

Indústria galvânica do Rio Grande do Sul: avaliação do gerenciamento ambiental, sob a ótica das melhores técnicas disponíveis (BAT).

Marta Regina Lopes Tocchetto (UFSM) marta@tocchetto.com

Lauro Charlet Pereira (EMBRAPA) lauro@cnpma.embrapa.br

André Lopes Tocchetto (UNISINOS) andre@tocchetto.com

Resumo: *A avaliação ambiental torna-se cada vez mais valiosa e importante, pois fornece bases para a formulação de políticas, planejamento e gerenciamento das empresas. Diante da nova ordem que se estabelece, a gestão ambiental passou a ter importante papel no que tange à redução de riscos, possibilitando assim conciliar ganhos econômicos com a conservação ambiental. O objetivo do trabalho foi estabelecido considerando o contexto apresentado: avaliar o gerenciamento ambiental realizado nas indústrias galvânicas do Rio Grande do Sul. A metodologia adotada constou de um estudo avaliativo das estratégias implantadas, sob a ótica das melhores técnicas disponíveis (BAT). Os resultados demonstraram que as empresas galvânicas no Estado adotam medidas de caráter pontual, desconectadas de um planejamento estratégico que resulte em melhoria de desempenho ambiental. Concluiu-se com o presente trabalho que a implantação de estratégias, considerando as melhores técnicas disponíveis, além de reduzir os riscos de graves impactos ambientais representa ganhos econômicos, segurança legal, proteção da saúde dos trabalhadores e qualidade ambiental.*

Palavras-chave: *Qualidade ambiental; Desempenho ambiental; Planejamento ambiental.*

1. Introdução

Os prejuízos mundiais ocasionados pela corrosão em superfícies metálicas representam bilhões de dólares anuais. A proteção de superfícies representa também economia de matérias-primas e recursos naturais (BSTSA, 2004; NCDENR, 2004). O processo galvânico consiste na deposição de uma fina camada metálica sobre uma superfície, geralmente metálica, por meios químicos ou eletroquímicos, a partir de uma solução diluída do sal do metal correspondente, a fim de conferir um efeito decorativo e/ou maior proteção superficial (Bernardes *et al.*, 2000; Schlesinger e Paunovic, 2000; BSTSA, 2004).

O processo de revestimento metálico é responsável pela geração de fumos e emissões gasosas, representando um impacto significativo, pois muitos banhos são aquecidos. Os banhos de cobre, cromo e zinco, especialmente, geram vapores cáusticos que oferecem riscos operacionais e ocupacionais, além de ambientais. O descarte de banhos esgotados representa alta carga de poluentes já que as soluções contêm, entre outros elementos tóxicos, cianeto e metais pesados.

Diretrizes recentes da União Européia, Diretriz 2002/95/EC, limitam as quantidades de cromo hexavalente em certos produtos e também de chumbo, cádmio e mercúrio, dentre outras substâncias perigosas (EC, 2003a). Os resíduos com a presença destes metais devem ser tratados, segundo a Diretriz 2002/96/EC, considerando as melhores técnicas disponíveis (BAT), recuperação e reciclagem, cujo objetivo é a alta proteção da saúde humana e ambiental (EC, 2003b).

As plantas modernas de indústrias, com tratamento de superfície, buscam a proteção ambiental com a implantação de tecnologias que minimizem a geração de resíduos na fonte e possibilitem a reciclagem, em um conceito que integra processo e tratamento de efluentes (BSTSA, 2004). Alternativas limpas têm surgido com o objetivo de reduzir os impactos

ambientais ocasionados pelas tecnologias convencionais. Segundo Hjeresen *et al.* (2002), a eliminação do uso de substâncias químicas perigosas melhora o processo, aumenta a produtividade e a competitividade, enquanto ataca a questão ambiental e o consumo de recursos naturais.

