à eliminação simples e rápida de toda classe de óleos e graxas, entretanto, apresenta como desvantagem o seu alto custo e a sua toxidez (cancerígeno). Já o desengraxamento com emulsões apresenta uma qualidade insuficiente para a posterior eletrodeposição, necessitando ainda de um desengraxamento mais fino, alcalino por imersão e/ou eletrolítico citado. Exemplos típicos de solvente utilizados são o tri e tetracloroetileno e o percloroetileno. O desengraxe alcalino de forma geral, remove a maior parte dos resíduos de óleo e de graxas, mas uma fina camada de resíduos persiste sobre a superfície da peça.

Como o processo de revestimento necessita de uma superfície isenta desses resíduos, faz-se necessário realizar um segundo processo para a remoção total desses resíduos. Normalmente, o desengraxamento eletrolítico é empregado após o desengraxamento a quente (alcalino), com o propósito de formar uma superfície metálica microscopicamente limpa e totalmente molhada, o que permite uma galvanização isenta de manchas e com boa aderência.

O desengraxante alcalino é composto por soluções quentes de sais e bases com as mais diversas composições, sendo os principais ingredientes, hidróxidos, carbonatos, fosfatos, silicatos e boratos (todos de sódio) juntamente com detergentes e outras substâncias tensoativas e pode ser aplicado de forma manual ou por imersão. O processo a ser utilizado

dependerá da natureza do substrato e dos resíduos a serem removidos. Em geral, um banho de desengraxe dura cerca de duas semanas. Após esse período há o descarte de banho.

A partir desses conceitos percebe-se o quanto a galvanização é importante e indispensável para que o trabalho seja desenvolvido com qualidade. Segundo Verlag (1973) devido ao desenvolvimento da técnica e dos processos, torna-se difícil traçar uma separação nítida dos conceitos de “desengraxar” e “decapar”, uma vez que existem banhos desengraxantes com ação desoxidante, bem como banhos decapantes com propriedades desengraxantes.

2.2 Tratamento de efluentes numa indústria Galvanoplástica

2.2.1 Efluentes líquidos

Os efluentes líquidos são provenientes do descarte de banhos químicos e águas de lavagem. Eles são geralmente coloridos, alguns com temperatura superior à ambiente e emitem vapores, seus valores de pH atingem os extremos ácidos ou alcalinos (PUGAS, 2007).

As fontes de emissão dos efluentes líquidos (CETESB, 1984) são:

Efluentes contínuos de lavagem após o desengraxe alcalino;

Efluentes contínuos de lavagem após a decapagem ácida;

Efluentes periódicos dos tanques de desengraxe alcalino e decapagem ácida.

Efluentes crômicos – banhos de cromo em geral, abrilhanta dores e passiva dores e suas águas de lavagem;

Efluentes cianídricos – banhos de cobre, zinco, cádmio, prata, ouro, certas soluções desengraxantes e suas águas de lavagem;

Efluentes gerais ácidos – soluções decapantes, soluções desoxidantes e suas águas de lavagem;

Efluentes gerais alcalinos – desengraxantes químicos por imersão e eletrólitos e suas águas de lavagem.

De acordo com Pasqualini (2004) os resíduos líquidos provenientes dos processos industriais deverão ser segregados de acordo com sua classificação ou características químicas, separadamente dos coletores pluviais, através de canaletas e/ou tubulações para os tanques de acúmulo (concentração). Os tanques devem ser dimensionados para o volume que atenta a vazão diária de descarte de cada efluente, para garantir a execução de manutenção de equipamentos ou outra eventualidade na operação da Unidade e Tratamento de Efluente.

Na elaboração do projeto para segregar e tratar os efluentes, ele também ressalta a importância de se fazer o levantamento de todas as informações sobre a seqüência ou processo de tratamento superficial envolvido. Devem-se elaborar tabelas e fluxogramas da seqüência, com todos os dados sobre os volumes dos tanques, regime de vazão, frequência de descargas dos concentrados e informações qualitativas sobre a formulação básica do banho.

Como se pode observar diferentes técnicas podem ser aplicadas e permitir maior ou menor eficiência no tratamento dos efluentes líquidos galvânicos, de tal modo a se ter a possibilidade de reuso ou mesmo reciclagem total das águas residuárias, bem como a recuperação de produtos químicos, podendo reduzir o volume final dos despejos lançados pelas indústrias.

