

BIJUTERIAS

SÉRIE P+L





GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Geraldo Alckmin
Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
José Goldemberg
Secretário

CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Rubens Lara
Diretor Presidente

São Paulo
2005



Rubens Lara
Diretor Presidente

Alaôr Lineu Ferreira
Diretor de Gestão Corporativa

Otávio Okano
Diretor de Controle de Poluição Ambiental

Lineu José Bassoi
Diretor de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

S236b Santos, Mateus Sales dos
Bijuterias / Mateus Sales dos Santos, Hélio Tadashi Yamanaka [e]
Carlos Eduardo Medeiros Pacheco. - - São Paulo : CETESB, 2005.
54 p. (1 CD) : il. ; 30 cm. - - (Série P + L)

Disponível em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.
ISBN

1. Bijuterias - indústria 2. Eletrodeposição 3. Galvanoplastia –
indústria . Poluição - controle 5. Poluição - prevenção 6. Processo
industrial – baixa fusão 7. Produção limpa 8. Resíduos industriais –
minimização 9. Semi-jóias I. Yamanaka, Hélio Tadashi. II. Pacheco,
Carlos Eduardo Medeiros. III. Título. IV. Série.

CDD (21.ed. Esp.) 688.202 86

CDU (ed. 99 port.) 628.51 : 671.21

TERMO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O presente documento, editado pela CETESB, tem o intuito de apresentar a empreendedores e demais interessados as principais informações ambientais sobre o setor produtivo em questão, incluindo exemplos de alternativas de reconhecido valor na busca de uma Produção mais Limpa.

O sucesso da implementação das medidas aqui propostas no entanto depende de diversos fatores, de forma que *a CETESB não se responsabiliza pelos resultados ou por quaisquer consequências decorrentes do uso das medidas aqui propostas*, devendo cada empresa avaliar seu caso individualmente com o devido cuidado, antes da implementação das alterações.

Ademais, a descrição dos processos e dos dados apresentados ao longo deste documento são exemplificativos da média do setor, tomados com base em um reduzido número de empresas. Portanto não correspondem necessariamente à realidade de todas as empresas do setor produtivo, e variações podem e devem ocorrer em função de diferenciações de produtos ou rotas de produção, nível tecnológico, idade da planta, entre outros fatores. Desta forma, *a CETESB ressalta que os exemplos citados não consistem em determinações legais de nenhuma natureza.*

Por fim, a CETESB reconhece que todas as empresas devem se empenhar na busca de uma Produção mais Limpa. Porém esta intenção, ou mesmo a adoção de medidas concretas neste sentido, *não isenta de forma alguma as empresas do cumprimento da legislação ambiental vigente*, tampouco as isenta de quaisquer outros instrumentos normativos dotados de força de lei.

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que, em nome da CETESB, apresento este guia técnico da *Série P+L*, coleção de documentos informativos que pretendem apoiar as empresas na melhoria ambiental por meio da adoção de medidas de Produção mais Limpa (P+L) em seus processos.

Historicamente a CETESB tem o foco de sua atuação voltado às ações de monitoramento do meio (ar, água e solo), licenciamento das fontes potencialmente poluidoras e ao controle ambiental da contaminação, fazendo cumprir a legislação ambiental mediante as chamadas medidas de “fim-de-tubo”. Nestes mais de 35 anos de atividade, a atuação da CETESB promoveu notáveis avanços na garantia de um entorno mais limpo e saudável à população, tornando a empresa uma referência ambiental no país e no exterior.

Nos últimos anos no entanto uma outra forma de atuação tem se delineado, principalmente como resposta a mudanças na própria sociedade. A percepção e o reconhecimento da importância da questão ambiental por parte das indústrias tem levado à incorporação de práticas da Produção mais Limpa como uma forma de enfim congregar vantagens econômicas com benefícios ambientais. As empresas têm percebido que a Produção mais Limpa significa, no fundo, a inclusão da variável ambiental nas ações de melhoria das operações, e atuando desta forma sobre seus processos produtivos, muitas delas já reduziram seus resíduos na fonte, obtendo ainda minimização de seus custos de produção. Esta vantagem das medidas de Produção mais Limpa destaca-se ainda mais se contrastada com o alto custo operacional do tratamento e da gestão dos resíduos gerados pelas empresas, o que mostra claramente que esta é uma ferramenta de interessante utilização prática.

De modo a evoluir em seu modo de atuar junto às potenciais fontes de poluição, a CETESB tem desenvolvido desde 1996 trabalhos de Prevenção à Poluição e Produção mais Limpa junto a diversos setores produtivos. Estes trabalhos representam uma nova forma de interagir com a indústria, não apenas acompanhando a mudança de paradigma em curso por parte de algumas empresas, como também visando despertar esta consciência nas demais.

O presente documento tem como objetivo informar as empresas deste setor produtivo, ainda que de modo sucinto, a importância e as alternativas preventivas no trato de suas questões ambientais. De modo algum as possibilidades aqui levantadas pretendem esgotar o assunto - antes de ser um “ponto final”, estas constituem um “ponto de partida” para que cada empresa inicie sua busca por um desempenho ambiental cada vez mais sustentável.

Por fim, deixo os votos de sucesso nesta empreitada a cada uma das empresas que já despertaram para esta nova realidade, esperando que este guia sirva de norte para a evolução da gestão ambiental no Estado de São Paulo, evidenciando que mediante a Produção mais Limpa é possível um desenvolvimento industrial que congregue o necessário ganho econômico com a imprescindível adequação ambiental.

Rubens Lara
Diretor- Presidente da CETESB

Diretoria de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental

Engº Lineu José Bassoi

Depto. de Desenvolvimento, Tecnologia e Riscos Ambientais

Engª. Angela de Campos Machado

Divisão de Tecnologias Limpas e Qualidade Laboratorial

Farm. Bioq. Meron Petro Zajac

Setor de Tecnologias de Produção mais Limpa

Engº Flávio de Miranda Ribeiro

Elaboração

Químico Carlos Eduardo Pacheco

Engº Hélio Tadashi Yamanaka

Químico Mateus Sales dos Santos

Colaboração

Luiz Paulo Carvalho Giometti

Marie Yamamoto do Valle Quaresma

Renata Santos Salan

SUMÁRIO

Índice

1.INTRODUÇÃO.....	11
2.PERFIL DO SETOR.....	13
3.DESCRICÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	14
3.1Fabricação das peças.....	14
a) Ligas de alta fusão.....	14
b) Processo de cera perdida	14
c) Ligas de baixa fusão.....	15
d) Fundição a baixa Fusão.....	15
e) Fotocorrosão.....	16
f) Estamparia.....	16
g) Rebarbação.....	16
3.2 Processo de deposição.....	17
a)Desengraxe.....	17
a.1) Desengraxe alcalino.....	17
a.2)Desengraxe eletrolítico.....	18
b)Ativação.....	18
c)Cobre alcalino.....	18
d)Cobre ácido.....	19
e)Níquel.....	20
f)Ouro.....	20
g)Folheação.....	21
h)Prata.....	21
i)Ródio.....	21
j) Secagem das peças.....	22
4.ASPECTOS E IMPACTOS DA ATIVIDADE.....	23
4.1.Produção das peças.....	23

a) Processo de fundição	23
b) Fotocorrosão.....	24
4.2. Processo de galvanoplastia.....	25
a) Consumo de água e geração de efluentes.....	26
b) Emissões atmosféricas.....	27
c) Resíduos sólidos.....	27
d) Energia.....	27
e) Metais.....	27
f) Ácidos e álcalis.....	28
g) Outros.....	29
5. MEDIDAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L).....	30
5.1 Processo de Fundição.....	30
5.2 Galvanoplastia.....	31
a) Eliminação ou substituição de materiais tóxicos por outros menos tóxicos	31
b) Aumento de vida útil os banhos.....	32
b.1) Filtração.....	32
b.2) Filtração com carvão ativado.....	32
b.3) Eletrólise seletiva de banhos.....	33
b.4) Reduzir as perdas por arraste (drag-out)	33
b.5) Melhorias no enxágüe das peças.....	34
c) Recuperação de materiais (produtos químicos, água de enxágüe).....	38
c.1) Uso de evaporadores.....	38
c.2) Troca iônica.....	38
c.3) Recomendações diversas.....	39
5.3 Conclusão.....	40
6. BIBLIOGRAFIA.....	41
Anexo 1 – Alguns dos elementos químicos na sua forma composta utilizados na galvanoplastia de semi-jóias.....	42
Anexo 2 – Fichas de identificação de compostos usados normalmente no processo de galvanoplastia com sua respectiva toxicologia.....	43

1. Introdução

Este guia foi desenvolvido para levar até você informações que o auxiliarão a integrar o conceito de *Produção Mais Limpa* (P+L) à gestão de sua empresa. Ao longo deste documento você poderá perceber que, embora seja um conceito novo, a P+L trata, principalmente, de um tema bem conhecido das indústrias: a melhoria na eficiência dos processos.

Contudo, ainda são muitas as dúvidas na hora de adotar a gestão de P+L no cotidiano das empresas. De que forma ela pode ser efetivamente aplicada nos processos e na produção? Como integrá-la ao dia-a-dia dos colaboradores? Que vantagens e benefícios traz para a empresa? Como uma empresa de pequeno porte pode trabalhar à luz de um conceito que, à primeira vista, parece tão sofisticado ou dependente de tecnologias caras?

Para responder a essas e outras questões, este guia traz algumas orientações teóricas e técnicas, com o objetivo de auxiliar você a dar o primeiro passo na integração de sua empresa a este conceito, que tem levado diversas organizações à busca de uma produção mais eficiente, econômica e com menor impacto ambiental.

Em linhas gerais, o conceito de P+L pode ser resumido como uma série de estratégias, práticas e condutas econômicas, ambientais e técnicas, que evitam ou reduzem a emissão de poluentes no meio ambiente por meio de ações preventivas, ou seja, evitando a geração de poluentes ou criando alternativas para que estes sejam reutilizados ou reciclados.

Na prática, essas estratégias podem ser aplicadas a processos, produtos e até mesmo serviços, e incluem alguns procedimentos fundamentais que inserem a P+L nos processos de produção. Dentre eles, é possível citar a redução ou eliminação do uso de matérias-primas tóxicas, aumento da eficiência no uso de matérias-primas, água ou energia, redução na geração de resíduos e efluentes, e reuso de recursos, entre outros.

As vantagens são significativas para todos os envolvidos, do indivíduo à sociedade, do país ao planeta. Mas é a empresa que obtém os maiores benefícios para o seu próprio negócio. Para ela, a P+L reverte em redução de custos de produção; aumento de eficiência e competitividade; diminuição dos riscos de acidentes ambientais; melhoria das condições de saúde e de segurança do trabalhador; melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores, poder público, mercado e comunidades; ampliação de suas perspectivas de atuação no mercado interno e externo; maior acesso a linhas de financiamento; melhoria do relacionamento com os órgãos ambientais e a sociedade, entre outros.

Por tudo isso, vale a pena adotar essa prática, principalmente se a sua empresa for pequena ou média, e esteja dando os primeiros passos no mercado, pois, com a P+L, você e seus colaboradores já começam a trabalhar certo desde o início. Ao contrário do que possa parecer num primeiro momento, grande parte das medidas são muito simples. Algumas já são amplamente disseminadas, mas, neste guia,

elas aparecem organizadas segundo um contexto global, tratando da questão ambiental por meio de suas várias interfaces: a individual relativa ao colaborador; a coletiva referente à organização; e a global, que está ligada às necessidades do país e do planeta. É provável que, ao ler este documento, em diversos momentos, você pare e pense: “mas isto eu já faço!” Tanto melhor, pois isso apenas irá demonstrar que você já adotou algumas iniciativas para que a sua empresa se torne mais sustentável. Em geral, a P+L começa com a aplicação do “bom senso” aos processos, que evolui com o tempo até a incorporação de seus conceitos à gestão do próprio negócio.

