

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,  
METALÚRGICA E DE MATERIAIS**

**IMPLANTAÇÃO DE GESTÃO AMBIENTAL EM GRANDES  
EMPRESAS COM ATIVIDADE GALVÂNICA  
NO RIO GRANDE DO SUL**

**Marta Regina Lopes Tocchetto**

**Porto Alegre, 2004**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,  
METALÚRGICA E DE MATERIAIS**

**IMPLANTAÇÃO DE GESTÃO AMBIENTAL EM GRANDES  
EMPRESAS COM ATIVIDADE GALVÂNICA  
NO RIO GRANDE DO SUL**

*Tese apresentada como requisito para  
conclusão do curso de Doutorado em  
Engenharia do Programa de Pós-  
graduação em Engenharia de Minas,  
Metalúrgica e dos Materiais da  
Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul.*

**Doutoranda: Marta Regina Lopes Tocchetto  
Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andréa Moura Bernardes  
Co-Orientador: Prof. Dr. Luis Felipe Nascimento**

**Porto Alegre, 2004**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,  
METALÚRGICA E DE MATERIAIS**

**TRABALHO APRESENTADO EM BANCA E APROVADO POR:**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriane de Assis Lawisch – UNISC (Dep. de Engenharia)

Prof. Dr. Antonio Domingos Padula – UFRGS (Escola de Administração)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Jane Zoppas Ferreira – UFRGS (Escola de Engenharia)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tereza Raya Rodriguez – UFRGS (Dep. de Ecologia)

Conceito Final: A

Porto Alegre, 03 de setembro 2004.

Doutoranda: Marta Regina Lopes Tocchetto  
Orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andréa Moura Bernardes  
Co-orientador Prof. Dr. Luis Felipe Nascimento

**DEDICO**

AOS MEUS FILHOS

**FELIPE, ANDRÉ, GUILHERME E GRACIELA**

com a mensagem

Nestas páginas sopra o fluir do tempo que aparentemente tudo leva e tudo devolve, como as marés, e que só existe enquanto lhe damos crédito. Falo do tempo que é sonho, o tempo que precisa ser domesticado, como um bichinho de estimação para não nos devorar. Perdas e ganhos dependem do nosso momento e da perspectiva de quem olha (Lya Luft, 2001; p.18).

## AGRADECIMENTOS

- Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo apoio financeiro para a realização do curso de doutorado;
- À Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – RS, pelo fornecimento de informações que permitiram a realização da pesquisa;
- Às Maiores Galvânicas do Rio Grande do Sul, especialmente as cinco empresas onde foi realizado o estudo de caso, pela parceria na realização da pesquisa;
- À Eng<sup>a</sup> Ana Sperb, Eng<sup>a</sup> Vânia Cemin, Eng. Sandro Roberto Wentz, Adm. de Empresas Eduardo Michelin, Eng<sup>a</sup> Rosele Evaldt, pelo entendimento que o conhecimento só vale a pena, quando compartilhado;
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andréa Moura Bernardes e Prof. Dr. Luís Felipe Nascimento, pela maneira profissional e pessoal que conduziram a orientação;
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriane de Assis Lawisch (Dep. Química e Física/UNISC), Prof. Dr. Antônio Domingos Padula (PPGA/UFRGS), Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Jane Zoppas Ferreira (PPGEM/UFRGS), Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Teresa Raya Rodrigues (Depto. de Ecologia/UFRGS), membros da banca examinadora;
- Ao Dr. Lauro Charlet Pereira, pelo apoio, carinho e grandeza pessoal que tornou o caminho mais fácil e rico;
- À minha família, que soube apoiar, incentivar e compreender as ausências;
- À Leonir P. Mendes, Nádia Schneider Viaro, Miriam Seligman, Ana Molina e Berenice Roth pela amizade sincera;
- Aos colegas do Depto. de Química da UFSM, especialmente do Setor de Química Industrial e Ambiental, pelo apoio e incentivo;
- Aos colegas do Laboratório de Corrosão e da Escola de Administração, UFRGS, pelo companheirismo;
- Aos funcionários e professores do PPGEM/UFRGS, que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

# Implantação de Gestão Ambiental em Grandes Empresas com Atividade Galvânica no Rio Grande do Sul

## RESUMO

**Autora:** Marta Regina Lopes Tocchetto

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup>. Andréa Moura Bernardes

**Co-Orientador:** Dr. Luis Felipe Nascimento

As indústrias que realizam atividade galvânica são consideradas de alto impacto ambiental devido à natureza tóxica das matérias-primas e dos resíduos gerados. Os processos caracterizam-se também pelo alto consumo de energia, água e insumos. Grandes empresas com atividade de alto impacto ambiental estão submetidas a um maior controle, seja pelos órgãos ambientais, acionistas ou comunidade de entorno. As pressões exercidas por estes grupos induzem à implantação de medidas de gestão buscando o equilíbrio entre a atividade produtiva e a qualidade ambiental. Este contexto determinou o problema da pesquisa para a qual optou-se por empresas instaladas no Rio Grande do Sul, com atividade galvânica e de porte grande e excepcional. O objetivo geral proposto foi analisar a implantação de medidas de gestão ambiental em grandes empresas com atividade galvânica. Visa-se, com o trabalho, analisar a legislação ambiental que, além de controle e fiscalização, pode ser também um indutor para implantação de sistema de gestão que contribui para a melhoria do desempenho ambiental em empresas com atividade industrial de alto impacto. Para a realização da pesquisa, optou-se pelo método investigativo, que constou da aplicação de um questionário, *survey*, em quatorze empresas (Fase 1), e da realização de estudo de caso em cinco empresas (Fase 2). Os resultados do trabalho demonstraram que a implantação de um sistema de gestão ambiental, além de proporcionar segurança no atendimento da legislação, promove uma redução de custos ambientais, melhora o desempenho ambiental, a produtividade e a competitividade das empresas.

**Palavras-chave:** atividade galvânica, gestão ambiental, grandes empresas, qualidade ambiental, controle.

# **Implantation of Environmental Management in Large Companies with Galvanic Activity in Rio Grande do Sul State**

## **ABSTRACT**

**Author:** Marta Regina Lopes Tocchetto

**Advisers:** Dr<sup>a</sup> Andréa Moura Bernardes

Dr. Luis Felipe Nascimento

The industries that realize galvanic activity are considered of high environment impact due to toxic nature of the raw material and the generated residues. The processes are also characterized by high energy consumption, water and products. Large companies with high environmental impact activity are submitted to a higher control, performed by environmental agencies, shareholders or community nearby. The pressures exerted by these groups induce the implantation of management measures searching the balance between the productive activity and the environmental quality. This context determined the problem of the research, for which it was opted to companies installed in the Rio Grande do Sul State, with galvanic activity, large size and excepcional. The general objective proposed was analyze the implantation of environment management measures in big companies with galvanic activity. It is aimed with this work to analyze the environment legislation that, beyond control and fiscalize, it can be also an inductor to the implantation of management system that contributes to the environment performance improvement in companies with high industrial impact activity. For the accomplishment of the research was opted the investigative method, that consisted the application of questionnaire, survey in fourteen companies (Phase 1), and the accomplishment of a case study in five companies (Phase 2). The results of the work demonstrated that the implantation of a management environmental system, besides providing security in legislation attendance promotes environmental costs reduction, improves the environmental performance, the productivity and the companies competitiveness.

**Key words:** galvanic activity, environmental management, large companies, environmental quality, control.

## SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS .....	xiv
<b>I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos de Pesquisa .....</b>	<b>4</b>
<b>II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 A Atividade Galvânica .....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Preparação das Peças.....	7
2.1.2 Processo de Lavagem.....	11
2.1.3 Processos de Recobrimento Metálico.....	13
2.1.4 Impactos Ambientais do Processo.....	18
2.1.5 Tratamento de Efluentes .....	22
2.1.6 Tecnologias Alternativas.....	24
<b>2.2 Gestão Ambiental .....</b>	<b>28</b>
2.2.1 Estratégias de Gestão .....	31
2.2.2 Produção Mais Limpa .....	37
2.2.3 Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) .....	39
2.2.3.1 Medidas de Caráter Operacional .....	40
2.2.3.2 Medidas de Caráter Específico .....	44
2.2.3.3 Medidas Direcionadas a Minimizar a Geração dos Resíduos .....	47
2.2.4 Indicadores de Desempenho Ambiental .....	49
2.2.5 Legislação e Gestão Ambiental.....	51
<b>III. MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1 Material .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2 Método .....</b>	<b>60</b>
3.2.1 Fase 1 .....	61
3.2.2 Fase 2.....	62
<b>IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>4.1 Fase 1 .....</b>	<b>66</b>
4.1.1 Principais Processos de Recobrimento Metálico .....	67
4.1.2 Impactos Ambientais .....	69
4.1.3 Questão Ambiental .....	73

4.1.4 Indicadores de Desempenho Ambiental .....	76
<b>4.2. Fase 2 .....</b>	<b>81</b>
4.2.1 Empresa A .....	82
4.2.1.1 Atividade Galvânica .....	82
4.2.1.2 Medidas Ambientais .....	84
4.2.2 Empresa D .....	89
4.2.2.1 Atividade Galvânica .....	89
4.2.2.2 Medidas Ambientais .....	91
4.2.3 Empresa F .....	95
4.2.3.1 Atividade Galvânica .....	95
4.2.3.2 Medidas Ambientais .....	97
4.2.4 Empresa L .....	101
4.2.4.1 Atividade Galvânica .....	101
4.2.4.2 Medidas Ambientais .....	103
4.2.5. Empresa M .....	106
4.2.5.1 Atividade Galvânica .....	107
4.2.5.2. Medidas Ambientais .....	108
<b>4.3 Gestão Ambiental nas Grandes Empresas com Atividade Galvânica .....</b>	<b>111</b>
4.3.1 Medidas Ambientais Implantadas nas Empresas .....	112
4.3.2 Comparação entre as Medidas Ambientais Implantadas nas Empresas com as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) .....	117
4.3.3 A Legislação Ambiental e a Implantação de Sistema de Gestão Ambiental .....	126
<b>V. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>130</b>
<b>5.1 Conclusões .....</b>	<b>130</b>
<b>5.2 Limitações da Pesquisa .....</b>	<b>132</b>
<b>5.3 Sugestões para Pesquisas Futuras .....</b>	<b>133</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO A – Survey: Fase 1 .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO B – Entrevista – Caracterização do Setor Galvânico.....</b>	<b>147</b>
<b>ANEXO C – Entrevista – Medidas Ambientais Implantadas na Galvânica</b>	<b>151</b>
<b>ANEXO D – Entrevista – Aspectos Ambientais da Atividade Produtiva .....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXO E – Entrevista – Gestão Ambiental na Empresa .....</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO F – Entrevista – FEPAM (Dep. Controle da Poluição Industrial) ..</b>	<b>161</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABRACO	Associação Brasileira de Corrosão
ARIP	Aterro para Resíduos Industriais Perigosos
BAT	Best Available Techniques (Melhores Técnicas Ambientais)
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BSTSA	British Surface Treatment Suppliers Association
CEBDS	Centro Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEPIS/OPS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitária e Ciências del Ambiente
CERES	Coalition for Environmentally Responsible Economies
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – SP
CFC	Clorofluorcarbono
CICE	Comissão Interna de Consumo de Energia
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EBEB	European Business Environmental Barometer
EDTA	Ácido Etilenodiaminatetracético
EGGA	European General Galvanizer Association
EMS	Environmental Management System
EPA	Environmental Protection Agency
ER	Recuperação Eletrolítica
ETE	Estação de Tratamento de Efluente
ETEB	Estação de Tratamento de Efluente Biológico
FEPAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
EVA	Etil Vinil Acetato
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
HEPA	Sistema de Filtração de Alta Eficiência
INTEC	Corporación de Investigación Tecnológica – Chile

IPPC	Comissão Europeia de Controle Integrado e Prevenção da Poluição
ISO	International Standardization Organization
NCDENR	North Carolina Department of Environment and Natural Recourse
ONGs	Organizações Não Governamental
PFOs	Sulfato Perfluoro-octano
PGA	Práticas de Gestão Ambiental
RCRA	Resource Conservation And Recovery Act
RO	Osmose Reversa
SCF	Fluidos Supercríticos
SEBRAE	Serviço de Apoio à Pequena e Média Empresa
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SISAUTO	Sistema de Automonitoramento
SSMA	Secretaria de Saúde e do Meio Ambiente
TCE	Tricloro Etileno
TURI	Massachusetts Toxics Use Reduction Institute
VOCs	Compostos Orgânicos Voláteis
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Medidas para Fechamento de Ciclos de Água .....	25
QUADRO 2 – Questões-chave do Questionário Aplicado na Fase 1 .....	62
QUADRO 3 – Questões-chave para o Estudo de Caso – Fase 2 .....	62
QUADRO 4 – Desenvolvimento Geral da Pesquisa .....	65
QUADRO 5 – Principais Impactos Ambientais da Atividade Galvânica.....	72
QUADRO 6 – Seleção de Indicadores de Desempenhos para Atividade Galvânica .....	80
QUADRO 7 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa A .....	86
QUADRO 8 – Situações-problema Identificadas na Empresa A .....	88
QUADRO 9 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa D .....	92
QUADRO 10 – Situações-problema Identificadas na Empresa D .....	94
QUADRO 11 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa F .....	98
QUADRO 12 – Situações-problema Identificadas na Empresa F .....	100
QUADRO 13 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa L .....	104
QUADRO 14 – Situações-problema Identificadas na Empresa L.....	105
QUADRO 15 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa M .....	110
QUADRO 16 – Situação das Empresas em às Medidas de Caráter Operacional – BAT .....	119
QUADRO 17 – Situação das Empresas em às Medidas de Caráter Específico – BAT .....	121
QUADRO 18 – Situação das Empresas com relação às Medidas de Direcionadas à Geração de Resíduos – BAT .....	124

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Comparação entre Padrões de Lançamento para Efluentes Líquidos .....	21
TABELA 2 – Classificação dos Empreendimentos Industriais .....	56
TABELA 3 – Empresas Participantes da Fase 1 .....	59
TABELA 4 – Empresas Participantes da Fase 2 .....	59
TABELA 5 – Caracterização das Empresas e Principais Medidas Ambientais Implantadas.....	114

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Fluxograma Genérico do Processo Galvânico .....	6
FIGURA 2 – Fluxograma do Tratamento Físico-químico.....	22
FIGURA 3 – Sistema de Gestão Ambiental - Modelo ISO 14000 .....	30
FIGURA 4 – Representação Gráfica das Empresas investigadas na Fase 1 .....	58
FIGURA 5 – Principais Processos de Revestimentos Executados pelas Empresas .....	67
FIGURA 6 – Impactos Ambientais mais Citados pelas Empresas .....	69
FIGURA 7 – Situação do SGA nas Empresas .....	73
FIGURA 8 – Conjunto de Alternativas que Refletem o Envolvimento Ambiental das Empresas .....	74
FIGURA 9 – Parâmetros usados como Indicadores Ambientais.....	77
FIGURA 10 – Espiral da Melhoria Contínua da Atividade Galvânica .....	127

## I. INTRODUÇÃO

A exploração indiscriminada dos recursos naturais, ignorando a esgotabilidade e o impacto, destrói o meio ambiente, deixando para a sociedade um problema a ser remediado (Macedo *et al*, 2003). Ao considerar as conseqüências do comprometimento ambiental, os processos industriais passam a ter uma preocupação ecológica, utilizando matérias-primas menos tóxicas, visando à geração cada vez menor de resíduos. A incorporação das variáveis ambientais e econômica induz ao abandono da visão tradicional fim de tubo nos sistemas de produção.

Conciliar a produção, o desenvolvimento com a conservação e a qualidade ambiental é um desafio que deve ser buscado a partir de esforços conjuntos, governo e sociedade. A busca pela sustentabilidade tem levado as empresas a refletir sobre a sua interação com o meio ambiente (Hjeresen *et al*, 2002). Assim, medidas para reduzir a geração de resíduos necessitam ser tomadas, pois muitos países não terão condições tecnológicas, e provavelmente econômicas, para tratá-los ou para recuperar as áreas degradadas.

Nos anos 70, início da crise do petróleo, foi lançado o documento Limites do Crescimento. A partir daí, a teoria econômica passou a considerar o impacto dos insumos, efluentes e resíduos. Esta fase coincide com a intensa regulamentação nos países desenvolvidos, período no qual as indústrias brasileiras quase não sofriam restrições ambientais. No Brasil, a grande fase de regulamentação ambiental iniciou na década de 80, após a promulgação da Lei 6938, que dispõe sobre a política nacional do meio ambiente (Souza, 2003). No Rio Grande do Sul (RS), esta fase data de meados de 1984 (Soares, 2004). Houve, portanto, uma defasagem de tempo, no que tange à legislação ambiental entre a indústria brasileira e a dos países desenvolvidos.

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.

Ao longo deste período, a legislação ambiental tem se tornado cada vez mais restritiva, principalmente com relação aos resíduos tóxicos, dentre os quais os provenientes do tratamento de superfícies, tanto pelos riscos à saúde humana quanto ao meio ambiente. A intensificação regulatória e a preocupação com a preservação ambiental, estimuladas por outras contingências externas, têm contribuído para as empresas implantarem estratégias ambientais.

A regulamentação ambiental impõe muitas mudanças nos processos industriais, caracterizando-se, muitas vezes, na visão das empresas, mais como uma punição do que um estímulo às ações pró-ativas. A visão estática, na qual a legislação ambiental é uma amarra constante, é incorreta (Porter e Linde, 1995). 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). 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.

A legislação proporciona a criação de uma nova cultura empresarial pela educação ambiental, reduzindo e evitando muitas decorrentes da poluição, bem como reduzindo os custos com seguros e os riscos de indenização a terceiros (Carlos *et al*, 2003). As pressões sociais sinalizam que os custos para adequação da empresa às demandas do meio ambiente podem se transformar em conscientização, pois a sociedade não mais assimila a exacerbação do lucro obtido às custas da degradação ambiental.

As indústrias que realizam atividade galvânica são consideradas de alto impacto ambiental devido à natureza tóxica das matérias-primas e dos resíduos gerados. As grandes empresas, com atividade de alto impacto ambiental, estão submetidas a um maior controle de suas atividades, seja pelos órgãos ambientais, acionistas, comunidade de entorno ou outros *stakeholders*<sup>1</sup>. Segundo Toms (2001), as grandes empresas estão mais preocupadas em melhorar sua reputação perante

---

<sup>1</sup> *Stakeholders* são grupos de consumidores, fornecedores, empresas concorrentes, funcionários, meios de comunicação, judiciário, legisladores, público em geral, autoridades públicas, organizações não governamentais (ONGs) que influenciam no gerenciamento das corporações (Hibbit e Kamp-Roelands, 2002).

os diversos *stakeholders*, por esta razão adotam práticas e sistema de gestão ambiental. A implantação de sistemas de tratamento eleva os custos de produção, pois a natureza tóxica dos poluentes exige que muitos efluentes sejam pré-tratados, antes de serem encaminhados ao tratamento propriamente dito. Assim, a identificação de oportunidades para reduzir a poluição conduz a empresa à melhoria contínua do sistema de produção e da sua *performance* ambiental.

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 resistência às inovações contribui não só para o agravamento dos problemas ecológicos mas para o aumento de perdas pela falta de competitividade.

Diversos estudos foram desenvolvidos para identificar os fatores direcionadores para a implantação da gestão ambiental nas empresas. Destacam-se alguns destes como o desenvolvido por Lau e Ragothaman (1997), que identificaram, em ordem de importância, os principais fatores são regulamentações ambientais, reputação das organizações, iniciativas da alta administração e demanda dos consumidores. Outro estudo desenvolvido por Neder, citado pelo mesmo autor, verificou que as ações ambientais concentram-se na modernização dos sistemas de controle da poluição e são frutos das crescentes exigências regulatórias.

No Brasil, o CNI/BNDES/SEBRAE, em 1998, realizou uma pesquisa que buscou avaliar a gestão ambiental na indústria brasileira (Souza, 2003). De acordo com os resultados, as exigências das legislações figuram como as principais razões para a adoção de práticas ambientais. Outros fatores, como redução de custos e melhoria da imagem da empresa, também foram significativos. Os estudos demonstraram que a redução de custos e a crescente exigência da legislação são fatores importantes para promover a gestão ambiental nas empresas.

A implantação de medidas ambientais por parte das empresas está condicionada a sua postura ambiental. As empresas do Rio Grande do Sul com atividade galvânica demonstram 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. Por outro lado, o Órgão Ambiental entende que a maior exigência na legislação contribui para a quebra desta visão estática e induz as empresas a adotar procedimentos preventivos que resultam na melhoria da qualidade ambiental.

A inexistência de estudos desta natureza demonstra a importância do presente trabalho. Os resultados são importantes para subsidiar o fortalecimento dos instrumentos que induzem à qualidade ambiental, tanto no planejamento de ações de melhoria da gestão quanto no reconhecimento da legislação ambiental como um importante instrumento que contribui para a adoção de conduta pró-ativa.

Diante desse contexto, objetivando-se verificar a implantação da gestão ambiental em empresas com atividade galvânica, selecionou-se um grupo de empresas do Rio Grande do Sul de porte grande e excepcional. Estas empresas apresentam uma diversidade de processos galvânicos e práticas de gestão que possibilitou a identificação dos impactos ambientais relacionados ao processo e às estratégias para o controle desses impactos, assim como os fatores determinantes para a implantação da gestão ambiental em empresas desta natureza.

A seguinte hipótese foi levantada no desenvolvimento do estudo:

- A legislação ambiental pró-ativa e a fiscalização podem induzir a implantação de medidas ambientais em empresas com atividade industrial de alto impacto.

A partir desta hipótese, determinaram-se os objetivos do trabalho.

### **Objetivo geral**

- Analisar a implantação de medidas de gestão ambiental em grandes empresas com atividade galvânica.

### **Objetivos específicos**

- Identificar os riscos ambientais associados à atividade galvânica.
- Identificar as medidas ambientais para controle dos impactos significativos.
- Avaliar as melhorias de processo.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, busca-se estabelecer alguns conceitos fundamentais sobre a atividade galvânica, com vistas a compreender o processo, os impactos ambientais, o tratamento dos efluentes e as estratégias de gestão.