A osmose reversa e a eletrodiálise são algumas das técnicas indicadas para o tratamento avançado dos resíduos líquidos da galvanoplastia. O custo muitas vezes

elevado leva certas indústrias a se valerem de outras formas de tratamento, como, por exemplo, a precipitação química. Os efluentes que contêm sais de metais pesados podem ser tratados por processos físico-químicos de coagulação-floculação e sedimentação, técnica geralmente aplicada quando há precipitação dos compostos insolúveis e a consequente remoção dos metais pesados complexados (BRESAOLA JUNIOR, 2008).

De acordo com a CETESB (1984) o tratamento mais utilizado para este tipo de indústria é a neutralização, precipitação e remoção dos sólidos precipitados. Os efluentes ácidos e alcalinos são misturados em um tanque com agitação mecânica, onde é feito o acerto do pH pela adição de ácido ou base, com a formação dos precipitados metálicos na forma de hidróxidos. Os agentes neutralizantes mais utilizados para os efluentes ácidos são a soda cáustica, carbonato de sódio e cal, e para efluentes alcalinos, o ácido sulfúrico. A cal tem a desvantagem de ser pouco solúvel, sendo mais difícil seu manuseio e sua dosagem, e por outro lado é um produto mais barato e com a produção de um lodo mais denso e mais fácil de

secar. O hidróxido de sódio tem a vantagem de não necessitar de sofisticados sistemas de dosagem e de produzir um lodo de menor volume do que o produzido pelo cal.

Os parâmetros de emissão de efluentes aprovado pelo decreto 8.468, controlado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e pela Resolução Federal CONAMA(Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº357 de 17/03/2005 são:

Artigo 18 - Os efluentes, de qualquer fonte poluidora, somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água(rio, córrego, riacho etc) desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardando outras exigências cabíveis.

Artigo 19 - Os efluentes, de qualquer fonte poluidora, somente poderão ser lançados, em sistemas de esgotos, providos de tratamento desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardando outras exigências cabíveis.

Artigo 34 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões, previstos neste artigo, resguardando outras exigências cabíveis.

A Tabela 1 apresenta a súmula dos padrões de efluentes líquidos constantes nas legislações estadual e federal.

Tabela 1- Súmula dos padrões de emissão de efluentes líquidos

Parâmetros	Unidade	Artigo 18 e Lei 997/767	Artigo 34 do Conama 357/05	Artigo 19 A e Lei 997/76
pH		≥5,0 e ≤9,0	≥5,0 e ≤9,0	≥6,0 e ≤10,0
Temperatura	C°	<40	<40(1)	<40
Resíduos	L/L	<1,0	<1,0	<20,0
Óleos e graxas	mg/L	100,0	-	150,0
Óleos minerais	mg/L	-	20,0	-
Óleos vegetais e	mg/L	-	50,0	-
DBO-Demanda	mg/L	60,0(2)	-	-
Solventes, combus	-	-	-	Ausência
Despejos	-	-	-	Ausência
Substâncias	-	-	-	Ausência
Materiais	-	-	Ausência	-
Arsênio	mg/L	0,2	0,5	1,5(3)

Bário	mg/L	5,0	5,0	-
Boro	mg/L	5,0	5,0	-
Cádmio	mg/L	0,2	0,2	1,5(3)
Chumbo	mg/L	0,5	0,5	1,5(3)
Cianeto	mg/L	0,2	0,2	0,2
Cobre	mg/L	1,0	1,0	1,5(3)
Cromo	mg/L	0,1	-	1,5
Cromo trivalente	mg/L	-	-	-
Cromo total	mg/L	5,0	0,5	5,0(3)
Estanho	mg/L	4,0	4,0	4,0(3)
Fenol	mg/L	0,5	0,5	5,0
Ferro solúvel	mg/L	15,0	15,0	15,0
Fluoretos	mg/L	10,0	10,0	10,0
Mangânes	mg/L	1,0	1,0	-
Mercúrio	mg/L	0,01	0,01	1,5(3)
Níquel	mg/L	2,0	2,0	2,0(3)
Prata	mg/L	0,02	0,1	1,5(3)
Selênio	mg/L	0,02	0,30	1,5(3)
Sulfato	mg/L	-	-	1.000,0
Sulfeto	mg/L	-	1,0	1,0
Sulfito	-	-	-	-
Zinco	mg/L	5,0	5,0	5,0
Clorofórmio	mg/L	-	1,0	-