É importante ressaltar que a P+L é um processo de gestão que abrange diversos níveis da empresa, da alta diretoria aos diversos colaboradores. Trata-se não só de mudanças organizacionais, técnicas e operacionais, mas também de uma mudança cultural que necessita de comunicação para ser disseminada e incorporada ao dia-a-dia de cada colaborador.

É uma tarefa desafiadora, e que, por isso mesmo, consiste em uma excelente oportunidade. Com a P+L, é possível construir uma visão de futuro para a sua empresa, aperfeiçoar as etapas de planejamento, expandir e ampliar o negócio, e o mais importante: obter simultaneamente benefícios ambientais e econômicos na gestão dos processos.

De modo a auxiliar as empresas nesta empreitada, este guia foi estruturado em quatro capítulos. Inicia-se com a descrição do perfil do setor, no qual são apresentadas suas subdivisões e respectivos dados socioeconômicos de produção, exportação e faturamento, entre outros. Em seguida, apresenta-se a descrição dos processos produtivos, com as etapas genéricas e as entradas de matérias-primas e saídas de produtos, efluentes e resíduos. No terceiro capítulo, você conhecerá os potenciais impactos ambientais gerados pela emissão de rejeitos dessa atividade produtiva, o que pode ocorrer quando não existe o cuidado com o meio ambiente.

O objetivo deste material é demonstrar a responsabilidade de cada empresa, seja ela pequena, média ou grande, com a degradação ambiental. Embora em diferentes escalas, todos contribuimos de certa forma com os impactos no meio ambiente. Entender, aceitar e mudar isso são atitudes imprescindíveis para a gestão responsável das empresas.

O último capítulo, que consiste no “coração” deste guia, mostrará alguns exemplos de procedimentos de P+L aplicáveis à produção: uso racional da água com técnicas de economia e reuso; técnicas e equipamentos para a economia de energia elétrica; utilização de matérias-primas menos tóxicas, reciclagem de materiais, tratamento de água e de efluentes industriais, entre outros.

Esperamos que este guia torne-se uma das bases para a construção de um projeto de sustentabilidade na gestão da sua empresa. Nesse sentido, convidamos você a ler este material atentamente, discuti-lo com sua equipe e colocá-lo em prática.

2. Perfil do setor

O setor de bijuterias do qual trata este guia é composto majoritariamente por empresas da cadeia produtiva do chamado ramo das jóias folheadas, que produz peças de metal, em geral ligas de zinco e estanho, recobertas por camadas de metais nobres, como a prata e o ouro.

Tratando especificamente deste tipo de peças, o Brasil ocupa o 27º lugar no ranking tanto de exportações como de importações mundiais, sendo que os principais países de destino das exportações brasileiras são Argentina, Venezuela, Peru, Colômbia e Estados Unidos.

Internamente no país, o setor de folheados representa um mercado que fatura R\$ 572,3 milhões anuais, sendo que 37% desta produção (equivalente a R\$ 211,75 milhões) é proveniente do município de Limeira, conhecido como a “capital do folheado” no país.

Em relação aos empregos gerados, o Sintrajóias – Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias de Jóias, afirma que o setor emprega cerca de 7 mil trabalhadores, mas dados extra oficiais apontam que mais de 35 mil pessoas estão envolvidas com as fábricas de jóias.

O tamanho das empresas varia bastante, sendo que a maior parte das indústrias é de pequeno porte. No Estado de São Paulo, dados da FIESP classificam as empresas segundo seu faturamento da seguinte forma:

- 9% das empresas faturam acima de R\$ 1.200.000,00
- 7% das empresas faturam de R\$ 601.000,00 a R\$ 1.200.000,00
- 27% das empresas faturam de R\$ 241.000,00 a R\$ 600.000,00
- 30% das empresas faturam de R\$ 61.000,00 a R\$ 240.000,00
- 27% das empresas faturam até R\$ 60.000,00

Quanto a distribuição geográfica do setor, os estados que abrigam empresas de jóias folheadas são: São Paulo com 644 empresas, o Rio Grande dos Sul com 236, Minas Gerais com 181, e o Rio de Janeiro com 85 fábricas.

Ainda sobre a produção do setor, segundo dados divulgados pela FIESP durante o Projeto “Arranjos Produtivos Locais – APL”, a estrutura do setor está dividida da seguinte forma no Estado de São Paulo: Limeira lidera a pesquisa com 310 empresas, seguida de São Paulo com 204, São José do Rio Preto com 39, Pirassununga 10, Bauru 6 e Campinas com 4.

Segundo a CETESB, no município de Limeira existem 150 indústrias cadastradas como galvânicas, sendo que de acordo com dados do setor, as empresas no município de dividem como sendo 33% de jóias folheadas, 47% de fabricação de peças brutas (sem galvanoplastia), e 20% de outros tipos.

Esta concentração do setor no município de Limeira foi o principal motivador do Projeto Piloto de Prevenção à Poluição desenvolvido em parceria pela CETESB, ALJ, CIESP e SINDIJÓIAS, e que entre outros resultados originou o material para elaboração deste guia.

3. Descrição do processo industrial

A produção de bijuterias envolve uma série de processos industriais, notadamente a fabricação das peças (chamadas de “bruto”) e o tratamento de superfícies. Para iniciarmos a descrição do processo, começaremos com a produção das peças que serão posteriormente “*banhadas*”. Nesse caso, a verticalização da produção não é a regra, sendo poucas as empresas que praticam ambas as etapas.

3.1 Fabricação das peças

A fabricação de peças nesse setor é feita, em sua maior parte, por processos metalúrgicos. A fundição é o processo dominante, sendo utilizados os seguintes processos :cera perdida,baixa fusão, foto-corrosão e estamparia.

a) Ligas de alta fusão

São ligas metálicas em latão para confecção de peças para bijuterias que possuem detalhes mais minuciosos, e demandam maior apuro na fabricação, rebarbação e limpeza.

A fundição de peças com ligas de alta fusão é feita por cera perdida, processo descrito a seguir, com o metal sendo fundido em fornos elétricos em temperaturas de 1050 a 1100°C. Deve-se tomar cuidado, pois este processo implica no uso de machos de materiais que se desfazem tão logo entram em contato com o metal quente.



Fig.1 – Forno de fusão de metais

b) Processo de cera perdida

O processo de cera perdida é usado para obtenção de peças fundidas a partir de um modelo de metal, do qual obtém-se um molde de borracha com o formato da peça. Injeta-se então cera derretida no molde obtendo-se o modelo de cera.

No caso das bijuterias, as peças de cera são montadas em árvores (canais pelos quais o metal fundido passará) do mesmo material. O conjunto é envolto em uma solução de gesso e outros componentes para formar cilindros que vão para fornos. Com o aquecimento, a cera se derrete, e é retirada do molde deixando em seu lugar uma cavidade com o formato da peça. A cera derretida é recuperada e pode ser novamente usada no processo.

Como última etapa, despeja-se o metal derretido nas cavidades do molde.(canais e peças). Após o resfriamento, quebra-se o molde de gesso obtendo-se as chamadas árvores, conjunto das peças e canais de fluxo pelos quais passou o metal fundido. As peças são então separadas das árvores, e passam à rebarbação e polimento, caso necessário.



Fig.2 - Árvores de cera e de prata

No caso de cera perdida tem-se como liga metálica uma mistura de 70 a 30% dos metais zinco (Zn) e cobre(Cu), obtendo-se maior dureza que a liga de baixa fusão (descrita a seguir). Utiliza-se em geral o metal da sucata para reaproveitamento.

c) Ligas de baixa fusão.

As ligas de baixa fusão são constituídas de uma mistura dos metais estanho e chumbo numa certa porcentagem em torno de 70% e 30%, respectivamente. Esta liga não oferece a mesma resistência que a alta fusão, mas em compensação a fusão ocorre em temperaturas bem mais baixas, entre 380 a 400°C, facilitando o processo e reduzindo o consumo energético. Neste caso ocorre o reuso das galhadas dos moldes, embora deva-se tomar cuidado com a existência de contaminantes no metal.

d) Fundição a baixa Fusão.

Para realizar a fundição à baixa fusão, modelos das peças são colocadas em um disco não curado de silicone (ou borracha) que se amolda ao seu formato. Após adicionar um composto que evita a aderência, monta-se um outro disco idêntico sobre o anterior, encerrando os modelos entre os discos.



Fig.3 – Molde vulcanizado



Fig.4 – Centrifuga

O conjunto é então colocado em uma prensa de vulcanização para que a borracha penetre em todos os detalhes das peças e também para que ocorra a cura do molde. Após a cura, o molde resultante tem resistência química e ao calor, e procede-se então à abertura manual dos canais pelos quais o metal líquido escorrerá, assim como canais pelos quais haja escape de ar.

Para a produção, os moldes são montados em centrífugas específicas, que ao girar criam condições para que se despeje o metal líquido no orifício central de modo a que este escoe por todos os detalhes das cavidades pela ação da força centrípeta.

Retirado o conjunto, os galhos são separados das peças, sendo os primeiros refundidos e as peças rebarbadas em campanas.

e) Fotocorrosão

O processo de fotocorrosão é mais conhecido para aplicações técnicas de gravação de chapas metálicas, mas pode em alguns casos ser empregado na produção de peças brutas para jóias folheadas.

Como primeira etapa faz-se a aplicação de um esmalte fotossensível sobre placas metálicas de baixa espessura, que podem ser de latão, cobre, níquel, aço inox, alumínio, etc. Após aplicação deste esmalte, monta-se em ambos os lados da chapa um fotolito impresso em filme transparente, e coloca-se o conjunto numa câmara de raios UV, onde ocorre a gravação da imagem do fotolito sobre as placas metálicas sensibilizadas.

As duas faces das placas são então atacadas com solução de percloroeto férrico, que corrói todas as áreas não protegidas, obtendo-se as peças gravadas sem rebarbas.

f) Estamparia

Um método usual, para se trabalhar uma chapa metálica à frio para a produção de peças é estampar o formato desejado usando uma prensa e um molde (estampo).

Este tipo de processo é bastante comum para a produção de pinos e tarraxas para brincos, argolas e chapas pequenas, para os quais são normalmente usadas fitas ou fios metálicos de latão com as dimensões próximas às das peças, podendo ou não haver etapas seguintes de dobra. A sucata resultante é devolvida ao fornecedor.

g) Rebarbação

Após a fundição as peças são tiradas dos moldes, restando a galhada que pode ser reaproveitada.

Dependendo do estado das peças, elas passam por esmerilhamento e polimento, sendo em seguida rebarbadas em campanas.

Este equipamento consiste de um tambor rotativo, que gira axialmente. Em seu interior, além das peças a serem rebarbadas, são colocados *chips* (pequenas peças em formatos geométricos variados feitas de resina ou material cerâmico abrasivos), detergente e/ou polidores.



Fig.5 Campanas

A utilidade dos chips é auxiliar no desbaste de material mediante o movimento dentro das campanas. Nestas, por efeito do atrito entre as peças e os chips ocorre o acabamento desejado.

3.2 Processo de deposição

A galvanoplastia, ou processo de tratamento de superfície, apresenta vasto campo de aplicação. Para fins decorativos, temos além das bijuterias, metais sanitários, peças automotivas, emblemas e outros tipos de peças em que a estética é primordial. Além desta função estética em muitas aplicações existe a necessidade de fornecer às peças características de resistência à abrasão, à corrosão, entre outros problemas que são solucionados com o uso da galvanoplastia.

A seguir, descrevemos algumas das etapas mais usuais nos processos galvanicos do setor de jóias folheadas.

a) Desengraxe

O processo de desengraxe tem a finalidade de limpar a superfície das peças. Esta operação é normalmente classificada como pré-tratamento, em virtude de não incorporar elementos às peças. Há vários métodos de desengraxe: por solventes, aquoso com solução alcalina, aquoso com solução ácida, etc.