A atividade galvânica é caracterizada pelo excessivo consumo de energia, de água e grande geração de emissões atmosféricas devido às perdas por evaporação dos banhos<sup>2</sup>, que geralmente são aquecidos (Bernardes *et al*, 2000). Um problema adicional é o resíduo sólido (lodo galvânico) que resulta do tratamento dos efluentes líquidos. É considerado um resíduo perigoso devido à grande concentração de metais presentes, por este motivo deve ser encaminhado a tratamento e disposição adequada, geralmente aterro de resíduos industriais perigosos.

Diante da crescente exigência ambiental no Brasil, a indústria galvânica, a partir da década de 90, viu-se forçada a investir no aperfeiçoamento de mão-de-obra e na elevação da qualidade do processo, principalmente com relação aos banhos eletrolíticos e insumos. A preocupação com o meio ambiente teve origem na maior restrição da legislação, principalmente com relação aos parâmetros ambientais (Tocchetto *et al*, 1997). Os resíduos de cromo, cianeto, cádmio e formaldeído dos banhos de cobre são os mais preocupantes inclusive em nível mundial (EPA, 1994).

A busca de alternativas que minimizem os impactos ambientais tem motivado a indústria galvânica a investir em soluções que também se refletem em economia e aumento da produtividade. Investimentos em medidas ambientais tornam as empresas mais competitivas e ecoeficientes.

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.

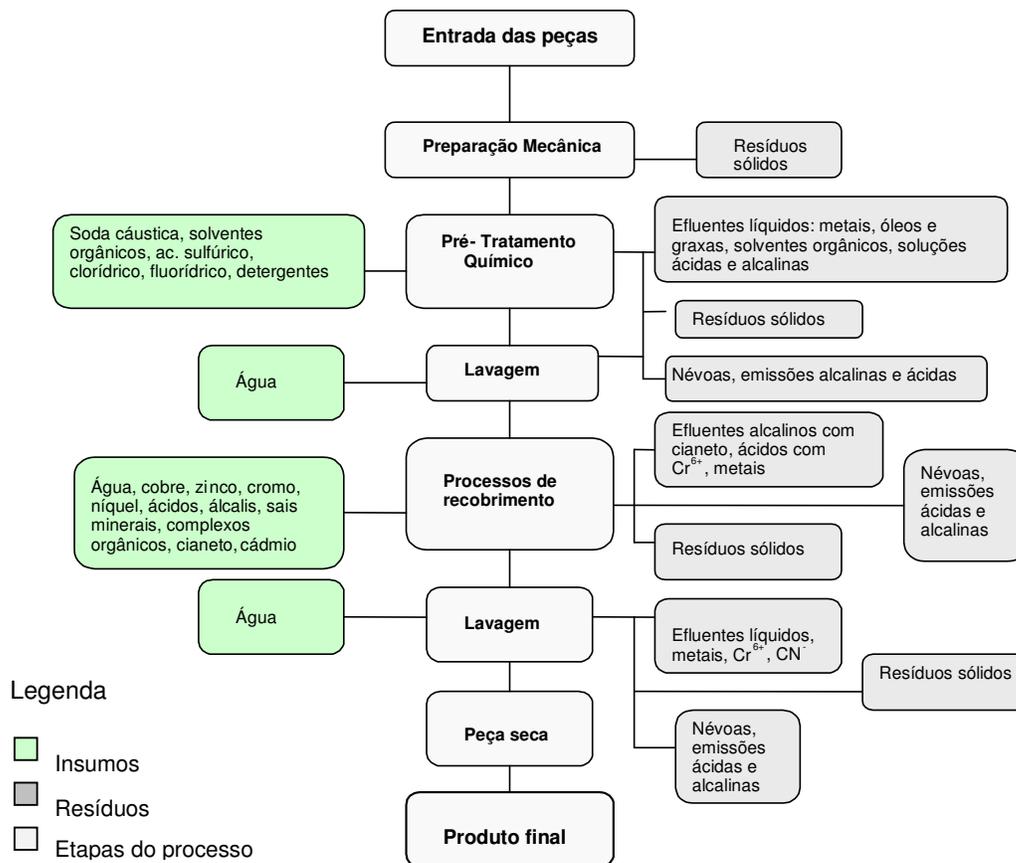
---

<sup>2</sup> Nas diferentes etapas do processo galvânico, as peças são imersas em tanques com soluções para limpeza e para recobrimento. Estas soluções são denominadas de banhos tanto na literatura científica quanto no chão de fábrica (Bernardes *et al*, 2000; Schlesinger e Paunovic, 2000; BSTSA, 2004). Adota-se esta denominação no presente trabalho.

## 2.1 Atividade Galvânica

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 compõe-se de diversas etapas para a preparação das peças até o recobrimento metálico (Figura 1).



**Figura 1** - Fluxograma Genérico do Processo Galvânico

Fonte: Adaptação de INTEC, 2001.

O objetivo do processo consiste em prevenir a corrosão, aumentar a dureza e a condutividade das superfícies, além de tornar os produtos com aparência mais atrativa (BSTSA, 2004). Os processos de recobrimento também melhoram a aderência das superfícies para o recebimento de outros revestimentos, como a fosfatização e a pintura (Maurin, 1996; Panossian, 1993).

A atividade galvânica é predominante em indústrias do setor metal-mecânico, principalmente na fabricação de peças automotivas, maquinários, equipamentos agrícolas e motores em geral. Outros setores como eletroeletrônico, calçadista, cutelaria e ferramentas também utilizam peças revestidas, seja para aumentar a durabilidade dos componentes ou como efeito decorativo.

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).

### **2.1.1 Preparação das Peças**

A preparação mecânica das peças consiste na eliminação das irregularidades e aspereza da superfície. A reação do metal com os constituintes da atmosfera, como água e oxigênio, forma filmes de óxidos metálicos que devem ser removidos antes da etapa de recobrimento (Schlesinger e Paunovic, 2000).

O pré-tratamento químico consiste nos processos de desengraxe e decapagem. O desengraxe tem como objetivo a remoção de substâncias gordurosas. A remoção dos óxidos que se formam na superfície é denominada decapagem. A qualidade dos revestimentos depende principalmente do estado da superfície a ser trabalhada (ABRACO, 2003).

A presença de gorduras, graxas e pós-metálicos favorece a formação de manchas e reduz a aderência da camada de recobrimento metálico. A maior parte destas impurezas provém das etapas de lixamento, corte, furação e polimento das chapas. O desengraxe alcalino por imersão ou eletrolítico é o mais simples, mais rápido, mais eficiente e menos impactante para o meio ambiente.

Melhorias têm sido desenvolvidas nos processos de desengraxe alcalino, como, por exemplo, o desenvolvimento de desengraxantes “longa vida”. Estes novos

limpadores eliminam os descartes semanais para no mínimo três a quatro meses. O tratamento dos banhos de desengraxe para a separação de óleo e a neutralização também são menos freqüentes. Os desengraxantes conhecidos como “*oil rejecting*” removem continuamente os óleos da solução de limpeza que ficam na superfície do tanque ou que se aderem aos equipamentos, prolongando, assim o uso das soluções de limpeza (BSTSA, 2004).

Os solventes clorados são eficientes agentes desengraxantes. No passado, eram considerados seguros por não serem inflamáveis. Devido à alta toxicidade e aos impactos ambientais causados, estão tendo o uso reduzido ou sendo banidos (TURI, 2002; EPA, 2002). Em junho de 2001, o tricloroetileno, um dos mais usados solventes clorados, teve seu risco reclassificado na União Européia de 3 para 2, categoria carcinogênico (HSE, 2004). A reclassificação teve como objetivo levar as empresas à eliminação do uso. Quando não for possível a substituição, o processo deve ser enclausurado, a fim de evitar a emissão dos vapores tóxicos para o ambiente de trabalho.

Por outro lado, em 2003 a EPA flexibilizou as restrições à exposição para alguns produtos químicos, dentre os quais alguns derivados de cloro, significando que serão permitidas maiores exposições. “Tudo leva a crer que esta posição foi fortemente impulsionada pela indústria, porém a longo prazo os efeitos serão profundamente sentidos na saúde da população” (Shogren, 2003).

Dentre outras alternativas para substituir os processos convencionais, o desengraxe ultrasônico proporciona alta eficiência no processo de limpeza e permite o uso de soluções desengraxantes menos concentradas. É utilizado para peças de forma complexa. Possui baixos riscos operacionais e reduz as agressões ao meio ambiente. O processo consiste na imersão das peças na solução de desengraxante, água e detergente com agitação por ondas de som de alta freqüência (CTA Ultrassom, 2003). As ondas possuem freqüência de 20 a 40 kHz, proporcionando a formação de milhares de pequenas bolhas que implodem na superfície da peça, atingindo locais de difícil acesso. Este fenômeno chama-se cavitação (Schlesinger e Paunovic, 2000). O efeito mecânico das ondas ultrasônicas ajuda a dissolver e deslocar as partículas da superfície (TURI, 2002).

O uso corrente desta tecnologia está limitado ao alto custo de implantação, pois inclui o gerador para produzir a energia de alta freqüência. Apesar dos custos, há relatos de ganhos obtidos com a troca de tecnologia, no que se refere à aquisição

de matérias-primas, redução da geração de efluentes, reuso da solução contendo sabão neutro para limpeza geral, redução do consumo de água e de energia elétrica, maior eficiência na limpeza das peças, além de significativa melhoria da qualidade dos produtos acabados (CETESB, 2003).

Outro exemplo é o uso do dióxido de carbono, “jato frio de CO<sub>2</sub>” (gelo seco) (Schlesinger e Paunovic, 2000). É um processo comercializado desde 1980, que possui alto potencial para limpeza. O CO<sub>2</sub> age no metal através da formação de “grânulos” sobre a superfície quando aplicado por jatos, similares aos jatos de areia (Schlesinger e Paunovic, 2000). O impacto das partículas sobre a superfície do metal provoca a sublimação, ocasionando uma rápida expansão do gás e energia, gerando microchoques que promovem a limpeza. Os contaminantes são encaminhados a um sistema de filtração de alta eficiência (HEPA), em que os particulados são coletados (TURI, 2002). As partículas de CO<sub>2</sub> não são abrasivas, portanto o processo não ocasiona prejuízos ao substrato.

O uso de fluidos supercríticos (SCF) é outra alternativa menos impactante para limpeza de peças (Schlesinger e Paunovic, 2000). O agente de limpeza apresenta propriedades intermediárias entre líquido e gás. Os fluidos supercríticos podem penetrar mais profundamente na superfície do metal e nos interstícios deste para remover os contaminantes, promovendo uma limpeza mais fácil e mais completa. O custo de operação é baixo, porém o de implantação é alto. O CO<sub>2</sub> SCF possui propriedades únicas para limpeza de precisão devido à menor tensão superficial que o CO<sub>2</sub> líquido, assim difunde-se mais facilmente na superfície do metal, tornando a operação mais eficiente.

O processo de decapagem consiste na eliminação dos óxidos ou ferrugem da superfície da peça, geralmente usando ácido sulfúrico ou ácido clorídrico, diluídos. Após a decapagem, a peça deve ser lavada com água antes de ser encaminhada às demais etapas do processo. A exposição ao ar, após a lavagem, deve ser a menor possível para evitar a reoxidação da peça.

As soluções de limpeza podem tornar-se inativas devido às alterações pelas sucessivas passagens das peças, acarretando, muitas vezes, o descarte prematuro do banho de decapagem. Soluções de limpeza contaminadas podem levar à degradação dos banhos de recobrimento, aumentando ainda mais os prejuízos econômicos e o volume de efluentes a ser tratado.

Os ácidos contaminados do processo de decapagem constituem-se um problema significativo em grandes unidades de galvanização. Desta forma, o desenvolvimento de decapantes tolerantes a altas concentrações de ferro é uma inovação para o processo de limpeza e uma alternativa para reduzir o encaminhamento de grandes volumes de efluente ao tratamento. Novas técnicas que utilizam o resfriamento, conhecidas como *techniques chilling*, possibilitam a regeneração de soluções de ácido clorídrico e sulfúrico super saturadas com metais (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.

A escolha do melhor processo de limpeza e da mais adequada alternativa depende de um conjunto de fatores (Schlesinger e Paunovic, 2000), tais como:

- custos que incluem os resíduos gerados e as alternativas de reciclagem;
- tipo de substrato a ser processado;
- presença de substâncias tóxicas;
- impurezas e a exigência de manejo;
- exigências de segurança;
- manutenção;
- análise e controle;
- características da espécie a ser removida;
- nível específico de redução das impurezas.

A avaliação deste conjunto de fatores possibilita a “escolha dos agentes de limpeza levando em conta soluções sustentáveis e alternativas mais seguras” (TURI, 2002). Os custos com a limpeza na indústria de acabamento de metais, são consideráveis, pois a limpeza inadequada pode representar gastos ainda maiores. Por exemplo, a falta de aderência de um recobrimento ou pintura, geralmente pode ser devido a uma limpeza mal conduzida. Após a preparação mecânica e o pré-tratamento químico, as peças são encaminhadas à lavagem para remoção dos resíduos que possam interferir na qualidade do recobrimento metálico.

### 2.1.2 Processo de Lavagem

As indústrias que realizam recobrimento metálico consomem grandes quantidades de água, especialmente nos procedimentos de lavagem. Assim, o reaproveitamento e reuso destas águas pode ser uma oportunidade para combinar redução de custos, melhoria do gerenciamento e uso racional dos recursos naturais (Centi e Perathoner, 1999). O modelo tecnológico baseado na exploração indiscriminada dos recursos naturais está esgotado, assim como a idéia, que ainda prevalece em alguns setores com relação à água, de que ela é infinitamente abundante e sua renovação é natural (Paz *et al*, 2004). Por este motivo, a partir da década de 90, o setor de acabamento metálico passou a realizar esforços para reduzir o consumo de água (NCDENR, 2004).

A lavagem tem como objetivo minimizar a contaminação entre as diversas etapas do processo, assegurando que as peças estejam em condições de serem recobertas com a qualidade exigida para o produto final (BSTSA, 2004). A qualidade da lavagem afeta dramaticamente a qualidade do produto, portanto as melhorias devem ser integradas às demais medidas de controle de qualidade e programas ambientais implantados (NCDENR, 2004).

A lavagem há tempos atrás, era considerada adequada quando utilizava grandes volumes de água, como processos de uma ou duas lavagens em água corrente (Bernardes *et al*, 2000). Hoje se sabe que o processo assim procedido não é econômico e gera quantidades muito grandes de efluentes líquidos. A lavagem é maior quanto maior for o grau de diluição da película líquida que recobre a peça. Este fator deve ser estabelecido conforme o banho de recobrimento e a geometria da peça.

A técnica de lavagem ideal combina um grau de diluição adequado com o menor consumo de água. A melhoria no processo de lavagem aumenta também a vida útil dos banhos de limpeza e de recobrimento. As técnicas de lavagem em contracorrente e etapas múltiplas podem reduzir o consumo de água em até 90% (Kindschy e Ringwald, 1991; NCDENR, 2004). A eficiência do processo pode ser aumentada com a implantação de sistema de turbilhonamento ou agitação (CETESB, 1998).

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). A tensão superficial é um dos fatores responsáveis pela aderência das gotas de líquidos nas peças retiradas dos banhos. 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 escoamento das peças permite recuperar até 90% da solução arrastada (Centro Mexicano para La Produccion Mas Limpia, 1997; BSTSA, 2004).

A técnica *blow-off* ou sopramento é uma alternativa para reduzir o consumo de água nos processos de lavagem. O emprego de jato de ar auxilia na remoção da solução aderida às peças (Schlesinger e Paunovic, 2000). Esta técnica também reduz consideravelmente o arraste de solução para os banhos de recobrimento, com isso há uma geração de menor volume de efluentes líquidos e o conseqüente menor consumo de água na etapa de lavagem. A remoção da película aderida é dificultada nos casos em que as peças apresentem reentrâncias ou obstáculos à entrada do sopro de ar.

A instalação de condutímetro para controlar o grau de saturação dos banhos e das águas de lavagem traz como vantagens o prolongamento da vida dos banhos de recobrimento, a racionalização e a redução do consumo de água. Esta medida é de fundamental importância, pois “há uma prática arraigada nas galvanicas: fazer descartes e trocas de água todos os finais de semana” (CETESB, 2002). Esta prática acarreta o aumento desnecessário do volume de efluentes a tratar, de consumo de matérias-primas e de água. Há relatos de redução de consumo de água, em torno de 43%, com a implantação de condutímetro nos tanques de lavagem de peças (NCDENR, 2004).

A melhoria do processo de lavagem representa o primeiro passo para habilitar a empresa a implementar um programa progressivo de prevenção da poluição (NCDENR, 2004). O *design* adequado dos tanques de lavagem, a redução do arraste de soluções, a manutenção de válvulas de entrada e saída de água, a adequação do tamanho das peças são medidas que aumentam a eficiência do uso da água nos processos de lavagem.

### 2.1.3 Processos de Recobrimento Metálico

Os processos de tratamento de superfície geram problemas de poluição e quantidades substanciais de resíduo. O descarte de banhos esgotados representa alta carga de poluentes, já que as soluções contêm, entre outros elementos tóxicos, cianeto e metais pesados como cádmio, cromo, níquel, cobre, etc.

Cianetos de sódio e potássio estão presentes em diversos banhos de eletrodeposição, como os de cobre, zinco, cádmio, prata, ouro e também de latão, bronze e ligas de cobre-estanho-zinco. O processo de tratamento físico-químico dos efluentes destrói os cianetos por oxidação. Porém, alguns dos complexos de cianetos são resistentes aos métodos de oxidação tradicional, permanecendo no efluente tratado ou se incorporando aos resíduos sólidos.

O gerenciamento de resíduos com cianeto aumenta os custos ambientais das empresas, devido às exigências de tratamento e disposição. O cianeto de sódio é considerado mais tóxico que o de potássio. Os riscos à saúde do íon cianeto é devido a sua rápida absorção tanto por via oral, quanto pela pele. Assim, a manipulação de soluções requer operadores bem treinados, a fim de reduzir os riscos de acidentes ocupacionais. O cianeto absorvido reage com o ácido clorídrico do suco gástrico, formando ácido cianídrico no organismo, que é altamente letal (Meyer, 1997).

Os recobrimentos de cádmio que possuem cianeto na sua formulação proporcionam excelente resistência à corrosão. O cádmio é altamente tóxico inclusive para fungos e mudas. No passado, inúmeros artefatos militares usavam cádmio. O complexo de cádmio mais usado é o cianeto de cádmio,  $\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}$ . Ainda são utilizados sulfato, sulfamato, cloreto, fluoroborato e pirofosfato de cádmio na composição dos banhos.

A toxicidade do cádmio está relacionada com o alto poder cumulativo no organismo, devido à meia-vida biológica, que é de 19 a 40 anos. Em torno de 50-75% do cádmio que é absorvido se deposita no fígado e rins. Pequenas quantidades se depositam nos intestino, nos ossos, nos músculos e no sistema nervoso central. Durante as exposições crônicas, cerca de 90% do cádmio absorvido se liga à hemoglobina.

As ligas de zinco alcalino sem cianeto são alternativas para a substituição dos revestimentos de cádmio para uma grande variedade de aplicações. As ligas de zinco-níquel têm sido introduzidas particularmente em países como o Japão e Alemanha, locais onde o cádmio tem limites restritivos ou é proibido. Estas ligas têm sido introduzidas principalmente na indústria automotiva para linhas de óleo, trilhos, ganchos, componentes de ar condicionado, sistemas de bombas de refrigeração, bobinas e engates.

A Chrysler seguiu as novas especificações a partir de 1989. A Ford desenvolveu especificações para zinco-níquel e zinco-cobalto em substituição ao cádmio em 1990 (EPA, 1994). Algumas ligas, como as de zinco-níquel e zinco-cobalto têm oferecido melhor proteção à corrosão que o cádmio e não exigem mudanças nas condições de operação. Os processos alternativos são mais sensíveis que os base-cianeto, portanto o monitoramento deve ser mais cuidadoso.

Dentre as alternativas mais utilizadas para revestimentos metálicos, os depósitos de cobre tanto são usados para promover um efeito decorativo como funcional. Uma importante aplicação é o revestimento de placas de circuito impresso. O formaldeído, presente na composição dos banhos é cancerígeno e poluente da água. O processo também se caracteriza pela formação de vapores cáusticos. Revestimentos de cobre sem o uso de corrente elétrica são freqüentemente utilizados para aplicar uma base condutora sobre um substrato não-condutor, como o plástico.

A composição dos banhos de cobre ácido é basicamente sulfato de cobre, ácido sulfúrico, íon cloro, além de abrillantadores, niveladores e, algumas vezes, umectantes. Os banhos de cobre alcalino-base pirofosfato são aplicados para fins decorativos em peças destinadas à cementação e para cobrear furos de placas de circuito impresso. Estes banhos apresentam o cianeto na sua composição.

O recobrimento de cobre alcalino sem cianeto é um processo eletrolítico semelhante ao processo cianeto básico. Os procedimentos e as condições de operação são similares e os equipamentos poderão ser utilizados em ambos os processos. Soluções alcalinas de cobre não cianetadas eliminam cianeto do efluente líquido e do lodo gerado. Banhos de cobre alcalino sem cianeto contêm  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{4}$  a menos de cobre, em relação aos processos tradicionais. O tratamento de águas de lavagens de banhos alcalinos sem cianeto requer somente ajuste de pH para

precipitar o cobre como hidróxido, eliminando o hipoclorito usado para a oxidação do cianeto.

Os revestimentos de cromo são amplamente utilizados para aumentar a proteção e/ou proporcionar uma aparência mais atraente a determinados produtos. Quando a meta principal é a aparência, é dito processo decorativo. Este revestimento é quase sempre aplicado sobre níquel brilhante, cuja base comumente é aço, alumínio, plástico, ligas de cobre e zinco fundido. Quando o cromo é aplicado para aumentar a resistência à corrosão, o revestimento é chamado cromo duro ou, mais apropriadamente, depósito de cromo funcional.

Tradicionalmente, os depósitos de cromo são obtidos a partir de eletrólitos contendo cromo VI. Estes depósitos conferem uma agradável aparência esbranquiçada. O trióxido de cromo ( $\text{CrO}_3$ ) é o principal componente das soluções, cuja concentração varia em torno de 25%. O cromo hexavalente tem sido associado ao aparecimento de câncer em seres humanos após inalação prolongada, também é tóxico à vida aquática em concentrações relativamente baixas. O cromo apresenta alta ligação com as proteínas plasmáticas (86-90%), é armazenado nos pulmões, na pele, no músculo e no tecido adiposo (Meyer, 1997). Em termos ocupacionais, o cromo VI pode ser introduzido no organismo por via oral, dérmica ou pulmonar, e sua absorção depende do seu estado de oxidação.

