



## VI-227 – APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA GALVANOPLASTIA

**João Paulo Borges Pedro<sup>(1)</sup>**

Tecnólogo em Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Maringá. Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua As Acácias, 45 bloco A1 apto 202 - Carvoeira - Florianópolis – SC - CEP: 88040-560 - Brasil - Tel: (48) 3721 7737 / 9995 1998 - e-mail: joaopaulo.pedro@hotmail.com

### RESUMO

A galvanoplastia é uma técnica utilizada para recobrir peças metálicas ou plásticas com uma camada metálica, para fins de proteção e estética. Nos processos galvânicos são utilizadas diversas técnicas para que a peça adquira resistência à corrosão, proteção contra oxidação, maior durabilidade, aspectos decorativos, entre outros. Porém, grande quantidade dos produtos empregados é perdida no processo por práticas inadequadas de produção ou operação, e acabam sendo enviadas às Estações de Tratamentos de Efluentes. A maioria dos produtos químicos perdidos é potencialmente prejudicial ao meio ambiente, em especial o cianeto e os metais pesados. Pretende-se, desta forma, auxiliar as empresas do setor galvânico a adequarem o seu processo produtivo, de maneira que possam minimizar o uso de recursos naturais, como água e energia, prevenir e reduzir perdas, através da aplicação de Programas de Produção mais Limpa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produção mais Limpa, Galvanoplastia, Minimização de Resíduos.

### INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a questão ambiental tem levado a sociedade a se perguntar como é possível evitar que o meio ambiente seja deteriorado pela ação antrópica. Neste sentido, muitos trabalhos científicos são desenvolvidos, procurando preencher esta lacuna. Os recursos naturais são extraídos de forma bastante acelerada para suprir as necessidades da sociedade, e um dos grandes responsáveis por essa extração é o setor industrial. A quantidade de água requerida pela indústria é enorme, uma vez que a maioria dos processos produtivos necessitam de água para a formação de produtos ou em etapas intermediárias.

A indústria galvânica é uma grande consumidora de recursos hídricos já que seus processos necessitam primordialmente de água para ocorrerem. Segundo Simas (2007), a galvanoplastia é uma técnica que transmite íons metálicos de uma superfície geralmente líquida (chamado de eletrólito) para outra superfície, que pode ou não ser metálica. Isto é feito para conferir às peças trabalhadas um aumento de resistência à corrosão, de durabilidade, condutividade e melhora da aparência estética.

Devido às características impactantes dos resíduos provenientes do processo produtivo pela presença de cianeto e metais pesados, é necessário trabalhar em busca de um modo de produção que possa minimizar a quantidade de poluentes a serem tratados. A Produção mais Limpa (P+L) entra neste contexto, através de uma análise de todos os processos produtivos que permite identificar algumas etapas em que a redução da geração de resíduos pode ser realizada.