No setor de bijuterias, empregam-se os sistemas de desengraxe aquoso de solução alcalina e o eletrolítico.

a.1) Desengraxe alcalino

O desengraxe alcalino serve basicamente para metais ferrosos, pois metais como latão, zamak, alumínio e cobre são atacados, necessitando de inibidores. Os banhos utilizados neste caso contém

diversos sais alcalinos, como hidróxidos e carbonatos, junto com tensoativos e outros aditivos, e sua ação é a de deslocar a sujeira das peças deixando-a em suspensão ou em emulsão.



Fig.6 - Tanque de desengraxe

Como no caso das bijuterias grande parte das peças é feita com ligas de zinco/estanho, o uso de desengraxantes contendo hidróxido de sódio não é possível, uma vez que o zinco e suas ligas são atacados em soluções alcalinas com pH acima de 12.

a.2)Desengraxe eletrolítico

Este tipo de desengraxe consiste na aplicação de corrente elétrica às peças que serão desengraxadas, junto com o próprio desengraxante, sendo as peças ligadas como ânodo ou cátodo. A remoção se dá pela formação de hidrogênio(H_2) na superfície do cátodo e oxigênio(O_2) na superfície do ânodo, e a composição da solução é similar ao dos desengraxantes alcalinos, embora com maior concentração de desengraxante.

Como óleos e sujeiras permanecem nas micro-porosidades da superfície do substrato, este sistema não é usado para a remoção de sujeiras pesadas.

b)Ativação

Após algumas operações de tratamento, ou mesmo com a passagem de tempo, a superfície de algumas peças se oxida, formando uma barreira a deposição de outros metais. Para assegurar a aderência da camada de metal que será depositada, são usadas soluções ácidas de baixa concentração para remoção da camada de óxidos. Em geral, usam-se ácidos clorídrico, sulfúrico, fosfórico ou nítrico, sendo o mais comum o ácido sulfúrico.

c)Cobre alcalino

O primeiro passo de deposição metálica consiste numa fina camada de cobre, usando para isso o processo chamado de cobre alcalino. Estes processos são em geral realizados com sais de cobre cianeto, onde o cianeto cúprico é complexado com cianeto de potássio ou de sódio, para formação de compostos

solúveis de cobre em solução aquosa. Os banhos de cobre cianeto contém em média 30 g/L de cobre cianeto e também 59 g/L de cianeto de potássio ou 48 g/L de cianeto de sódio. Sua densidade de corrente está em torno de 110 a 860 A/m².



Fig.7 - Cobre alcalino

A camada de cobre formada é denominada de strike, e possui de 2 a 3 microns, servindo para proteger o substrato das peças contra a acidez do banho de sulfato.

Camadas mais espessas, de 6 a 8 microns, podem ser obtidas com banhos a base de cianeto de potássio e hidróxido de potássio com concentrações de cobre variando de 25 a 50 g/L

d)Cobre ácido

O passo seguinte na produção de folheados é a deposição de uma camada mais espessa de cobre. Para tanto, existe o banho de cobre ácido, cuja composição é de sulfato de cobre com 11 a 75 g/L e de ácido sulfúrico com 195 a 248 g/L. A densidade de corrente desse banho gira em torno de 215 a 1080 A/m².



Fig.8 - Cobre ácido

Esse banho é utilizado na produção de artigos decorativos pelo seu excelente nivelamento, pois preenche os poros da peça, característica que permite dispensar o polimento e o lustramento antes da niquelação.

e) Níquel

O banho de níquel tem a função de nivelar as imperfeições da peça, permitindo que a deposição posterior apresente excelente aspecto. O banho de níquel tipo Watts é o mais popular, sendo sua composição de sulfato de níquel com 240 a 310g/L, cloreto de níquel com 35 a 50 g/L e ácido bórico com 30 a 45 g/L. Para fins decorativos os banhos contém agentes orgânicos como ácidos benzeno dissulfônicos e trissulfônicos, benzeno sulfonamidas, formaldeído e outros.

Atualmente, dadas as características alergênicas do metal, há a produção de peças que não levam níquel em seu processo de produção. Camadas de bronze podem substituir o papel do níquel, que é evitar a migração do cobre para a camada de ouro, tornando-a avermelhada.



Figura 9. - Banho de níquel com tanque de drag-out

Após as camadas de preparação (cobre e níquel), parte-se às camadas de metais mais nobres, como o ouro, prata e ródio.

f) Ouro

Na indústria de bijuterias, separam-se os banhos de deposição de ouro em pré-ouro, ouro e cor final. Os banhos de pré-ouro e cor final são os chamados banhos *flash*, de deposição rápida e camada baixa. O banho de pré-ouro fornece a base de ancoragem para que camadas mais espessas de ouro sejam depositadas. Sua espessura não excede os 0,2 microns.



Fig.10 - Banho de ouro

O banho seguinte, chamado de banho de ouro, fornece camadas acima dos 0,2 microns. Os componentes básicos são os mesmos do banho de pré-ouro, variando na aditivação e na concentração. O último banho é o chamado banho de cor. Nesse banho entram sais de níquel, cobre, prata ou cobalto que fornecem cores que vão do amarelo ao verde.

Todos os banhos de ouro alcalino são baseados nos sais complexos de cianeto, ouro e potássio $[KAu(CN)_2]$. Sua composição básica é de cianeto de ouro e potássio por volta de 8 a 20 g/L e cianeto de potássio de 15 a 100 g/L. A densidade de corrente para o banho oscila entre 11 a 86 A/dm².

g) Folheação.

Denomina-se genericamente como folheação um tipo de banho de eletrodeposição semelhante ao anterior, no qual é alterada apenas a espessura da camada depositada de ouro, que deve ser bem mais espessa e que depende da determinação do fabricante ou ainda do solicitante.



Figura 11 - Folheação

h) Prata

Para a deposição da prata em semi-jóias são necessários os mesmos processos pelos quais passam as peças para o banho de ouro. Os banhos em uso são a base de sal complexo de cianeto de prata e potássio. Banhos comuns contêm de 30 a 65 g/L prata na forma de cianeto de potássio e prata, de 100 a 120 g/L de cianeto de potássio e de 15 a 120 g/L de carbonato de potássio. A densidade de corrente está entre 11 e 120 A/dm².

i) Ródio

O ródio é um metal da família da platina, usado para aplicações técnicas e decorativas. A sua dureza e resistência ao desgaste são as propriedades mais destacadas. Quando aplicado sobre a prata, evita o aparecimento de manchas nas peças.

O banho de ródio para aplicações decorativas contém de 1,3 a 2,0 g/L de sulfato de ródio(III) ou fosfato de ródio (III) concentrados e de 25 a 80 mL/L de ácido sulfúrico ou fosfórico. A sua densidade de corrente está entre 20 a 100A/dm².

j) Secagem das peças

As peças que saem da linha de galvanoplastia vão para centrífugas que lhes proporcionam a secagem. O equipamento, além de remover a água por centrifugação, seca as peças por meio de resistências elétricas dentro dele.



Fig.12 -Centrífuga de secagem

4. Aspectos e impactos da atividade

Todas as atividades humanas interagem, em maior ou menor grau, com o meio ambiente consumindo recursos (diretamente como a água, ou indiretamente como matérias-primas), modificando o espaço físico ou gerando rejeitos (resíduos sólidos, efluentes líquidos ou emissões atmosféricas). Estas interações são o que chamamos de *aspectos ambientais* de uma atividade.

Se estes aspectos ambientais não forem devidamente controlados, surgem efeitos no meio ambiente, conhecidos como *impactos ambientais*. Um exemplo evidente no setor de bijuterias seria o aspecto do descarte de um banho galvânico contendo cianeto num rio, que provocaria como impacto ambiental a contaminação deste, com a possível morte de peixes e problemas de saúde na população.

Desta forma percebe-se que todas as empresas, em diferentes graus de intensidade, geram aspectos que podem se converter em impactos ambientais. Mesmo pequenas indústrias que numa primeira análise parecem não provocar problemas ambientais pode causar sérios prejuízos caso não se tome o devido cuidado.

Mas o que são resíduos afinal? Estão ligados a idéia de desperdício... De modo geral, os resíduos podem ser descritos de três maneiras:

- ✓ Uso ineficiente de equipamento, espaço, trabalho, tempo ou energia;
- ✓ Materiais gerados no processo que não podem ser reaproveitados;
- ✓ Gerenciamento deficiente de recursos.

O intuito desta capítulo é mostrar pontos onde podem surgir aspectos nas diversas etapas do processo, de modo a focalizar a atenção em possíveis fontes de problemas neste setor industrial. No capítulo seguinte, veremos modos de evitar que este desperdício, e conseqüentemente a geração dos resíduos, ocorra- ou ao menos maneiras de minimizá-la.

4.1. Produção das peças

A produção de peças, como já vimos anteriormente, é realizada por fundição de metais, fotocorrosão ou estamparia. A seguir, são apresentados os principais aspectos e impactos ambientais destas atividades

a) Processo de fundição

Os aspectos e impactos dos processos de fundição são descritos no fluxograma simplificado abaixo.

- **Ar:** a liberação de partículas acontece em todos os estágios do processos de fundição. Os fumos metálicos que se desprendem da fusão das ligas são prejudiciais a saúde dos operadores e podem contaminar o meio ambiente;
- **Resíduos:** o gesso usado nos moldes, uma vez curado, não pode ser reaproveitado. Há estudos para sua reutilização, mas atualmente as empresas deixam-no estocado ou enviam-no para aterros.

b) **Fotocorrosão**

Para a fotocorrosão temos o esquema abaixo mostrando de forma simplificada as entradas e saídas de material no processo.

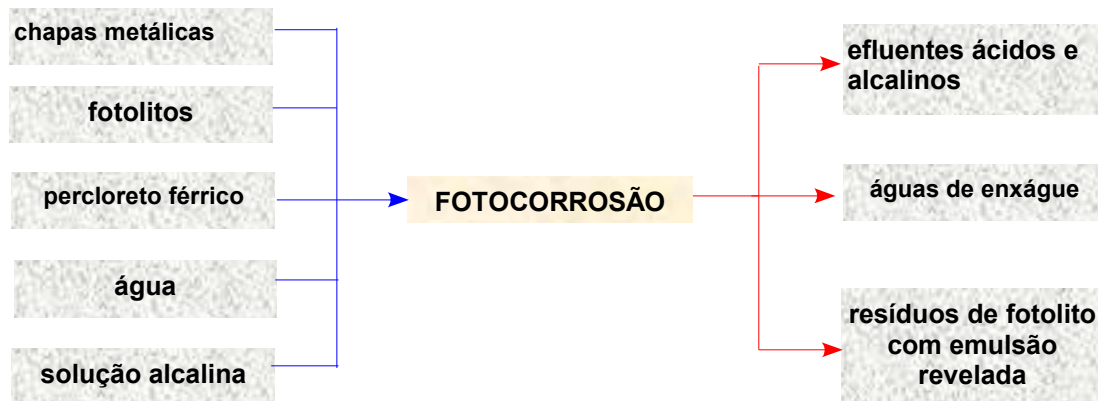
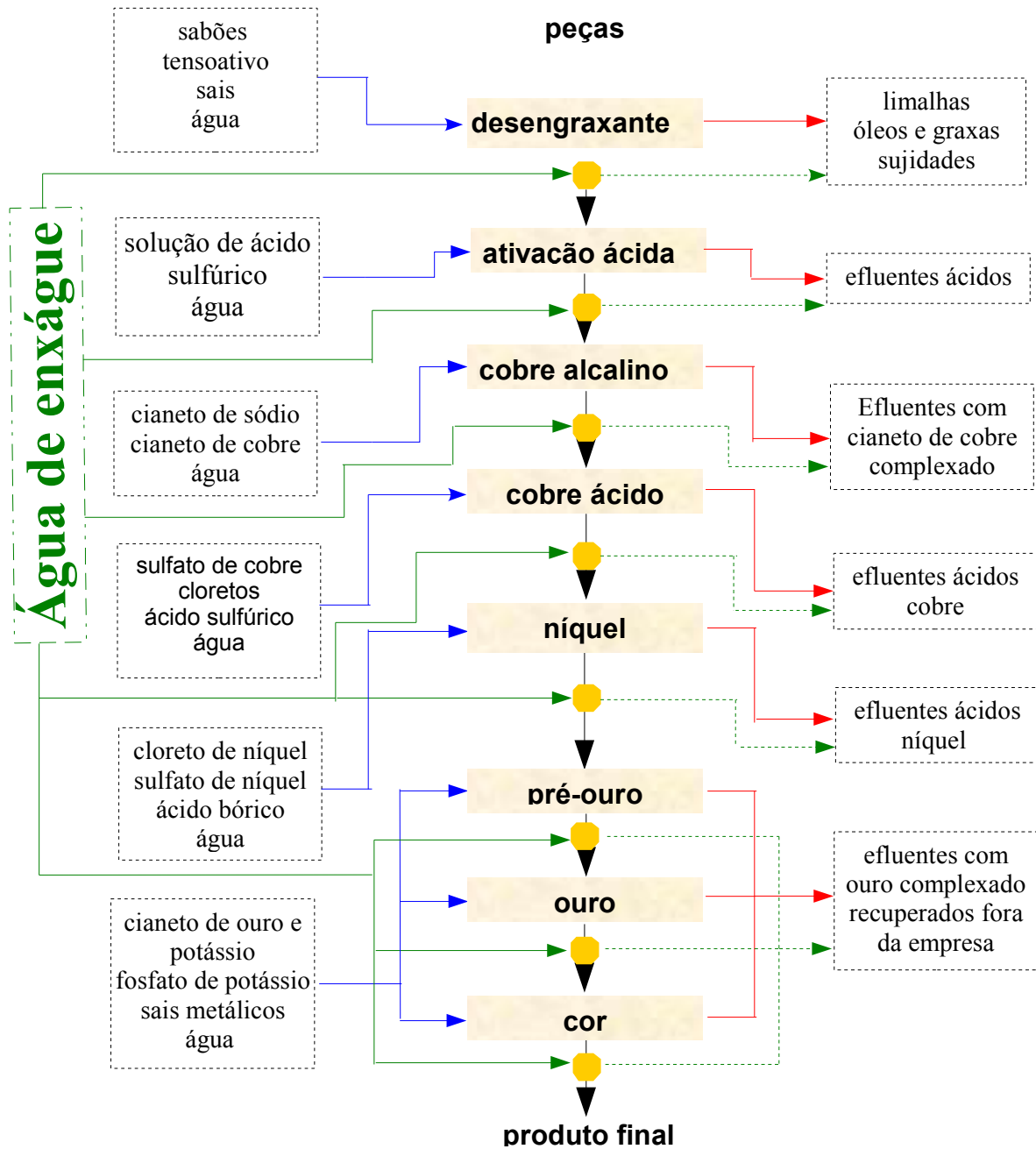