O tratamento de águas com concentrações de  $\text{Cr}^{6+}$  é feito com soluções redutoras de bissulfito e dióxido de enxofre. Soluções de cromo hexavalente usam anodos de chumbo, os quais se decompõem ao longo do tempo, formando cromato de chumbo, que deve ser tratado e disposto como resíduo perigoso. Emissões fugitivas, efluentes líquidos e resíduos sólidos que causam graves impactos ao meio ambiente são gerados pelo processo de revestimento de cromo. Estes impactos podem ser minimizados pela substituição por processos mais limpos e adoção de medidas preventivas.

Devido à proteção e às características obtidas com os revestimentos de cromo VI, há dificuldade de encontrar substituintes equivalentes. Processos com cromo trivalente têm sido usados como alternativa, pois são considerados menos tóxicos. Alguns destes processos produzem efeito semelhante ao do cromo hexavalente, porém com maiores custos e exigindo maior controle das condições de processo.

Os compostos de cromo III têm baixa toxicidade e não há efeitos severos atribuídos a eles. Sua ação é semelhante ao cromo VI, porém com menor intensidade, provavelmente devido a sua menor absorção. A cromatização é outro processo de revestimento que utiliza cromo hexavalente, a partir de soluções contendo cromatos ou ácido crômico. O processo é usualmente utilizado para revestir peças de aço zincado ou galvanizado para aumentar a resistência à corrosão. Este tipo de revestimento é muito usado para evitar a chamada corrosão branca.

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). O chumbo é objeto de revisão para possível enquadramento como uma substância prioritariamente perigosa, idêntica ao cromo.

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). Esta norma refere-se principalmente aos resíduos gerados por equipamentos eletroeletrônicos, em que muitos componentes recebem tratamento de superfície.

A anodização com ácido sulfúrico pode substituir alguns revestimentos de cromatização, entretanto os revestimentos são mais quebradiços e mais espessos. Um destes revestimentos é baseado em óxido de zircônio para superfícies de alumínio. Outras alternativas são os molibdatos, os titanatos, os tioglicolatos e os alc-óxidos (EPA, 1994). Ligas de níquel-tungstênio-boro estão sendo estudadas para substituir os revestimentos com cromo VI. Esta família de ligas está patenteada sob o nome de AMLATE (Schlesinger e Paunovic, 2000). Os novos revestimentos não requerem tratamento significativo dos efluentes e ainda apresentam menor perigo ambiental.

Os revestimentos de níquel apresentam-se como mais uma alternativa para o tratamento de superfícies. Os principais processos são níquel eletrolítico e níquel químico. Segundo Schlesinger e Paunovic (2000), a condução do processo de niquelação é considerada um estado de arte, devido às especificações criteriosas para o substrato a ser revestido, preparação da superfície e limpeza rigorosa, pois a presença de resíduos pode criar pontos inativos, dificultando a deposição.

Os banhos de níquel semibrilhante possuem grande aplicação devido ao alto poder de nivelamento. São usados no sistema de dupla camada, proporcionando uma camada de fácil polimento e grande ductibilidade (Schlesinger e Paunovic, 2000). Os banhos brilhantes também possuem alto poder de nivelamento e são geralmente associados aos processos de cobre ácido e níquel semibrilhante. Ainda proporcionam uma elevada resistência à corrosão.

A etapa de ativação para a niquelação é realizada comumente com ácido nítrico. A substituição do ácido por peróxido de hidrogênio se constitui uma alternativa menos impactante à operação, pois elimina a geração de efluentes ácidos. Os efluentes gerados no processo com peróxido podem ser tratados em sistema de troca iônica, possibilitando assim, a recuperação do níquel (NCDENR, 2004).

Trabalhadores expostos a altas concentrações de níquel correm riscos de desenvolver cancro nasal e pulmonar. Estudos em animais contaminados demonstraram o aparecimento de alterações pulmonares, renais, no sistema imunológico, cardíaco e perda de peso (Meyer, 1997).

Os revestimentos de estanho, além de produzirem o efeito metálico de cor branco-prateada, fosco ou brilhante, aumentam a resistência anticorrosiva ao ar, à umidade, às soluções aquosas de sais e aos ácidos fracos. Pequenos teores de antimônio, chumbo ou bismuto impedem a formação da peste do estanho (depósitos cinza). O estanho não é venenoso, sendo amplamente empregado em equipamentos para a indústria alimentícia.

Ligas de estanho-chumbo têm sido utilizadas em larga escala na indústria eletroeletrônica. Os revestimentos proporcionam excelente proteção à corrosão e alta soldabilidade. Ainda evitam a formação de *whiskers*<sup>3</sup>, que são altamente prejudiciais à indústria eletrônica, pois favorecem a ocorrência de pontos de curtos-circuitos. O desenvolvimento de ligas chumbo-*free*, estanho-prata e estanho-bismuto têm sido lento devido às dificuldades de obtenção de camadas protetoras que proporcionem a proteção desejada (Schlesinger e Paunovic, 2000).

As características dos produtos determinam a escolha do tipo de revestimento a ser realizado na peça. Os revestimentos de prata proporcionam alta resistência química, reduzindo a oxidação ao ar, salvo em atmosfera contendo enxofre. A prata

---

<sup>3</sup> *Whisker* são pequenos filamentos cristalinos de estanho nas regiões de cantos vivos (Schlesinger e Paunovic, 2000).

é o metal nobre mais utilizado, principalmente na indústria eletroeletrônica, devido às excelentes propriedades na transmissão de calor, eletricidade e boa *performance* na soldabilidade. Os banhos de prata possuem cianeto em sua composição.

Na galvanização a fogo, a superfície da peça é toda recoberta, inclusive as partes ocas, proporcionando maior dureza e excelente resistência à abrasão. As peças de ferro ou aço são imersas em zinco fundido para aumentar a proteção à oxidação. O menor custo de mão-de-obra torna o processo uma alternativa mais econômica que a pintura (EGGA, 2003). As condições enérgicas do processo oferecem riscos aos operadores, caso medidas de segurança não sejam tomadas como: dispor orifícios de drenagem e ventilação nas peças ocas, conhecer o desenho das peças e reconhecer o perigo das explosões na cuba de galvanização.

A limpeza das peças deve ser rigorosa, mediante desengraxe e decapagem. O zinco vaporiza a 907°C, assim uma boa ventilação na unidade reduz os riscos de inalação dos fumos de óxido de zinco pelos operários (EGGA, 2003). Para o controle das emissões gasosas, são implantados equipamentos como exaustores e lavadores de gases (Macintyre, 1988).

A camada depositada é brilhante e, com o passar do tempo e com o contato com o ar úmido, torna-se cinza fosca, devido à formação de hidróxidos e carbonatos de zinco. Esta camada é conhecida como camada de passivação (Almeida *et al*, 1998). A atividade do zinco nas superfícies galvanizadas é reduzida com a aplicação de uma camada de Cr VI, chamada camada de conversão ou processo de cromatização.

#### **2.1.4 Impactos Ambientais do Processo**

A identificação dos impactos ambientais significativos fornece informações que permitem modular a atividade produtiva e reduzir o impacto aos ecossistemas, preservando a qualidade ambiental. A análise de todas as atividades decorre de um conhecimento profundo dos produtos, processos e serviços, podendo resultar em um aumento da eficiência da organização (Verschoor e Reijnders, 1999).

Zobel e Burman (2003) enfatizam que as organizações devem considerar, para determinar os impactos ambientais, aspectos relativos a emissões aéreas, despejos líquidos, gestão de resíduos e contaminação do solo, além de aspectos

relacionados diretamente com as suas atividades, produtos e serviços. O estabelecimento de estratégias preventivas<sup>4</sup> para redução dos efeitos da poluição exige que as empresas realizem o diagnóstico de sua situação ambiental. Assim, torna-se cada vez mais necessária a incorporação da variável ambiental ao processo de gestão das empresas (Donaire,1995).

A composição dos banhos de revestimento apresenta elevadas concentrações de metais, que contaminam as águas de lavagem, gerando grandes volumes de efluentes líquidos a serem tratados. As principais fontes de geração de efluentes líquidos são águas de lavagem e soluções com eficiência esgotada, como desengraxantes, decapantes, ativadores e banhos galvânicos, com altas concentrações de poluentes. Os metais pesados presentes nos efluentes, acima dos limites estabelecidos pela legislação ambiental, podem causar alterações histológicas ou morfológicas nos organismos (Arsand, 2001).

O lodo galvânico, gerado após o tratamento dos efluentes líquidos, é considerado um resíduo perigoso, portanto deve ser disposto em aterros para resíduos industriais perigosos (ARIP). A disposição inadequada do lodo galvânico, devido à alta concentração de metais pesados, representa riscos de contaminação do solo, lençol freático e águas superficiais. O local de armazenagem temporária também deve oferecer condições para o confinamento seguro, até que o lodo seja encaminhado ao tratamento e/ou à disposição final.

Buscando resolver o problema do armazenamento impróprio do lodo galvânico, a EPA, em fevereiro de 1999, concedeu aos geradores um prazo de cento e oitenta dias para adequação das condições de confinamento. Após este prazo, os geradores deveriam satisfazer quatro condições (Hayes *et al*, 2003):

- implementar práticas de prevenção de poluição buscando reduzir o volume e a toxicidade;
- reciclar o resíduo através da recuperação dos metais;
- não acumular mais que 16.000 kg de resíduo;
- cumprir as normas de gerenciamento de resíduos perigosos (rotulagem, registro, manifesto de carga, etc).

---

<sup>4</sup> Segundo Heck (2003), prevenção consiste em tomar medidas visando evitar um dano previsível.

Estas medidas tiveram como objetivo estabelecer regras para o gerenciamento do lodo galvânico, cujo impacto ambiental é potencializado quando executado de forma ineficiente. O co-processamento de lodo galvânico em fornos de cimento, como alternativa de tratamento para o lodo galvânico, não é permitida no Estado do Rio Grande do Sul, devido ao poder calorífico que é inferior a 2750Kcal, condição para um resíduo ser liberado para a queima e também por não atender à Resolução 264 (CONAMA, 1999). A referida resolução trata do licenciamento ambiental para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer, para a fabricação de cimento, e define que os resíduos, para serem co-processados, devem possuir similaridade com a matéria-prima para fabricação do cimento (CONAMA, 1999). O lodo galvânico não possui similaridade com o clínquer, portanto, de acordo com esta norma, a sua utilização é proibida. Apesar da restrição, algumas cimenteiras, como no Estado do Paraná, co-processam o lodo galvânico em fornos de cimento.

O co-processamento de lodo de fosfatização em fornos de cimento não causa prejuízos ao processo de clínquerização. A análise de RX realizada nas amostras co-processadas mostrou que a incorporação de lodo não causou modificações significantes no rendimento do clínquer, tampouco apresentou modificações atípicas nas fases formadas (Caponero e Tenório, 2000).

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 dos ambientais.

A preparação mecânica e o acabamento das peças devido às operações de furação e polimento são responsáveis pela ocorrência de particulados e poeiras. A implantação de equipamentos que protejam o meio ambiente da emissão destes poluentes é determinada no processo de licenciamento das unidades industriais.

O Estado do Rio Grande do Sul não possui padrão de emissões atmosféricas para galvânicas fixadas em norma ou legislação (Soares, 2004). Os lavadores de gases são equipamentos aceitos como adequados para o controle destas emissões. O setor da poluição atmosférica é dos mais vulneráveis aos avanços da ciência e da tecnologia. Internacionalmente é regido pelo estabelecimento de normas proibitivas amplas complementadas por protocolos e anexos que são facilmente alteráveis, pois dependem quase exclusivamente de definições técnicas (Soares, 2003b).

Os padrões de lançamento de efluentes líquidos nos corpos hídricos do Estado são definidos pela Portaria 05/89 - SSMA, conforme a Tabela 1 (Rio Grande do Sul, 1989). Esta portaria está sendo revista pelo Conselho de Meio Ambiente (CONSEMA) (Soares, 2003a).

A comparação entre os parâmetros máximos de emissão estabelecidos pelas duas portarias também é apresentada na mesma tabela. Na nova portaria, as fontes poluidoras assinaladas, (\*), ao apresentarem vazão igual ou superior a 100 m<sup>3</sup>/dia, terão a aplicação de um fator mínimo de 0,8 sobre as concentrações estabelecidas.

Tabela 1 – Comparação entre Padrões de Lançamento para Efluentes Líquidos

Parâmetros	Portaria 05/89	Nova Portaria
Alumínio	10 mg/L Al	10 mg Al/L
Arsênio	0,1 mg/L	0,1 mg As/L
Bário	5,0 mg/L Ba	5,0 mg Ba/L
Boro	5,0 mg/L B	5,0 mg B/L
Cádmio	0,1 mg/L Cd	0,1 mg Cd/L
Chumbo	0,5 mg/L Pb	0,2 mg Pb/L *
Cianetos	0,2 mg/L CN	0,2 mg CN/L
Cobalto	0,5 mg/L Co	0,5 mg Co/L
Cobre	0,5 mg/L Cu	0,5 mg Cu/L
Cromo Hexavalente	0,1 mg/L Cr <sup>+6</sup>	0,1 mg Cr <sup>+6</sup> /L *
Cromo	0,5 mg/L Cr	0,5 mg Cr/L *
Estanho	4,0 mg/L Sn	4,0 mg Sn/L
Fenóis	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Ferro	10 mg/L Fe	10 mg Fe/L
Fluoretos	10 mg/L F	10 mg F/L
Fósforo Total	1,0 mg/L P	
Lítio	10 mg/L Li	10 mg Li/L
Manganês	2,0 mg/L Mn	2,0 mg Mn/L
Mercúrio	0,01 mg/L Hg	0,01 mg Hg/L
Molibdênio	0,5 mg/L Mo	0,5 mg Mo/L
Níquel	1,0 mg/L Ni	1,0 mg Ni/L
Nitrogênio Total	10 mg/L N	
Prata	0,1 mg/L Ag	0,1 mg Ag/L
Selênio	0,05 mg/L Se	0,05 mg Se/L
Sulfetos	0,2 mg/L S	0,2 mg S <sup>2-</sup> /L
Surfactantes	2,0 mg/L	2,0 mg MBAS/L
Vanádio	1,0 mg/L Va	1,0 mgV/L
Zinco	1,0 mg/L Zn	2,0 mg Zn/L

Fonte: Adaptação da Portaria 05/89 SSMA (Rio Grande do Sul, 1989); (Soares, 2003a).

Na nova portaria o termo “surfactantes” será substituído por substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno. Ainda, os padrões de emissão para os parâmetros Nitrogênio Total Kjeldahl, Fósforo e Coliformes Termotolerantes ou *Escherichia coli* deverão atender, em função de faixas de vazão, os valores de

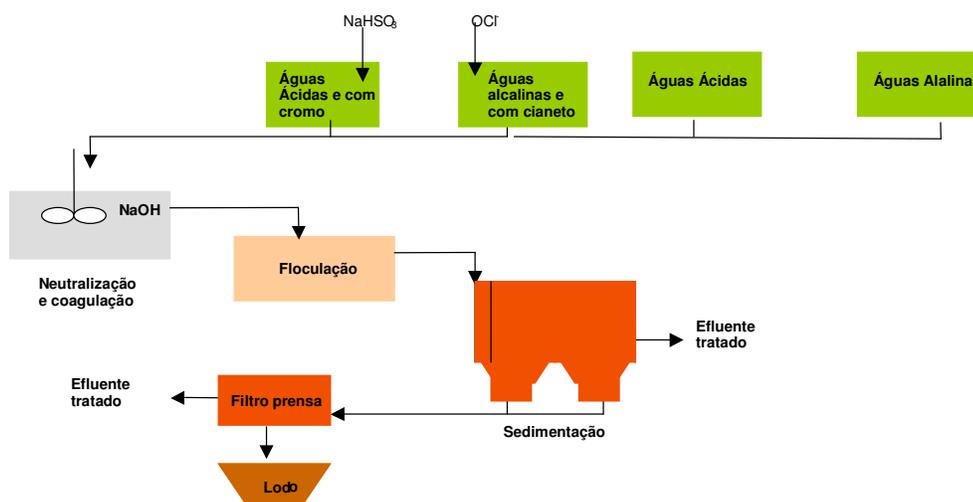
concentração estabelecidos ou operar com a eficiência fixada. Os padrões de lançamento para metais foram pouco alterados, apenas os de chumbo e zinco. Os novos padrões acompanham os limites estabelecidos nas legislações internacionais, que são bastante restritivos.

### 2.1.5 Tratamento de Efluentes

O controle dos impactos do processo, a partir da implantação de sistemas de tratamento, visa prevenir o descarte de resíduos e outros poluentes que possam comprometer a saúde e a qualidade ambiental. A implantação de estações de tratamento de efluentes líquidos é mais uma condição imposta na etapa de licenciamento dos empreendimentos com atividade galvânica. Estas unidades representam custos às empresas e muitas vezes não oferecem segurança quanto ao cumprimento dos padrões definidos na legislação ambiental.

O tratamento físico-químico é o mais utilizado para efluentes galvânicos e 75% das indústrias utilizam a precipitação dos metais para tratar os efluentes produzidos (Costa *et al*, 2003a). Neste processo, as substâncias poluidoras são transformadas em produtos pouco solúveis, os quais são separados por decantação e, posteriormente, filtrados (Freeman e Harris, 1998).

As etapas do tratamento físico-químico são apresentadas na Figura 2.



**Figura 2** – Fluxograma do Tratamento Físico-químico  
Fonte: Adaptação de Fallavena, 1999.

Efluentes com baixa concentração de metais dificultam o tratamento físico-químico (BSTSA, 2004). A precipitação exige altas concentrações de metais, 100 mg/L, e nem sempre os padrões são atingidos, devido à interferência de ânions presentes no efluente, como, por exemplo,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  (Costa *et al*, 2003a).

Os metais presentes na forma de cátions são precipitados como hidróxidos quando tratados com substâncias alcalinas como soda cáustica. Os ânions cianeto e cromato são tratados por oxidação e redução. A precipitação dos metais pesados ocorre em pH 8,5 (Hartinger, 1994). Os sólidos são separados da fração líquida por sedimentação e posterior filtração (Foldes, 1995; Glayman e Farkas, 1980). O sólido gerado (lodo galvânico) é classificado como perigoso, segundo a NBR 10004 (ABNT, 1987).

O controle do sistema de tratamento garante a segurança no cumprimento da legislação, reduz os prejuízos financeiros e danos à imagem decorrentes de possíveis multas e infrações. O controle ambiental é parte essencial para o desenvolvimento de medidas que assegurem a proteção ambiental (El-Fadel *et al*, 2001). O monitoramento das atividades subsidia a avaliação da qualidade ambiental, tanto pelas empresas quanto pelo Órgão Fiscalizador das atividades industriais. Uma base de dados precisos possibilita a construção e o aprimoramento de legislações direcionadas à proteção ambiental.

Nos procedimentos de licenciamento de indústrias de maior porte e grande potencial poluidor, a FEPAM controla a qualidade dos despejos líquidos lançados nos corpos hídricos do Estado. Esse controle é realizado pelo SISAUTO - Sistema de Automonitoramento (FEPAM, 2002). Os boletins de automonitoramento consistem nos resultados de análises efetuadas pela própria empresa. A periodicidade do envio ao Órgão Ambiental é determinada na etapa do licenciamento ambiental. Estas informações são checadas eventualmente, *in loco*, pelo Órgão Ambiental. A frequência da fiscalização também se relaciona com o impacto causado pela atividade industrial e com o porte da empresa. Quanto maior for o impacto ambiental da atividade e o porte da empresa, maiores são as exigências feitas pelo Órgão Ambiental (Soares, 2003a; Soares, 2004).

### 2.1.6 Tecnologias Alternativas

O processo competitivo e econômico está cada vez mais fundamentado no emprego de medidas que permitam minimizar o consumo de matérias-primas e insumos. Assim, as indústrias estão buscando caminhos para diminuir o volume de resíduos gerados com a implantação de estratégias de recuperação e reuso (EPA, 2002). Há inúmeras vantagens diretas e indiretas com a implantação de estratégias de recuperação. Carlos *et al* (2003) afirmam que o alcance da sustentabilidade está associado à estabilização ou redução da carga ambiental.

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.

Projetos voltados à redução, ao reuso ou à reciclagem, por exemplo, de água e de produtos químicos exigem uma visão de produtividade, em que a substância a ser recuperada deve ser vista como matéria-prima. Contribuindo para o desenvolvimento da visão de produtividade, Staniskis e Stasiskiene (2003) apresentam os aspectos-chave para o entendimento do processo de integração entre meio ambiente e o crescimento econômico:

- compreender o meio ambiente e o processo que o afeta através da identificação na origem das prováveis fontes de degradação ambiental, suas conseqüências e os custos de redução, como um fundamento para políticas efetivas;
- desenvolver indicadores de *performance* ambiental a serem aplicados nas políticas locais, regionais e nacionais;
- usar informações ambientais para melhorar as regulamentações públicas e privadas nas decisões a tomar;

- gerenciar o meio ambiente através da compreensão para construção, acumulação e disseminação desse entendimento, melhorando o setor ambiental privado e ampliando os modelos de políticas públicas para incluir as variáveis ambientais.

Dentro desta visão, as estratégias de reuso e reciclagem em indústrias de alto impacto ambiental permitem conciliar o desenvolvimento da atividade produtiva dentro dos princípios de sustentabilidade. A implantação de estratégias de reuso de água implica adaptações para a segregação das correntes de efluentes geradas, tratamento, e, se necessário, armazenamento para, posteriormente, serem reutilizadas. Esta medida pode acarretar a necessidade de investimento econômico significativo.

O potencial de redução de consumo de água, através de medidas de recirculação e reutilização, é variável devido à multiplicidade de soluções que podem ser implementadas. Depende também do volume gerado nos processos e do respectivo grau de contaminação, pois a qualidade física, química e biológica deve ser compatível com a requerida para os novos fins a que a água tratada se destina.