2. Aspectos ambientais do processo

A preparação mecânica e o acabamento das peças devido às operações de furação e polimento são responsáveis pela ocorrência de particulados e poeiras. O pré-tratamento químico realizado nas peças antes do recobrimento metálico, consiste nos processos de desengraxe e decapagem. O desengraxe tem como objetivo a remoção de substâncias gordurosas. Os solventes clorados são eficientes agentes desengraxantes. No passado, eram considerados seguros por não serem inflamáveis. Porém, devido à alta toxicidade e aos impactos ambientais causados, estão sendo reduzidos ou banidos (TURI, 2002; EPA, 2002).

A decapagem tem como finalidade a remoção dos óxidos e ferrugens que se formam na superfície. As soluções de limpeza podem tornar-se inativas devido às alterações ocasionadas pelas sucessivas passagens das peças, acarretando, muitas vezes, no descarte prematuro do banho, aumentando os prejuízos econômicos e o volume de efluentes a ser tratado. Os ácidos contaminados do processo de decapagem constituem-se um problema significativo, principalmente em grandes unidades de galvanização.

O arraste das soluções, *dragout*, é um problema comum, principalmente em pequenas instalações onde a transferência de peças é manual e representa perdas econômicas consideráveis, sob a forma de matérias-primas (BSTSA, 2004). Assim, a adição de tensoativos reduz o tempo de drenagem requerido e a quantidade de líquido aderido à peça, propiciando uma melhor cobertura no processo de eletrodeposição (CETESB, 2002). A instalação de um tanque para o escorrimento das peças permite recuperar até 90% do arraste de solução (Centro Mexicano para La Produccion Mas Limpia, 1997; BSTSA, 2004).

A questão ambiental relacionada ao tratamento de superfícies se refere ao consumo de energia, de água, de matérias-primas, de emissões gasosas, de geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos. O setor é um significativo usuário de eletricidade, água e recursos não renováveis (metais), portanto é fundamental o estabelecimento de estratégias que contemplem questões cruciais, como

- minimização de consumo de matérias-primas, energia e água;
- minimização de emissões, resíduos e controle da poluição;
- aumento da segurança no manuseio de substâncias químicas;
- redução dos acidentes ambientais.

Conciliar a produção, o desenvolvimento com a conservação e a qualidade ambiental é um desafio que deve ser buscado a partir de esforços conjuntos. A busca pela sustentabilidade tem levado as empresas a refletir sobre a sua interação com o meio ambiente (Hjeresen *et al.*, 2002). A realidade das questões ambientais no mundo dos negócios tem se tornado mais complexa desde o começo da década de 90, abrangendo não apenas a simples conformidade com as leis, mas também a responsabilidade social, pois, de acordo com Souza (2003), a proteção ambiental e a competitividade são intimamente relacionáveis. A indústria brasileira passou a conviver com novos padrões de qualidade ambiental a partir de 1996, na forma da série de normas ISO 14000, passando, assim, a preparar-se para este ambiente cada vez mais competitivo.

Nos últimos anos, há uma visão emergente na direção de que os investimentos ambientais podem ser capitalizados como lucros econômicos e bem estar das populações. As empresas que adotam estratégias ambientais começam a usufruir um processo de “melhoria

contínua” que propicia o surgimento de inovações no processo, nos produtos e gerencial, facilitando, assim, o alcance da competitividade (Lemos e Nascimento, 2002). A crença de que meio ambiente aumenta custos e que a regulamentação ambiental reduz a produtividade e a competitividade das empresas está na contramão das medidas ambientais (Baumast, 2001).

As empresas do Rio Grande do Sul com atividade galvânica demonstraram uma postura ambiental mais reativa do que pró-ativa. A elevação de custos de produção e a ausência de alternativas para substituir processos e eliminar o uso de substâncias são os motivos limitantes, na visão das empresas, para os investimentos ambientais. Esta visão contribui para a manutenção da postura reativa (Tocchetto, 2004).