Fig. 13 – Fluxograma de entradas e saídas da fotocorrosão

4.2. Processo de galvanoplastia

Há muito tempo a atividade de galvanoplastia é considerada crítica ambientalmente. Dada a utilização maciça de água e produtos químicos, a imagem do setor não é positiva. No entanto, com o devido cuidado esta imagem pode mudar, desde que se tomem medidas de prevenção e controle para que não ocorra contaminação ambiental.

O fluxograma a seguir ilustra de forma simplificada as entradas e saídas de dos processos de galvanoplastia.



A atividade de galvanoplastia, no qual se inclui a produção de bijuterias é altamente impactante. Dividindo-se nos três meios – líquido, sólidos e gases – temos um apanhado dos impactos causados ao meio ambiente.

a) Consumo de água e geração de efluentes

A água é o principal insumo utilizado nas indústrias de galvanoplastia. Com exceção do desengraxe por solventes, todos os outros banhos são soluções aquosas. O consumo da água é um fator que preocupa o industrial em dois pontos:

- ✓ Custo da água consumida: em várias regiões do estado há escassez do recurso, tendência que pode se agravar com a super-exploração de águas superficiais e subterrâneas. Com o tempo pode aumentar o custo deste recurso;
- ✓ Maior consumo de água implica em maior quantidade de efluentes, portanto, maiores custos em seu tratamento, maior geração de lodo no tratamento, etc.

Os efluentes gerados no processo galvânico são compostos tanto por água de enxágue como por descarte de alguns banhos. Efluentes perigosos exigem tratamento e disposição especiais e incluem:

- ✓ Banhos gastos ou contaminados contendo metais;
- ✓ Soluções gastas de limpeza (ácido sulfúrico, clorídrico, ácido crômico ou hidróxido de sódio);
- ✓ Sais e metais pesados em solução.

Estes efluentes necessitam em muitos casos serem tratados em Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) dentro das empresas, após o qual procede-se ao descarte em redes de água e esgoto, ou direto em corpos d'água, dependendo do tratamento ou da disponibilidade de rede de esgoto na região.

Acidentes ou a falta de tratamento adequado dos efluentes podem causar:

- ✓ Perda do sistema de tratamento biológico de esgotos da região e conseqüentes problemas no seu gerenciamento;
- ✓ Danos aos recursos hídricos para abastecimento, por contaminação grave em virtude de cianeto, metais, etc;
- ✓ Destruição de ecossistemas aquáticos.

Mais adiante neste capítulo são citados alguns problemas relacionados aos parâmetros destes efluentes, principalmente os metais, ácidos e bases.

Fig.14. Fluxograma do processo de galvanoplastia

b) Emissões atmosféricas

As emissões provenientes da atividade são oriundas do uso de compostos orgânicos voláteis (VOC) e de material particulado fino. A presença de particulados pode causar problemas de saúde aos moradores próximos à empresa.

As emissões de uma galvanoplastia incluem:

- ✓ Vapores ácidos ou com cianeto;
- ✓ Partículas metálicas ou pós de processo;
- ✓ Névoas de aerossol

c) Resíduos sólidos

Os principais resíduos sólidos gerados numa galvanoplastia são:

- ✓ Lodo de tratamento, que contém sais metálicos precipitados na forma de hidróxidos;
- ✓ Produtos rejeitados;
- ✓ Resíduos de polimento;

Os resíduos sólidos, notadamente o lodo do tratamento, são um dos problemas que mais afeta a atividade. Atualmente, a alternativa mais usada é a disposição em aterros especiais, com altos custos de disposição. Em função dos metais presentes no lodo, este resíduo é classificado como Classe I- Perigoso, pela ABNT NBR 10004, o que exige esta destinação controlada.

d) Energia

Além da água, o segundo insumo mais utilizado em uma galvanoplastia é a energia elétrica. Ela é necessária para as reações de deposição, operação de bombas, motores e compressores, além do aquecimento de banhos e a secagem de peças. Embora não haja legislação que controle este consumo, a exemplo do que ocorre com a água deve-se ter o cuidado de reduzir o consumo de eletricidade ao mínimo, de modo a reduzir custos.

e) Metais

O principal impacto dos metais no ambiente está na forma de sais solúveis, que não são destruídos no processo de tratamento, permanecendo no lodo resultante. A sua forma pode mudar ou ser alterada para que não estejam facilmente biodisponíveis, mas continuam presentes.

Os principais metais presentes nestes rejeitos, e seus possíveis efeitos, são listados a seguir:

- Cobre: O cobre quando liberado no solo se agrega fortemente a matéria orgânica e minerais. Não tem mobilidade, dificilmente chegando às águas subterrâneas, mas nas águas superficiais pode viajar a grandes distâncias na forma de íons livres, suspensos ou sedimentados. A exposição ao cobre pode causar irritações no nariz, boca, olhos, dores de cabeça e estômago, mal estar, vômitos e diarreia.

Altas concentrações podem danificar os rins e mesmo levar a morte. Não há evidência de carcinogenicidade;

- Estanho: O estanho em si têm baixa toxicidade, mas a adquire quando na forma orgânica, se mantendo por longo período no ambiente. Conhecidos por serem muito tóxicos aos fungos, algas e fitoplâncton, o tributil estanho e o trifenil estanho são alguns desses compostos;
- Níquel: É adsorvido pelos sedimentos ou solo ficando imobilizado, sendo que em solos ácidos, sua mobilidade permite que atinja as águas subterrâneas. Sabe-se que altas concentrações de níquel em solos arenosos prejudicam as plantas, enquanto a presença do metal em águas superficiais pode diminuir as taxas de crescimento de algas;
- Ouro: A biodegradação de ouro em ambientes aeróbios é muito pequena. Não há evidências de que cause problemas ecológicos, mesmo porque em virtude de seu valor econômico em geral procede-se a sua recuperação;
- Prata: Em solução, a prata iônica é extremamente tóxica à fauna e flora aquática. A toxicidade do íon prata varia drasticamente com a sua disponibilidade, sendo que em sistemas aquáticos naturais, o íon prata é rapidamente complexado e adsorvido pelo material dissolvido ou suspenso. A prata inibe enzimas para os ciclos do fósforo, enxofre e nitrogênio de bactérias nitrificantes no solo em concentrações de 540 a 2700 mg Ag/ kg. A acumulação de prata do solo pelas plantas terrestres é baixa;
- Ródio: Os dados que existem referem-se a saúde ocupacional. Os compostos de ródio devem ser considerados altamente tóxicos e carcinogênicos. Marcam a pele fortemente;

f) Ácidos e álcalis

De modo geral, os ácidos e álcalis são bastante usados na galvanoplastia, e sua descarga sem neutralização prejudica os cursos d'água e redes de esgoto. Vazamentos e derramamentos podem também contaminar o solo.

Os ácidos e álcalis mais comuns nas galvanoplastias são:

- Ácido clorídrico: A inalação dos vapores causa edemas pulmonares e mesmo a morte em altas concentrações. Por sua grande afinidade com a água, os vapores de HCl desidratam os tecidos do trato respiratório e dos olhos.
- Ácido sulfúrico: Agente corrosivo e desidratante em sua forma líquida, penetra rapidamente pela pele atingindo o tecido subcutâneo causando necrose de tecidos(semelhantes a queimaduras);
- Hidróxido de sódio (soda cáustica): a substância é uma base forte, reagindo violentamente. É corrosivo em ambiente úmido para metais como Zn, Pb, Al e Sn formando um gás combustível;

- Hidróxido de potássio: do mesmo modo que o hidróxido de sódio é uma base forte, reagindo violentamente e sendo corrosivo em ambiente úmido para metais como Zn, Pb, Al e Sn formando um gás combustível/explosivo.

g)Outros

- Cianetos: O cianeto é conhecido pela sua toxicidade em relação ao ser humano, mas a mesma capacidade se apresenta em relação a vida aquática (alguns microgramas por litro), enquanto que aves e mamíferos sucumbem em concentrações de miligramas por litro. Compostos solúveis de cianeto tais como o cianeto de hidrogênio ou de potássio têm baixa adsorção em solos com alto pH, alto carbonato e baixa argila. No entanto, em pH menores que 9,2 a maior parte do cianeto livre se converte em HCN que é altamente volátil. Os cianetos solúveis não se bioconcentram;
- Surfactantes: são usados em desengraxantes, umectantes, decapantes e brilhantadores. Alguns surfactantes têm baixa degradabilidade em sistemas aquáticos;
- Nitrilas: são altamente voláteis e biodegradáveis quando lançadas em água, e não se bioconcentram em organismos aquáticos. As nitrilas têm o potencial de lixiviar para as águas subterrâneas por não serem adsorvidas pelo solo. Elas resistem a hidrólise no solo e na água.

5. Medidas de Produção Mais Limpa (P+L)

Além de controlar o lançamento dos rejeitos ao meio ambiente, e antes disso na verdade, devemos tentar reduzir sua geração- evitando o desperdício, aumentando a eficiência dos processos, ou mesmo buscando alternativas de reuso ou reciclagem. Estas ações, chamadas em geral de medidas de Produção mais Limpa (P+L), trazem além da adequação ambiental a redução de custos, a melhoria da imagem da empresa, entre outros benefícios.

A seguir, algumas alternativas de P+L são apresentadas para as etapas mais usuais da cadeia produtiva das bijuterias. No entanto cada empresa deve, dentro de suas operações e dadas suas características específicas, buscar observar seus processos e rejeitos perguntando “como podemos melhorar esta situação?”, ou “como podemos fazer melhor?”. Certamente você encontrará muito mais oportunidade do que as que aqui se apresentam.