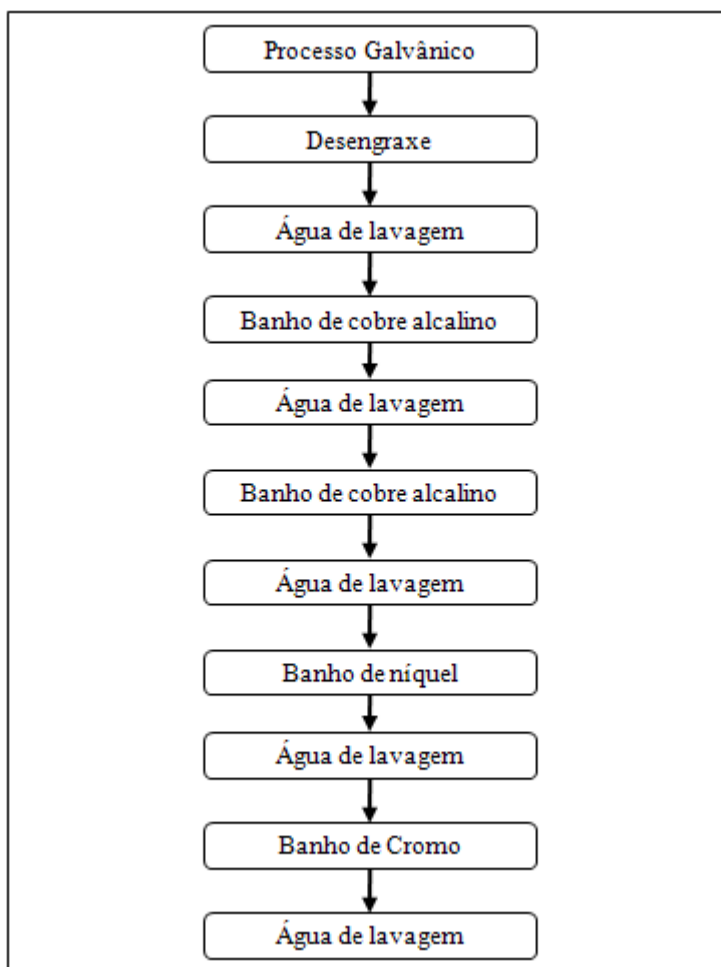
### PROCESSOS GALVANOTÉCNICOS

Os processos de revestimento de materiais metálicos, plásticos ou cerâmicos ocorrem por eletrodeposição, anodização ou algum tipo de reação química. Para as etapas de tratamento de superfícies, ocorrem os chamados 'banhos galvânicos', em que determinadas peças são imersas em soluções eletrolíticas para receberem determinado tratamento. A nova camada que a peça recebe pode ser de diferentes matérias como ouro, prata, cobre, níquel, cromo, zinco, e vários outros metais. Nestas soluções, há uma série de substâncias que podem ser impactantes ao meio ambiente e nocivas à saúde humana (Ladeira, 2008).

Conforme explica Pugas (2007), as etapas envolvidas na galvanoplastia são:

- Pré-tratamento, em que, num primeiro momento, ocorre a limpeza das peças para remover óleos e graxas, em soluções com hidróxidos, fosfatos, carbonato de sódio e alguns solventes, à temperaturas entre 50 e 85°C. Numa segunda etapa, também para remoção de óleos e graxas, aplica-se corrente elétrica com desengraxantes eletrolíticos mais cianetos solúveis;
- Lavagens e ativações ácidas, em que as peças são imersas, sequencialmente, em tanques de água para lavagem e em soluções de ácido sulfúrico ou clorídrico para neutralização, limpeza de sua superfície;
- Eletrodeposição, em que sais e/ou complexos metálicos denominados eletrólitos, são reduzidos e depositados sobre uma peça.

O fluxograma abaixo, representado na Figura 1, exemplifica um processo típico de uma indústria galvânica.



**Figura 1 - Fluxograma de processo, típico da indústria galvânica.**

Fonte: adaptado de Pugas (2007).

Os banhos galvânicos, que são as imersões às quais as peças são submetidas, dependem de sua composição e propriedades. Alguns metais são mais comumente utilizados nos banhos galvânicos. Entre eles, estão:

- Cianídricos de cobre: usados para fins de decoração e proteção de superfícies metálicas da ação de soluções ácidas. São usados para revestimento de peças de ferro, latão, ligas de zinco e alumínio, com a deposição de uma fina camada;
- Ácidos de cobre: bastante utilizados pois, em pouco tempo, permite a deposição de camadas dúcteis com ótimo nivelamento de superfícies irregulares. Eletrólitos de fluoroboratos de cobre são usados na produção de tubos, chapas, fios e moldes com grande intensidade de correntes elétricas, permitindo velocidade de eletrodeposição e camadas espessas;



- Níquel: compostos com sulfato de níquel são muito utilizados devido ao bom controle qualitativo da solução, e possibilita o posterior depósito de cromo em sua camada. O cloreto de níquel permite maior condutividade elétrica proporcionando melhor distribuição do metal na peça;
- Cromo: a utilização de camadas de cromo, denominados de cromo duro ou brilhante, proporciona dureza e resistência ao desgaste. Em meio ácido, óxidos de cromo formam o oxianion dicromato, que será reduzido e depositado sobre a peça.