A adoção de estratégias de prevenção apresenta-se como a alternativa mais adequada, porém importantes padrões, modelos de comportamento, crenças e práticas institucionalizadas devem ser modificados. Muitos paradigmas consolidados na estrutura das empresas devem ser substituídos. Atualmente se considera indissociável dos conceitos de produtividade a minimização de efluentes e a racionalização do consumo de matérias-primas (CEPIS/OPS, 2002; NCDENR, 2004). São diversos os benefícios advindos da implantação de programas de reuso e reaproveitamento:

- redução dos custos de implantação e operação de estações de tratamento;
- possibilidade de aumentar a produção sem ampliar as instalações para tratamento de efluentes;
- aumento de produtividade e redução de perdas decorrentes da otimização do processo, da conscientização e do envolvimento dos funcionários.

3. Melhores técnicas disponíveis (BAT) para o setor

Segundo o IPPC (2004), o termo “*Best Available Techniques*” – BAT, (Melhores Técnicas Disponíveis) corresponde ao mais avançado e eficiente estágio de uma atividade e procedimento. Indica a forma sustentada de uma determinada prática, a fim de promover os princípios básicos da prevenção, definindo limites de lançamento e promovendo a redução de emissões e de impactos. “Técnicas” incluem a tecnologia usada e o caminho, no qual a instalação é definida, construída, mantida e operada. “Disponível” são técnicas desenvolvidas numa escala em que seja possível a implementação, de acordo com condições técnicas e economicamente viáveis, levando em consideração os custos e vantagens. “Melhor” significa mais eficiente, ou seja, alcançar com êxito um alto nível de proteção do meio ambiente.

As melhores técnicas disponíveis visam equilibrar os aspectos ambientais e operacionais, tanto considerando alternativas fim de tubo quanto alta tecnologia. Processos e técnicas de tratamentos sofisticados constituem-se importantes recursos para o alcance da melhoria da *performance* ambiental. A eficiência nas operações e manutenções regulares são tão essenciais quanto as mudanças de tecnologia. As questões-chave para a implementação de um sistema de gestão ambiental considerando as melhores técnicas disponíveis, são

- sistema efetivo de gestão (certificado ou não);
- uso eficiente de matérias-primas, energia e água;
- otimização do uso de substâncias químicas nos processos;
- substituição de produtos químicos tóxicos;
- minimização, recuperação e reciclagem de resíduos;
- prevenção de acidentes ambientais e minimização de riscos.

As Diretrizes do IPPC, fundamentadas nas melhores técnicas disponíveis, visam alcançar a prevenção e o controle integrado, conduzindo a um alto nível de proteção do meio ambiente. A visão integrada aproxima a melhoria da gestão, o controle dos processos industriais e a melhoria ambiental (IPPC, 2004). As medidas direcionadas à indústria de

tratamento de superfície subdividem-se em três categorias, de acordo com o caráter das mesmas, são

- operacionais – destinadas ao processo visando o alcance de um melhor desempenho;
- específicas – relacionadas às medidas operacionais, como a substituição de produtos químicos que resultam em um menor impacto ambiental;
- reducionistas – relacionadas a minimização da geração de resíduos e efluentes.

A Tabela 1 relaciona as principais medidas de caráter operacional bem como a finalidade da implantação, a fim de atingir um melhor desempenho na execução do processo (Tocchetto, 2004).