No entanto, de modo a orientar as empresas na busca da melhoria ambiental dos processos, a seguir são oferecidas algumas alternativas de P+L para as diversas operações da cadeia produtiva das bijuterias.

5.1 Processo de Fundição

Algumas medidas de P+L que podem ser aplicadas ao processo de fundição são:

- Projeto do modelo de cera:na construção do modelo, otimizar a colocação de canais e das árvores. Isto reduzirá a necessidade de cortar, desbastar ou polir as peças.
- Recuperação da cera do modelo: em muitas empresas a retirada da cera do conjunto de gesso é feita pela sua queima. A cera se volatiliza liberando enxofre ou cloro. Ao invés de queimar a cera, use processos como a retirada por vapor, que por usar menores temperaturas possibilita a recuperação da cera para nova moldagem;
- Fundição: deve-se manter o metal no estado fundido o menor tempo possível, para prevenir contaminações na liga e reduzir o consumo energético. O contato ar/metall fundido causa a oxidação da liga e leva a mais operações nos processos de deposição para decapá-las e limpá-las;
- Centrífugas: dois cuidados podem ser tomados. Primeiro, a boa fixação da máquina ao piso para que ela não tombe, causando perda de metal e a possibilidade de acidente com o pessoal. Além disso, pode-se fazer com que a máquina só comece a girar após fechada a tampa, para que o metal líquido não espirre com conseqüente perda de material;
- reúso da água de rebarbação das campanas: a água usada no polimento final das peças em campanas é normalmente descartada, mas ela pode ser reusada para as campanas que fazem o trabalho mais grosseiro. Com esse reaproveitamento, algumas empresas já reduziram seu consumo de água em até 50%;

- troca do tipo de chips utilizado: dependendo do tipo de chips usados nas operações de tamboreamento nas campanas, a quantidade de lodo gerado no processo pode mudar. Com a simples troca de chips de resina uréica por chips cerâmicos, uma empresa obteve redução na geração de lodo em mais de 300kg/ano, com a conseqüente redução no tempo de rebarbação de aproximadamente 40%, o que traz aumento de produtividade e redução de custos;



Fig.15 – Chips cerâmicos

5.2 Galvanoplastia

Na área de galvanoplastia existem várias medidas de possível aplicação. Na figura abaixo, as medidas estão em ordem de importância com relação a produção mais limpa.

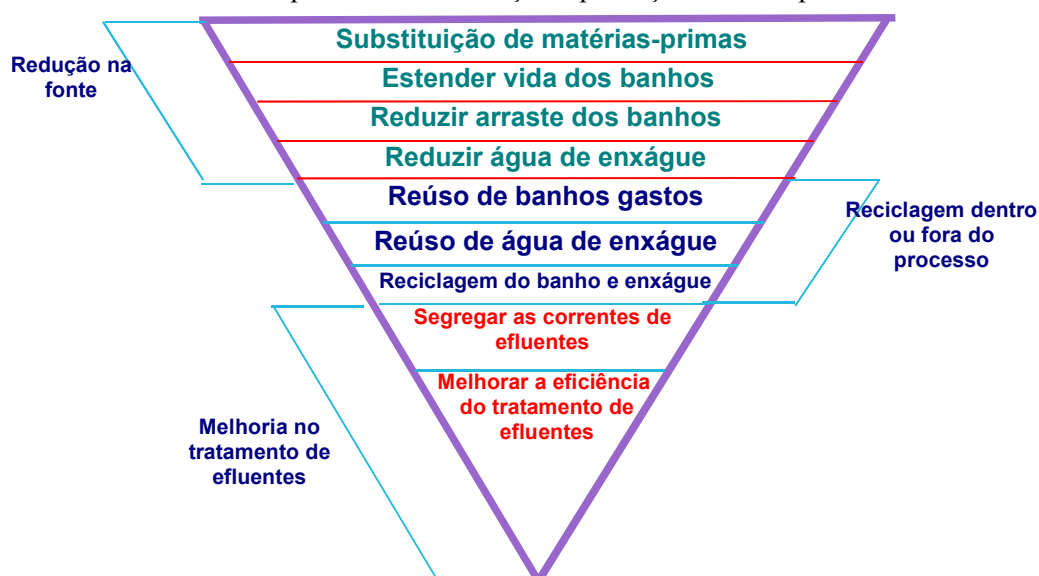


Fig.16– Escala de medidas de Produção mais Limpa em galvanoplastias

a) *Eliminação ou substituição de materiais tóxicos por outros menos tóxicos*

A substituição de determinados elementos dos compostos tóxicos nos banhos nem sempre é possível. Todavia existem alguns produtos disponíveis no mercado que, em alguns casos, podem ser utilizados, como por exemplo:

- ✓ Banhos de ouro livres de cianeto base sulfito $[Au(SO_3)]$, com cobre e paládio como metais de liga;
- ✓ Uso de banhos de bronze em substituição ao níquel, uma vez que o níquel em contato com a pele pode causar reações alérgicas. Para certos mercados, não mais se admite a presença do níquel nas bijuterias;

- ✓ Banhos de cobre sem cianeto, desenvolvidos pela preocupação com a saúde e segurança dos operadores de galvanoplastia. Não são para todas as aplicações, sendo que por exemplo em ligas de zinco forma-se uma camada de cobre não aderente que impossibilita seu uso;
- ✓ Substituição de decapantes a base cianeto por produtos isentos de cianeto, compostos por uma solução de ácido sulfúrico com peróxido de hidrogênio;
- ✓ Substituição de cianeto em desengraxantes para metais não-ferrosos(cobre, latão e zamak) por outros sem cianetos;

b) Aumento de vida útil os banhos

Conforme vão sendo usados, e mesmo com a passagem de tempo, os banhos galvânicos adquirem certa contaminação, perdendo suas capacidades. Algumas possíveis fontes desta contaminação são:

- ✓ Transformações químicas dos banhos (parte do cianeto dos banhos se oxida em carbonato, por exemplo);
- ✓ Deposição de impurezas aderidas às peças;
- ✓ Acréscimo de água de lavagem;
- ✓ Impurezas contidas nos ânodos;
- ✓ Arraste (drag out) de outros banhos.

O arraste, como veremos mais adiante, é um dos principais problemas nas galvanoplastias, embora em tempos pretéritos tenha sido usado como uma forma de se eliminar as contaminações presentes.

A seguir se encontram algumas medidas que auxiliam no aumento da vida dos banhos, inclusive medidas de redução de arraste.

b.1) Filtração

Seu objetivo é eliminar impurezas e partículas não dissolvidas (em suspensão), o que implica na melhoria da camada depositada, evitando rugosidades e manchas. Para tanto, o banho é filtrado quando há paradas de processo nos chamados filtros-bomba.

b.2) Filtração com carvão ativado

Realizada para eliminar aditivos orgânicos degradados, gerados na oxidação anódica ou redução catódica, cuja presença influi negativamente na deposição metálica. Deve-se atentar que sempre há perda de uma parte do banho pela filtração por carvão.

b.3)Eletrólise seletiva de banhos

O uso de baixas densidades de corrente e altas velocidades de deposição faz os metais contaminantes se depositarem em taxas muito maiores que a habitual. Este princípio é utilizado para eliminar metais contaminantes, como por exemplo em banhos de níquel para remover contaminações de zinco ou cobre, e em menor grau para limpeza de banhos de cobre e prata. Para tanto, colocam-se chapas onduladas ligadas a um retificador dentro dos banhos, depositando-se os metais nelas.

b.4) Reduzir as perdas por arraste (drag-out)

O arraste (também conhecido pelo nome em inglês: drag-out) é certamente o problema que acarreta a maioria das perdas econômicas no processo de galvanoplastia. O arraste se caracteriza quando a solução do banho, aderida as peças e as gancheiras, é carregada para os tanques seguintes. Sabendo que cada gancheira carrega cerca de 15 a 18 ml de banho, torna-se importante buscar alternativas de redução desta perda.

Em todas as publicações sobre galvanoplastia existe a preocupação em abordar o arraste, pois este causa:

- ✓ Contaminação dos banhos subseqüentes;
- ✓ Aumento no consumo de produtos químicos;
- ✓ Maior consumo de água para reposição de enxágues;
- ✓ Aumento nos custos de tratamento de efluentes, com maior consumo de reagentes;
- ✓ Maior quantidade gerada de lodo na ETE;
- ✓ etc.

Existem diversas medidas que reduzem o arraste de banhos, sendo todas elas resultado de observações práticas e constantes de manuais internacionais. O enfoque destas medidas se concentra principalmete em:

- **Aumentar o tempo de escorrimento:** ao retirar as gancheiras dos banhos recomenda-se esperar o tempo mínimo de 10 segundos antes de passar para o enxágüe. Com isso, a solução que está aderida a superfície das peças cai de volta ao banho. Não adianta deixar a gancheira escorrendo por tempo maior que 15 segundos, pois o grosso do banho escorre nesse intervalo de tempo, e ao passar este tempo corre-se o risco de secagem das peças, causa de refugos por problemas de aderência;
- **Uso tanque seco:** coloca-se um tanque vazio depois dos banhos de processo. A gancheira com as peças fica um tempo determinado sobre esse tanque, do qual o arraste coletado é devolvido ao banho ao final do dia. É uma alternativa ao aumento do tempo de escorrimento, mas de todo modo, o empresário precisa ajustar seu tempo de processo, o que é compensado pela economia no consumo de químicos, reposição de enxágues, etc;

- **Desenho de peças:** no caso das bijuterias é difícil recomendar-se que o desenho das peças evite detalhes ou formatos mais elaborados. Perfurações, ranhuras ou concavidades arrastam o banho por capilaridade ou efeito concha;
- **Forma de escoamento das gancheiras:** os esquemas que mostram o escoamento das gancheiras geralmente as mostram em posição vertical. Em vários manuais recomenda-se atenção ao desenho das gancheiras, para que o respingo de uma peça não caia sobre a outra e sim de volta ao tanque. Considerando que o padrão no setor são as gancheiras construídas como quadros retangulares, a melhor maneira de se escoar o banho é inclinando as gancheiras em ângulos de 45 a 60 graus;
- **Colocação de trilhos ou suporte sobre os tanques:** quando se fala em aumento no tempo de escoamento, muitos alegam que os operadores se cansarão mais. O uso de suportes ou trilhos sobre os banhos permite que a gancheira seja deixada pendurada, enquanto o operador realiza outras tarefas. Na foto ao lado tem-se o exemplo prático adotado por uma empresa;

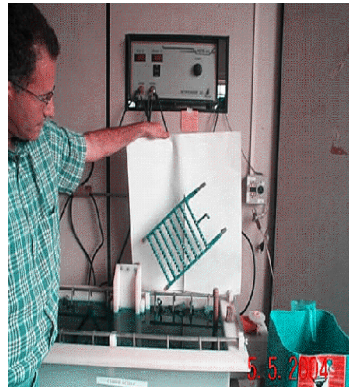


Fig.17 – Suporte de aço sobre tanque de banho

b.5) Melhorias no enxágue das peças

O enxágue consiste na remoção por diluição de um filme aderente de banho da superfície de uma peça, substituindo-o por um filme de água. É aplicado logo após processos como limpeza, desengraxe, decapagem ou a deposição de metais.

Basicamente, o procedimento de enxágue consiste em banhar as peças com água por meio de sprays ou imersão, sendo que os principais sistemas são divididos em sistemas: estático, fluído, contracorrente, spray e reativo.

- **Enxágue estático:** A água não é repostada até que os contaminantes do enxágue aumentem em demasia;
- **Enxágue fluído:** Nesse tipo de enxágue a água é repostada de acordo com um padrão de qualidade definido para o enxágue;

- **Enxágue em contracorrente:** A alimentação de água é feita no segundo ou terceiro tanque de enxágue, que por sua vez alimenta o primeiro tanque de enxágue. E apresenta um grande consumo de água.
- **Spray:** O uso de bicos sobre tanques estáticos permite a reposição do volume perdido por evaporação.