Fonte: Sillos, 2009

2.2.2 Impacto ambiental da galvanoplastia

Os rejeitos gerados pela indústria galvanoplástica possuem um alto poder de contaminação, quando não são convenientemente tratados e, simplesmente lançados em rios, aterros industriais ou sanitários e mesmo lixeiras clandestinas (MENDES et al, 2005). Metais e reativos químicos são à base dos 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 a população. Alguns efeitos podem ser observados rapidamente, outros levam alguns anos até se manifestarem em sua forma mais agressiva. É importante se insistir

que, independentemente de sua concentração ou nível de toxicidade, todo efluente deve ser tratado adequadamente.

2.2.3 Fontes de Poluentes

De uma forma geral, os efluentes gerados em operações de galvanoplastia constituem nas etapas de lavagem das peças e descargas de fundo dos banhos eletrolíticos e nos descartes periódicos dos diversos banhos concentrados (desengraxantes, decapantes fosfatizantes, cromatizantes, banhos de eletrodeposição) e nas águas menos contaminadas, provenientes das etapas de lavagem posterior às operações nos banhos concentrados. Estes efluentes são compostos por água e reativos. Após o tratamento destes efluentes tem-se, como resultado, a geração de resíduos com alto teor de metais e outros componentes tóxicos. Uma forma de se reduzir o volume destes resíduos é através da redução das perdas de reativos químicos, (LIMA et al 2005).

Outras fontes geradoras de perdas de reativos para o meio ambiente são: Estocagem de reativos, transferência e manuseio de reativos, tratamento de efluentes, descarte de processos de laboratório, disposição de resíduos e reutilização ou disposição de recipientes de reativos químicos. Tratar os poluentes gerados nos diversos tipos de empresa s da área de tratamento de superfície é, portanto, extremamente necessário e indispensável, independente do volume de descartes.

2.2.4 Tipos de reuso

A reutilização de água pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não:

- Reuso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).

- Reuso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusantes, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

O reuso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente

tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reuso objetivado.

Reuso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

2.3 Etapas de um Tratamento de Efluente

O funcionamento de uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) compreende basicamente as seguintes etapas: pré-tratamento (gradeamento e desarenação), tratamento primário (floculação e sedimentação), tratamento secundário (processos biológicos de oxidação), tratamento do lodo e tratamento terciário (polimento da água).

2.3.1 Tratamento preliminar

Constituído unicamente por processos físicos. Nesta etapa, é feita a remoção dos materiais em suspensão, através da utilização de grelhas e de crivos grossos (gradeamento), e a separação da água residual das areias a partir da utilização de canais de areia (desarenação).

2.3.1.1 Gradeamento

Etapa na qual ocorre a remoção de sólidos grosseiros, onde o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras é retido. Há grades grosseiras (espaços de 5,0 a 10,0 cm), grades médias (espaços entre 2,0 a 4,0 cm) e grades finas (entre 1,0 e 2,0 cm) que têm por objetivo reter o material sólido grosseiro em suspensão no efluente. As principais finalidades do gradeamento são: proteção dos dispositivos de transporte dos efluentes (bombas e tubulações); proteção das unidades de tratamento subsequentes e proteção dos corpos receptores.

2.3.1.2 Desarenação

Etapa na qual ocorre a remoção da areia por sedimentação. Este mecanismo ocorre da seguinte maneira: os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades seguintes. As finalidades básicas da remoção de areia são: evitar abrasão nos equipamentos e tubulações; eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios, sifões, e facilitar o transporte do líquido, principalmente a transferência de lodo, em suas diversas fases.

2.4 Tratamento primário

O tratamento primário é constituído unicamente por processos físico-químicos. Nesta etapa procede-se a equalização e neutralização da carga do efluente a partir de um tanque de equalização e adição de produtos químicos. Seguidamente, ocorre a separação de partículas líquidas ou sólidas através de processos de floculação e sedimentação, utilizando floculadores e decantador (sedimentador) primário.

2.4.1 Floculação

O processo de coagulação, ou floculação, consiste na adição de produtos químicos que promovem a aglutinação e o agrupamento das partículas a serem removidas, tornando o peso específico das mesmas, maior que o da água, facilitando a decantação.