TABELA 1 – Medidas de Caráter Operacional considerando as Melhores Técnicas Disponíveis

Medidas de Caráter Operacional (BAT)		
Tipo	Finalidade	Medidas
Entradas (Controles e registros)	Energia (eletricidade, gás GLP, outros combustíveis)	<ul style="list-style-type: none"> • Registro, monitoramento e custos de todos os pontos em todas as unidades.
	Água (na origem do uso)	
Economia de água e de materiais	Conservação de água e matérias-primas, conjuntamente – (definição de tratamento, melhores usos e reciclagem).	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento de todos os pontos de água e de matérias-primas nas instalações (entrada e saída).
Controle de drag in e de drag out	Redução de drag in - entrada de água	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação de tanque ecolavagem • Controle do tempo de drenagem; • Arranjo das peças; • Otimização e controle da concentração das soluções: <ul style="list-style-type: none"> ○ controle da condutividade. • Controle da viscosidade; <ul style="list-style-type: none"> ○ adição de melhadores; ○ manutenção da temperatura. • Realização de inspeções e manutenções regulares; • Implantação de sopramento de ar.
	Redução de drag out - arraste de água Tempo-referência - BAT: <ul style="list-style-type: none"> ○ Gancheira - 20 s. ○ Tambor- 24 s (3 períodos de rotação de 8 s). 	
Lavagem	Redução do consumo de água; Conservação de matérias prima; Qualidade da operação Valor-referência : Por estágio de banho: 8 L/m ² .	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de lavagem múltipla, em cascata e em contracorrente com retorno da primeira água para a solução de processo.
Recuperação de metais	Conservação de matérias-primas.	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de tecnologias como: <ul style="list-style-type: none"> ○ recuperação Eletrolíticas ○ troca iônica ○ eletrodialise • Redução do drag out
Fechamento de ciclos ou descarte zero	Recuperação de água e matérias prima, especialmente dos processos: cádmio cianeto, cobre ácido, níquel eletrolítico e cromo hexavalente.	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de: <ul style="list-style-type: none"> ○ estratégias de minimização de consumo de água na lavagem; ○ técnicas para recuperação de drag out • Tecnologias para recuperação de metais, como: de membranas, troca iônica e/ou eletrólise.
Regeneração e reuso de águas de lavagem	Recuperação das águas resultantes dos processos de recuperação dos efluentes de lavagem e de metais	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de tecnologias como: <ul style="list-style-type: none"> ○ troca iônica ○ tecnologias de membrana
Otimização do uso de matérias-primas	Melhorar a ecoeficiência do processo.	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento das substâncias químicas do processo; • Registro e manutenção dos valores de referência para cada processo.

Fonte: Tocchetto, 2004.

As medidas de caráter específico relacionam-se ao processo de recobrimento propriamente dito (Tabela 2), cujo foco principal é a substituição de substâncias perigosas utilizadas nas diversas etapas do mesmo (Tocchetto, 2004).

TABELA 2 – Medidas de Caráter Específico considerando as Melhores Técnicas Disponíveis

Medidas de Caráter Específico (BAT)		
Tipo	Finalidade	Medidas
Substituição e/ou controle de substâncias perigosas	EDTA ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Substituintes biodegradáveis – derivados do ácido glucônico.
	PFOS ²	<ul style="list-style-type: none"> • Enclausurar o processo e/ou melhorar o sistema de exaustão; • Implantar lavagem em contracorrente e técnicas de controle de <i>drag out</i>.
	Cianeto	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar o desengraxe com a presença de cianeto; • Fechar ciclos de processos; • Minimizar o uso de água nas lavagens; • Implantar técnicas para recuperação de <i>drag out</i>; • Recuperação de metais com tecnologias como: membranas, troca iônica ou recuperação eletrolítica.
	Zinco	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir por <ul style="list-style-type: none"> ○ zinco ácido ○ zinco alcalino sem cianeto
	Cobre	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir por <ul style="list-style-type: none"> ○ cobre ácido ○ cobre pirofosfato
	Cádmio	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar ciclos fechados de processo; • Substituir por <ul style="list-style-type: none"> ○ cádmio fluoroborato ○ cádmio sulfato ○ cádmio cloreto
	Cromo hexavalente	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir por <ul style="list-style-type: none"> ○ cromo trivalente. • Reduzir <ul style="list-style-type: none"> ○ concentração de banhos de recobrimento; ○ as emissões gasosas. • Substituir a passivação por <ul style="list-style-type: none"> • cromo <i>free</i>: compósitos orgânicos de fluoreto de zircônio.
Substituição e escolha de desengraxantes	Base cianeto	<ul style="list-style-type: none"> • Contato com fornecedores; • Uso de métodos físicos ou manuais de limpeza; • Manutenção das condições operacionais: <ul style="list-style-type: none"> ○ pH 7 a 9; ○ temperatura máxima de 40 a 45° C; • Reduzir o uso ao mínimo; • Filtrar ou centrifugar as soluções; • Substituir por desengraxantes <ul style="list-style-type: none"> ○ de alta <i>performance</i> (gelo seco ou ultrassom); ○ a base de água.
	Solventes	
Manutenção de soluções de processo	Aumento da vida dos banhos	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar tecnologias como: <ul style="list-style-type: none"> ○ filtragem de banhos; ○ eletrodialise; ○ troca iônica; ○ recuperação eletrolítica.
Emissões aéreas	Redução de impactos	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar equipamentos de proteção: <ul style="list-style-type: none"> ○ exaustores nos tanques ○ lavadores de gases ou <i>scrubbers</i>.