A implantação de estratégias de reuso requer informações precisas sobre as vazões e características dos pontos de entrada e saída de água e das diferentes correntes geradoras (Costanzi e Daniel, 2002) (Quadro 1).

Quadro 1 – Medidas para Fechamento de Ciclos de Água

MEDIDAS	CONTROLES IMPORTANTES
DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE ENTRADA D'ÁGUA	Vazões e características de qualidade
DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE DESCARTE	Vazões e características físico-químicas
SEGREGAÇÃO DAS CORRENTES DE EFLUENTES E ÁGUAS	Vazões e características de qualidade

Fonte: Costanzi e Daniel, 2002.

As duas primeiras ações apresentam grande dificuldade de implementação, porque a maioria das indústrias não possui controle de vazão nos pontos de entrada e saída de água (Costanzi e Daniel, 2002). Os autores complementam que a terceira etapa é fundamental nas mudanças de processo, pois a segregação das correntes evita a interferência dos subprodutos do tratamento na qualidade do produto final. Geralmente a implantação de estratégias de reuso é motivada pelos altos custos de tratamento e pela escassez de recursos naturais.

Manutenções regulares e operadores treinados ajudam a assegurar a eficiência e a otimização dos sistemas de recuperação. É importante operar os sistemas de recuperação com os mesmos cuidados que os banhos de recobrimento.

A mudança de tecnologia que possibilite recuperação de matérias-primas e reuso de água deve considerar o impacto ambiental referente a questões como substâncias incorporadas aos produtos, sistema de produção, emissões e efeitos à saúde relativos ao uso destes produtos, ciclo de vida, possibilidades de reuso, geração de resíduos, etc. (Ropke, 2001). A viabilidade técnica deve ser considerada antes da econômica para um melhor planejamento quanto à gestão ambiental da indústria (Costanzi e Daniel, 2002).

Diferentes tecnologias têm sido aplicadas para reuso de água e produtos químicos em processos galvânicos. As tecnologias de membranas têm se destacado para recuperação de águas e metais provenientes do processo galvânico e como tratamento alternativo para o tratamento de efluentes líquidos. Em especial, os processos de osmose reversa, eletrodialise e microfiltração (Foldes, 1995; Glayman e Farkas, 1980; Metcalf e Eddy, 1991). A recuperação de metais por troca iônica também é bastante aplicada, eficiente e flexível.

O sistema de osmose reversa (RO) retém quase todos os sólidos dissolvidos presentes nas águas de lavagens. O sistema é constituído por uma coluna contendo a membrana semipermeável, sob pressão maior que a osmótica. A membrana permite a passagem das moléculas de água, retendo os sais metálicos e aditivos.

As substâncias retidas podem ser recuperadas e retornar aos banhos para reuso, e a água pode ser usada para reposição. A osmose reversa apresenta melhor *performance* com soluções diluídas, com uma razão de recuperação em torno de 95% (EPA, 2002). A desvantagem dessa tecnologia é a obstrução dos poros da membrana devido à precipitação de sólidos presentes.

O sistema de troca iônica também proporciona o reuso da água tratada. É um processo em que os íons da solução são removidos a partir de uma reação de substituição com uma resina. Cada resina tem uma capacidade máxima para recuperação de íons. A possibilidade de regeneração da resina se constitui uma vantagem do processo, pois permite a recuperação da capacidade de troca.

Os contaminantes retidos na resina podem retornar aos banhos. O efluente resultante da regeneração, chamado eluato, deve ser encaminhado à estação de tratamento de efluentes, cujo volume é menor que o gerado nos processos

convencionais, porém com maior concentração de metais (CETESB, 2002). A osmose reversa com pré-filtração e lavagem automática pode reciclar mais de 80% da água tratada. A recuperação de metal com troca iônica e osmose reversa combinadas, apesar do alto custo, é compensada pela eficiência do processo (Remco Engineering, 2002).

A eletrodialise é um processo alternativo para o tratamento de efluentes e recuperação de água e metais, no qual membranas íon-seletivas proporcionam a separação dos íons de uma solução aquosa, sob ação de um campo elétrico de corrente contínua. As membranas são formadas por uma delgada lâmina de material polimérico com características aniônicas ou catiônicas. Os sólidos dissolvidos movem-se através das membranas, não o solvente.

As unidades são similares aos filtros prensa, alternando lâminas de membranas aniônicas e catiônicas e colocadas entre dois eletrodos. As soluções a serem recuperadas circulam pela célula. São usadas na indústria para a remoção de metais pesados, por exemplo,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$  (Jassen e Koene, 2002). O processo requer baixa quantidade de energia e pode recuperar soluções bastante concentradas. Similarmente ao processo de troca iônica, as membranas usadas para eletrodialise são suscetíveis à obstrução e devem ser regularmente substituídas. Os efluentes galvânicos, por possuírem alto teor de sólidos dissolvidos e baixo teor de matéria orgânica, mostram-se com características adequadas para serem tratados por eletrodialise (Arsand, 2001).

Outro processo usado para o tratamento final de efluentes é o de sorção, porém o alto custo dos materiais, muitas vezes, inviabiliza a implantação. Estudos usando macrófitas aquáticas têm sido uma alternativa para viabilizar o uso desta tecnologia. As macrófitas aquáticas, mesmo secas, têm capacidade de acumular íons de metais pesados (Costa *et al*, 2003a). Estas plantas têm a capacidade de suportar vários ciclos de sorção e dessorção, semelhante ao carvão ativado e às resinas de troca iônica.

O estudo realizado, em escala piloto, com efluentes contendo Zn, Ni e Cu, demonstrou ser uma alternativa simples, eficiente e econômica para o tratamento de efluentes oriundos do setor galvânico (Costa *et al*, 2003b). Costa *et al* (2003b) também realizaram estudos para determinar a viabilidade do uso de subprodutos do beneficiamento do carvão, como material alternativo para o polimento de efluentes industriais oriundos de processo galvânico.

Técnicas eletroquímicas podem ser uma alternativa valiosa para a proteção do meio ambiente integrando o tratamento dos efluentes e a minimização da geração de resíduos contaminados com compostos químicos tóxicos (Jüttner *et al*, 2000; Janssen e Koene, 2002).

A recuperação eletrolítica (ER) é a mais antiga técnica para reaproveitar metais. Esta tecnologia ainda possibilita o estabelecimento de estratégias de reuso para a água tratada. Os sistemas de recuperação eletrolítica apresentam maior eficiência com soluções concentradas e podem operar de forma contínua. O produto, na forma metálica, é o mais adequado para reuso e revenda. Os metais recuperados podem ser considerados como matérias-primas (EPA, 2002). A maior desvantagem é o alto custo de energia, que pode variar com a eficiência do processo e com as taxas locais das utilidades.

A evaporação é uma técnica amplamente utilizada para recuperar sais metálicos e água das soluções. O uso de evaporadores a vácuo proporciona vantagens econômicas e ambientais. Nesse sistema, as águas são concentradas por meio de destilação. A água destilada pode ser reaproveitada no processo, e o concentrado retorna para o respectivo banho, a fim de manter a concentração ideal. Quando operados adequadamente, os evaporadores podem alcançar uma razão de recuperação de 99% dos metais presentes (EPA, 2002). Evaporadores à pressão atmosférica são os mais comuns e menos dispendiosos. São também bastante usados para recuperar águas de lavagem e de banhos de recobrimento.

## **2.2 Gestão Ambiental**

No mundo moderno, a preocupação com o meio ambiente alcança hoje papel de destaque nas relações internacionais (Adede y Castro, 2001). Nas duas últimas décadas, as questões ambientais têm exercido uma maior influência nos custos econômicos e a proteção do meio ambiente têm se tornado um importante campo de atuação para governos, indústrias, grupos sociais e indivíduos (Staniskis e Stasiskiene, 2003). O desenvolvimento e a produção de produtos sustentáveis é um desafio das indústrias no século 21, à luz da crescente pressão ambiental (Maxwell e Vorst, 2003).

Corbett e Pan (2002) salientam que os custos da poluição têm se elevado dramaticamente neste mesmo período, como mostrados nos grandes acidentes de Bhopal e Exxon Valdez, cujos custos totais ultrapassam vários bilhões de dólares.

Os mesmos autores enfatizam ainda que pequenos acidentes também afetam a comunidade, principalmente a local, e claramente ocasionam custos para as empresas, sobretudo se estes ocorrem freqüentemente. Mesmo emissões relativamente pequenas, em excesso, podem ter custos bastante grandes para as empresas, decorrentes de taxas e multas aplicadas. Segundo Hibbitt e Kamp-Roelands (2002), as questões ambientais possuem dimensões globais, pois o ambiente, como um todo, será atingido pelos impactos ambientais, mesmo que ocasionados por pequenos acidentes.

Hawken *et al* (1999) propõem a substituição do capitalismo econômico pelo capitalismo natural, no qual a proliferação de áreas para aterros, o aumento de áreas degradadas e o crescente descarte de esgotos nos corpos hídricos seria substituído por um mundo com cidades silenciosas, fábricas sem a geração de resíduos e elevação da qualidade de vida e ambiental. Esta visão expressa um alerta para o grave comprometimento ambiental do planeta e a necessidade da busca de alternativas que visem equilibrar a atividade econômica e produtiva.

A economia global, nas últimas décadas, experimentou mudanças radicais que tiveram implicações significativas para o desenvolvimento e operações industriais, principalmente com a introdução das normas ISO 14000 (El-Fadel *et al*, 2001; Corbett e Pan, 2002; Orecchini, 2000). A partir de então, a variável ambiental passou a ser um fator importante no gerenciamento dos sistemas de produção.

Apesar da popularização das normas ISO 14000, muitas empresas ainda consideram complexo e dispendioso o processo de certificação. Na visão de Orecchini (2000), para viabilizar a certificação, o processo preparatório deve ser gradual, adequando cada processo, cada equipamento às exigências. Segundo Orecchini (2000), a ISO 14001 é a norma-chave para a implantação de um sistema de gestão ambiental (SGA), pois especifica as exigências e apresenta os elementos principais da estrutura do sistema.

Sistema de gestão ambiental representa uma mudança organizacional voluntária dentro da empresa, motivada pela internalização ambiental e externalização de práticas ambientais que integram o ambiente e a produção, as quais identificam oportunidades para reduzir a poluição e capacitam a empresa a

estabelecer melhoria contínua do sistema de produção e da sua *performance* ambiental (Khanna e Anton, 2002). A Figura 3 mostra a inter-relação entre os passos de implementação do SGA e a busca pela melhoria contínua.



Figura 3 - Sistema de Gestão Ambiental - Modelo ISO 14000

Fonte: Adaptação de Nagel, 2002.

Um SGA articula metas e objetivos em um conjunto de práticas ambientais (PGAs). Implementar estas metas é assumir responsabilidades, prover recursos, treinamento e incentivos aos funcionários (Khanna e Anton, 2002).

Os principais motivos para uma empresa implantar um sistema de gestão ambiental são (Moreira, 2001):

- barreiras à exportação;
- pressão por parte de um cliente significativo;
- pressão por parte da matriz;
- pressão da concorrência;
- percepção de riscos.

A mesma autora conclui que a maior motivação não está nos benefícios que podem ser obtidos com a implantação de um sistema de gestão, mas depende de exigências externas à empresa. Corbett e Pan (2002) destacam que muitas companhias não possuem registros ou sequer medem seus custos ambientais, portanto, desconhecem seus reais custos. Este desconhecimento contribui para a continuidade da visão de que investimentos em medidas ambientais aumentam custos das empresas e reduzem a produtividade (Porter e Linde, 1995).

### 2.2.1 Estratégias de Gestão

Novas situações do ambiente institucional passaram a dirigir as estratégias ambientais das empresas, tais como investidores e acionistas, que estariam interessados em correlações positivas entre *performance* econômica e ambiental; bancos, que estariam associando *performance* ambiental ruim a risco financeiro mais elevado e associações comerciais, educacionais e religiosas, que passaram a institucionalizar determinadas demandas ambientais. Os diferentes *stakeholders* perceberam que este novo cenário tem contribuído para a melhoria de uma vasta extensão de impactos ambientais (Corbett e Pan, 2002).

Diversos estudos foram desenvolvidos para verificar a evolução do ambientalismo nas organizações, como, por exemplo, o realizado por Hoffmann, que identificou quatro períodos distintos (Souza, 2003). Segundo o autor, a fase de respostas das empresas iniciou-se na década de 70, denominada fase do ambientalismo regulatório. Passos e Câmara (2003) realizaram estudo semelhante, porém determinaram que a evolução das estratégias ambientais deu-se a partir da década de 80, considerada pelos autores como o início da fase de grande intensidade regulatória.

A regulamentação, tanto europeia quanto americana, na década de 70, era fortemente direcionada à implantação de sistemas de tratamentos fim de tubo, principalmente para emissões líquidas e gasosas (Verschoor e Reijnders, 2000). Segundo Soares (2003b), as normas reguladoras visam disciplinar a “conduta livre do homem” que desequilibra o meio ambiente.

A partir do começo da década de 90, a realidade do ambientalismo tornou-se mais complexa, pois evoluiu da simples conformidade às leis à responsabilidade social, e os acidentes ambientais passaram, também, a ser responsabilizados criminalmente.

A implantação de estratégias ambientais nas empresas é determinada por diversos fatores. Lau e Ragothaman (1997) identificaram que os principais fatores, em ordem de importância, são regulamentações ambientais, reputação das organizações, iniciativas da alta administração e demanda dos consumidores. Ainda apontaram que a redução de custos e o aumento de lucros são fatores significativos para a implantação de estratégias ambientais.

Outro estudo verificou que as ações ambientais concentram-se na modernização dos sistemas de controle da poluição e são frutos das crescentes exigências regulatórias (Neder, 1992). No Brasil, o CNI/BNDES/SEBRAE, em 1998, realizou uma pesquisa que buscou avaliar a gestão ambiental na indústria brasileira (Souza, 2003). De acordo com os resultados, as exigências das legislações figuram entre as principais razões para a adoção de práticas ambientais. Outros fatores também são significativos para implantação de estratégias de gestão, como redução de custos e melhoria da imagem da empresa.

A complexidade entre o meio ambiente e o mundo dos negócios exige técnicas administrativas eficientes e habilidade organizacional para que as empresas possam transformar suas estratégias ambientais em vantagens competitivas e financeiras. Um estudo realizado por Karagozoglu e Lindell (1997) comprova uma relação positiva entre inovatividade ambiental e vantagem competitiva e entre *performance* ambiental, financeira e competitiva das empresas.

Estratégias ambientais proporcionam a melhoria da reputação da empresa evidenciada a partir da diferenciação dos produtos e redução de custos, contribuindo também para a manutenção e/ou ampliação da posição no mercado. Hibbit e Kamp-Roelands (2002) afirma que a reputação das corporações será o diferencial competitivo mais importante, para os próximos cinquenta anos. Aliar melhores *performances* ambientais e econômicas se convencionou chamar “ganha-ganha” (Souza, 2003). Esta é uma das hipóteses mais relevantes em gestão ambiental e estimula as ações pró-ativas.

Corbett e Pan (2002) identificaram que as empresas da Europa têm sido, historicamente, mais pró-ativas na prevenção da poluição que as empresas dos EUA, que confiam mais em medidas fim de tubo.

Passos e Câmara (2003) sugeriu uma escala de evolução das atitudes em relação ao meio ambiente. Esta escala começa com a estratégia reativa, passa por um estágio intermediário, denominado estratégia ofensiva, e termina com a estratégia inovativa. Na estratégia reativa, as empresas concentram suas ações no atendimento mínimo e relutante da legislação ambiental e no gerenciamento mínimo de seus riscos. Não há evidências de modificações nos processos e produtos, atendo-se apenas à incorporação de equipamentos de controle de poluição nas saídas dos seus efluentes para o meio ambiente (fim de tubo).

A percepção dessas empresas baseia-se na proposição de que não há oportunidade de mercado para compensar os aumentos de custos devido ao ingresso da dimensão ambiental. A dimensão ambiental é vista como uma ameaça, não havendo, portanto, integração entre o meio ambiente e as unidades estratégicas de negócio. As decisões quanto às soluções dos problemas ambientais só atingem o nível de estratégia funcional e são tomadas na base da determinação. Este é o mais baixo estágio da classificação das estratégias ambientais, no qual a gestão ambiental das organizações é orientada à conformidade.

Na estratégia ofensiva, segundo estágio da classificação, os princípios básicos adotados pelas empresas são a prevenção da poluição, a redução do uso de recursos ambientais e o cumprimento além das leis. Verificam-se mudanças nos processos, produtos e serviços, seleção de matérias-primas, alterações na embalagem e estabelecimento de padrões industriais, antes que os concorrentes o façam.

Na estratégia inovativa, as empresas se antecipam aos problemas ambientais e, pela sua capacidade de resolução dos problemas, fortalecem a posição de mercado. A excelência ambiental torna-se condição para o sucesso dessas empresas que buscam a integração entre a excelência ambiental e os negócios, a partir do desenvolvimento e da comercialização de novos produtos com a introdução de princípios de ciclo de vida.

O princípio básico adotado é o acoplamento total e sinérgico entre estratégias ambientais e de negócio, de tal forma que elas se tornam quase indiferenciáveis. A integração da variável ambiental ocorre ao nível do gerenciamento ambiental estratégico, considerado função da administração e questão de mercado, em um quadro de alta ameaça e oportunidade. A questão ambiental é incorporada às estratégias empresariais mais gerais e torna-se um elemento importante de construção de vantagens competitivas duradouras.

As estratégias ambientais, suas razões e implicações para as empresas, como resposta a estas pressões, podem ser classificadas quanto à forma que respondem a estas pressões e quanto ao foco das ações adotadas.

Sharma (1999) identificaram que as empresas podem ser classificadas em dois grupos em relação ao posicionamento frente ao tempo de resposta e à legitimação das questões ambientais emergentes. Quanto ao tempo de resposta, as empresas reativas adotam a postura “esperar para ver”. Essas empresas não

acreditam na durabilidade das demandas ambientais e nem na urgência da resposta. Quanto à legitimidade, as empresas pró-ativas adotam a “visão de futuro”, incluindo-a na missão da empresa, colocando a preservação ambiental como uma questão legítima. Esta visão é fundamental para definir a identidade da organização, pois influencia na estruturação das decisões e nas ações implementadas.

Com relação ao fluxo de informações, os mesmos autores identificaram diferenças significativas entre as empresas reativas e as pró-ativas. As pró-ativas realizam auditorias ambientais detalhadas e colocam estas informações à disposição dos diversos *stakeholders*. Ainda, criam um contexto organizacional que facilita a experimentação para a tomada de decisão em áreas como especificações de materiais, modificações de processos, sistema de manuseio de resíduos, políticas operacionais e desenvolvimento de produtos. São empresas que realizam mudanças no modelo de autoridade, responsabilidade e controle e incluem indicadores de *performance* ambiental.

Passos e Câmara (2003), em estudo na indústria química americana e alemã que visava tipificar as estratégias ambientais empresariais, identificaram quatro tipos de empresas quanto às suas respostas estratégicas às pressões ambientais. O grupo formado pelas “defensoras de portfólio” é composto pelas grandes empresas do setor. São empresas que privilegiam responder às regulamentações ambientais, porém, ao mesmo tempo, buscam se antecipar às novas regulamentações e padrões.

As escapistas são as que atendem às regulamentações e dão pouca importância à antecipação de normas e padrões. As inativas e indiferentes geralmente são empresas de médio porte que apresentam baixo risco ambiental e pequeno potencial de mercado.

Moreira *et al* (2003) classificam as estratégias ambientais como limpas, eficientes, inovadoras ou progressivas. A estratégia limpa é identificada em empresas preocupadas em preservar a licença de funcionamento e o mercado que atuam. As empresas eficientes são as que buscam a ecoeficiência, a partir da melhoria da eficiência do processo industrial e do meio ambiente. As empresas que utilizam estratégias inovadoras procuram a diferenciação, como, por exemplo, a fabricação de produtos “verdes”.

As empresas que adotam uma estratégia progressiva buscam vantagens competitivas sobre os concorrentes menos orientados para as questões ambientais

e sociais. Segundo Moreira *et al* (2003), quanto mais progressiva a estratégia ambiental, mais esta deve estar representada em todas as atividades da empresa.

Winn (2000) propõe uma classificação quanto às estratégias deliberadas e emergentes e também as deliberadas realizadas e não-realizadas. A pesquisa foi realizada em empresas alemãs do setor de embalagens, cuja classificação em “*greening corporativo*” pode ser de quatro tipos: reativo deliberado, não realizado, ativo emergente e pró-ativo deliberado.

As estratégias ambientais podem ser direcionadas aos processos e aos produtos. O primeiro foco das estratégias geralmente ocorre direcionado ao processo. Um processo considerado equilibrado ambientalmente deve estar próximo dos seguintes objetivos:

- poluição zero;
- nenhuma produção de resíduo;
- nenhum risco para os trabalhadores;
- baixo consumo de energia;
- eficiente uso de recursos.

Para saber quanto a empresa está próxima ou longe desses objetivos ideais, é necessário que ela faça uma estimativa de seu balanço ambiental, levando em consideração todas as entradas e saídas do processo produtivo.

Uma empresa ambientalmente amigável é definida não só pelas características do processo, mas também pelos produtos que fabrica. Os produtos são obtidos a partir de matérias-primas renováveis ou recicláveis, que não agredem o meio ambiente e são obtidas com baixo consumo de energia. São empresas engajadas na causa ambiental.

As iniciativas ambientais dirigidas para processos visam à minimização dos impactos ambientais dos processos e podem ocorrer de vários modos, seja usando ações de reciclagem ou de baixo impacto ambiental, redesenhando o processo de produção e/ou sistemas de distribuição ou reduzindo os resíduos. Estas iniciativas, portanto, incluem mudanças em processos organizacionais, assim como nos materiais usados na produção.

Permitem, ainda, a redução de custos na organização pelo uso mais eficiente dos recursos, a redução do uso de materiais perigosos, evitando, assim, o risco de

acidentes e os decorrentes custos de medidas punitivas, mitigadoras e/ou de limpeza, e a eliminação de passos desnecessários na produção. Brockhoff e Chakrabarti (1999) afirmam que estratégias direcionadas ao processo buscam geralmente soluções fim de tubo. Segundo Timoney e Lee (2001), as ações ambientais não podem estar separadas das decisões dos processos.