2.4.2 Decantação Primária

Esta etapa consiste na separação sólido (lodo) – líquido (efluente bruto) por meio da sedimentação das partículas sólidas. Os tanques de decantação podem ser circulares ou retangulares. Os efluentes fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, que apresentam densidade maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo. Essa massa de sólidos, denominada lodo primário bruto, pode ser adensada no poço de lodo do decantador e enviada diretamente para a digestão ou ser enviada para os adensadores.

2.4.3 Peneira Rotativa

Dependendo da natureza e da granulometria do sólido, as peneiras podem substituir o sistema de gradeamento ou serem colocadas em substituição aos decantadores primários. A finalidade é separar sólidos com granulometria superior à dimensão dos furos da tela. O fluxo atravessa o cilindro de gradeamento em movimento, de dentro para fora. Os sólidos são retidos em função da perda de carga na tela, removidos continuamente e recolhidos em caçambas.

2.5 Tratamento secundário

Etapa na qual ocorre a remoção da matéria orgânica, por meio de reações bioquímicas. Os processos podem ser Aeróbicos ou Anaeróbicos. Os processos Aeróbicos simulam o processo natural de decomposição, com eficiência no tratamento de partículas finas em suspensão. O oxigênio é obtido por aeração mecânica (agitação) ou por insuflação de ar. Já os Anaeróbicos consistem na estabilização de resíduos feita pela ação de microorganismos, na ausência de ar ou oxigênio elementar. O tratamento pode ser referido como fermentação mecânica. Maiores detalhes sobre estes tratamentos podem ser encontrados no artigo técnico “Tratamento Biológico de Efluentes”. Como exemplo, cita-se o processo aeróbico lodo ativado.

2.5.1 Tanque de Aeração

Tanque no qual a remoção da matéria orgânica é efetuada por reações bioquímicas, realizadas por microorganismos aeróbicos (bactérias, protozoários, fungos etc). A base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos efluentes, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microorganismos. Os microorganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular (crescimento e reprodução dos microorganismos).

2.5.2 Decantação Secundária e Retorno do Lodo

Etapa em que ocorre a clarificação do efluente e o retorno do lodo. Os decantadores secundários exercem um papel fundamental no processo de lodos ativados. São os responsáveis pela separação dos sólidos em suspensão presentes no tanque de aeração,

permitindo a saída de um efluente clarificado, e pela sedimentação dos sólidos em suspensão no fundo do decantador, permitindo o retorno do lodo em concentração mais elevada. O efluente do tanque de aeração é submetido à decantação, onde o lodo ativado é separado, voltando para o tanque de aeração. O retorno do lodo é necessário para suprir o tanque de aeração com uma quantidade suficiente de microrganismos e manter uma relação alimento/microrganismo capaz de decompor com maior eficiência o material orgânico.

2.5.3 Elevatória do Lodo Excedente - Descarte do Lodo

Etapa em que acontece o descarte do lodo excedente. Os sólidos suspensos, lodo produzido diariamente correspondente à reprodução das células que se alimentam do substrato, devem ser descartados do sistema para que este permaneça em equilíbrio (produção de sólidos = descarte de sólidos). O lodo excedente extraído do sistema é dirigido para a seção de tratamento de lodo.

2.5.4 Efluentes líquidos

Os efluentes líquidos são provenientes do descarte de banhos químicos e águas de lavagem. Eles são geralmente coloridos, alguns com temperatura superior à ambiente e emitem vapores, seus valores de pH atingem os extremos ácidos ou alcalinos (PUGAS, 2007).

As fontes de emissão dos efluentes líquidos (CETESB, 1984) são:

Efluentes contínuos de lavagem após o desengraxe alcalino;

Efluentes contínuos de lavagem após a decapagem ácida;

Efluentes periódicos dos tanques de desengraxe alcalino e decapagem ácida.

Efluentes crômicos – banhos de cromo em geral, abrilhantadores e passivadores e suas águas de lavagem;

Efluentes cianídricos – banhos de cobre, zinco, cádmio, prata, ouro, certas Soluções desengraxantes e suas águas de lavagem;

Efluentes gerais ácidos – soluções decapantes, soluções desoxidantes e suas águas de lavagem;

Efluentes gerais alcalinos – desengraxantes químicos por imersão e eletrólitos e suas águas de lavagem.