Fonte: Tocchetto, 2004.

¹ Ácido Etilenodiaminatetracético

² Sulfato Perfluoro-octano

A geração de resíduos e efluentes representa perdas de matérias primas, ineficiência operacional, além de causar severos impactos ambientais. Assim, medidas preventivas vêm ao encontro da redução de riscos operacionais, ocupacionais e ambientais. A Tabela 3 apresenta as principais medidas preconizadas pelas melhores técnicas disponíveis (Tocchetto, 2004).

TABELA 3 – Medidas de Caráter Reducionistas considerando as Melhores Técnicas Disponíveis

Medidas de Caráter Reducionistas (BAT)		
Tipo	Finalidade	Medidas
Tratamento de efluentes líquidos	Redução da geração de resíduos e efluentes dos consequentes impactos	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar o uso de água nos processos; • Eliminar ou minimizar o uso e as perdas de matérias-primas; <ul style="list-style-type: none"> ○ fechamento de ciclos de processo substituição tecnologias ○ controle de substâncias perigosas. • Identificar, separar e tratar correntes que para a ETE, principalmente com: <ul style="list-style-type: none"> ○ cromatos (Cr VI) ○ cianeto ○ nitrito ○ óleos e graxas ○ agentes complexantes • Considerar a capacidade da ETE e balancear as correntes de efluentes; • Precipitar os íons metálicos, a fim de atender os valores legais de lançamento; • Ajustar o pH e flocular o efluente depois da precipitação dos metais; • Remover sólidos por sedimentação ou filtração; • Monitorar o processo e o descarte dos efluentes; • Os padrões de emissão podem ser alcançados com as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT); • Diluição de efluentes não é BAT.
Resíduos		<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar técnicas para controle de uso e perdas de matérias-primas e água do processo; • Separar e identificar os resíduos na origem, em todos os processos, no tratamento dos efluentes líquidos, buscando o reuso e recuperação dentro do processo (descarte zero) ou por reciclagem externa. • Definir padrões de referência para medir a eficiência do processo.

Fonte: Tocchetto, 2004.

O objetivo do trabalho foi estabelecido considerando o contexto apresentado: avaliar o gerenciamento ambiental realizado nas indústrias galvânicas do Rio Grande do Sul, sob a ótica das melhores técnicas disponíveis (BAT).