Já as iniciativas ambientais dirigidas ao produto podem ocorrer de dois modos: pela criação de novos bens e serviços ambientalmente saudáveis, ou pela redução do impacto ambiental dos bens e produtos existentes. Estão vinculadas a estratégias de diferenciação de produtos e podem ter efeitos importantes na renda da empresa, por tornar os seus produtos únicos aos olhos do consumidor.

O potencial destas iniciativas na melhoria da reputação é mais alto do que as dirigidas para os processos, pois aumentam a visibilidade pública da empresa, atingem um número maior de *stakeholders* e permitem a demonstração de responsabilidade social empresarial. São medidas que se caracterizam, geralmente, pela lucratividade. Os investidores, em geral, reagem mais favoravelmente a iniciativas dirigidas para produtos, possivelmente pelo maior efeito sobre a reputação, pois capacitam as empresas a alcançar estratégias de diferenciação ambientalmente sustentáveis.

As empresas que passam a desfrutar de boa reputação adotam *marketing* ambiental para atrair os consumidores ambientalmente conscientizados. Ações de *marketing* refletem a conduta ambiental da Empresa (Abreu *et al*, 2002). Segundo Baumast (2001), 38% das empresas européias desenvolvem *ecomarketing*.

Os benefícios em adotar estratégias empresariais ambientalmente saudáveis estão fazendo muitas companhias mudarem a forma de pensar sobre questões ambientais. Muitas mudanças são impostas pelos órgãos reguladores, de modo que podem ser interpretadas mais como uma punição à empresa do que um instrumento de indução a medidas pró-ativas (Porter e Linde, 1995).

A gestão ambiental envolve um complexo e multifacetado número de aspectos e diferentes dimensões relacionadas com percepção das empresas a respeito da atividade econômica e da inter-relação desta com o meio ambiente. As questões ambientais nas empresas têm dimensões econômicas e simbólicas (Souza, 2003). A dimensão simbólica refere-se à melhoria da reputação e da imagem das organizações. A dimensão econômica refere-se à redução de custos, de riscos, melhoria da eficiência, diferenciação de produtos, etc. Assim, as ações

ambientais nas empresas são determinadas por contingências externas, mais do que por convicções internas (Crane, 2000).

O atual modelo de crescimento econômico gerou enormes desequilíbrios, se por um lado, há riqueza e fartura, por outro a miséria, a degradação ambiental e a poluição aumentam dia-a-dia. Neste contexto, surgiu a idéia do Desenvolvimento Sustentável, que busca conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e, ainda, ao fim da pobreza no mundo. O cerne da questão ambiental fundamenta-se na sustentabilidade, conforme o conceito encontrado no Relatório de Brundtland, ou seja, “satisfazer as necessidades das gerações presentes sem, contudo comprometer a sobrevivência das gerações futuras” (Frankenberg *et al*, 2003, p.30). Assim, o ordenamento jurídico através de normas reguladoras é capaz de reunir as forças necessárias para a conscientização da sociedade em geral na busca da sustentabilidade (d’Ornellas, 1997)..

### **2.2.2 Produção Mais Limpa**

A indústria está se tornando mais responsável para implementação de tecnologias mais adequadas e para melhorar o seu desempenho a partir de sistemas de gestão (Staniskis e Stasiskiene, 2003). As indústrias efetuam melhorias nos seus processos de manufatura e práticas ambientais com o objetivo de reduzir custos e para se manterem competitivas (Rathi, 2003).

Estratégias de reuso, de recuperação e de redução possibilitam a prevenção do impacto ambiental do processo, reduzindo a geração de resíduos e racionalizando o consumo de recursos naturais. À medida que a prevenção vai sendo priorizada no processo, a reciclagem externa vai diminuindo ou sendo eliminada. Tecnologias de prevenção da poluição têm sido defendidas por oferecerem um potencial seguro para modificar operações de manufatura em direção ao desenvolvimento sustentável e à melhoria da *performance* ambiental (Corbett e Pan, 2002).

A recuperação de substâncias químicas e a redução de água trazem benefícios econômicos para a indústria galvânica, especialmente no que se refere aos custos referentes ao tratamento de efluentes e à disposição de resíduos sólidos

(EPA, 2002). Outros benefícios também são alcançados, como o uso mais eficiente da água e a redução do consumo de energia, aspecto fortemente dependente do consumo de água (Baptista *et al*, 2001).

A Produção Mais Limpa é reconhecida por possibilitar o uso de estratégias para o aproveitamento eficiente dos recursos naturais e para a minimização de resíduos, poluição e riscos a partir da fonte de origem (Staniskis e Stasiskiene, 2003). Significa perseguir o objetivo de causar o menor impacto possível sobre o meio ambiente, com produtos e processos, desde a obtenção da matéria-prima até o descarte, incluindo, também, a reciclagem e o reaproveitamento de peças e outros materiais. Segundo Furtado *et al* (1998), a Produção Mais Limpa introduz medidas de redução e minimização que previnem os efeitos adversos provocados pelos efluentes e resíduos gerados.

O estudo desenvolvido por Colombo (2002) possibilita o planejamento de ações para a implantação de um Programa de Produção Mais Limpa no setor galvânico, a partir das seguintes etapas:

- análise dos processos para detectar as fontes de contaminação, desperdícios de matéria-prima e de mão-de-obra por operações desnecessárias e conflitos de fluxo, devido a falhas de planejamento na disposição de equipamentos e operações;
- capacitação e sensibilização dos operários enfocando a situação e a necessidade de cumprimento com as regulamentações;
- substituição de banhos de eletrodeposição, alcalino-cianeto por ácidos de cloreto, a fim de eliminar a necessidade de tratamento do cianeto;
- adoção de medidas de segurança e confinamento para os banhos com substâncias tóxicas;
- otimização do *layout* dos processos e equipamentos para a prevenção de movimentos desnecessários de mão-de-obra;
- melhoria dos processos de escorrimento de peças, lavagens e segregação dos efluentes;
- utilização de mão-de-obra disponível da própria empresa, sempre que possível, a fim de reduzir custos com a contratação de serviços de consultoria.

A empresa que começa a se preocupar com questões ambientais e adota estratégias de Produção Mais Limpa começa a usufruir um processo de “melhoria contínua” que propicia o surgimento de inovação em todos os sentidos (processo, produto e gerencial). Estas inovações facilitam o alcance da competitividade (Lemos e Nascimento, 2002).

### **2.2.3 Melhores Técnicas Disponíveis (BAT)**

Esta seção apresenta as Melhores Técnicas Disponíveis para o setor de tratamento de superfície tomando como base o documento “Plano de Referência sobre as Melhores Técnicas Disponíveis para o Tratamento de Superfície de Metais e Plásticos”, editado pela Comissão Europeia de Controle e Prevenção Integrada da Poluição (IPPC, 2004).

Segundo o IPPC (2004), o termo “*Best Available Techniques*” – BAT, (Melhor Técnica Disponível) 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 emissão 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.

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.

As Melhores Técnicas Disponíveis equilibram estas questões, tanto considerando tecnologias fim de tubo quanto pela inclusão de mudanças de processo dentro das unidades. Processos e técnicas de tratamento sofisticadas constituem-se importantes recursos para o alcance da melhoria da *performance* ambiental. A eficiência nas operações e manutenções regulares é essencial tanto quanto mudança 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.

Especificamente para as indústrias do setor, é importante considerar os seguintes aspectos:

- o impacto ambiental da unidade desde o estágio de projeto até a desativação;
- desenvolvimento e uso de tecnologias limpas;
- aplicação de referenciais, buscando a eficiência de uso e a conservação de energia, escolha de matérias-primas menos tóxicas, e a redução de emissões gasosas, descartes para água, consumo de água e geração de resíduos.

### **2.2.3.1 Medidas de Caráter Operacional**

Esta seção aborda as questões-chave relacionadas ao processo e às medidas a serem adotadas visando ao melhor desempenho do processo, considerando as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT). As medidas relacionam-se com:

- **Entradas – energia e água**

Registro e monitoramento de todas as entradas de utilidades: eletricidade, gás GLP, outros combustíveis, água na origem, além dos custos por unidade. Todas as utilidades devem ser consideradas, de acordo com o tamanho da unidade e da escala de uso. As informações e os períodos de registro sejam por hora, por semana, por metro quadrado ou outra medida devem ser de acordo com o tamanho do processo e com a importância da medida.

- **Economia de água e de materiais**

Muitos dos materiais perdidos no processo ocorrem sob a forma de efluentes líquidos, por este motivo a conservação de água e matérias-primas é considerada conjuntamente. O monitoramento de todos os pontos de água e de matérias-primas nas instalações, o registro das informações em bases regulares (horas, dias, turnos, semana, etc), de acordo com o uso e o controle requerido é importante para comparar *performances* e para alimentar o próprio sistema de gestão ambiental. As informações possibilitam definir o tratamento, os melhores usos e a reciclagem de água, de acordo com a qualidade exigida a partir da atividade. O uso compatível de produtos químicos com as atividades desenvolvidas reduz a necessidade de lavagens e, com isso, há a redução das perdas de água e matérias-primas.

- **Redução de *drag in* e de *drag out***

A redução de *drag in* (entrada de água no processo de lavagem) obtém-se usando tanque de ecolavagem em conjunção com outras técnicas para a redução do *drag out* e de lavagem. Ecolavagem constitui-se em um estágio de pré-lavagem instalado junto ao banho de processo, permitindo a recuperação das perdas por arraste e reduzindo o consumo de água na etapa de lavagem propriamente dita.

A redução de *drag out* (arraste da solução do banho anterior para o subsequente) é conseguida com o controle do tempo de drenagem das peças que também afeta a qualidade da superfície a ser revestida. O controle da viscosidade, que interfere no arraste de soluções de processo, é conseguido com o uso de soluções com menores concentrações, adição de agentes molhadores, controle de concentração nos processos químicos para que não sejam excedidos os valores

recomendados. Deve ser assegurada a manutenção da temperatura ótima de acordo com o processo e com a condutividade requerida.

A prevenção do *drag out*, conforme BAT, considera uma combinação de técnicas que incluem, inclusive, o arranjo das peças, no caso de gancheiras. Estas técnicas incluem inspeções e manutenções regulares para detectar fissuras ou rupturas que podem reter soluções de processo, uso de lavagem em *spray* e a implantação de secagem manual ou automática, quando necessária. O tempo-referência para drenagem em gancheira é 20 segundos.

No caso do uso de tambores, é importante a proteção dos mesmos, assegurando inspeções regulares para identificar áreas fatigadas, danificadas, com reentrância ou saliência, controle da seção dos orifícios para minimizar os efeitos de capilaridade, proporção de furos para possibilitar a drenagem e restituir furos com malha defeituosa. Com relação à redução do *drag out* em processos realizados em tambores, deve-se remover vagarosamente, executar rotação intermitente, implantar sistema de sucção ou de soprimento que possibilite o retorno da solução para dentro do tanque, instalação de bordas de drenagem inclinadas no tanque, instalar coletor manual ou mecânico do líquido de drenagem e inclinar o tambor tanto quanto possível. O tempo-referência para de drenagem é 24 segundos com 3 períodos de rotação de 8 segundos.

- **Lavagem**

Reduzir o consumo de água conserva matérias-primas e mantém a qualidade da lavagem. A lavagem múltipla, especialmente em cascata e em contracorrente, com retorno da primeira água para a solução de processo, é apropriada para utilizar uma menor quantidade de água no processo. O valor-referência para água descartada da linha de processo é de 8L/m<sup>2</sup> por estágio de banho.

- **Recuperação de metais**

Os metais podem ser recuperados a partir de técnicas eletrolíticas. O sistema é usado principalmente para a recuperação de metais preciosos, mas também podem ser recuperados outros metais, como níquel e cromo. Células adequadas podem ser feitas de diferentes tamanhos e podem operar com conteúdo de metal

abaixo de 100mg/L. Os benefícios ambientais obtidos se referem à recuperação de metais para reuso. Redução de metais do *drag out* promove uma conseqüente redução de concentração nos efluentes a tratar. Outras técnicas que possibilitam a recuperação dos metais são as por troca iônica e por eletrodialise. Soluções mais diluídas, algumas vezes na ordem de poucos mg/L, são tratadas por adsorção do metal em resinas de troca iônica ou em membrana. A recuperação do metal adsorvido pode ser por processos pirometalúrgicos ou hidrometalúrgicos.

- **Fechamento de ciclos ou descarte zero**

O fechamento de ciclo ou descarte zero combina estratégias de minimização de lavagem, técnicas para recuperação de *drag out* com técnicas para recuperação de metais, como membranas, troca iônica e/ou técnicas de eletrólise. O fechamento de ciclo é recomendado especialmente para os processos de revestimento tipo, cádmio cianeto, cobre ácido, níquel eletrolítico e cromo hexavalente (Cleaner Germany, 2004).

- **Regeneração e reuso de águas de lavagem**

As águas resultantes dos processos de recuperação dos efluentes de lavagem e de metais podem ser reusadas no próprio processo ou para outra finalidade, dependendo da qualidade da água recuperada. As tecnologias usadas referem-se à troca iônica e de membrana.

- **Otimização do uso de matérias-primas**

Consiste no monitoramento das substâncias químicas do processo, registro e manutenção dos valores de referência, a fim de promover os ajustes para manter a solução dentro dos valores-limites ótimos. A otimização do uso de matérias-primas consiste também no aumento do rendimento dos eletrodos usados no processo.

### 2.2.3.2 Medidas de Caráter Específico

Esta seção apresenta medidas operacionais direcionadas ao processo propriamente dito, indicadas pela Comunidade Européia, como a substituição de produtos químicos e medidas que resultem em um menor impacto ambiental causado pelos processos de revestimentos (IPPC,2004). As principais medidas dizem respeito à

- **Substituição e/ou controle de substâncias perigosas**

Consiste em fixar as substâncias perigosas em valores cada vez mais baixos, a partir de técnicas que possibilitem minimizar ou eliminar o uso e/ou suas emissões. As principais substâncias, considerando as Melhores Técnicas Disponíveis, são:

- a. EDTA (Ácido Etilenodiaminatetracético)**

- Substituição do EDTA por outros agentes quelantes biodegradáveis como derivados do ácido glucônico.

- b. PFOS (Sulfato Perfluoro-octano)**

Não há substitutos atualmente para PFOS. O uso é regrado, com rigor, considerando a saúde ocupacional e a proteção dos locais de trabalho. Para o uso do PFOS como supressor de névoa ou aerossol, ou como surfactante, é necessário

- enclausurar o processo e/ou melhorar o sistema de exaustão de ar, pois assim a emissão do PFOS é reduzida;
- usar lavagem em contracorrente e técnicas de controle de *drag out* para aumentar a retenção do PFOS dentro da solução de processo.

- c. Cianeto**

O cianeto não pode ser substituído em todas as aplicações. O desengraxe com a presença de cianeto não é considerado como BAT. Em soluções com cianeto usa-se o fechamento de ciclos nos processos, combinando minimização do uso de água nas lavagens e técnicas de recuperação de *drag out*, separadas ou combinadas, com tecnologias para a recuperação de metais como membranas, troca iônica ou recuperação eletrolítica.

**d. Zinco**

As soluções de zinco cianeto podem ser substituídas por

- zinco ácido, que proporciona maior eficiência de energia, redução de emissões ambientais e acabamento decorativo brilhante;
- zinco alcalino sem cianeto, que proporciona uma boa distribuição do metal sobre a superfície da peça.

**e. Cobre**

O processo cobre cianeto pode ser substituído por cobre ácido ou pirofosfato, exceto para alguns revestimentos específicos em aço e zinco fundido.

**f. Cádmio**

Os revestimentos de cádmio devem ser executados em sistemas com ciclos fechados para os processos, onde a substituição é não possível. Devem ser executados em áreas com monitoramento constante das emissões, especialmente a água. A corrente de efluente deve ser separada das demais. Para a Comunidade Européia, o nível máximo de cádmio para descarte é de 0,2 mg/L. Os processos alternativos são

- Cádmio fluoroborato, sulfato ou cloreto.

**g. Cromo hexavalente**

O cromo trivalente ainda não é usado em escala econômica ou, em larga escala principalmente considerando os revestimentos de aço e nas aplicações de cromo duro, como na indústria de aeronaves, aviação, eletroeletrônicos e outras aplicações especiais. A substituição do revestimento de cromo hexavalente por cromo trivalente é viável para usos decorativos e quando a resistência à corrosão requerida é baixa. Para uma maior resistência à corrosão, o revestimento de cromo trivalente é executado sobre uma camada de níquel e/ou realizada passivação orgânica. Quando o revestimento do cromo hexavalente é realizado deve-se tomar as algumas medidas para reduzir o impacto do mesmo, como:

- substituir as soluções de alta concentração de cromo hexavalente por menos concentradas e/ou usar a técnica de cromo a frio;
- reduzir as emissões áreas
  - enclausurar a linha de revestimento e/ou tanque de processo;

- cobrir o tanque de solução de revestimento durante a execução do processo, particularmente quando o tempo de reação é longo ou durante parada operacional;
- usar exaustores de ar com condensação de névoas e evaporador das águas de cromo em sistemas com ciclo fechado de processo.
- operar soluções de cromo hexavalente em ciclo fechado para reter o PFOS e cromo hexavalente nas soluções de processo;
- não considerar o uso exclusivo de PFOS como BAT.

O mecanismo de proteção das camadas de conversão (passivação) com cromo trivalente não está totalmente compreendido. A substituição da passivação com cromo VI pode ser com cromo trivalente ou revestimentos de cromo-free (compósito orgânico de fluoreto de zircônio). Certas camadas de conversão com cromo III têm *performance* comparada às obtidas com cromo VI, quando executadas com camadas adicionais ou com outras ligas de revestimento.

- **Substituição e escolha de desengraxantes**

Algumas medidas de caráter geral devem ser tomadas no sentido de facilitar o processo de desengraxe da superfície das peças ou de substratos:

- contato com fornecedores para minimizar a quantidade de óleo ou graxa e/ou selecionar óleos, graxas ou sistemas que permitam usar sistemas de desengraxe menos agressivos em termos ambientais e ocupacionais;
- uso de métodos físicos para remover o óleo, como a centrifugação, soprimento a ar ou limpeza manual;
- substituição de desengraxantes base-cianeto;
- Os solventes usados como desengraxantes podem ser substituídos por outras técnicas, preferencialmente por a base de água. A substituição deve considerar:
  - seleção de um sistema de desengraxe com menores impactos ambientais e adequado às peças;
  - manutenção das condições operacionais: pH 7 a 9, temperatura máxima de 40 a 45° C e uso mínimo de substâncias químicas. O prolongamento da vida dos banhos pode ser alcançado com:

- a filtração ou a centrifugação da solução de desengraxe;
- operação do processo em pH pouco alcalino, possibilitando a regeneração biológica;
- uso de água quente sem adição química para a eliminação de óleos.

Os desengraxantes de alta *performance* combinam qualidade de limpeza e proteção ambiental, como gelo seco ou limpeza com ultrassom.

- **Manutenção de soluções de processo**

O aumento da vida dos banhos de processo, bem como a manutenção da qualidade, particularmente quando operados em sistemas com ciclos fechados, melhora a *performance* do processo. As principais técnicas, considerando as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT), são filtração, eletrodialise, troca iônica e eletrólise.

- **Emissões aéreas**

Exaustores implantados nos tanques e equipamentos destinados à proteção atmosférica destinam-se a reduzir o impacto das emissões originadas nas diferentes etapas dos processos, especialmente os que apresentam soluções ácidas, alcalinas fortes, cianeto, cromo hexavalente, níquel, além das operações que geram poeira e particulados, como o polimento e o lixamento. Processos de desengraxe com solventes, especialmente com o uso de tricloroetileno e cloreto de metileno, exigem equipamentos para proteção de VOC (compostos orgânicos voláteis), cujas restrições legais impõem parâmetros de lançamento cada vez mais restritivos.

### **2.2.3.3 Medidas Direcionadas a Minimizar a Geração dos Resíduos**

Esta seção relaciona as medidas dirigidas à redução da geração e dos consequentes impactos dos resíduos gerados pelas atividades de tratamento de superfície. As principais medidas para redução direcionam-se para:

- **Efluentes líquidos**

- minimizar todo o uso de água nos processos;

- eliminar ou minimizar o uso e as perdas de matérias-primas, particularmente substâncias perigosas, a partir de fechamento de ciclos de processo e implantação de técnicas para a substituição e controle de substâncias perigosas;
- identificar e separar as correntes que podem dificultar o tratamento dos efluentes, principalmente nos processos com a presença de
  - cromatos (Cr VI);
  - cianeto;
  - nitrito;
  - óleos e graxas;
  - agentes complexantes;
- não encaminhar volumes, além da capacidade da estação de tratamento;
- precipitar os íons metálicos, a fim de alcançar os limites legais de lançamento;
- ajustar o pH e flocular o efluente após a precipitação dos metais;
- remover sólidos por sedimentação ou filtração;
- monitorar o processo e o descarte dos efluentes;
- alcançar os padrões de emissão com as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT);
- não diluir correntes de efluentes para que sejam atingidos os padrões de emissão.

- **Resíduos**

- minimizar a geração de resíduos usando as 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.

O objetivo das Diretrizes do IPPC apresentadas é alcançar a prevenção e o controle integrado, conduzindo para um alto nível de proteção do meio ambiente como um todo. As bases legais dos relatos dessas Diretrizes dizem respeito à proteção ambiental. A visão integrada no documento aproxima a melhoria da gestão

e o controle dos processos industriais e, ao mesmo tempo, busca assegurar um alto nível de proteção ao meio ambiente.

#### **2.2.4 Indicadores de Desempenho Ambiental**

A avaliação de desempenho ambiental possibilita às empresas o planejamento de intervenções nos processos e a implantação de ações que buscam melhorias no sistema de gestão. Segundo Corbett e Pan (2002), há dificuldade, por parte das empresas, em trabalhar com os dados de monitoramento. Muitas vezes, mesmo tendo detalhado os dados de *performance* de processos, não sabem usá-los para o controle ou estabelecem metodologias inadequadas para a avaliação. O monitoramento da eficiência dos tratamentos implantados, sejam convencionais ou alternativos, permite o planejamento de ações que visa um melhor desempenho.