De acordo com Pasqualini (2004) os resíduos líquidos provenientes dos processos industriais deverão ser segregados de acordo com sua classificação ou características químicas, separadamente dos coletores pluviais, através de canaletas e/ou tubulações para os tanques de acúmulo (concentração). Os tanques devem ser dimensionados para o volume que atenta a vazão diária de descarte de cada efluente, para garantir a execução de manutenção de equipamentos ou outra eventualidade na operação da Unidade e Tratamento de Efluente. Na elaboração do projeto para segregar e tratar os efluentes, ele também ressalta a importância de se fazer o levantamento de todas as informações sobre a seqüência ou processo de tratamento superficial envolvido. Devem-se elaborar tabelas e fluxogramas da seqüência, com todos os dados sobre volume dos tanques, regime de vazão, frequência de descargas dos concentrados e informações qualitativas sobre a formulação básica do banho.

Como se pode observar diferentes técnicas podem ser aplicadas e permitir maior ou menor eficiência no tratamento dos efluentes líquidos galvanicos, de tal modo a se ter a possibilidade de reuso ou mesmo reciclagem total das águas residuárias, bem como a recuperação de produtos químicos, podendo reduzir o volume final dos despejos lançados pelas indústrias.

A osmose reversa e a eletrodialise são algumas das técnicas indicadas para o tratamento avançado dos resíduos líquidos da galvanoplastia. O custo muitas vezes elevado leva certas indústrias a se valerem de outras formas de tratamento, como, por exemplo, a precipitação química.

Os efluentes que contêm sais de metais pesados podem ser tratados por processos físico-químicos de coagulação-floculação e sedimentação, técnica geralmente aplicada quando há precipitação dos compostos insolúveis e a consequente remoção dos metais pesados complexados (BRESAOLA JUNIOR, 2008).

De acordo com a CETESB (1984) o tratamento mais utilizado para este tipo de indústria é a neutralização, precipitação e remoção dos sólidos precipitados. Os efluentes ácidos e alcalinos são misturados em um tanque com agitação mecânica, onde é feito o acerto do pH pela adição de ácido ou base, com a formação dos precipitados metálicos na forma de hidróxidos. Os agentes neutralizantes mais utilizados para os efluentes ácidos são a soda cáustica, carbonato de sódio e cal, e para efluentes alcalinos, o ácido sulfúrico. A cal tem a desvantagem de ser pouco solúvel, sendo mais difícil seu manuseio e sua dosagem, e por outro lado é um produto mais barato e com a produção de um lodo mais denso e mais fácil de

secar. O hidróxido de sódio tem a vantagem de não necessitar de sofisticados sistemas de dosagem e de produzir um lodo de menor volume do que o produzido pelo cal.

2.6 Emissões gasosas

As emissões gasosas podem ser coloridas ou incolores, e são geralmente irritantes para as mucosas. Os gases são provenientes de reação eletrolíticas, reações de decapagem, reações de desengraxe e reações de corrosão (PONTE, 2000).

Segundo Pasqualini (2004) as emissões atmosféricas são geradas pela evaporação dos líquidos dos banhos, o que acontece em maior quantidade em banhos quentes e em solventes, e pelas reações eletrolíticas que ocorrem nos eletrodos do processo galvânico.

As fontes de emissões gasosas são:

Tanque de desengraxe;

Tanque de decapagem;

Tanque de fluxagem;

Estufa de secagem;

Cuba de zincagem;

Acabamento (CETESB, 2004)

As emissões gasosas devem estar de acordo com as regulamentações do Ministério do Trabalho, as quais recomendam as concentrações máximas dos diversos tipos de poluentes no ar. De uma forma geral estas emissões são controladas através da utilização de exautores e lavadores de gases (PONTE, 2000).

Até o dia 31 de março, de cada ano, o responsável por fontes potencial ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental uma declaração de carga poluidora, contendo as características qualitativas e quantitativas dos efluentes, baseada em amostragem, assim como o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle de poluição.

As águas já utilizadas, em indústrias ou em domicílios, são chamadas de efluentes e o seu retorno aos córregos, rios, lagos ou represas, também deve obedecer normas rígidas, reunidas recentemente em resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

A Resolução CONAMA 430, de 2011 (que complementa a Resolução 357/05), estabelece que os efluentes de qualquer fonte geradora só podem ser lançados diretamente nos

corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução.