Fig.18 - Enxágue por spray acionado por fotocélulas

- **Reativo:** Consiste em usar o enxágue de banhos ácidos como enxágue de banhos alcalinos. A acidez neutralizaria a alcalinidade da solução aderida. Não é muito utilizado uma vez que sua operação requer muitos cuidados.

Por outra classificação, os sistemas de enxágue são agrupados em enxágue por imersão, estático ou misto

- **Imersão:** esse sistema de enxágue divide-se em estática e com reposição. Na imersão estática, a água é trocada quando a quantidade de contaminantes atinge determinado ponto de concentração. Esse tipo de sistema é usado após banhos de metais preciosos no qual o objetivo é recuperar os sais arrastados. Na imersão com reposição, há um fluxo de água constante de entrada e saída do tanque.
- **Spray:** é muito eficiente para remover banhos, principalmente em peças planas. A limpeza não se faz pela diluição do banho, mas pela ação mecânica da jato d'água jogada sobre as peças.

Para uma mesma necessidade de limpeza, a técnica do spray usará menos água que a de imersão, justamente em função ação mecânica da água.

As recomendações abaixo, se adotadas em conjunto ou isoladamente permitem uma maior eficiência de enxágue:

- **Uso de condutivímetro:** quando usamos tanques estáticos por imersão, precisamos saber de forma segura qual o nível de contaminação /saturação da água de enxágue. Trocar a água quando as peças começam a manchar, ou pela cor não são métodos confiáveis. Por essa razão, o uso de condutivímetro realiza uma medição da condutividade, parâmetro que vai dizer se a concentração no enxágue está aceitável ou não.

- **Uso de “chuveirinhos”:** o lema “quanto mais água jogar nas peças melhor” não pode ser aplicado atualmente. A água é recurso finito e as concessionárias de água cobram cada vez mais pela sua utilização. Há algumas empresas que lavam suas peças com uma torrente de água saindo direto da tubulação de abastecimento. Nesse ponto, o uso de chuveiros é uma medida de racionalização de consumo. Para as que já adotaram o chuveiro, é preciso sempre lembrar que a busca por dispositivos mais eficientes e econômicos, em termos de economia de água, deve ser constante.
- **Uso de bicos aspersores:** o sistema de enxágüe por spray é feito por tubos perfurados ou por bicos aspersores. Usar tubos de PVC furados colocados em lados opostos do tanque é um meio barato de se enxagüar por spray. O problema quanto a esse dispositivo é a não uniformidade dos jatos aliada a falta de controle do volume de água usado.



Fig.19 - Tanque de enxágüe com aspersores

O sistema com bicos aspersores é mais econômico que o uso de tubos furados. A cobertura de aspersão e seu controle são melhores que o outro sistema. Nos dois sistemas deve se cuidar para que:

- Os jatos estejam ligeiramente inclinados para baixo para evitar que a água ao bater nas peças, respingue para fora do tanque;
 - Os jatos devem cobrir a largura do tanque para assegurar que tanto as peças como as ganchetas sejam aspergidas;
- **Enxágüe em contra-corrente:** normalmente usado em instalações grandes que requerem grandes volumes de água e podem realizar altos investimentos. A água entra no último tanque de enxágüe (na figura, o tanque 3) e seu fluxo vai em direção oposta ao das peças. O primeiro tanque de enxágüe (na figura o número 1) é o mais saturado com o arraste, e seu conteúdo vai para o tratamento de efluentes. A grande vantagem desse sistema é a economia de água que apresenta.

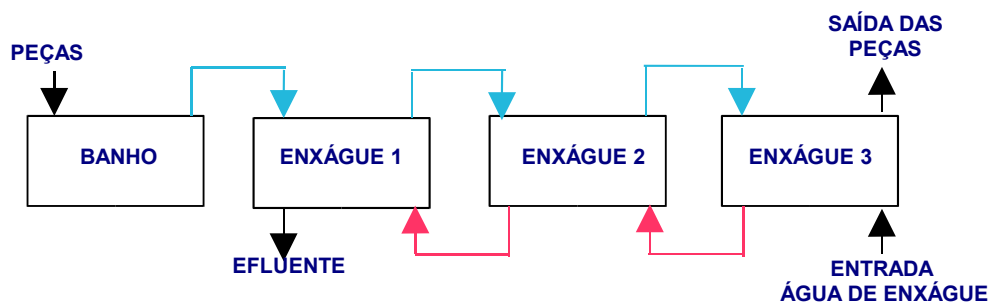


Fig. 20- Esquema de enxágue em contra-corrente

A tabela abaixo, retirada de um trabalho europeu, permite visualizar a escala da economia:

Tabela 1 – Economia de água com aumento no número de enxágües

Número de estágios	01	02	03	04	05
Vol. de enxágüe necessário l/h	200	14	6	4	3

A maior redução acontece na passagem de um enxágüe em estágio único para dois estágios. Ao se aumentar o número de estágios, a redução não é tão significativa.

- **Enxágües múltiplos estáticos:** Existe uma variante do processo acima que não tem entradas e saídas contínuas esquematizada abaixo:

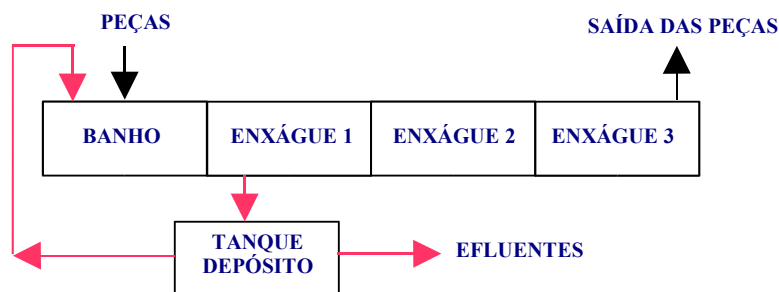


Fig. 21- Enxágue estático em contra-corrente

As águas do primeiro tanque (na figura, o número 1) são enviadas ao tanque depósito. Parte dessa água retorna ao banho, parte vai para o tratamento de efluentes. O momento da troca é controlado pela qualidade do último enxágüe (na figura, o número 3).

Bombeiam-se as águas do penúltimo enxágüe (2 na figura) para o primeiro enxágüe (número 1) e as do último enxágüe (3 na figura) para o penúltimo enxágüe (número 2). O último tanque (enxágüe 3) recebe água nova. A economia de água é 45% maior que a técnica em contra-corrente, se os três tanques receberem água nova.

c) Recuperação de materiais (produtos químicos, água de enxágüe)

Uma vez que não é mais possível reduzir o gasto de produtos, deve-se tentar a sua recuperação, principalmente quando se tratam de metais nobres. A seguir, algumas técnicas de recuperação são citadas.

c.1) Uso de evaporadores

Tanto o aquecimento como a evaporação natural são usados para evaporar a água de enxágüe saturada de produtos químicos arrastados do banho. Uma vez atingida a concentração adequada, a solução pode ser reusada no banho principal. Existem duas formas de fazê-lo:

- **Evaporadores atmosféricos:** operam a pressão atmosférica, com o uso de calor de processo ou ar quente fornecido por aquecedores. A água é evaporada para o ambiente, concentrando-se o banho arrastado que pode ser devolvido;
- **Evaporadores à vácuo:** são mais caros que os atmosféricos, classificados como vasos de pressão. Consistem em sistemas fechados que operam a pressão reduzida, permitindo que as soluções evaporem a baixas temperaturas. Este tipo de equipamento abre a possibilidade de reúso da água evaporada nos enxágües, economizando dessa forma um volume maior de água;

Como vantagens, os evaporadores apresentam:

- ✓ Recuperação do banhos arrastados;
- ✓ Redução de volume de efluentes;
- ✓ Possibilidade de reciclar água de enxágüe (evaporadores à vácuo);

Por outro lado, os evaporadores apresentam as seguintes desvantagens:

- ✓ O evaporador é uma fonte adicional de consumo de energia;
- ✓ Equipamentos à vácuo têm alto investimento inicial;
- ✓ Com a devolução, a concentração do banho pode aumentar rapidamente, descompensando-o;

c.2) Troca iônica

A troca iônica é uma reação química na qual o íon de uma solução é trocado com o íon de um meio estacionário, em geral uma resina. As resinas são presas em colunas através das quais passa a solução, e quando a resina fica saturada, os íons presos a ela podem ser removidos pela passagem de uma solução contendo os íons positivos e negativos, em geral oriundos de soda ou ácido. Este processo, conhecido como regeneração, na qual ocorre a passagem de uma solução ácida ou básica que desloca os íons presos a resina, restaura a situação original.

As resinas são classificadas como catiônicas ou aniônicas. Resinas catiônicas trocam íons de hidrogênio por íons positivos como níquel, cobre ou zinco. Resinas aniônicas trocam os íons hidroxila

por íons negativos como cromatos, sulfatos, cloretos e cianetos. A escolha da resina para uma aplicação particular dependerá do íon ou íons que serão removidos.

O produto da regeneração vai para o tratamento de efluentes, e a água pode ser recirculada para os enxágües, promovendo significativa redução do consumo de água.

A troca iônica apresenta a vantagem de permitir a reutilização da água deionizada nos banhos e nos enxágües, com economia de água, redução de efluentes e de geração de lodo.

No entanto, a troca iônica apresenta algumas limitações:

- Combinar as correntes ácidas e alcalinas antes da troca iônica gera altos níveis de precipitado. As colunas logo ficam obstruídas, reduzindo a capacidade de troca iônica. Como consequência, o período entre regenerações se reduz levando a um desgaste prematuro das resinas;
- A troca iônica não elimina a necessidade de se tratar o líquido da regeneração;
- O investimento inicial para aquisição do equipamento é alto;

Como se pode ver na figura, o equipamento consiste em colunas com resinas catiônicas e aniônicas. Antes de passarem pelas colunas, o líquido passa por um filtro e por um leito de carvão ativado (remoção de substâncias orgânicas). Removidos os orgânicos, o líquido passa primeiro pelas colunas catiônicas e depois pelas colunas aniônicas.



Fig.22- Equipamento de troca iônica

c.3) Recomendações diversas

Além do que já foi comentado, algumas recomendações adicionais são:

- Sais complexos de cianetos de ferro, ou sais complexos de cianeto de níquel, não podem ser decompostos facilmente pelo método de oxidação cloro-alcalino. Evite seu ingresso acidental nos banhos com o uso de linhas diferentes para o tratamento;

- Coloque sprays sobre os banhos de enxágüe para que borrifem quando o produto subir. Para que não haja água dispersa, os bicos devem ser direcionados em 30 graus para baixo da linha horizontal. Em alguns casos, o barramento também tem de ser borrifado para que reduza a probabilidade de falhas no contato.
- A agitação por ar pode melhorar o enxágüe em peças de desenho complexo (com muitas projeções e depressões). Cuidado com a qualidade do ar, pois óleo e sujeiras deterioram rapidamente o enxágüe e os banhos de desengraxe;
- Quanto menor a concentração iônica da água tratada, menor o número de vezes que ocorrerá regeneração. Pode-se abastecer o último tanque de um sistema de enxágüe em contracorrente ou múltiplo estático com a água tratada por troca iônica. Não se colocando íons no enxágüe, apenas os provenientes dos banhos é que serão tratados.

5.3 Conclusão

Como já foi dito inicialmente, estas são apenas algumas sugestões de medidas de P+L que podem ser implementadas nas empresas do setor. É desejável e interessante que cada empresa verifique, dentro de suas particularidades, a possibilidade de realizar estas ou outras medidas.

Não se esqueça: quem mais entende o seu processo são seus funcionários e você mesmo! Dessa forma, ninguém melhor do que vocês mesmos para observar, refletir e propor melhorias sobre sua empresa.

Boa sorte !