Indicadores são medidas diretas ou indiretas de qualidade ambiental. Os indicadores servem tanto para medida de programas específicos de gestão quanto para subsidiar discussões na sociedade sobre uma dada situação do meio ambiente (Environmental indicators, 2003). Verschoor e Reijnders (2001) afirmam que a avaliação de desempenho deve compreender a medida da *performance* do processo e a qualidade dos produtos, além dos custos e também os riscos: de processo, de produto e resultantes das decisões de substituição.

Os indicadores ambientais são ferramentas de gerenciamento, monitoramento e de comunicação entre ambientes e pessoas. Eles devem refletir a respeito de alterações, no que se refere à produtividade, à resiliência, à estabilidade e à equidade (Marques *et al*, 2003). A escolha dos indicadores é importante para a elaboração de diagnósticos e também para o monitoramento de processo ao longo do tempo, auxiliando a tomada de decisão nas intervenções quando requeridas.

O processo de avaliação do desempenho ambiental é cercado de grande subjetividade, devido à ausência de padronização para a definição de parâmetros. A escolha dos indicadores de desempenho está relacionada com a percepção ambiental das empresas a respeito do impacto das atividades desenvolvidas, dos produtos e serviços. Zobel e Burman (2003) explica que esta dificuldade é devido à não existência de uma medida universal para avaliar comparativamente os diferentes aspectos ambientais.

Não existem indicadores universais. Cada sistema, considerando seus elementos, terá seu conjunto específico que deve ser eficiente e não-exaustivo. Eficiente no sentido de cumprir as condições descritas, sensíveis e com boa base estatística, principalmente quando utilizados para monitoramento a longo prazo. Não exaustivo porque o número de indicadores deve ser o menor possível, porém que represente de forma mais completa o que se quer mensurar (Marques *et al*, 2003). Os mesmos autores, citando Toews, mencionam que os indicadores devem ser:

- aplicáveis a um maior número de sistemas;
- mensuráveis e de fácil medição;
- de fácil obtenção e baixo custo;
- concebidos de tal forma que os próprios operadores possam medir;
- sensíveis às mudanças do sistema e capazes de indicar tendências;
- representantes dos padrões de qualidade dentro dos princípios de sustentabilidade.

Não existe um padrão definido de indicadores que permita a comparação entre empresas (Daroit, 2001). A ISO (através da ISO 14031) tem como um dos seus aspectos-chave a avaliação da *performance* ambiental, ou seja, “documentar procedimentos para monitorar e medir, em uma base regular, as características-chave de suas operações e atividades que têm impactos significantes” (Cobert e Pan, 2002). A *Coalition for Environmentally Responsible Economie* (CERES) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) também são exemplos de organizações que buscam desenvolver um conjunto de indicadores que atendam a este propósito (Demajorovic e Sanches, 1999).

O WBCSD desenvolveu um conjunto com sete componentes a partir dos quais as empresas podem avaliar e melhorar a ecoeficiência (Lehni, 1998):

- reduzir uso de materiais em bens e serviços;
- reduzir uso de energia em bens e serviços;
- reduzir ou eliminar dispersão de substâncias tóxicas;
- elevar o índice de reciclabilidade de materiais;
- maximizar o uso de recursos naturais renováveis;
- aumentar durabilidade do produto;
- utilizar mais adequadamente bens e serviços.

A fim de manter a flexibilidade e aplicabilidade a diversos setores e permitir a harmonização dos diversos indicadores existentes, o WBCSD recomenda um sistema com dois níveis de indicadores: centrais genéricos e suplementares específicos. Os indicadores centrais são válidos para todos os tipos de empresas, embora não tenham igual valor ou importância para todas elas. Os suplementares têm sua relevância e pertinência variável conforme o tipo de empresa ou o setor a que ela pertence (WBCSD, 1999). Outras instituições, como o *Factor 10 Club*, a Landys & Gyr Corp., a Electrowatt, a *National Academy of Engineering* dos EUA e a Universidade de Lund, na Suécia, desenvolveram um sistema de indicadores de ecoeficiência.

A seleção de indicadores serve para verificar a eficiência das ações implementadas e ainda permitirá compará-las com as empresas concorrentes. A avaliação ambiental se tornou mais valiosa e importante do que nunca: esse instrumento oferece as bases para a formulação de políticas e planos que levam em consideração os potenciais e restrições naturais, permitindo o manejo dos riscos e impactos de atividades, e projetos de desenvolvimento (Rodrigues, 1998).

O uso de indicadores de desempenho em indústrias em atividade de alto impacto ambiental, como a galvanica, apesar de não existir um conjunto universalmente aceito para o setor, possibilita a identificação de oportunidades para reduzir a poluição e a implantação de estratégias preventivas conduzindo à melhoria contínua do sistema de gestão e da *performance* ambiental.

### **2.2.5 Legislação e Gestão Ambiental**

As pressões sociais sinalizam que os custos para adequação da empresa às demandas do meio ambiente podem se transformar em conscientização, pois a sociedade não mais assimila ganhos econômicos, às custas da degradação ambiental. Além disso, a redução do consumo de água, energia, matérias-primas e desperdícios em geral pode representar para a organização um alto benefício decorrente da gestão ambiental. Assim, a proteção ambiental deixou de ser uma função exclusiva da produção para tornar-se também uma função da administração, com assento na estrutura organizacional e participação no planejamento estratégico.

A exigência do cumprimento da legislação proporciona a criação de uma nova cultura empresarial pela educação ambiental, reduzindo e evitando multas decorrentes da poluição, bem como redução de custos com seguros e riscos de indenização a terceiros (Carlos *et al*, 2003).

As indústrias brasileiras passaram a responder à legislação ambiental, a partir da década de 80. A legislação ambiental, ao longo deste período, tornou-se cada vez mais restritiva. O Decreto Lei 99.274/90, que regulamentou a Política Nacional de Meio Ambiente, considera como infrações administrativas as atividades que causem degradação ambiental, especificamente emitir e despejar efluentes, resíduos sólidos, líquidos e gasosos, sem observância das normas legais atinentes à matéria (Adede y Castro, 2001). A mesma lei faculta aos estados legislar sobre o assunto.

Por conta desta possibilidade, a legislação ambiental, no Rio Grande do Sul, tornou-se cada vez mais rigorosa com relação ao descarte de resíduos no meio ambiente, especialmente os tóxicos. A Lei dos Crimes Ambientais (Lei 9605/98) pune criminalmente a poluição de qualquer natureza, como a disposição inadequada de resíduos perigosos que resultam ou podem resultar em danos à natureza e à saúde (Adede y Castro, 2001).

Mecanismos complementares de tutela ambiental, como o imposto verde, têm sido reconhecidos, em vários países, como na União Européia, como instrumentos que complementam a legislação ambiental no objetivo de proteger o meio ambiente e a degradação ambiental. No Brasil, o ICMS ecológico tem possibilitado o desenvolvimento sustentável em muitos estados brasileiros como, por exemplo, no Paraná (estado pioneiro), São Paulo, Tocantins, Rondônia e Minas Gerais (Nunes, 2000).

A intensificação regulatória e a preocupação com a preservação ambiental, estimulada por outras contingências externas, têm contribuído para as empresas implantarem estratégias ambientais. A implantação e a operação de sistemas de tratamento secundário elevam os custos de produção, principalmente considerando os metais pesados, uma vez que os padrões de lançamento tornam-se mais rigorosos, determinando, assim, a implantação de outros tratamentos que garantam o cumprimento da legislação e permitam o retorno financeiro dos investimentos. Sistemas de gestão ambiental baseados nos princípios de prevenção asseguram às

empresas o cumprimento dos parâmetros legais, a redução dos custos de produção, além de aumentar a produtividade e melhorar a competitividade.

Os estudos desenvolvidos por Neder (1992) e Lau e Ragothaman (1997) identificaram a regulamentação ambiental como o principal fator motivador para as empresas implantarem estratégias de gestão. Resultados semelhantes foram obtidos na pesquisa realizada pelo CNI/BNDES/SEBRAE (Souza, 2003).

A crença de que os investimentos em meio ambiente aumentam custos e que a regulamentação ambiental reduz a produtividade e competitividade das empresas está na contramão das medidas ambientais (Baumast, 2001). Na visão das empresas, a legislação ambiental é considerada mais como uma punição do que um estímulo às medidas ambientais. Essa visão estática é uma amarra constante que dificulta a implantação de estratégias ambientais pró-ativas que possibilitam o aumento da produtividade, a melhoria da competitividade e a criação de um ambiente inovativo nas empresas (Porter e Linde, 1995). Na visão do agente regulador, o sistema de gestão oferece um delineamento claro de responsabilidades para as questões ambientais induzido pelas regulamentações legais (Stuart, 2000).

Porter e Linde (1995) argumentam que as regulamentações são necessárias, dentre outras razões, por criarem pressões que motivam as empresas a inovar. Também, por alertarem e educarem para o uso mais eficiente dos recursos naturais e para possibilidades de melhorias tecnológicas. Igualmente, por criarem demandas para aumento da qualidade ambiental e por contribuírem para uma melhoria da imagem, além de vantagens competitivas. Como exemplo, pode-se citar a lei 9.921, de 27 julho de 1993, aprovada pelo Decreto nº 38.356, de 01 de abril de 1998, que trata da gestão dos resíduos sólidos urbanos e industriais no Estado, cujos princípios são “a busca da não geração de resíduos; a responsabilidade da fonte geradora desde a coleta até a destinação final e a visão sistêmica de seu gerenciamento” (Rio Grande do Sul, 1993). Outra lei que traz, no seu espírito, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos seja, de origem natural ou decorrentes do uso inadequado, é a lei 9.433, de 8 de janeiro 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, um dos objetivos (Brasil, 1997).

Em termos de legislação internacional, destacam-se as Diretrizes 2002/95/EC e 2003/11/EC (EC, 2003a; EC, 2003c), que tratam de restrições no uso de certas substâncias perigosas em equipamentos eletroeletrônicos. Ainda existem as

Diretrizes 2002/96/EC relativas aos resíduos provenientes de equipamentos eletroeletrônicos (WEEE), cujo objetivo é de preservar, proteger e melhorar a qualidade ambiental, a proteção humana e a utilização dos recursos naturais de forma prudente e racional (EC, 2003b). Estas legislações, tomadas como exemplo, estimulam a adoção, por parte dos geradores, no caso em particular as indústrias, a implantarem medidas de gestão buscando a preservação e a proteção, abandonando assim a clássica visão fim de tubo.

A redução de custos de operação, de tratamento e disposição, a obtenção de receita com a venda ou reaproveitamento de resíduos contribui para a modificação da percepção das empresas, com relação à falta de oportunidade de mercado para compensar os aumentos de custos, devido à introdução da dimensão ambiental nos negócios. A dimensão econômica contribui para o surgimento de uma visão na direção de que os investimentos ambientais podem ser capitalizados como lucros econômicos e bem-estar das populações. Porter e Linde (1995) afirmam que as empresas operam no mundo real da dinâmica da competição, demonstrando que a dimensão econômica influencia significativamente para a modificação da conduta ambiental das empresas.

A busca constante por soluções inovativas é fruto de pressão de toda a sorte – dos competidores, dos consumidores e das regulamentações (Porter e Linde, 1995). Neste contexto, a legislação ambiental figura como um fator preponderante para o estabelecimento de medidas de gestão que contribuem para a melhoria da qualidade de produção e ambiental.

A legislação acrescenta uma dimensão simbólica às questões ambientais, pois, além de ser um instrumento de fiscalização e controle, demonstra ser um indutor para a implantação de medidas ambientais, buscando equilibrar a atividade econômica e a proteção do meio ambiente. Tanto a dimensão econômica quanto a dimensão simbólica demonstram que a implantação de estratégias ambientais é uma resposta das empresas às contingências externas, mais do que pela própria conscientização ambiental interna.

Este contexto determinou a realização da presente pesquisa, na qual buscou-se analisar a funcionalidade da legislação ambiental, que, além do controle e fiscalização, pode ser também um indutor de sistema de gestão em empresas com atividade industrial de alto impacto. Para tanto, escolheu-se investigar a implantação de medidas de gestão ambiental nas grandes empresas com atividade galvânica no

Rio Grande do Sul, buscando identificar os fatores determinantes, sobretudo a influência da legislação, para a mudança de comportamento neste segmento industrial. A revisão de literatura, a partir dos autores selecionados, ofereceu o suporte teórico para o desenvolvimento, bem como para a conclusão do trabalho.

### III. MATERIAL E MÉTODO

O presente capítulo trata do método escolhido para a realização da pesquisa, o desenvolvimento, os critérios para seleção das empresas, considerando os objetivos propostos. A parte inicial é dedicada à apresentação do material utilizado na pesquisa, e a parte final destina-se aos métodos escolhidos para o desenvolvimento do trabalho.

#### 3.1 Material

O alto impacto ambiental da atividade galvânica orientou a escolha do segmento industrial a ser pesquisado. Grandes empresas, devido à maior preocupação com a reputação e a maior intensidade de controle e fiscalização das suas atividades, demonstram ter maior preocupação com medidas ambientais. Estas questões direcionaram a escolha do porte das empresas para a pesquisa. Para definir “grandes empresas”, foi utilizado o conceito adotado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - RS (FEPAM). Empresas de grande porte são as que possuem área útil entre 10.000 m<sup>2</sup> e 40.000 m<sup>2</sup> (FEPAM, 2002). Empreendimentos industriais acima de 40.000 m<sup>2</sup> são considerados de porte excepcional (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação dos Empreendimentos Industriais

Porte do Setor Industrial	Área útil do empreendimento (m <sup>2</sup> )
Mínimo	Menor que 250
Pequeno	Entre 250 e 2.000
Médio	Entre 2.000 e 10.000
Grande	Entre 10.000 e 40.000
Excepcional	Maior que 40.000

Fonte: FEPAM, 2002.

Área útil significa a área total construída, independentemente de ser ou não área de processo. Assim, nesta pesquisa, considerou-se como grandes empresas

aquelas que possuem área útil superior a 10.000 m<sup>2</sup>. Segundo Chagas (2003), área útil equivale à área total construída, ou seja, corresponde à área do meio ambiente ocupada pelos diversos setores que compreendem o empreendimento. O potencial poluidor da indústria de alto impacto é independente do porte ou do setor industrial ao qual a empresa pertence. O potencial poluidor é determinado de acordo com a natureza da atividade desenvolvida (FEPAM, 2002).

O potencial poluidor e o porte da empresa determinam as exigências de controle dos efluentes tratados. Estes critérios também definem a frequência de envio dos laudos de análise para o Órgão Ambiental, a periodicidade das análises dos efluentes, a intensidade da fiscalização, a implantação de sistema de tratamento de efluentes, estação de tratamento de efluentes líquidos (ETE), equipamentos para controle de emissões atmosféricas e área para disposição de resíduos sólidos (Soares, 2004).

A identificação das empresas participantes da pesquisa foi cercada de inúmeras dificuldades, devido à ausência de informações precisas e confiáveis. Assim sendo, o processo de identificação partiu da relação disponibilizada pela FEPAM, “Maiores Galvânicas do Rio Grande do Sul” (Soares, 2002). A listagem foi composta por sessenta e uma empresas pertencentes ao setor metal-mecânico, que realizavam tratamento de superfície, não apenas atividade galvânica, apesar da denominação. Portanto, a primeira etapa do trabalho foi a identificação das empresas que realizavam atividade galvânica e que possuíam área útil superior a 10.000 m<sup>2</sup>.

As exigências ambientais, com relação à realização de atividade galvânica, independem do setor industrial a que pertence a empresa (FEPAM, 2002). Assim, foram incluídas mais duas empresas visando ampliar o universo de empresas a serem investigadas. A inclusão destas empresas ainda possibilitou a verificação de um(a):

- sistema de gestão ambiental em fase de certificação pelas normas ISO 14001. Durante o período de identificação das empresas para a pesquisa, foi constatado não haver, no Estado, empresa com atividade galvânica certificada;
- grande diversidade de processos de recobrimentos metálicos.

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em duas fases para facilitar a contextualização dos resultados. A primeira fase foi denominada de Fase 1, a qual

foi iniciada com o envio de um questionário a sessenta e três empresas (63) que constam da lista da FEPAM, buscando identificar as que se enquadram nos critérios estabelecidos: realizar atividade galvânica e possuir área útil superior a 10.000 m<sup>2</sup>. Dos sessenta e três questionários remetidos para as empresas via postal e correio eletrônico, trinta e um retornaram respondidos.

Destas trinta e uma empresas, quinze responderam que não realizam ou nunca realizaram atividade galvânica, e quatorze empresas responderam que realizam atividades galvânicas. Houve ainda duas empresas que manifestaram seu desejo em não participar da pesquisa. As respostas das 31 empresas indicam que 45% realizavam atividade galvânica, 49% realizavam outro tipo de processo e 6% optaram em não participar (Figura 4). Sobre as 32 empresas que não responderam ao questionário, nada se pode afirmar. Portanto, a Fase 1 da pesquisa restringiu-se às 14 empresas que realizam atividades galvânicas e que concordaram em participar da pesquisa.

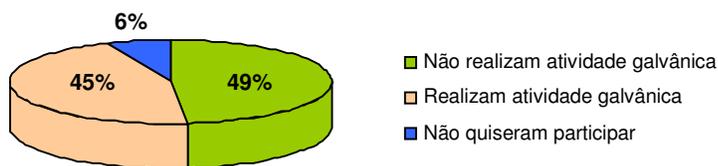


Figura 4 – Representação Gráfica das Empresas Investigadas na Fase 1

Foram identificadas quatorze empresas (14), as quais compuseram as empresas verificadas na Fase 1. O período de realização desta fase foi de outubro de 2002 a abril de 2003. As empresas que participaram desta etapa do trabalho (Fase 1) encontram-se relacionadas na Tabela 3. As empresas foram identificadas por letras do alfabeto, a fim de resguardar sua identidade.

Entre as 14 empresas da amostra, onze (11) pertencem ao setor metal-mecânico. A empresa H é a única galvânica, ou seja, os processos de revestimentos metálicos se constituem como a principal atividade da empresa. No Rio Grande do Sul, a maioria das galvânicas é de pequeno ou médio porte (Bernardes *et al*, 2000).

Tabela 3 - Empresas Participantes da Fase 1

Empresa	Área total construída (m <sup>2</sup> )	Produtos e Serviços
<b>A</b>	19.423,00	Fabricação de artefatos e utensílios metálicos
<b>B</b>	18.000,00	Fabricação de ferramentas e utensílios metálicos
<b>C</b>	10.727,80	Fabricação de estruturas para construção (formas e pontaletes)
<b>D</b>	13.000,00	Fabricação de utensílios, peças e acessórios
<b>E</b>	10.000,00	Fabricação de utensílios, peças e acessórios metálicos
<b>F</b>	51.331,00	Fabricação de máquinas e equipamentos
<b>G</b>	12.000,00	Fabricação de utensílios, peças e utensílios metálicos
<b>H</b>	10.000,00	Serviços de galvanoplastia
<b>I</b>	11.000,00	Fabricação de equipamentos para escritório
<b>J</b>	10.000,00	Fabricação de estruturas, artefatos, recipientes metálicos
<b>L</b>	28.810,00	Reparo de motores
<b>M</b>	54.360,00	Fabricação de artefatos e componentes decorativos
<b>N</b>	10.240,00	Fabricação de ferragens e produtos para irrigação e jardinagem
<b>O</b>	14.892,00	Cutelaria e utensílios diversos

A partir das empresas identificadas na Fase 1, foram selecionadas as cinco empresas (5), nas quais foi realizado o estudo de caso (Tabela 4). O período de realização desta fase foi de abril a setembro de 2003.

Tabela 4 - Empresas Participantes da Fase 2

Empresas	Total de Funcionários na Galvânica	Processos Galvânicos	Situação do SGA
<b>A</b>	120	Níquel eletrolítico, zinco alcalino, cobre alcalino, zinco ácido, latão e estanho ácido	Em implantação
<b>D</b>	18	Zinco alcalino, cobre alcalino e estanho ácido.	Implantado
<b>F</b>	75	Zincagem à fogo.	Em implantação
<b>L</b>	17	Níquel eletrolítico, cromo, cobre alcalino, prata, cádmio, chumbo-estanho, níquel químico.	Implantado
<b>M</b>	97	Níquel eletrolítico, cobre alcalino, cobre ácido, níquel químico, latão.	Implantado

O conjunto de dados que compõem a Tabela 4 mostra que o número de funcionários que trabalham nas galvânicas é variável e não há relação com o porte da empresa (Tabela 3). Por exemplo, a empresa A possui um número maior de funcionários na galvânica, cento e vinte (120), do que as empresas F e M, que são classificadas como de porte excepcional. Da mesma forma, a quantidade de

funcionários da galvanica não tem uma relação direta com o número de processos de recobrimento executados. Por exemplo, a empresa L realiza a maior variedade de processos (8) e possui o menor número de funcionários (17).

A Tabela 4 também demonstra que a empresa F é a única que realiza processo de galvanização, recobrimento das peças com zinco fundido. As demais realizam o recobrimento das peças por processo de eletrodeposição. Os dados fornecidos na tabela mostram que três empresas, D, L e M possuíam sistema de gestão implantado e as demais, F e A, estavam em fase de implantação no período de realização da pesquisa. A empresa M ainda estava finalizando o processo para certificação ambiental nas normas ISO 14001.

### 3.2 Método

Segundo Freitas *et al* (1997), os métodos de pesquisa classificam-se em quantitativos, os *survey* e os experimentos, e qualitativos, os estudos de caso. As pesquisas tipo *survey* são exploratórias, cujo objetivo é familiarizar-se com o tópico a ser pesquisado (Pinsonneault e Kraemer, 1993).

A aplicação do *survey* fornece informações que descrevem fenômenos existentes. Ainda identifica problemas ou justifica práticas e condições correntes. O método também permite fazer comparações e avaliações, determinar o que está sendo feito em situações similares, possibilitando, a partir da experiência, o planejamento de ações e a tomada de decisões.

O estudo de caso corresponde à investigação de uma dada unidade social, apresentando um retrato completo e bem organizado. O escopo do trabalho pode abranger o todo ou somente um segmento selecionado, ou ainda concentrar-se em fatores específicos ou na totalidade dos elementos e eventos (Isaac, 1971).