Conforme mostrado acima, a geração de efluentes na indústria galvânica é bastante ampla, e as características desses efluentes dependem das etapas dos processos em que são gerados e os compostos utilizados em cada um. Segundo Valenzuela (1999), existem várias etapas onde são gerados os efluentes e seus compostos: extravasores dos tanques de preparação e lavagem, com solventes orgânicos de óleos e graxas, extravasores dos tanques de lavagem das peças retiradas dos banhos eletrolíticos, descarga de fundo dos tanques, descarga dos lavadores de gases para renovação da água de lavagem, respingos entre tanques devido à transferência de objetos de uma unidade à outra e vazamento de tanques e canalizações.

Os efluentes galvânicos são constituídos de compostos impactantes ao meio ambiente, podendo conter: cromo hexavalente, provenientes de águas de lavagem de banhos de cromo; cianeto de águas de lavagem dos banhos de cobre, zinco, cádmio, prata, ouro; óleo solúvel de descartes periódicos usados na usinagem de peças, resíduos alcalinos de águas de lavagem de fosfato, desengraxante, decapante ácido e alcalino, neutralizantes e banhos de cobre, níquel e zinco; resíduos ácidos provenientes da lavagem de peças contendo solventes ou soluções químicas ácidas; e resíduos alcalinos usados em banhos para a remoção de óleos e graxas (VALENZUELA, 1999).

## PRODUÇÃO MAIS LIMPA

A grande quantidade de produtos tóxicos lançados ao meio ambiente justifica a busca de um modelo de produção que possa minimizar a quantidade de poluentes a serem tratados. O excessivo consumo de água e energia, geração de emissões atmosféricas por banhos aquecidos, geração de aerossóis, entre outros, necessitam de uma nova visão que não seja apenas um tratamento fim-de-tubo.

A Produção mais Limpa (P+L) é uma ferramenta que permite minimizar cargas poluidoras e redução de consumo de recursos naturais através de análises do processo produtivo, identificando possíveis mudanças nas etapas produtivas sem comprometer a qualidade do produto final.

Além dos benefícios ambientais, a P+L pode proporcionar economia, com contenção de custos, e aumento de competitividade no mercado.

## PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA GALVANOPLASTIA

Diversas oportunidades de P + L foram identificadas na galvanoplastia, trazendo benefícios as empresas que os adotaram, principalmente relativos a redução de gastos e melhorias ambientais. Existem diversas formas de aplicação de produção mais limpa especificamente no ramo da indústria galvânica. Alguns deles, são acessíveis a maioria das empresas, dependendo de medidas relativamente simples. Outras, em contra partida, são mais restritas pelo valor de investimento necessário que requerem. Abaixo, apresentam-se diversas técnicas de P+L que podem ser aplicadas aos processos galvânicos e possibilitam resultados satisfatórios quando são empregadas

### Aumento da vida útil dos banhos

Conforme mostra Bernardes et al. (2000) é preciso ser feito um controle analítico regular dos banhos galvânicos, adicionando compostos químicos somente quando necessário. Deve-se ter conhecimento das impurezas e fontes de contaminação para otimizar o processo de recuperação dos banhos, pois são as impurezas que prejudicam a eficiência e a deposição de camadas. Aumentando a vida útil dos banhos, diminui-se o volume de reagentes químicos, acarretando em menores gastos. É preciso promover o tratamento dos banhos para remover íons metálicos, sais insolúveis e produtos orgânicos, visando o aumento de sua vida útil. Recomenda-se o tratamento químico, filtração, tratamento com carvão ativado, eletrólise e tratamento com membranas.