Para maiores informações sobre a Produção mais Limpa, ou para participar de nossos Casos de Sucesso, acesse o site da CETESB em:

www.cetesb.sp.gov.br

6. Bibliografia

1. EIPPCB – European Integrated Pollution Prevention and Control - **Draft Reference Document Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics** – disponível em <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>
2. ZANACK, Les – **Effective/Efficient Rinsing in Metal Finishing** – Apresentação disponível em www.p2pays.org/ref/17/16249.pdf, consulta em 24/04/05.
3. IOWA DNR(Department of Natural Resources) – **Metal finishing Pollution Prevention** – disponível em <http://www.iowadnr.com/waste/p2/files/metalfact.pdf>, consulta em 28/04/05.
4. CORTI, Dr. Christopher W. - **Back to basics: Electroplating&Electropolishing of Jewelry** – Gold Technology 35 Summer 2002 – disponível em www.gold.org, consulta em 29/04/05.
5. MOONEY, Ted – **20 Ways to cut water usage in plating shops** – disponível em <http://www.p2pays.org/ref/05/04683.htm>, consulta em 20/04/05.
6. EPA Technology Transfer Network - AP 42, volume I , fifth edition – disponível em <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s20.pdf>
7. TEKCAST Industries – **Six easy steps** – para a moldagem de baixa fusão disponível em www.tekcast.com/sixeasy.htm em 02/05/05.
8. APEC Virtual Center for Environmental Technology Exchange - **Electroplating Wastewater Treatment** – disponível em <http://www.apec-vc.or.jp/co-op/mekki/>, consulta em 30/04/05.
9. ENVIROWISE – **Minimising Chemical and Water Waste in the Metal Finishing Industry** - disponível em www.envirowise.gov.uk.
10. PFONLINE – **Mass Finishing: What are the choices?**- disponível em www.pfonline.com
11. WEISBERG, Alfred M. - **Gold plating: A brief history and current explanation of the process** – disponível em www.pfonline.com, consulta em 15/04/05.
12. DARGIS, Ray – **Pretreatment of Electroplating** – disponível em www.pfonline.com, consulta em 10/01/05.
13. P2IRIS – **Ion exchange** – disponível em www.techsolve.org/p2iris/metalfinish/1073-w.htm, consulta em 12/04/05.
14. P2IRIS – **Gold plate on stainless steels, nickel and high nickel alloys** – disponível em www.techsolve.org/p2irisi/metalfinish/1192-p.htm, consulta em 28/04/05.
15. OHIO EPA – **Source reduction and Metal recovery techniques for metal finishers** - disponível em <http://www.epa.state.oh.us/opp/fact24.html>.
16. NAGY, A. Richard – **The analysis and design of rinsing installations** – disponível em www.pfonline.com, consulta em 12/04/05.
17. SNYDER, Donald L. - **Copper plating** – disponível em www.pfonline.com, consulta em 27/01/05.
18. LENNTECH, empresa de tratamento de água e ar, site corporativo disponível em <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/>, consulta em 06/04/05.
19. ABTS – **Curso básico de galvanoplastia** - 6ªed, 1990.
20. CALIFORNIA EPA – **Jewelry Manufacturing Pollution Prevention Recommendations** – disponível em www.dtsc.ca.gov, consultado em 12/04/05.
21. PHOTOFAB, site corporativo disponível em www.photofab.co.uk, consultado em 13/05/05

Anexo 1 – Alguns dos elementos químicos na sua forma composta utilizados na galvanoplastia de semi-jóias

- **Alumínio** Al. Elemento metálico, prateado claro, brilhante, pertencente ao Grupo III da Tabela Periódica. $Z=13$, configuração eletrônica: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^1$, $MA = 26,98$, $d = 2,702 \text{ g.cm}^{-3}$, $PF = 660^\circ \text{ C}$, $PE = 2467^\circ$
- **Enxofre** S. Elemento não metálico amarelo pertencente ao Grupo VI da Tabela Periódica. $Z=16$, configuração eletrônica: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$, $MA = 32,06$, $d = 2,07 \text{ g.cm}^{-3}$, $PF = 112,8^\circ \text{ C}$, $PE = 444,674^\circ \text{ C}$
- **Cádmio** Cd. Elemento metálico de transição, mole. $Z=48$; configuração eletrônica: $[\text{Kr}]4d^{10}5s^2$; $MA = 112,41$; $d = 8,65 \text{ g.cm}^{-3}$; $PF = 320,9^\circ \text{ C}$; $PE = 765^\circ \text{ C}$.
- **Cálcio** Ca. Elemento metálico cinza, mole, pertencente ao Grupo II, dos metais alcalino terrosos da Tabela Periódica. $Z=20$, configuração eletrônica: $[\text{Ar}] 4s^2$, $d = 1,55 \text{ g.cm}^{-3}$, $PF = 840^\circ \text{ C}$, $PE = 1484^\circ \text{ C}$.
- **Carbono** C. Elemento não metálico pertencente ao IV grupo da Tabela Periódica. $Z=6$, configuração eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^2$, $MA = 12,011$, $PF \sim 3550^\circ \text{ C}$, $PE = 4289^\circ \text{ C}$.
- **Chumbo** Pb. Elemento metálico, denso, mole, dúctil, cinzento, pertencente ao grupo do carbono na Tabela Periódica. $Z = 82$; configuração eletrônica: $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^2 6p^2$; $MA = 207,19$; $d = 11,35 \text{ g.cm}^{-3}$; $PF = 327,5^\circ \text{ C}$; $PE = 1740^\circ \text{ C}$.
- **Cobre** Cu. Elemento de transição metálico marrom avermelhado. $Z=29$, configuração eletrônica: $[\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$, $MA = 63,546$, $d = 8,93 \text{ g.cm}^{-3}$, $PF = 1083,4^\circ \text{ C}$, $PE = 2582^\circ \text{ C}$.
- **Hidrogênio** H. Elemento químico gasoso, incolor, inodoro, não metálico e colocado no grupo dos metais alcalinos na Tabela Periódica com $Z=1$, configuração eletrônica $1s^1$, $MA = 1,008$, $d = 0,0899 \text{ g.L}^{-1}$, $PF = -259,14^\circ \text{ C}$, $PE = -252,87^\circ \text{ C}$.
- **Níquel** Ni. Elemento de transição metálico, prateado, maleável e dúctil. $Z=28$, configuração eletrônica: $[\text{Ar}] 4s^2 3d^8$, $MA = 58,70$, $d=8,9 \text{ g.cm}^{-3}$, $PF = 1450^\circ \text{ C}$, $PE = 2840^\circ \text{ C}$
- **Nitrogênio** N. Elemento gasoso incolor pertencente ao Grupo V da Tabela Periódica. $Z=7$, configuração eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^3$, $MA = 14,0067$, $d = 1,2506 \text{ g.L}^{-1}$, $PF = -209,86^\circ \text{ C}$, $PE = -195,8^\circ \text{ C}$.
- **Ouro** Au. Elemento metálico de transição amarelo, mole e maleável. $Z=79$; configuração eletrônica: $[\text{Xe}] 4f^{14}5d^{10}6s^1$; $MA = 198,967$; $d = 19,32 \text{ g.cm}^{-3}$; $PF = 1064,43^\circ \text{ C}$; $PE = 2807^\circ \text{ C}$.
- **Oxigênio** O. Elemento gasoso, incolor, inodoro, pertencente ao Grupo VI da Tabela Periódica. $Z=8$, configuração eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^4$; $MA = 15,9994$, $d = 1,429 \text{ g.L}^{-1}$, $PF = -214,4^\circ \text{ C}$, $PE = -183^\circ \text{ C}$.
- **Prata** Ag. Elemento metálico de transição mole, branco e brilhante. $Z=47$; configuração eletrônica: $[\text{Kr}]4d^{10}5s^1$; $MA = 107,87$; $d = 10,5 \text{ g.cm}^{-3}$; $PF = 961,93^\circ \text{ C}$; $PE = 2212^\circ \text{ C}$.
- **Potássio** K. Elemento metálico prateado e mole pertencente ao grupo dos metais alcalinos na Tabela Periódica. $Z=19$, configuração eletrônica: $[\text{Ar}] 4s^1$, $MA = 39,098$, $d = 0,87 \text{ g.cm}^{-3}$, $PF = 63,7^\circ \text{ C}$, $PE = 760^\circ \text{ C}$.
- **Ródio** Rh. Elemento metálico de transição branco prateado. $Z=45$; configuração eletrônica: $[\text{Kr}]4d^8 5s^1$; $MA = 102,9$; $d = 12,4 \text{ g.cm}^{-3}$; $PF = 1966^\circ \text{ C}$; $PE = 3727^\circ \text{ C}$.
- **Sódio** Na. Elemento metálico, prateado, mole e reativo pertencente ao Grupo I (metais alcalinos) da Tabela Periódica. $Z=11$, configuração eletrônica: $[\text{Ne}] 3s^1$, $MA = 22,9898$, $d = 0,97 \text{ g.cm}^{-3}$, $PF = 97,5^\circ \text{ C}$, $PE = 882,9^\circ$
- **Zinco** Zn. Elemento metálico de transição branco-azulado. $Z=30$, configuração eletrônica: $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10}$, $MA = 65,38$, $d = 7,1 \text{ g.cm}^{-3}$, $PF = 419,57^\circ \text{ C}$, $PE = 907^\circ \text{ C}$.

Legenda

MA	Massa Atômica
PF	Ponto de fusão
PE	Ponto de Ebulição
d	Densidade
spdf	Distribuição Eletrônica
Z	Número Atômico

Anexo 2 – Fichas de identificação de compostos usados normalmente no processo de galvanoplastia com sua respectiva toxicologia

Cianeto de potássio

N ° CAS
151-50-8

Fórmula molecular
KCN

Exposição humana e efeitos na saúde

Trabalhadores expostos por curto prazo (exposição aguda) ao cianeto de potássio podem apresentar irritação e queimaduras

na pele e nos olhos podendo causar dano aos olhos. A inalação da substância pode irritar o nariz, a garganta e os pulmões provocando tosse e espirros. A exposição a altas concentrações da substância pode causar dor de cabeça, confusão mental, vertigem, taquicardia, inconsciência e morte. A ingestão do composto pode causar sensação de queima, náusea, vômito e diarreia.

A exposição de longo prazo (crônica) ao cianeto de potássio pode afetar a glândula tireóide, causar coriza e feridas no nariz e alteração na contagem de células sanguíneas. Podem causar dano no sistema nervoso central produzindo dor de cabeça, vertigem, debilidade nas pernas e braços, náusea, vômito, inconsciência e morte.

A exposição crônica pode afetar a tireóide.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

ACGIH (1998) - Limite de exposição – Valor Teto (TLV - C): 5 mg/m³ como CN. Essa concentração não pode ser excedida em nenhum momento da exposição do trabalhador.

Cianeto de sódio

Fórmula molecular
NaCN

N ° CAS
143-33-9

Exposição humana e efeitos na saúde

Trabalhadores expostos ao cianeto de sódio por curto prazo (exposição aguda) podem apresentar irritação da garganta e nariz produzindo tosse e dificuldade respiratória. A exposição aguda a altas concentrações da substância pode causar dor de cabeça, vertigem, taquicardia, inconsciência e morte; na exposição dérmica podem ocorrer irritação e queimaduras na pele e olhos; a ingestão do composto pode causar sensação de queimação, náusea, vômito e diarreia.

A exposição de longo prazo (crônica) ao cianeto de sódio pode afetar a glândula tireóide, causar dano no sistema nervoso e alteração na contagem de células sanguíneas. Também pode causar coriza, hemorragia nasal e feridas no nariz.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

ACGIH (1998) - Limite de exposição – Valor Teto (TLV -C): 5 mg/m³ como CN. Essa concentração não pode ser excedida em nenhum momento da exposição do trabalhador.

Cianeto de cobre

N ° CAS
544-92-3

Fórmula molecular
CuCN

Sinônimos e nomes comerciais
Cupricin

Exposição humana e efeitos na saúde

Trabalhadores de galvanoplastia expostos ao cianeto de cobre podem apresentar dermatite, coceiras e erupções na pele, irritação no nariz com obstrução, hemorragias, feridas e em alguns casos, perfuração do septo nasal.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

ACGIH (1998) - Limite de exposição – Valor Teto (TLV-C): 5 mg/m³ como CN. Essa concentração não pode ser excedida em nenhum momento da exposição do trabalhador.