4. Materiais e Métodos

O presente trabalho se constitui em um estudo avaliativo do gerenciamento ambiental das indústrias galvânicas do Rio Grande do Sul, sob o foco das melhores técnicas disponíveis (BAT) considerando as Diretrizes da União Européia (IPPC, 2004). O desenvolvimento do trabalho constou, primeiramente, da identificação das medidas ambientais implantadas em grupo de empresas. As informações nesta etapa foram obtidas a partir do método investigativo, ou seja, aplicação de questionários, realização de entrevistas e visitas in loco. As empresas pesquisadas variaram do porte excepcional ao pequeno, permitindo assim ter-se um panorama geral do segmento em estudo. O levantamento das melhores técnicas disponíveis (BAT) foi realizado a partir de análise documental, considerando as Diretrizes

publicadas pela Comissão Europeia de Controle Integrado e Prevenção da Poluição para o setor de tratamento de superfície (IPPC, 2004).

O estudo avaliativo do gerenciamento ambiental nas indústrias galvânicas do Rio Grande do Sul constou da análise das medidas ambientais implantadas nessas empresas, sob a ótica das melhores técnicas disponíveis a fim de verificar o estágio destas medidas frente as BAT.

5. Resultados e Discussão

As medidas implantadas nas empresas demonstraram que a visão de prevenção ainda é insipiente no grupo pesquisado, pois o foco das mesmas é fortemente direcionado ao processo de recobrimento, ou seja, às tecnologias e não às técnicas, que pressupõem tecnologias e caminhos a serem percorridos para que os objetivos de pró-atividade sejam alcançados. As principais estratégias implantadas no grupo pesquisado referem-se à substituição de substâncias perigosas direcionada aos processos de recobrimento, isto é, mudanças de tecnologias.

As empresas de maior porte buscam mais facilmente novas alternativas para os banhos de revestimento, como, por exemplo, banhos de cobre ácido ou com menor concentração de cianeto e passivação com cromo III. Porém é possível avançar nas substituições, considerando as melhores técnicas disponíveis, principalmente a partir do uso de ligas metálicas. As empresas menores executam processos clássicos com a presença de substâncias de elevada toxicidade como, por exemplo, cromo VI, cianeto e cádmio, dentre outras. Políticas para redução de substâncias tóxicas e/ou perigosas não foram identificadas nas empresas. A substituição é realizada de forma pontual e geralmente motivada por problemas com o cumprimento da legislação.

As Diretrizes do IPPC definem o cromo, o cádmio, o cianeto, o cobre e o zinco como substâncias prioritárias para o direcionamento de estratégias de redução e/ou substituição. Coincidentemente nas empresas pesquisadas, as estratégias identificadas foram direcionadas para essas substâncias consideradas prioritárias. Observou-se também, que a legislação ambiental do Rio Grande do Sul é bastante restritiva para estas mesmas espécies químicas. Demonstrando que a legislação tem um papel significativo no estímulo à busca de alternativas mais limpas, principalmente quando esta se fundamenta em princípios de pró-atividade.

Uma das empresas pesquisadas apresentava dificuldades cumprimento dos padrões de lançamento de zinco. A solução planejada para resolver o problema era o uso de EDTA que sob a ótica das melhores técnicas (BAT), constitui-se numa alternativa não recomendável, tendo em vista que outras medidas, como troca iônica e tecnologias de membrana proporcionam melhores resultados, maior segurança, minimização da geração de resíduos e de efluentes a tratar.

Os processos de desengraxe e decapagem, na grande maioria, são convencionais, tanto que o uso de desengraxantes organo-clorados e com cianeto foram verificados em diversas empresas. Processos de limpeza de alta *performance*, como os que utilizam gelo seco e ultrassom, não foram identificados nas empresas, tampouco nas que necessitam de alta qualidade. O prolongamento de uso e a manutenção da qualidade das soluções de processo restringem-se à filtragem das mesmas. Apenas duas empresas usavam tecnologias mais eficientes e avançadas, ou seja, troca iônica e eletrodialise.