- Tratamento químico: precipita-se alguns contaminantes de banhos com cianeto de potássio adicionando-se hidróxido de cálcio, ou sulfeto de sódio para remover zinco ou chumbo. Este processo ocorre em tanque separados e o precipitado de ser filtrado para sua separação.
- Filtração: remove partículas e compostos insolúveis. Filtros são ligados aos tanques de banhos, e promovem a purificação dos mesmo. Este processo possui bom custo benefício e permite boa qualidade do tratamento superficial, menor quantidade de efluentes e resíduos gerados.
- Tratamento com carvão ativado: remove-se compostos orgânicos que prejudicam a deposição de camadas utilizando carvão ativado. Assegura boa qualidade do revestimento e tem boa relação de custo/benefício. Pequenas colunas são instaladas para o uso do carvão ativado, e isso representa baixos custos de investimento. Porém a substituição do carvão pode ser onerosa.
- Eletrolise: remove-se íons metálicos indesejáveis pela aplicação de baixas correntes elétricas no tanque. Custos de operação proporcionais aos custos de energia elétrica.
- Tratamento por membranas: ocorrem por eletrodialise (membranas carregadas eletronicamente separam espécies iônicas), osmose reversa ou ultrafiltração (remoção de óleos).

Os trabalhos de Mandich (2004), CPRH (2001), ConnTAP (1990), MFASC (1997) e Viguri (2002) apontam como medidas para aumentar a vida útil dos banhos a implantação de um programa de manejo de fluídos na empresa; otimização dos enxágües, utilizando somente o necessário; aumento do tempo de gotejamento das peças, evitando contaminação do banho subsequente; utilização de água deionizada nos enxágües, filtrar os banhos continuamente, controlar os banhos com medição de diversos parâmetros como pH, temperatura e concentração; adicionar produtos químicos somente quando necessário.

### **Diminuição do arraste do banho**

Existem vários fatores que influenciam no arraste de volume de banho para a operação subsequente. Portanto, diminuindo este arraste, diminui-se a perda de produtos químicos e o consumo de água. Deve-se considerar a velocidade de retirada da peça do tanque, evitando o arraste do banho, o tempo de escorrimento deve ser ideal para que o arraste seja mínimo (10 segundo para peças suspensas pode reduzir em 60-80% o arraste), movimentação das peças tem de ser otimizado, a geometria e posicionamento das peças deve ser analisada para que favoreçam o escorrimento, e o controle das propriedades do banho podem facilitar o escorrimento (diminuição da viscosidade, aumento de temperatura, redução da tensão superficial são exemplos) (BERNARDES et al., 2000).

Orientações semelhantes são dadas por diferentes autores, como EPA (1997), CPRH (2001), Mandish (2004) e ConnTAP (1990), que propõem o aumento e/ou tempo adequado de gotejamento das peças e proporcionar redução de arrastes para o piso ou tanques subsequentes.

Outras medidas que podem reduzir o arraste dos banhos são instalação de barreira de gotejamento ou rampas de respingos, que permitem também recuperação de produtos químicos que seriam perdidos para o solo e contaminariam o banho subsequente (CPRH, 2001).

### **Substituição de processos ou componentes problemáticos**

É possível trabalhar de forma a substituir compostos que podem ser problemáticos do ponto de vista ambiental. Deve-se substituir o uso de desengraxantes de cianetos por desengraxantes à base de silicatos. Pode-se usar zinco ácido ou alcalino sem cianetos. Banhos alcalinos e/ou ácidos também substituem o uso de cianetos. O cádmio pode, também, ser substituído por deposição de zinco-níquel. É possível substituir o cromo por níquel químico e compósitos de níquel, e anodização com ácido crômico pode ser substituída por anodização com ácido sulfúrico e ácido sulfúrico/bórico (BERNARDES et al., 2000).

Compostos organo-halogenados (AOX) podem ser tóxicos, e por esse motivo deve-se evitar a oxidação de cianeto com hipoclorito substituindo por oxidação anódica com peróxido de hidrogênio ou com ozônio. O cloreto férrico também resulta na formação de AOX e por isso outros polímeros sintéticos como floculantes.

Agentes complexantes também são problemáticos para ETEs, pois são muito difíceis de precipitar. Então, é interessante procurar métodos mais sofisticados de tratamento de efluentes (BERNARDES et al., 2000).