Godoy (1995) ressalta que os estudos de caso, mesmo que sejam em essência pesquisas de caráter qualitativo, podem comportar-se como quantitativas para esclarecer algum aspecto da questão investigada. Apesar da evidência dessa possibilidade, não pode ser considerada uma pesquisa essencialmente quantitativa, pois o objetivo não é a medição de frequências, a correlação de variáveis e/ou a inferência estatística. Segundo Zobel e Burman (2003), a complementação da

abordagem qualitativa é dada pela obtenção de dados quantitativos, quando possível.

O estudo de caso possibilita o uso de múltiplas fontes de evidência na investigação de um fenômeno dentro de seu contexto real, e as condições contextuais são fundamentais ao estudo (Yin, 1994). Além disso, seu uso é recomendado quando existem diversas variáveis de interesse e quando é necessário o desenvolvimento de proposições teóricas para guiar a coleta e a análise dos dados.

Para o estudo de caso como método de pesquisa, Yin (1994) afirma que o desenho da pesquisa deve considerar cinco aspectos: as questões do estudo, os propósitos do estudo, as unidades de análise, a ligação lógica dos dados às proposições e os critérios para interpretação das descobertas.

A escolha do método deve estar associada aos objetivos de pesquisa. Todos os tipos possuem, naturalmente, vantagens e desvantagens. Não é necessário eleger apenas um método para o desenho de pesquisa ou investigação, podendo ser usados métodos de forma combinada, denominado de multimétodo. Segundo Yin (1994), a validade de uma pesquisa é aumentada pelo uso de múltiplas fontes de dados. Assim, após o exame das opções metodológicas, foram escolhidos, para a realização da presente pesquisa, os métodos exploratórios ou investigativos, *survey* e estudo de caso, devido ao grande número de variáveis de interesse, bem como pela necessidade de análise dos dados coletados.

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em duas fases: Fase 1 e Fase 2. A Fase 1 correspondeu a aplicação do método *survey*. A Fase 2 correspondeu a realização do estudo de caso.

### **3.2.1 Fase 1 – *Survey***

A realização da **Fase 1** considerou a metodologia *survey*, ou seja, a aplicação de um questionário com perguntas pré-estabelecidas. O questionário foi composto por oito questões (anexo A). A estrutura do questionário foi definida a partir de questões-chave a serem investigadas e de objetivos a serem atingidos (Quadro 2). O questionário visou identificar, selecionar e caracterizar as empresas a serem investigadas na primeira fase da pesquisa.

Quadro 2 – Questões-chave do Questionário Aplicado na Fase 1

Questões-chave	Objetivos
<b>Qual</b> o número de funcionários na empresa e na galvânica?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Co-relacionar o porte do empreendimento e o porte real da empresa e da galvânica.</li> </ul>
<b>Como</b> se inter-relaciona o meio ambiente na empresa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar a introdução da questão ambiental nas estratégias de negócios.</li> </ul>
<b>Quais</b> são os impactos ambientais significativos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar a percepção das empresas quanto ao impacto ambiental da atividade galvânica.</li> </ul>
<b>Quais</b> são os indicadores de desempenho ambiental?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar a adoção de monitoramento ambiental.</li> </ul>
<b>Qual</b> o estágio ambiental?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar o nível do envolvimento ambiental.</li> </ul>
<b>Quais</b> os processos de recobrimento metálico?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar a realização de atividade galvânica e os processos executados.</li> </ul>

### 3.2.2 Fase 2 – Estudo de Caso

A **Fase 2** buscou a ampliação dos dados obtidos a partir do desenvolvimento da Fase 1. A metodologia escolhida para esta fase do trabalho foi o estudo de caso. As questões do estudo de caso foram respondidas a partir da realização de visitas *in loco* e entrevistas. Para o estudo de caso, foram estabelecidas as questões-chave a serem respondidas tendo como base os objetivos da pesquisa (Quadro 3).

Quadro 3 - Questões-chave para o Estudo de Caso – Fase 2

Questões do estudo de casos	Objetivos do estudo de casos
<b>Objetivo geral</b>	
<b>Qual</b> a estrutura do sistema de gestão ambiental nas grandes empresas com atividade galvânica do Rio Grande do Sul, em resposta às pressões dos diversos <i>stakeholders</i> para a melhoria da qualidade ambiental?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar a implantação de medidas de gestão ambiental em grandes empresas com atividade galvânica.</li> </ul>
<b>Objetivos específicos</b>	
<b>Quais</b> os principais impactos relativos a atividade galvânica?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar os riscos associados a atividade galvânica.</li> </ul>
<b>Quais</b> as medidas ambientais para reduzir o impacto ambiental da atividade galvânica?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar as medidas ambientais para controle dos impactos significativos.</li> </ul>
<b>Qual</b> o estágio das técnicas implantadas nas empresas pesquisadas frente às melhores tecnologias disponíveis (BAT)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comparar as medidas ambientais implantadas nas empresas pesquisadas com as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) identificadas pela União Européia.</li> </ul>
<b>Como</b> a legislação ambiental e a crescente exigência contribuíram para a implantação do sistema de gestão ambiental?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar a legislação ambiental como indutora de sistema de gestão ambiental.</li> </ul>

As visitas e entrevistas nas empresas tiveram como objetivo identificar os seguintes aspectos relativos à atividade galvânica: os processos de recobrimento metálico executados; os impactos ambientais; as medidas de controle dos impactos; o sistema de gestão ambiental implantado; os motivos que levaram à implantação de medidas ambientais; as medidas implantadas para redução de consumo de matérias-primas, o reuso de água e a prevenção de substâncias tóxicas; o monitoramento com o uso de indicadores de desempenho ambiental; a visão das empresas sobre a legislação ambiental e a atuação do Órgão Ambiental do Estado.

Para a realização da entrevista com a gerência da galvânica, foram estruturadas duas seqüências de perguntas. A primeira buscou identificar os aspectos relacionados aos processos de recobrimento metálico desenvolvidos (anexo B). A segunda objetivou a verificação das medidas de gestão ambiental implantadas na unidade galvânica (anexo C).

A mesma sistemática foi adotada para a entrevista com o responsável pelo setor ambiental. O primeiro bloco de perguntas objetivou caracterizar a empresa como um todo e identificar os aspectos ambientais relacionados à atividade produtiva desenvolvida (anexo D). O segundo identificou os aspectos relacionados ao sistema de gestão ambiental implantado na empresa (anexo E).

Para complementar as informações, com relação ao controle e a fiscalização de atividades industriais de alto impacto, em especial a galvânica, no Rio Grande do Sul, foi realizada uma entrevista junto à direção do Departamento de Controle e Poluição Industrial da FEPAM. A entrevista foi conduzida a partir de uma relação de perguntas pré-elaboradas (anexo F) e foi realizada em março de 2004.

Para análise dos resultados obtidos na Fase 2 usou-se como referência, as Diretrizes publicadas pela Comissão Européia de Controle Integrado e Prevenção da Poluição (IPPC, 2004). A análise constou da comparação entre as medidas ambientais implantadas nas empresas com as Melhores Técnicas Disponíveis – “*Best Available Techniques*” – (BAT), para o setor de tratamento de superfície. Este documento foi publicado em abril de 2004.

As Diretrizes do IPPC, apesar de não ser uma publicação oficial da Comissão Européia, têm como objetivo integrar prevenção e controle, conduzindo as empresas à melhoria da gestão e do controle dos processos industriais, além de assegurar um alto nível de proteção ambiental.

Outras fontes informativas e documentais foram utilizadas para buscar mais informações para a pesquisa, como, por exemplo, Internet, palestras promovidas pelas próprias empresas, *folders* institucionais, jornais, revistas técnicas e artigos.

O Quadro 4 sintetiza o desenvolvimento da pesquisa, considerando os métodos investigativos escolhidos, as questões-chave, os objetivos para conclusão do trabalho e o número de empresas investigadas em cada fase. Cabe ressaltar que a identificação das empresas para cada fase do trabalho partiu de sessenta e três empresas.

Quadro 4 – Desenvolvimento Geral da Pesquisa

Desenvolvimento Geral da Pesquisa					
Fase	Tipo de Método	Instrumento de Avaliação	Questões-chave	Objetivos	Número de empresas investigadas
Fase 1	Survey	Questionário	<b>Qual</b> o número de funcionários na empresa e na galvânica?	Co-relacionar o porte do empreendimento e o porte real da empresa e da galvânica.	14 empresas
			<b>Como</b> se inter-relaciona o meio ambiente na empresa?	Verificar a introdução da questão ambiental nas estratégias de negócios.	
			<b>Quais</b> são os impactos ambientais significativos?	Identificar a percepção das empresas quanto ao impacto ambiental da atividade galvânica.	
			<b>Quais</b> são os indicadores de Desempenho Ambiental?	Verificar a adoção de monitoramento ambiental.	
			<b>Qual</b> o estágio ambiental?	Identificar o nível do envolvimento ambiental.	
			<b>Quais</b> os processos de recobrimento metálico?	Identificar a realização de atividade galvânica e os processos executados.	
Fase 2	Estudo de caso	Entrevistas e visitas <i>in loco</i>	<b>Qual</b> a estrutura do sistema de gestão ambiental nas grandes empresas com atividade galvânica do Rio Grande do Sul, em resposta às pressões dos diversos <i>stakeholders</i> para a melhoria da qualidade ambiental?	Verificar a implantação de medidas de gestão ambiental em grandes empresas com atividade galvânica.	5 empresas
			<b>Quais</b> os principais impactos relativos à atividade galvânica?	Identificar os riscos associados a atividade galvânica.	
			<b>Qual</b> o estágio das técnicas implantadas nas empresas pesquisadas frente às melhores tecnologias disponíveis (BAT)?	Comparar as medidas ambientais implantadas nas empresas pesquisadas com as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) identificadas pela União Européia.	
			<b>Como</b> a legislação ambiental e a crescente exigência contribuíram para a implantação do sistema de gestão ambiental?	Verificar a legislação ambiental como indutora de sistema de gestão ambiental.	
<b>OBS.</b> Nesta fase, ainda realizaram-se entrevistas com o Ex-Diretor e Diretor da Divisão de Controle da Poluição Industrial da FEPAM, buscando identificar e complementar as informações relativas à legislação ambiental, para atividades industriais de alto impacto ambiental, especialmente a galvânica.					

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo destina-se à apresentação dos resultados da pesquisa, a partir da descrição e da discussão dos dados obtidos. A subdivisão do capítulo corresponde ao desenvolvimento da própria pesquisa, respectivamente, Fase 1 e Fase 2. A primeira seção, denominada Fase 1, refere-se aos resultados obtidos a partir da aplicação do questionário, *survey*. A segunda parte, denominada Fase 2, refere-se ao estudo de caso. A última seção analisa as medidas de gestão ambiental implantadas nas empresas, e, ao mesmo tempo, compara-as com as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) identificadas pela Comissão Européia de Controle e Prevenção Integrada da Poluição (IPPC, 2004).

### 4.1 Fase 1 - *Survey*

Os resultados referentes à aplicação do questionário (anexo A), considerando o método *survey*, são apresentados nesta seção. O período de realização da Fase 1 foi de outubro de 2002 a abril de 2003. O objetivo dessa fase foi identificar, selecionar e caracterizar as empresas a serem investigadas. Ainda buscou-se identificar o envolvimento das empresas com a questão ambiental.

Segundo a relação da FEPAM (2002), “Maiores Galvânicas do Rio Grande do Sul”, existem sessenta e uma empresas, com área em torno de 10.000 m<sup>2</sup>, que realizam atividades galvânicas no Rio Grande do Sul. Porém, o Diretor Presidente de uma das empresas, ao responder o questionário da Fase 1, declarou que há mais de 5 anos não é realizado processo galvânico.

O Diretor da Divisão de Controle da Poluição Industrial (FEPAM), em entrevista, informou que as empresas devem atualizar qualquer alteração efetuada nas operações para as quais foram licenciadas. Neste caso, as empresas são vistoriadas para um reenquadramento e atualização de dados cadastrais. A divergência identificada demonstra que existe problema no fluxo de informações entre as empresas e o Órgão Ambiental.

Doze empresas (12) do total investigado são enquadradas como de grande porte, de acordo com o critério, área útil do empreendimento; as demais são classificadas como empresas de porte excepcional. No grupo das grandes empresas, observou-se uma significativa variação do número total de funcionários, entre 14 a 2.174, respectivamente, empresas H e L. Da mesma forma, o número de funcionários da galvanica variou entre 1 funcionário na empresa G e 120 na empresa A.

O número total de funcionários no grupo de empresas de porte excepcional também apresentou uma grande variação, 1.700 e 15.000, respectivamente, F e M. Considerando o número de funcionários na galvanica, nestas empresas, a variação não foi tão significativa, 75 operários na empresa A e 97 na empresa M. Este resultado demonstrou que a área útil nem sempre representa o real porte do empreendimento. Ressalta-se que o potencial poluidor depende da natureza do processo desenvolvido, independentemente do porte da empresa e/ou da galvanica.

#### 4.1.1 Principais Processos de Revestimento Metálico

Os resultados mostraram que os principais revestimentos executados pelas empresas são níquel eletrolítico, zincagem alcalina, cobre alcalino e cromagem. Os revestimentos executados pelas empresas pesquisadas estão representados na Figura 5.

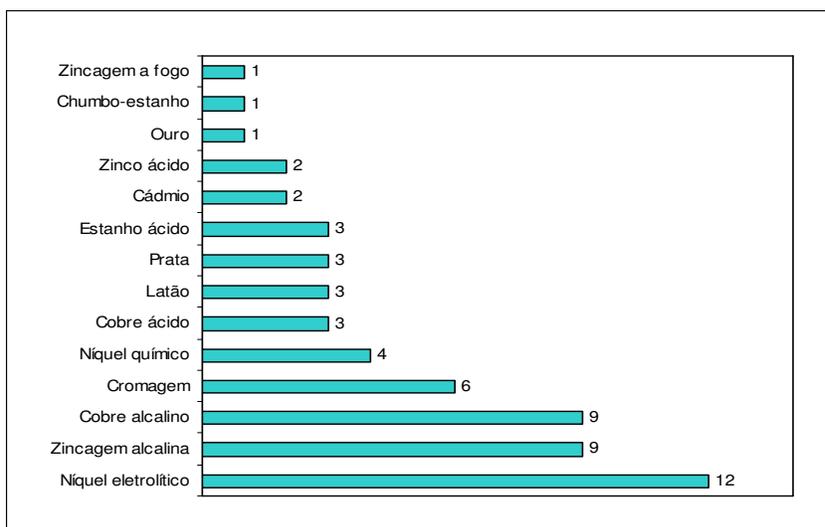


Figura 5 – Principais Processos de Revestimentos Executados pelas Empresas

Os principais processos realizados pelas empresas pesquisadas geram poluentes que recebem atenção especial:

- Cobre alcalino- efluentes alcalinos e  $\text{CN}^-$ ;
- Cromagem- efluentes ácidos e  $\text{Cr}^{6+}$ ;
- Zincagem alcalina- efluentes alcalinos,  $\text{CN}^-$  e complexos de Zn e cromatização ( $\text{Cr}^{6+}$ );
- Níquel eletrolítico-  $\text{Ni}^{2+}$ , além de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  oriundos da formulação do banho.

A pesquisa possibilitou verificar que algumas empresas terceirizam alguns processos, como as empresas B e E (zincagem alcalina), a empresa G (níquel eletrolítico e cobre alcalino) e a empresa N (níquel eletrolítico e zincagem alcalina). Este resultado chama a atenção, pois a maioria desses processos utiliza cianeto na formulação dos banhos de recobrimento. Considerando-se a toxicidade do cianeto e a crescente exigência da legislação para o descarte de resíduos, com a presença de substâncias tóxicas, acredita-se que este seja um dos motivos para que esses processos não sejam executados pelas próprias empresas.

Outros processos, mesmo que executados por um menor número de empresas, também merecem preocupação no aspecto ambiental, como os revestimentos de cádmio, devido à toxicidade e à presença de cianeto nestes banhos. Estes revestimentos são executados pelas empresas L e H.

A Figura 5 também mostra que são executados pelas empresas pesquisadas processos de revestimento de latão, cobre alcalino, prata e ouro, cuja composição do banho apresenta cianeto. Os resultados evidenciaram que as empresas H, J e L são as que realizam o maior número de revestimentos, cuja preocupação ambiental é mais significativa devido à presença de cianeto e metais pesados.

Processos de pré-tratamento, como desengraxe, decapagem, fosfatização e ativação também são executados no grupo de empresas pesquisadas. Estes processos, mesmo gerando efluentes com menor preocupação ambiental, não podem ser desconsiderados, pois medidas para redução de geração e substituição de substâncias tóxicas ainda são insipientes nas galvanicas do Rio Grande do Sul. Cabe salientar que desengraxantes organoclorados e com a presença de cianeto ainda são utilizados no Estado. Os principais impactos ambientais identificados no pré-tratamento das peças foram

- desengraxe- efluentes alcalinos, CN<sup>-</sup> e emissões gasosas de compostos organoclorados;
- decapagem- efluentes ácidos;
- ativadores- efluentes ácidos;
- fosfatização- efluentes ácidos.

Identificados os principais processos de revestimento metálico realizados pelo grupo de empresas pesquisadas, buscou-se verificar, na visão destas, quais são os impactos mais significativos relacionados aos processos desenvolvidos.

#### 4.1.2 Impactos Ambientais

As organizações devem considerar, para determinar os impactos ambientais, aspectos relativos a emissões aéreas, aos despejos líquidos, à gestão de resíduos, à contaminação do solo e também, outros relacionados diretamente com as suas atividades, produtos e serviços (Zobel e Burman, 2003). O conjunto de impactos significativos que fez parte do questionário aplicado nas empresas baseou-se na citação dos autores acima (anexo A). A Figura 6 enumera os principais impactos ambientais citados pelas empresas.

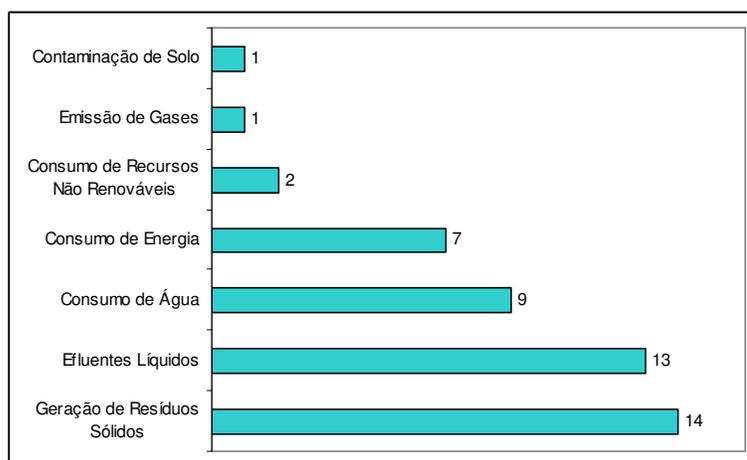


Figura 6 – Impactos Ambientais mais Citados pelas Empresas

Verificou-se que as quatorze empresas pesquisadas consideraram a geração de resíduos sólidos como o principal impacto ambiental. O processo galvânico é

grande gerador de lodo e outros resíduos sólidos, como sucata, muitas vezes devido à condução inadequada do processo que gera peças de baixa qualidade e nem sempre têm condições de serem reprocessadas. Observou-se que as empresas não consideraram a contaminação do solo como sendo um impacto decorrente do processo, apesar da disposição em aterros ser a principal forma adotada para gerenciar o lodo galvânico.

Ainda, muitas empresas apresentaram problemas nas áreas de armazenagem temporária, tanto pelo grande volume de lodo gerado, quanto pelo prolongado tempo de permanência antes do encaminhamento ao aterro. A não-consideração da contaminação do solo como impacto significativo merece uma reflexão sob dois aspectos: desconhecimento do problema ou negligência. Os resultados obtidos indicam que as duas hipóteses são possíveis, porém uma conclusão precisa exige uma investigação caso a caso, o que não foi possível verificar nesta fase da pesquisa.

As empresas pesquisadas geralmente terceirizam o serviço de disposição do lodo, principalmente devido à ausência de áreas adequadas, aos elevados custos de construção e às exigências rigorosas para o licenciamento de aterros para resíduos industriais perigosos. Problemas construtivos e gerenciais em empresas terceirizadas para este tipo de serviço são bastante comuns, o que pode levar à contaminação dos locais destinados à disposição, tornando mais uma vez o impacto no solo um fator relevante a ser considerado.

O processo galvânico consome grande quantidade de água, principalmente na lavagem das peças, que é realizada entre as etapas do pré-tratamento químico e dos banhos de recobrimento. Há uma relação direta entre o consumo de água e a geração de efluentes líquidos. As sucessivas lavagens realizadas, ao longo do processo, contaminam com metais pesados os efluentes líquidos gerados.

O tratamento físico-químico é o preferencialmente realizado nas empresas pesquisadas. Este tratamento consiste na separação dos metais, transformando-os em espécies químicas menos solúveis, gerando o lodo galvânico. Analisando os resultados obtidos, observou-se que os efluentes líquidos foram o segundo maior impacto ambiental considerado, tendo sido citado por treze (13) empresas.

Esperava-se que o mesmo número de empresas (treze) considerasse o consumo de água igualmente como um impacto significativo (Figura 6). Este resultado demonstrou que o grupo de empresas apresenta um desconhecimento a

respeito dos impactos ambientais causados pelo processo, bem como do próprio processo galvânico, no momento em que não correlaciona a geração de efluentes líquidos e o consumo de água.

O consumo de energia em indústrias com atividade galvânica é elevado pela própria natureza do processo eletroquímico. Além disso, os banhos de recobrimento geralmente são aquecidos. Verificou-se que algumas empresas possuem programas para racionalização de consumo de energia. O fato de sete (7) das empresas pesquisadas não terem citado o consumo de energia, a exemplo do que já foi mencionado anteriormente, reforça que há um desconhecimento, por parte das empresas, dos impactos significativos do processo galvânico.

Identificou-se que apenas duas (2) empresas citaram o consumo de recursos não renováveis como impacto do processo. Os metais que compõem as soluções de recobrimento são recursos não-renováveis por este motivo, esperava-se que um maior número de empresas citasse “consumo de recursos não-renováveis”, como um impacto significativo da atividade.