Com relação às medidas de proteção às emissões atmosféricas identificou-se exaustores e lavadores de gases, contemplando as melhores técnicas (BAT). É importante ressaltar que, mesmo que todas as empresas possuam sistema de exaustão nos banhos, o sistema não oferece a proteção necessária, considerando a natureza de alguns banhos de desengraxe (solventes e cianeto), de decapagem (ácidos fortes) e de recobrimento, como os de

romo que geram fumos bastante tóxicos. Neste caso, de acordo com as BAT, caso não seja possível a substituição do processo ou a eliminação das substâncias perigosas, estes devem ser realizados em ambientes confinados ou enclausurados. Nas empresas pesquisadas, nenhum processo é realizado em ambiente fechado.

Outra questão que merece ser mencionada é que não há legislação no estado do Rio Grande do Sul que contemple as emissões atmosféricas provenientes de galvânicas. Outro ponto importante é que a legislação européia restringe o uso de diversas substâncias perigosas, como solventes organoclorados ou estabelece regras rígidas, exigindo que o processo seja realizado em ambiente confinado, o mesmo não acontece com relação a legislação estadual. Por este motivo considera-se que o uso de exaustores e lavadores de gases pelas empresas pesquisadas não são medidas suficientes para assegurar a proteção necessária, tanto para o local de trabalho quanto para o meio ambiente em geral.

É importante destacar que, ao analisar as medidas ambientais adotadas nas empresas pesquisadas, sob a ótica das melhores técnicas disponíveis, não se está desconsiderando o uso das tecnologias convencionais, como o tratamento físico-químico para os efluentes líquidos, mas sim destacando oportunidades de melhorias. As BAT indicam a melhor forma disponível, atualmente, para realizar a atividade galvânica, dentro dos princípios de prevenção, dos limites de emissão e da redução de emissões e de impactos decorrentes do processo.

A redução de efluentes líquidos e resíduos relaciona-se diretamente com as estratégias de minimização de água, insumos, substituição de substâncias perigosas, fechamento de ciclos de processo, segregação de correntes de resíduos e uso de tecnologias que possibilitam recuperação, reuso e reciclagem de produtos químicos. A maioria das empresas apresentou volumes bastante elevados tanto de efluentes líquidos a serem tratados quanto de lodo galvânico a ser disposto, demonstrando acentuado distanciamento de medidas de caráter reducionistas, considerando as melhores técnicas disponíveis.

Observou-se que a preocupação da maioria das empresas com relação aos resíduos concentra-se na reciclagem externa, na coleta seletiva. De acordo com as BAT a reciclagem externa e interna precisam ser integradas. As estratégias de reciclagem devem promover a economia, a otimização do uso de matérias-primas, um menor volume de efluentes a tratar e de resíduos a dispor, principalmente os industriais perigosos, cujos riscos e custos ambientais são maiores. Medidas internas representam um estágio mais elevado em relação às estratégias de prevenção.

6. Conclusão

A avaliação permite afirmar que as empresas pesquisadas estão bastante próximas das melhores tecnologias no que se refere aos processos de recobrimento, especialmente quanto às substâncias perigosas prioritárias, de acordo com a comunidade européia. Porém, medidas que contemplem, de forma ampla e integrada, prevenção, proteção ambiental, segurança no manuseio de substâncias perigosas, minimização de custos e consumo e redução de acidentes ocupacionais não foram verificadas nas empresas, pois a adoção de medidas visou fundamentalmente a resolução de problemas pontuais.

As empresas de maior porte têm conhecimento sobre tecnologias e medidas que reduzem o alto impacto do processo galvânico, tanto em termos ambientais quanto operacionais, porém a implantação destas encontra-se desconectada de um processo de planejamento ambiental que resulte em melhor desempenho. O planejamento de estratégias ambientais e de gestão considera a integração dos diferentes aspectos relacionados à *performance* de processo, produtos e serviços, além da proteção do meio ambiente, conforme preconiza os princípios das Diretrizes publicadas pela Comissão Européia de Controle Integrado e Prevenção da Poluição para o setor de tratamento de superfície (IPPC, 2004).