CETESB (2002) afirma que substituindo-se materiais tóxicos, como cianeto e cromo hexavalente no processo industrial, é possível reduzir os custos de tratamento do efluente, além de ser benéfica ao meio ambiente e ao trabalhador. Como exemplo tem-se:



- substituição do ácido nítrico na limpeza do latão por soluções de peróxido de hidrogênio, cujos benefícios são a não formação de óxido nítrico, menos agressividade (evita a decapagem excessiva), e proporciona tratamento de efluentes mais simplificado, com apenas neutralização;
- Substituição do cianeto nos desengraxantes por similares isentos de cianeto;
- Substituição do cianeto nos banhos de cobre por sulfato de cobre em meio ácido, permitindo redução significativa nas emissões de cianeto. Outra opção é o banho de cobre à base de pirofosfato de cobre, com reduzida geração de lodo, alta penetração, menor tempo de deposição.

### **Lavagem adequada das peças**

Antes de realizar um enxágue nas peças, é preciso fazer um bom escoamento, afim de evitar arrastes para os tanques de lavagem. A lavagem pode ocorrer de varias formas: água corrente em cascata, em que há a entrada de água corrente contraria ao fluxo das peças, com adição de água limpa no ultimo tanque enquanto a peça entra na primeiro tanque; enxágue em agua parada é uma forma econômica de realizar uma pré-lavagem das peças para posteriormente passarem pela lavação em cascata; e enxágue com borrifadores, usado para peças planas com eficiência variando de acordo com a forma e posição dos bocais e da pressão utilizada, e neste caso um enxágue triplo em contracorrente é suficiente para ser eficiente. (Bernardes et al. 2000).

Viguri (2002) recomenda obter a quantidade mínima de água para uma ótima lavagem das peças. O autor coincide com EPA (1997), CPRH (2001), MFASC (1997) e MANDICH (2004) ao sugerir a aplicação de borrifadores nos tanques de enxágue reduzindo também o arraste. Quaresma (2000) propõe a substituição de chuveiros de acionamento manual por bicos aspersores fixados nas paredes dos tanques de lavagem.

Para sistemas com fluxo continuo, MFASC (1996), CPRH (2001) e Hubal (1995) sugerem a instalação de tanques de enxágue de corrente em contra-fluxo com a finalidade de reduzir o consumo de água, além de cuidados na operação em relação ao tempo ao enxágue e tempo de drenagem.

EPA (1997) e Mandich (2004) recomendam um melhor posicionamento das gancheiras e aumento do tempo de respingo para minimização do arraste.

### **Utilização de menor distancia possível entre tanques**

Uma mudança no leiaute do processo é requerida a fim de diminuir a distancia entre os banhos, e dessa forma reduzir as perdas e água e compostos químicos para o piso, que serão enviados para a ETE (Bernardes et al. 2000).

ConnTAP (1990) e MFASC (1996) coincidem ao propor um adequado desenho e posicionamento dos tanques a fim de diminuir o tempo e esforço dos trabalhadores para a movimentação das peças e reduzir as perdas por arraste no piso.

A Tabela 1 é uma síntese das técnicas e medidas e produção mais Limpa que podem ser aplicadas à indústria de galvanoplastia.



**Tabela 1: técnicas e medidas de Produção mais Limpa aplicáveis à indústria galvânica.**

<b>Técnicas de P+L</b>	<b>Medidas de P+L (verificar o título)</b>
Aumento da vida útil dos banhos	Tratamento dos banhos para remover íons metálicos, sais insolúveis e produtos orgânicos, através de tratamento químico, filtração, tratamento com carvão ativado, eletrólise e tratamento por membranas.
Diminuição do arraste do banho	Velocidade de retirada da peça do tanque e tempo de escorrimento deve ser ideal para que o arraste seja mínimo. Otimização da movimentação das peças. Instalação de barreira de gotejamento ou rampas de respingos.
Substituição de processos ou componentes problemáticos	Identificação de produtos químicos utilizados no processo produtivo que sejam menos agressivos ao meio ambiente, como o cianeto. Exemplos: substituição do ácido nítrico na limpeza do latão por soluções de peróxido de hidrogênio; substituição do cianeto nos banhos de cobre por sulfato de cobre em meio ácido.
Lavagem adequada das peças	Realizar escorrimento adequado. Água corrente em cascata (contra-fluxo). Enxágue com borrifadores.
Utilização de menor distância possível entre tanques	Mudança no leiaute do processo produtivo. Desenho e posicionamento adequado dos tanques.