ACGIH (1998) – Limite de exposição - Média Ponderada (TLV – TWA): 0,2 mg/m³ (fumos) e 1 mg/m³ (poeiras e névoas como Cu). TLV-TWA é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, diariamente, sem sofrer efeitos adversos à saúde.

Cianeto de prata

N ° CAS
506-64-9

Fórmula molecular
AgCN

Exposição humana e efeitos na saúde

Trabalhadores expostos ao cianeto de prata por curto prazo (exposição aguda) podem apresentar irritação na pele, nos olhos, na garganta, no nariz e nos pulmões produzindo tosse, respiração ofegante ou com dificuldade. A exposição aguda a altas concentrações da substância pode causar dor de cabeça, náusea, vômito, vertigem, inconsciência e morte.

A exposição repetida (longo prazo) ao cianeto de prata causar coloração azulada na pele, olhos, partes internas do nariz, boca, garganta e órgãos internos, e pode interferir na função da glândula tireóide.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

ACGIH (1998) - Limite de exposição - Valor Teto (TLV-C): 5 mg/m³ como CN. Essa concentração não pode ser excedida em nenhum momento da exposição do trabalhador.

ACGIH (1998) - Limite de exposição - Média Ponderada (TLV-TWA): 0,1 mg/m³ prata metal; 0,01 mg/m³ compostos solúveis, como Ag. TLV-TWA é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, diariamente, sem sofrer efeitos adversos à saúde.

Acetato de cádmio

N ° CAS
543-90-8

Fórmula molecular
 $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

Exposição humana e efeitos na saúde

Trabalhadores expostos ao acetato de cádmio por curto prazo (exposição aguda) podem apresentar irritação na garganta, no nariz e nos pulmões causando tosse e dificuldade respiratória. A exposição aguda a altas concentrações da substância pode levar a edema pulmonar. A exposição aos fumos de acetato de cádmio pode causar sinais e sintomas de gripe com calafrios, dor de cabeça e/ou febre.

A exposição de longo prazo (crônica) ao acetato de cádmio pode afetar o desenvolvimento de fetos. Também podem causar dano permanente no fígado e rins, anemia, perda do olfato, fadiga e manchas amareladas nos dentes.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

ACGIH (2001) - Limite para a exposição – Média Ponderada (TLV - TWA): 0,01 mg/m³ de cádmio e 0,002 mg de Cd/m³ para compostos. TLV-TWA é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, diariamente, sem sofrer efeitos adversos à saúde.

EDTA e seus sais

N ° CAS
EDTA cálcio-dissódio: 62-33-9; EDTA (ácido edético): 60-00-4

EDTA (ácido edético): 60-00

Fórmula molecular
EDTA cálcio-dissódio: $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{CaN}_2\text{Na}_2\text{O}_8$; EDTA: $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$

Sinônimos e nomes comerciais

O EDTA e seus sais são comumente referenciados como EDTA

Principais usos

O EDTA é extensivamente utilizado como agente quelante para remoção de metais pesados, na fabricação de produtos de higiene pessoal como xampus, cremes e loções, na fabricação de desinfetantes, como aditivos para alimentos, nas indústrias química, farmacêutica e têxtil, em galvanoplastia, entre outros usos.

O sal dissódio de EDTA é um componente em colírios e soluções para lavagem de lentes de contato.

Ocorrência ambiental

Exposição humana e efeitos na saúde

O ácido edético líquido e o vapor são extremamente cáusticos aos olhos, pele e mucosas.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

Não foram encontrados limites de exposição ao EDTA nas bases de dados consultadas

Sulfato de cobre

N ° CAS
7758-98-7

Fórmula molecular
 CuSO_4

Sinônimos e nomes comerciais
Monossulfato de cobre

Exposição humana e efeitos na saúde

O sulfato de cobre em contato com a pele pode causar eczema. Quando em contato com os olhos pode causar conjuntivite, edema das pálpebras, ulcerações e turbidez da córnea. Em ingestões por via oral (casos agudos de intoxicação), os principais

sintomas da intoxicação são: gosto metálico na boca, dores epigástricas, vômitos repetidos e diarreia, dores de cabeça, taquicardia, dificuldades respiratórias, falência hepática e renal e nos casos mais severos ulcerações no trato gastrointestinal.

Pode ser observada hipertensão seguida de choque e coma provavelmente induzida por uremia causada pelos danos renais.

Nos casos letais a morte é precedida de hemorragia gástrica, taquicardia, crise hemolítica, convulsões e paralisia.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

Para a American Conference of Governmental Industrial Hygienis (ACGIH) o limite de exposição ocupacional (TLV-TWA) é $1\text{mg}/\text{m}^3$ (como cobre). TLV-TWA (limite de exposição-Média ponderada) é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeito adverso à sua saúde.

Cloreto de Níquel

N ° CAS
7718-54-9

Fórmula molecular
 Cl_2Ni

Sinônimos e nomes comerciais
Dicloreto de Níquel

Exposição humana e efeitos na saúde

Os compostos de níquel são classificados como grupo 1 (carcinogênicos para humanos) pela IARC (International Agency for Research on Cancer). Em contato com a pele o cloreto de níquel praticamente não é absorvido, porém é responsável pela dermatite de contato. É irritante para mucosas e olhos. Em ingestões acidentais de água contaminada por cloreto de níquel foram observados os seguintes sintomas: náusea, vômito, desconforto abdominal, tontura, fadiga, dor de cabeça e respiração ofegante.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

O cloreto de níquel é regulado para finalidades ocupacionais como compostos solúveis de níquel. Para a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) o limite de exposição ocupacional (TLV-TWA) é $0,1\text{mg}/\text{m}^3$. TLV-TWA (limite de exposição-Média ponderada) é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeito adverso à sua saúde.

Nitrato de Prata

N ° CAS
7761-88-8

Fórmula molecular
 AgNO_3

Sinônimos e nomes comerciais
Sal de Prata (I) do ácido nítrico

Exposição humana e efeitos na saúde

O nitrato de prata causa um escurecimento da pele com certo brilho metálico que começa normalmente na face e mãos, se estendendo por várias regiões do corpo. Essa pigmentação pode ser observada também, em casos mais severos, no trato respiratório. Em contato com os olhos ocorre opacidade córnea e hemorragia da conjuntiva, podendo ocorrer também casos de cegueira. No caso de ingestão ocorre grave irritação gastrointestinal, choque, vertigem, coma, convulsões e em casos graves, a morte. São observadas também, lesões renais, do pulmão e arteriosclerose tem sido atribuída ao nitrato de prata no ambiente ocupacional ou em seu uso medicamentoso, além de causar metemoglobinemia severa, podendo ser letal.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

Para a American Conference of Governmental Industrial Hygienis (ACGIH) o limite de exposição ocupacional (TLV-TWA) é $0,01\text{mg}/\text{m}^3$ para os compostos solúveis de prata (como prata). TLV-TWA (limite de exposição-Média ponderada) é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeito adverso à sua saúde.

Iodeto de potássio

N ° CAS
7681-11-0

Fórmula molecular
KI

Sinônimos e nomes comerciais
Moniodeto de Potássio

Exposição humana e efeitos na saúde

Quando ingerido o iodeto de potássio causa irritação gástrica, anorexia e vômitos. Ocasionalmente é observada a

Hipersensibilidade ao iodeto de potássio ou a produtos que contenham esse sal e esta hipersensibilidade pode

Levar, em casos extremos, a periarterite nodosa fatal. Por via inalatória pode causar irritação das glândulas mucosas do trato respiratório levando a tosse e edema pulmonar.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

Não foram encontrados padrões para exposição ocupacional ao iodeto de potássio nas bases de dados consultadas.

Dicromato de Sódio

N ° CAS
10588-01-9

Fórmula molecular
 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Exposição humana e efeitos na saúde

Os compostos solúveis de Cr (VI) são classificados como grupo A1 pela EPA (carcinogênico comprovado para humanos).

O dicromato de sódio é irritante para os olhos, pode causar a perfuração do septo nasal e os compostos de cromo são cáusticos para a pele. A exposição por via respiratória pode causar asma.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

Para a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) o limite de exposição ocupacional (TLV-TWA) é $0,05\text{mg}/\text{m}^3$ (como cromo). TLV-TWA (limite de exposição-Média ponderada) é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeito adverso à sua saúde.

Dicromato de Potássio

N ° CAS
7778-50-9

Fórmula molecular
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Exposição humana e efeitos na saúde

Os compostos solúveis de Cr (VI) são classificados como grupo A1 pela EPA (carcinogênico comprovado para humanos).

Em contato com a pele pode causar eritema, edema, queimadura e formação de vesículas. Nos casos de ingestão são observados os seguintes sinais e sintomas: corrosão das mucosas da boca, língua, esôfago manifestando dor e disfagia.

Náuseas e vômito também são observados. No local do contato observa-se necrose. Colapso circulatório com pele pegajosa, pulso rápido e fraco, respiração ofegante, urina escassa. A morte pode ocorrer por asfixia causada por edema de glote.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

Para a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) o limite de exposição ocupacional (TLV-TWA) para os compostos solúveis de cromo é $0,05\text{mg}/\text{m}^3$ (como cromo). TLV-TWA (limite de exposição-Média ponderada) é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeito adverso à sua saúde.

Cloreto Férrico

N ° CAS
7705-08-0

Fórmula molecular
 FeCl_3

Sinônimos e nomes comerciais

Exposição humana e efeitos na saúde

O cloreto férrico é um irritante para a pele e para o trato respiratório. Em contato com os olhos pode causar irritação e inflamação transitória. Quando ingerido pode causar dores abdominais, vômito, diarreia, choque e colapso. Existem relatos de alergia associada ao cloreto férrico.

Padrões nacionais e valores orientadores internacionais

Para a American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) o limite de exposição ocupacional (TLV-TWA) para os sais solúveis de ferro é $1\text{mg}/\text{m}^3$ (como ferro). TLV-TWA (limite de exposição-Média ponderada) é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeito adverso à sua saúde.

Metais Pesados

O perigo está no solo, na água e no ar. Quando absorvidos pelo ser humano, os metais pesados (elementos de elevado peso molecular) se depositam no tecido ósseo e gorduroso e deslocam minerais nobres dos ossos e músculos para a circulação. Esse processo provoca doenças.

Cobalto Preparo de ferramentas de corte e furadoras.
Fibrose pulmonar (endurecimento do pulmão) que pode levar à morte

Cromo Indústrias de corantes, esmaltes, tintas, ligas com aço e níquel; cromagem de metais.
Asma (bronquite); câncer

Fósforo amarelo Veneno para baratas; rodenticidas (tipo de inseticida usado na lavoura) e fogos de artifício.
Náuseas; gastrite; odor de alho; fezes e vômitos fosforescentes; dor muscular; torpor; choque; coma e até morte

Mercúrio Moldes industriais; certas indústrias de cloro-soda; garimpo de ouro; lâmpadas fluorescentes.
Intoxicação do sistema nervoso central

Níquel Baterias; aramados; fundição e niquelagem de metais; refinarias.
Câncer de pulmão e seios paranasais

Fumos metálicos Vapores (de cobre, cádmio, ferro, manganês, níquel e zinco) da soldagem industrial ou da galvanização de metais.
Febre dos fumos metálicos (febre, tosse, cansaço e dores musculares) - parecido com pneumonia

Fonte: CUT - RJ

Comissão de Meio Ambiente

Parceria:



Empresas Participantes do Projeto:



Patrocínio:



R. Dr. Hernani Oliveira Penteado, 298 - Jd. Maia B. Modenas
CEP: 13462-236 Limeira - SP
Fone/Fax: (19) 3451 9651
eletrochemical@terra.com.br
www.electrochemical.com.br





SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO
RESPEITO POR VOCE