2.7 Aplicações da Água Reciclada

Após tratamento a água reciclada poderá ser usada, como forma de preservar este bem precioso, contribuindo com a diminuição da escassez de água no planeta. Os diversos usos da água reciclada são:

- Irrigação paisagística: parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de auto-estradas, campus universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.

- Irrigação de campos para cultivos - plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.

- Usos industriais: refrigeração, alimentação de caldeiras, água de processamento.

- Recarga de aquíferos: recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo.

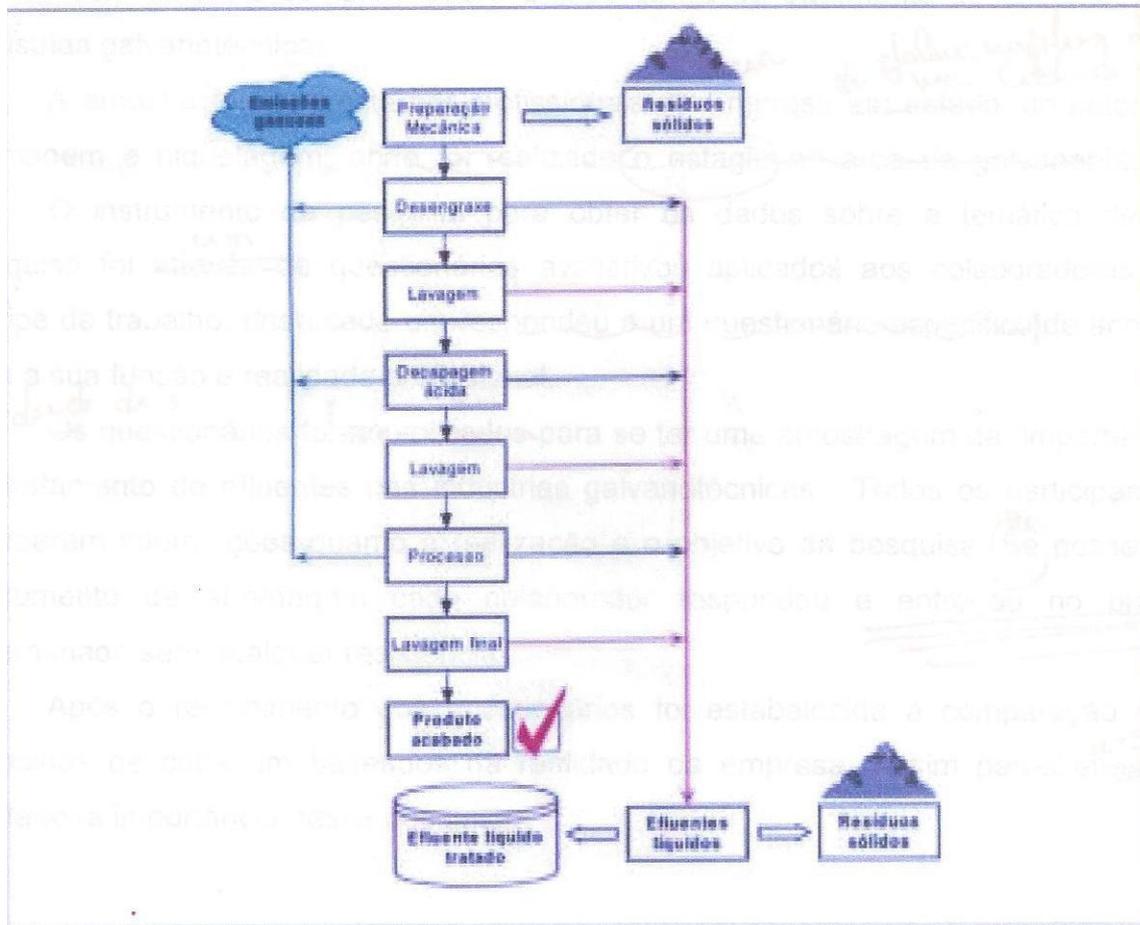
- Usos urbanos não-potáveis: irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc.

- Finalidades ambientais: aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.