## OUTROS SISTEMAS DE ECONOMIA DE ÁGUA

Existem outras técnicas aplicadas à galvanoplastia que permitem redução no consumo de água nos processos produtivos de uma empresa. De acordo com Valenzuela (1999), as técnicas são as seguintes:

- Orifícios limitantes: o uso desta ferramenta controla a vazão em águas de lavagem, não permitindo que grandes quantidades de água sejam utilizadas desnecessariamente.
- Drag-Out: são tanques de recuperação utilizados para conter alguns metais valiosos que poderiam ser perdidos pelo carreamento das peças, como banhos de ouro ou prata.
- Água quente: os tanques de água quente podem ser liberados ao poucos, ao invés de ser descartado semanalmente, e desta maneira evita concentração iônica devido à evaporação e ao arraste. Esse descarte pode ser direcionado à tanques de lavagem ao invés de ir diretamente à ETE.

## ALGUNS CASOS DE SUCESSO

Diversas empresas do setor galvânico adotaram medidas simples para redução de consumo de matérias-primas e de sua recuperação e obtiveram resultados satisfatórios, do ponto de vista econômico e ambiental. A seguir são apresentados alguns destes casos de P+L aplicados à galvanoplastia.

### Recuperação de níquel

A Empresa Mahle desenvolveu um projeto chamado Recuperação de Níquel para Reúso em Processo Galvânico (CETESB, 2007) instalou um equipamento denominado Estação de Precipitação de Níquel (EPN), em que, ao efluente previamente segregado, é adicionado hidróxido de sódio, que forma um lodo de hidróxido de níquel. Este lodo é desaguado em um filtro prensa e posteriormente é encaminhado ao fornecedor da matéria-prima, que recupera o níquel do lodo, transformando-o em sulfato de níquel, oferecendo desconto deste produto à empresa. Desta forma, houve redução de carga de níquel no efluente, além da diminuição de 10 a 15% de lodo na ETE, economizando R\$ 10.800,00/ano com transporte e disposição, e redução de 35% no custo de compra de sulfato de níquel, economizando R\$38.400,00/ano. Houve investimento no projeto de R\$65.000,00 e o tempo de retorno foi de 1 ano e 4 meses.

### Redução no consumo de água da rede pública

A empresa Realen Folheados Indústria Comércio e Exportação Ltda, preocupada em reduzir seu consumo de água da rede pública, substituiu chuveiros de lavagens de peças que consomem grande quantidade de água (100m<sup>3</sup>/mês), por chuveiros com bocal menor e orifícios de diâmetro menor. Este novo equipamento tem vazão de 6,4 l/min, bem menor do que o anterior, com vazão de 51 l/min. O investimento foi praticamente nulo, restringindo-se à compra





dos novos chuveiros. Essa troca permitiu redução no consumo de água no processo de lavagem em 87,45% e 27% a menos do consumo total de água na empresa, representando grandes economias (CETESB, 2007).

### Redução no consumo produtos químicos

Outro caso de P+L é o da empresa Zetti Indústria e Comércio e Galvânica de Bijuterias EPP Ltda, que simplesmente implementou uma haste nos tanques de banhos galvânicos, inclinado as peças em 45° permitindo que o arraste, contendo produtos químicos, retornasse ao tanque, em 15 segundos de escoamento (CETESB, 2007). Como as peças deixaram de contaminar os tanques seguintes devido ao escoamento realizado, houve redução no consumo de produtos químicos utilizados na preparação dos banhos e diminuição do efluente gerado enviado à ETE.

Houve uma economia de R\$110,40 por dia, equivalente a R\$ 26.500/ano, sem necessidade de investimentos.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo mostra que existem diversas ferramentas que possibilitam ao setor de galvanoplastia implementar programas de Produção mais Limpa, sem que isso possa constituir grandes investimentos à empresa que tem interesse em realizá-lo. A Produção mais Limpa apresenta-se com um ótimo instrumento para que empresas do setor galvânico possam desenvolver métodos que minimizem seu consumo de energia, água, matéria-prima e otimizem seus processos produtivos.