A falta de conscientização e de recursos financeiros foram os fatores limitantes, segundo as empresas, para a implantação de sistema de gerenciamento ambiental, assim como a legislação se constituiu como o principal fator motivador. Por este motivo, concluiu-se que as empresas não possuem um sistema de gerenciamento ambiental ou não estão mais bem posicionadas em relação às melhores técnicas disponíveis (BAT), mais por falta de convicções internas a respeito dos ganhos com a implantação de medidas ambientais planejadas dentro de uma visão estratégica, do que por simples desconhecimento e/ou desinformação.

7. Referências Bibliográficas

- BAUMAST, A. (2001) **Environmental Management – the European Way**. Corporate Environmental Strategy v.8, n.2 (2001) 148-156.
- BERNARDES, A. M. *et al.* (2000). **Manual de orientações básicas para a minimização de efluentes e resíduos na indústria galvânica** (Senai). 1ª Edição, 2000.
- BSTSA (2004) British Surface Treatment Suppliers Association. Disponível: <http://www.bstsa.org.uk/> Acesso: 10/02/04.
- CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MAS LIMPIA (1997). **Guias de Produccion Mas Limpia: Produccion Mas Limpia en el sector de galvanoplastia**. México: 1997.
- CEPIS/OPS (2002). **La Minimización de residuos em la industria de acabado de metales**. Disponível em: <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltex/epa.minieta/minica02.html> . Acesso em: 23/04/2002.
- CETESB (2002). **Manuais Ambientais: Compilação de técnica de prevenção à poluição para a indústria de galvanoplastia**. São Paulo: 2002.
- EC (2003a). The European Parliament and of the Council of The European Union. Directive 2002/95/EC of 27 January of 2003 on the restriction of use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, **Official Journal of the European Union (OJ)**, L37/19.
- _____. (2003b). The European Parliament and of the Council of The European Union. Directive 2002/96/EC of 27 January of 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE), **Official Journal of the European Union (OJ)**, L37/24.
- EPA (2002). Fact Sheet: **Metal Recovery Technologies for the Metal Finishing Industry**. Disponível em: <http://es.epa.gov/techinfo/facts/michigan/michfs20.html>. Acesso em: 09/12/2002.
- HJERESSEN D. L. *et al* (2002), **Green Chemistry: Environment, Economics, and Competitiveness**. Corporate Environmental Strategy, v.9, n.3, p. 259-266, 2002.
- IPPC (2004). Integrated Pollution Prevention and Control -.Draft Reference Document on the Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics. 487p. European Commission, 2004.
- LEMOS, A. D.; NASCIMENTO, L. F. (2002). A Produção Limpa como geradora de Inovação e Competitividade. **Gestão Ambiental e Competitividade**. Disponível em: <http://www.portalga.ca.ufrgs.br/Arquivo.asp#gestamb>. Acesso em: 17/05/2002.
- NCDENR (2004) North Carolina Department of Environment and Natural Recourse. Disponível: <http://www.enr.state.nc.us/>. Acesso: 01/02/04
- SCHLESINGER, M.; PAUNOVIC M. (2000). **Modern Eletroplating**. New York: Wiley Interscience, 2000. 866p.
- SOUZA, R. R. (2003). **Fatores de formação e desenvolvimento das estratégias ambientais nas empresas**, 2003, p. (Doutorado em Administração). Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre,
- TOCCHETTO, M. R. L. 2004) **Implantação de Gestão Ambiental em Grandes Empresas com Atividade Galvânica no Rio Grande do Sul**. 2004. 176 p. Doutorado em Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Engenharia Metalúrgica, dos Materiais e de Minas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TURI (2002). MASSACHUSETTS TOXICS USE REDUCTION INSTITUTE. Disponível em: <http://www.turi.org>. Acesso em 27/12/2002.

Agradecimento

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) na realização da pesquisa, com concessão de bolsa para recém doutor (ARD).