- Usos diversos: aquicultura, construções, controle de poeira, dessedentação de animais.

No fluxograma apresentado pela Figura 1, são mostrados os pontos de geração de poluente de um típico processo

Figura 1. Fluxograma de um processo de galvanoplastia com indicação dos pontos de geração de efluentes.



Fonte: Colares,2010

O processo de galvanização, basicamente envolve uma sequência de banhos consistindo de etapas de pré-tratamento, de revestimento e de conversão de superfície. Entre estas etapas, a peça sofre um processo de lavagem. Desta forma, são originados efluentes líquidos, emissões gasosas e resíduos sólidos que necessitam de tratamento específico (CPRH, 2011). O fluxograma da figura 1 representa uma linha de produção na galvanoplastia e indica os pontos onde há geração de efluentes líquidos e emissões gasosas.

Os efluentes líquidos são gerados pelos banhos de desengraxe, das águas de lavagem, decapagem e dos banhos contendo metais. Já as emissões gasosas são provenientes dos banhos que têm temperaturas elevadas e também dos ácidos contidos no processo de decapagem.

As águas contaminadas provenientes do processo produtivo das indústrias galvânicas originam-se de uma série de operações resultantes das etapas de preparo e recobrimento das peças com os diferentes metais. A etapa responsável pela maior contribuição na geração de efluentes líquidos é a etapa de revestimento metálico eletrolítico, que além das etapas de lavagem, necessita de descargas esporádicas do conteúdo dos banhos eletrolíticos (RIANI, 2008).

3 METODOLOGIA

Este trabalho de pesquisa trata-se de um estudo descritivo e bastante exploratório com características transversais e foi estruturada de modo a tornar possível uma análise bem ampla e completa sobre a importância do tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas.

A amostra foi composta por profissionais de uma empresa de galvanoplastia localizada na cidade de Campina Grande-PB, do setor de cromagem e niquelagem. O instrumento da pesquisa para obter os dados sobre a temática deste trabalho de pesquisa foi um questionário avaliativo aplicado aos colaboradores da equipe de trabalho, de acordo com a sua função e realidade profissional.

A finalidade dos questionários foi para se ter uma amostragem da importância do tratamento de efluentes nas indústrias galvanotécnicas. Todos os participantes receberam informações quanto a realização e o objetivo da pesquisa. De posse do instrumento de abordagem os dados foram tabulados.

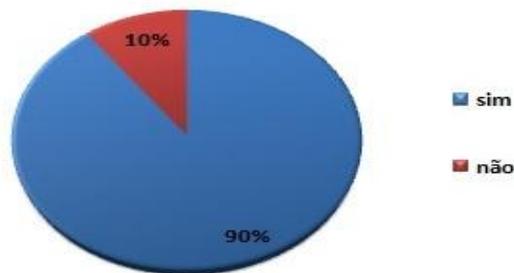
Após o recolhimento dos questionários foi estabelecida a comparação das respostas de cada um dos entrevistados, baseados na realidade da empresa. Os dados foram analisados e assim percebeu-se a verdadeira importância dessa pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 QUESTIONÁRIOS DOS COLABORADORES

Quando perguntados sobre a consciência de que seu trabalho contribui para a poluição ambiental, 90% respondeu que sim e o restante que não tinha essa consciência, embora acreditassem que todos aqueles produtos utilizados não poderiam ser benéfico para o meio ambiente(Gráfico 1).

GRÁFICO 1: Consciência do trabalhador sobre poluição ambiental na atividade que desenvolve



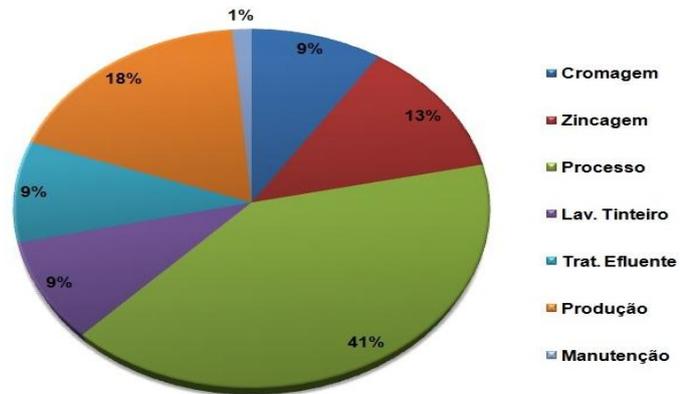
A maior concentração de funcionários na empresa pesquisada, segundo dados tabulados é na área do processamento de embalagens e a menor no tratamento de efluentes, evidenciando que um número maior de pessoas tem consciência do prejuízo causado ao meio ambiente neste setor industrial, uma vez que lidam diretamente com os produtos químicos utilizados no processo.