É interessante ressaltar que a P+L pode ser alcançada com simples medidas e ações que não representam grandes investimentos, como substituição de equipamentos ou mudanças na forma de trabalho de funcionários.

Porém, para que programas desse tipo possam ocorrer, são necessários esforços por parte do empreendedor, e esta iniciativa resultará em benefícios econômicos e ambientais, através da redução de perdas e gastos, aumentando a competitividade no mercado, com diminuição dos passivos e impactos ao meio ambiente.

Materiais bibliográficos sobre Produção mais Limpa apresentam-se como ótimos instrumentos de auxílio à esses empreendedores que desejam implementar programas de P+L em suas empresas, para que possam desenvolver medidas de minimização de uso de recursos naturais, principalmente os hídricos, que são os mais requeridos pela Indústria galvânica, além da substituição de compostos tóxicos no processo produtivo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCY, U.S. Environmental Protection. Extending Metal Finishing Bath Life. Disponível em: <<http://www.epa.gov/region09/waste/p2/projects/metal-blexten.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2009.
2. BERNARDES, A. M., NÍQUEL, C.L.V., SCHIANETZ, K., SOARES, M.R.K., SANTOS, M.K., SCHNEIDER, V.E. Manual de Orientações Básicas para a Minimização de Efluentes e Resíduos na Indústria Galvânica. Porto Alegre: SENAI, 2000. 64 p.
3. CETESB. Compilação de técnicas de prevenção à poluição para a indústria de galvanoplastia. São Paulo. 2002. Manuais Ambientais. São Paulo: CETESB. 43p.
4. CETESB. Relatório final das atividades desenvolvidas junto à empresa Mahle Metal Leve S/A. São Paulo. 2007. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB. 2p. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/casos.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/casos.asp)>. Acesso em: 10 abr. 2009.
5. CETESB. Relatório final das atividades desenvolvidas junto à empresa Realen Folheados Indústria Comércio e Exportação Ltda. São Paulo. 2007. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB. 2p. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/casos.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/casos.asp)>. Acesso em: 10 abr. 2009.
6. CETESB. Relatório final das atividades desenvolvidas junto à empresa Zetti Indústria e Comércio e Galvânica de Bijuterias EPP Ltda. São Paulo. 2007. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB. 2p. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/casos.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/casos.asp)>. Acesso em: 10 abr. 2009.
7. Connecticut Technical Assistance Program - CONNTAP. Waste Minimization and Pollution Prevention: Self-Audit Manual. Hartford, 1990. 74p.
8. CPRH – COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Tipologia Galvanoplastia. Recife: CPRH/GTZ, 2001. 107p.



9. HUBAL, Elaine A. Cohen; OVERCASH, Michael R.. Net-waste-reduction analysis applied to zero-water discharge systems for chromic acid electroplating. *Journal de Cleaner Production*, Raleigh, v. 3, n. 3, p.161-167, 1995.
10. LADEIRA, A. C. Q. Avaliação do potencial poluidor da indústria indústria galvânica: caracterização, classificação destinação de resíduos. *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, p.1-6, Set. 2008.
11. MANDICH, N.v.. Rising Efficiency Revisited. *Metal Finishing* , v. 102, n. 3, p.33-38, mar. 2004.
12. MFASC, Metal Finishing Association Of Southern California -. Reducing Dragout With Spray Rinses. Disponível em: <<http://www.nmfrc.org/pdfs2/metal-spray.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2009.
13. PUGAS, M. S. Íons de Metais Pesados Ni, Cu e Cr em Área Impactada por Resíduo de Galvanoplastia na Região Metropolitana de São Paulo. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia. São Paulo, 2007.
14. SIMAS, R. Levantamento da geração de resíduos galvânicos e minimização de efluentes contendo cianeto. 135 f. Dissertação (Mestre) - Departamento de Programa de Pós-Graduação em Engenharia De recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
15. VALENZUELA. J. Tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas. São Paulo: Páginas e Letras – Editora e Gráfica 1999.
16. Viguri, J.R., Andrés, A., Irabien, A. Waste minimisation in a hard chromium plating small medium enterprise (SME). *Waste Management*, Santander, v.22, p. 931-936, jun. 2002.