Notadamente uma percentagem ainda significativa não consegue perceber o quão este tipo de processo agride e polui o meio ambiente e a eles próprios que lidam no dia a dia com este tipo de processo industrial.

Na prática, é possível ainda observar a resistência que existe para o uso correto de equipamento de proteção individual-EPI's, ficando os mesmos sujeitos a exposição de produtos tóxicos e a acidentes de trabalho. Os danos causados por esta exposição muitas vezes demoram a se manifestarem podendo ter caráter de irreversibilidade.

O Gráfico 2 ilustra a percentagem de funcionários e as áreas em que desenvolvem suas atividades.

GRÁFICO 2: Percentagem de funcionários por setor na empresa



Quando questionados sobre a importância do tratamento de efluente, 95% dos entrevistados afirmaram que sim e os 5% que não, demonstrando que ainda falta conscientização da toxicidade dos efluentes gerados, para o ser humano e para o meio ambiente, para aqueles que desenvolvem atividades no setor industrial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar ao final da pesquisa que funcionários não têm consciência dos problemas que sua atividade pode causar à saúde e ao meio ambiente.

Faz-se necessário promover a conscientização de todos os envolvidos no processo de galvanoplastia, adequando uniformemente às normas institucionais, sobretudo por se tratar de uma empresa que reconhece o perigo que sua atividade oferece para o meio ambiente, e também da importância do adequado gerenciamento de seus resíduos e efluentes.

É importante frisar que a empresa está sempre disposta a realizar todas as medidas pragmáticas em função da saúde dos seus funcionários, assim como preservação do meio ambiente de acordo com suas possibilidades financeiras e mercadológicas.

REFERÊNCIAS

- BRESAOLA JUNIOR, R. *Reuso de Águas Residuárias Geradas em Processos de Galvanoplastia*. Disponível em: <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/aresidua/i-o>. 2008 acessado em 31.05.2014 as 19hs.
- CETESB.Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.
- COLARES,C.J.G.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.Unioversidade estadual de Goiás.2010.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357 de 17 de março de 2005.
- CPRH, COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Tipologia Galvanoplastia. Recife: CPRH/GTZ. 2001.
- LIMA,I.G.V.Performance do Processo de Coagulação/floculação no tratamento do Efluente Líquido gerado na Galvanoplastia.Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, área de concentração em Desenvolvimento de Processos. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ,Toledo,2009
- PASQUALINI, A. *Estudo de Caso Aplicado a Galvanoplastia*. Produção. Florianópolis, 2004.
- PONTE, H. A. *Tratamento de Efluentes Líquidos de Galvanoplastia*. 2000.
- PUGAS, M. S. *Íons de Metais Pesados Ni, Cu e Cr em Área Impactada por Resíduos de Galvanoplastia na Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo, 2007
Resolução CONAMA 430, de 2011.
- SENAI. Estação **didática de tratamento de efluentes**. Silva M. F. A, 2007.
- SEBRAE. Cartilha Sebrae de **sustentabilidde. Gestão das águas**. Cuiabá: CUIABÁ, 2012
- SILLOS,R.M.Manual Técnico.Tratamento de Superfícies.Surtec do Brasil.3°.ed.São Bernardo dos Campos,SP,2009.

ANEXOS

ANEXO A – QUESTIONARIO DOS COLABORADORES

Apresentação do Questionário de pesquisa

Tema: A importância do tratamento de efluentes em indústria galvanotécnica

Empresa: _____

Colaborador: _____ Idade: _____

Endereço: _____ nº _____ Bairro: _____

Função: _____ Email: _____

Cidade: _____ Estado: _____

Leia as perguntas e responda de acordo com o seu trabalho.

1 Você é consciente de que seu trabalho contribui para a poluição ambiental?

2 Em que área você desenvolve seu trabalho?

3 Você acha que é importante o tratamento de efluentes na indústria?