A mesma co-relação poderia ter sido feita entre a água e a energia, mesmo que alguns segmentos ainda considerem, de forma generalizada, que estes recursos são naturalmente renováveis. Cabe ressaltar que a principal fonte energética utilizada pelas empresas pesquisadas é derivada de petróleo e que o novo modelo tecnológico adotado nas indústrias de tratamento de superfície considera imprescindível o desenvolvimento de programas para racionalização do uso e redução de água e de energia. Considerando a limitação destes recursos, esperava-se, por este motivo também, que um maior número de empresas citasse “consumo de recursos não renováveis”.

Outro resultado que chama a atenção é que apenas uma empresa considerou as emissões gasosas como um impacto ambiental significativo, sendo que processos de desengraxe com compostos clorados e cianeto e decapagem com ácidos concentrados, como HCl, foram identificados nas empresas.

Observou-se que as empresas possuem equipamentos para controle de emissões gasosas instalados, porém, devido à natureza tóxica destes compostos, mesmo em pequenas concentrações, não há garantias de que a proteção ambiental adequada está sendo atingida. O problema se agrava quando se verifica que, na área da galvânica, outras atividades de tratamento de superfície são realizadas, como, por exemplo, pintura com tintas a base de solvente.

A geração de emissões gasosas é responsável pelo efeito estufa e/ou destruição da camada de ozônio, tanto que internacionalmente observa-se a existência de legislação bastante rígida, exigindo que alguns compostos, como os solventes organoclorados, sejam eliminados. Este resultado remete a uma análise mais ampla, tendo em vista que não existe, no Rio Grande do Sul, um padrão definido de emissão, fixado em norma ou legislação para as emissões atmosféricas de galvanicas. Os lavadores de gases são equipamentos aceitos como adequados ao tratamento destas emissões.

Analisando os resultados obtidos nesta etapa do trabalho, observou-se que a percepção das empresas a respeito dos impactos ambientais da atividade galvânica relaciona-se mais fortemente com questões econômicas e legais do que com as questões técnicas e ambientais. Explica-se, assim, o desconhecimento evidenciado quando foi solicitada às empresas a identificação dos impactos ambientais significativos da atividade produtiva.

Por este motivo, buscou-se complementar as informações obtidas, apresentando o Quadro 5, onde estão reunidos os principais impactos ambientais da atividade galvânica. No Quadro, correlaciona-se o tipo de impacto à etapa do processo correspondente (ocorrência) e a principal atividade desenvolvida responsável pela ocorrência do mesmo.

Quadro 5 - Principais Impactos Ambientais da Atividade Galvânica

Ocorrência	Atividades com maior potencial de impacto	Tipo de impacto
<b>Preparação Mecânica</b>	Polimento das peças	Contaminação do solo, emissão de Gases, ruídos.
<b>Pré-tratamento químico</b>	Desengraxe (HC clorados, CN <sup>-</sup> )	Consumo de água; emissão de Gases; Geração de efluentes Líquidos; Consumo de recursos não renováveis.
	Decapagem	Consumo de água; emissão de Gases; Geração de efluentes Líquidos; Consumo de recursos não renováveis.
<b>Preparação das peças</b>	Lavagem (metais pesados, CN <sup>-</sup> ; Cr <sup>6+</sup> )	Emissão de Gases; Geração de efluentes Líquidos; Geração de resíduos sólidos; Consumo de recursos não renováveis; Consumo de energia.
<b>Processo de recobrimento</b>	Recobrimento metálico (metais pesados; CN <sup>-</sup> ; Cr <sup>6+</sup> )	Emissão de Gases; Geração de efluentes Líquidos; Geração de resíduos sólidos; Consumo de recursos não renováveis; Consumo de energia; ruído.
	Fosfatização	Emissão de Gases; Geração de efluentes Líquidos; Geração de resíduos sólidos; Consumo de recursos não renováveis; Consumo de energia; consumo de água.
	Passivação (Cr <sup>6+</sup> , F <sup>-</sup> )	Emissão de Gases; Geração de efluentes Líquidos; Geração de resíduos sólidos; Consumo de recursos não renováveis; Consumo de energia; consumo de água.
<b>Acabamento Final</b>	Pintura e polimento	Emissão de Gases; Geração de efluentes Líquidos; Geração de resíduos sólidos; ruído.

A análise dos impactos ambientais, dentro de um contexto técnico, possibilitaria às empresas avaliarem as interações entre o processo e o meio ambiente, e assim implantarem modificações e/ou medidas visando à melhoria da qualidade ambiental, devido ao alto potencial de risco da atividade galvânica.

#### 4.1.3 Questão Ambiental

Verificou-se que a questão ambiental está integrada aos negócios do grupo pesquisado, tanto que sete (7) empresas possuem sistema de gestão ambiental implantado e duas (2) estão em fase de implantação (Figura 7). Porém, cinco (5) empresas, considerando o período de realização da pesquisa, ainda não possuíam sistema de gestão ambiental implantado.

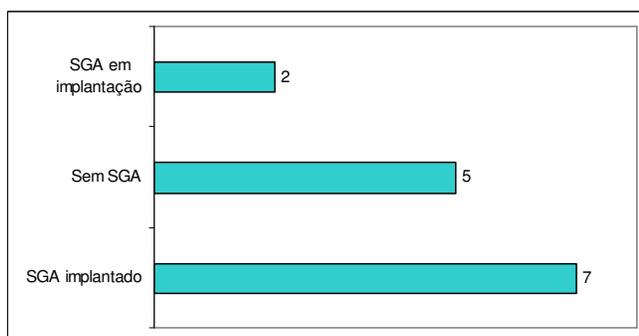


Figura 7 – Situação do SGA nas Empresas

A empresa M foi a única que estava em fase final do processo de certificação pelas normas ISO 14001. Esta fase da pesquisa não possibilitou identificar o sistema de gestão implantado nas empresas. Estas informações foram obtidas a partir do estudo de caso. As empresas B, H, I, J e N afirmaram não possuir sistema de gestão. Considerando que todas as empresas pesquisadas são de grande porte, o esperado era que a totalidade estivesse pelo menos, na fase de implantação do sistema de gestão ambiental.

Analisando os resultados obtidos nesta fase, buscou-se estabelecer alguma relação que permitisse explicar o resultado obtido. Verificou-se, então, que no grupo de empresas que não possuem sistema de gestão ambiental implantado, quatro (4)

delas possuem menos de dez (10) funcionários na galvanica. Considerando que a automação não é uma realidade das empresas pesquisadas, conclui-se que estas são de pequeno porte. Assim, considera-se que haja uma provável relação entre o porte da galvanica e a introdução da questão ambiental nas estratégias de negócios das empresas.

A pesquisa também identificou (Figura 5) que as empresas H e J realizam processos de recobrimento com cádmio, cromo hexavalente e cianeto. Sendo assim, esperava-se, que devido à ocorrência de substâncias com elevada toxicidade nos banhos de recobrimento, essas empresas tivessem implantado sistema de gestão ambiental. Reforça-se a relação estabelecida entre porte da galvanica e o estabelecimento de estratégias de gestão ambiental.

É provável que seja gerado um pequeno volume de resíduos devido ao porte da galvanica. Acredita-se, então, que a preocupação ambiental demonstrada pelas medidas ambientais implantadas relaciona-se com a quantidade de resíduos gerados e não com a natureza dos mesmos. Os resultados obtidos permitiram relacionar que a implantação de medidas de gestão ambiental é tanto maior quanto maior a unidade que realiza atividade de alto impacto ambiental.

Ainda buscou-se identificar o envolvimento ambiental das empresas. O conjunto de alternativas que constou no questionário baseou-se em um instrumento de avaliação aplicado em pesquisa semelhante (Daroit, 2001). Os resultados obtidos nesta etapa do processo investigativo são apresentados na Figura 8.



Figura 8 – Conjunto de Alternativas que Refletem o Envolvimento Ambiental das Empresas

Analisando o conjunto de resultados (Figura 8), observou-se que onze (11) empresas afirmaram possuir responsável para as questões ambientais. As empresas B, G e N responderam não possuir gerência ambiental, mas como a empresa G declarou possuir sistema de gestão ambiental implantado, esperava-se que esta fizesse parte das que responderam positivamente. A implantação de um sistema de gestão ambiental pressupõe a existência de um departamento estruturado, inclusive com responsável para coordenar as ações ambientais da empresa.

Ainda, observando a Figura 8, percebe-se que cinco (5) empresas receberam autuação pelo Órgão Ambiental nos últimos três anos. Dentre estas, encontram-se as empresas I, J, L e O, cujos processos apresentam cianeto e cromo hexavalente, além de metais pesados. A autuação recebida pela empresa F não se relaciona com descumprimento de padrões relacionados ao processo galvânico.

O resultado ainda revelou que as empresas que realizam o maior número de processos de revestimento, com a presença de substâncias tóxicas, foram as que apresentaram maiores dificuldades no cumprimento da legislação. Assim, pode-se relacionar o resultado com a forma preferencial utilizada para o tratamento dos efluentes gerados, o tratamento físico-químico.

A eficiência do processo é afetada pelas constantes variações de qualidade e quantidade dos efluentes líquidos gerados, fato que pode ter levado as empresas a terem sido autuadas. O resultado ainda permitiu identificar que estas empresas possuem problemas relacionados com o sistema de gestão implantado. O estudo de caso permitiu melhor avaliação desta questão.

Empresas com melhor *performance* ambiental, ou seja, empresas ecoeficientes integram a questão ambiental ao seu sistema de qualidade. A melhoria de imagem perante os diversos *stakeholders* leva as empresas a visualizarem oportunidades de ampliação de mercado, em virtude da implantação de medidas que refletem a crescente preocupação ambiental. Este cenário contribui para as empresas utilizarem estratégias de *marketing* que valorizam e demonstram sua postura pró-ativa.

As empresas A, F, M e O utilizam os resultados ambientais como estratégia de *marketing* (Figura 8). As empresas A e O pertencem ao mesmo grupo empresarial, levando a considerar, pelos resultados, que a preocupação ambiental faz parte da estratégia de negócios. Observou-se ainda que duas dessas empresas,

F e M, atuam fortemente no mercado internacional, tendo, inclusive, recebido premiações em reconhecimento à preocupação ambiental.

A certificação ambiental do sistema de gestão é uma decisão voluntária da empresa na direção do reconhecimento da inter-relação entre o meio ambiente e sistema de qualidade. O resultado do processo investigatório demonstrou que a integração da questão ambiental no sistema de qualidade ainda é fraca no grupo de empresas pesquisadas, pois apenas quatro (4) empresas afirmaram realizar esta integração.

A empresa M demonstrou ter a postura mais forte quanto ao aspecto considerado, tanto que, no período de realização da pesquisa, foi a única em processo de certificação pelas normas ISO 14001.

Analisando os resultados, observou-se algumas contradições, como, por exemplo, a empresa I mesmo não tendo sistema de gestão ambiental implantado, integra a qualidade ambiental no seu sistema de qualidade. A empresa G afirmou ter implantado SGA, porém não possui responsável pelas questões ambientais. Estes dados revelaram haver um desconhecimento do conceito de gestão ambiental por parte destas empresas.

Ainda pelos resultados apresentados na Figura 8, observou-se que a busca de soluções dos problemas alterna-se, interna e/ou externamente, sendo que as empresas D e H buscam exclusivamente soluções internas. As empresas G, J e N buscam exclusivamente soluções externas.

Os dados obtidos demonstraram que apenas duas (2) empresas comparam seu desempenho ambiental com as concorrentes. Esse resultado demonstrou que as demais empresas talvez sejam únicas no mercado onde atuam, despreocupando-se, assim, com a concorrência. A comparação do desempenho com as concorrentes faz parte do processo de avaliação ambiental, o qual permite o planejamento de ações, a melhoria das medidas implantadas e visa aumentar a produtividade e a competitividade das empresas.

#### **4. 1.4 Indicadores de Desempenho Ambiental**

A investigação realizada, a partir dos questionários aplicados, mostrou que todas as empresas, independentemente do tamanho (área construída) e dos

produtos fabricados, usam indicadores para medir seu desempenho ambiental. Observou-se que os principais indicadores ambientais utilizados para medir essa *performance* foram a geração de efluentes líquidos (onze empresas), o cumprimento da legislação (nove empresas) e a geração de resíduos sólidos (oito empresas). Seguem-se outros indicadores, como o consumo de energia (seis empresas), as emissões gasosas e o consumo de embalagens (cinco empresas) e ainda, o consumo de água (três empresas) (Figura 9).

A seleção dos indicadores para avaliação do desempenho ambiental reforça as mesmas dificuldades demonstradas pelas empresas, quando da identificação dos impactos causados pela atividade galvânica.

A utilização de indicadores que medem o consumo de matérias-primas, insumos, embalagens e/ou geração de resíduos, e que possibilitam a avaliação de custos ambientais e o planejamento de intervenções sobre o processo, produto ou serviço foram pouco citados pelas empresas, conforme mostra a Figura 9.

O monitoramento destes índices de desempenho, também permite avaliar as perdas com relação à geração de efluentes líquidos, gasosos e resíduos sólidos. Situação observada com relação ao consumo de água, que permite avaliar a *performance* do processo quanto às perdas, a partir da geração de resíduos e efluentes.

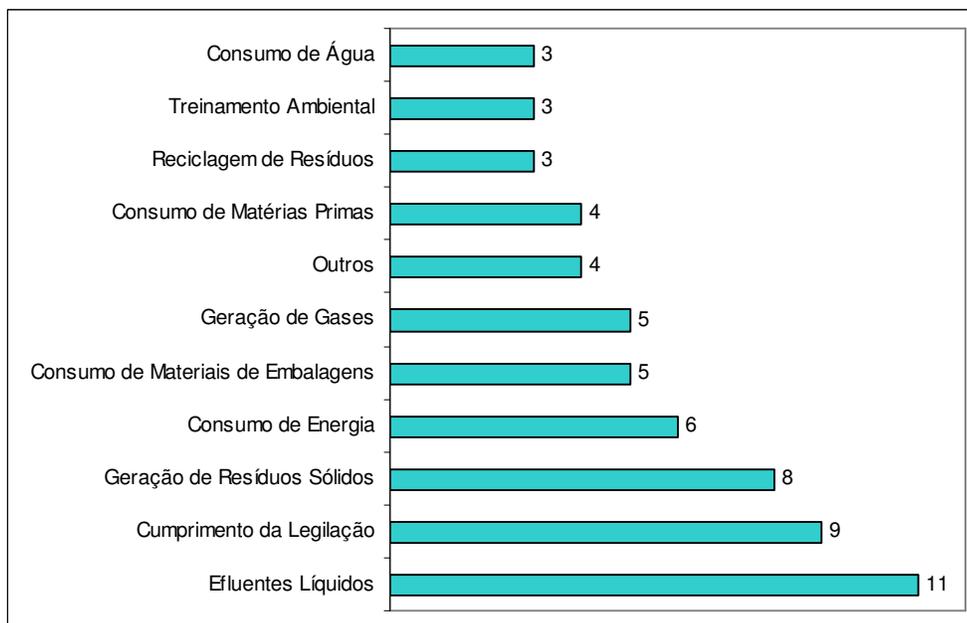


Figura 9 - Parâmetros usados como Indicadores Ambientais

Verificou-se que, dentre os indicadores escolhidos pelas empresas, o consumo de matérias-primas, de embalagens, a reciclagem de resíduos, a capacitação e o consumo de água, que representam a implantação de medidas preventivas, foram selecionados como os menos representativos.

O uso destes indicadores permite tanto monitorar os riscos operacionais e ambientais do processo quanto planejar a implantação de medidas que visem à melhoria do sistema de gestão. Por outro lado, os indicadores mais escolhidos foram a geração de efluentes líquidos, o cumprimento da legislação e a geração de resíduos sólidos, evidenciando a preocupação com o monitoramento decorrente da adoção de medidas reativas.

Os resultados analisados nas seções anteriores demonstraram que a preocupação com a implantação de estratégias preventivas ainda é insipiente nas empresas pesquisadas. A implantação de medidas desta natureza poderia trazer, ao grupo de empresas pesquisadas, benefícios como a redução da geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos e o cumprimento da legislação, pois tanto o efluente tratado quanto os metais recuperados poderiam retornar ao processo, reduzindo assim os impactos ambientais do processo e os custos decorrentes do tratamento e também as perdas de matérias-primas.

O questionário possibilitou às empresas citar outros indicadores que, porventura, fossem usados para medir o seu desempenho. Duas empresas citaram utilizar outros indicadores (Figura 9). Verificou-se que a empresa A considerou a implantação de tecnologias limpas, por exemplo, como um indicador de desempenho ambiental a ser monitorado. Chama-se a atenção que tão importante quanto a implantação de tecnologias limpas é a manutenção das condições dos equipamentos e, principalmente, a otimização do desempenho operacional. Verificou-se que, algumas vezes, as empresas implantam novas tecnologias, porém a falta de manutenção impede o funcionamento adequado dos equipamentos.

Destaca-se também o caso particular da empresa M, que citou as reclamações da comunidade como um indicador de desempenho ambiental. A maioria das empresas possui fortes vínculos com a comunidade de entorno, sejam empregatícios e/ou sociais, o que impõe, de certo modo, um comprometimento entre as partes envolvidas. Assim sendo, o uso deste tipo de indicador nessa condição específica não é confiável para avaliar o desempenho ambiental da empresa.

Os resultados apresentados reforçam que o desconhecimento das empresas com relação aos impactos significativos da atividade galvânica refletiu-se na seleção dos indicadores que servem para medir o desempenho ambiental. Acredita-se que as empresas também desconhecem os benefícios do uso destes indicadores para o planejamento da gestão, bem como a sua importância para subsidiar as intervenções no processo, produtos e serviços a fim de aumentar a produtividade, competitividade e melhorar a qualidade ambiental.

São poucas as empresas que possuem informações precisas com relação ao consumo de água, consumo de energia, volume de efluentes encaminhado à estação de tratamento, geração de resíduos sólidos, dentre outros. A ausência destas informações dificulta o monitoramento do processo e a escolha de um conjunto de indicadores de desempenho que permita o planejamento de ações de melhorias.

Na tentativa de reduzir a subjetividade para selecionar os indicadores de desempenho, apresenta-se um conjunto construído a partir da observação e dos trabalhos existentes na área. Com a seleção apresentada, pretende-se facilitar a análise e o monitoramento das diferentes etapas do processo, de modo a obter uma melhor avaliação do impacto ambiental da atividade galvânica (Quadro 6).

Quadro 6 – Seleção de Indicadores de Desempenho para a Atividade Galvânica

Indicador	Etapa	Monitoramento	Parâmetro
Consumo de água	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entradas de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Captação de água</li> <li>Geração de efluente líquido</li> <li>Geração de lodo galvânico</li> </ul>	m <sup>3</sup> /mês
Padrões Físico-Químicos dos efluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estação de tratamento de efluente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cumprimento da legislação</li> </ul>	mg/L (portaria SSMA 05/89)
Geração de resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todas as etapas do processo</li> <li>Estação de tratamento de efluente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de matéria-prima</li> </ul>	m <sup>2</sup> peças recobertas/mês
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Geração de efluente líquido</li> <li>Geração de lodo galvânico</li> </ul>	m <sup>3</sup> /mês
Consumo de energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entradas de energia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo e fuga de energia</li> </ul>	KWh/mês
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de matéria-prima</li> </ul>	m <sup>2</sup> peças recobertas/mês
Consumo de materiais de embalagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expedição e embalagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geração de resíduos sólidos</li> <li>Coleta seletiva</li> </ul>	ton/mês
Geração de Gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>Torres lavadoras de Gases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saída das torres de lavagem</li> </ul>	mg/m <sup>3</sup>
Consumo de matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entradas do processo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geração de efluentes líquidos</li> <li>Geração de resíduos sólidos</li> <li>Geração de efluentes gasosos</li> </ul>	m <sup>3</sup> /mês
Reciclagem de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aterro de resíduos perigosos e urbanos</li> <li>Armazenamento de resíduos</li> <li>Coleta seletiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retrabalho</li> </ul>	m <sup>2</sup> peças retrabalhadas/mês
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Geração de resíduos sólidos</li> </ul>	ton/mês
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Geração de efluentes líquidos</li> </ul>	m <sup>3</sup> /mês
Consumo de recursos não renováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de aquecimento e secagem</li> <li>Sistemas de lavagem das peças</li> <li>Banhos de recobrimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de combustíveis fósseis</li> </ul>	ton/mês
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de água</li> </ul>	m <sup>3</sup> /mês
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Segurança de trabalho</li> </ul>	Acidentes/mês
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de soluções de recobrimento</li> </ul>	m <sup>3</sup> /mês
Capacitação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Treinamento de recursos humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Segurança de trabalho</li> </ul>	Acidentes/mês
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Retrabalho</li> </ul>	peças retrabalhadas/mês

## 4.2 Fase 2 – Estudo de Caso

Esta seção trata dos resultados obtidos na Fase 2 da pesquisa, estudo de caso. O período de realização foi de abril a setembro de 2003. O estudo de caso foi realizado em cinco empresas selecionadas a partir das quatorze avaliadas na Fase 1. Ainda, realizou-se entrevistas com o Ex-Diretor e o Diretor da Divisão de Controle da Poluição Ambiental da FEPAM, para complementar e identificar aspectos relacionados à legislação ambiental e atividade industrial de alto impacto, em particular a galvânica. As entrevistas foram realizadas nos dias 10 e 29 de março de 2004, respectivamente.

As empresas que participaram do estudo de caso foram A, D, F, L e M, sendo três (3) empresas de grande porte, A, D e L, e duas (2) de porte excepcional, F e M. Para a busca de dados, foram realizadas visitas *in loco* às empresas, especialmente, à unidade galvânica. Ainda foram entrevistados os responsáveis pela gerência de meio ambiente e da galvânica de cada empresa, assim distribuídas:

- Empresa A – Supervisor de Laboratório de Meio Ambiente e Tratamento de Superfície.
- Empresa D – Engenheiro Químico.
- Empresa F – Supervisor de Meio Ambiente.
- Empresa L – Engenheiro de Processos, Materiais e Questões Ambientais.
- Empresa M – Gerente de Produção da Galvânica e Gerente Ambiental.

A empresa M é a única que possui um gerente de meio ambiente e um para a galvânica; nas demais, a função é acumulada pelo mesmo profissional. A presente seção foi organizada primeiramente com a apresentação dos resultados obtidos pelas visitas e entrevistas realizadas. Posteriormente, estes dados foram reunidos a fim de apresentar um panorama geral sobre as empresas e a implantação da gestão ambiental nas grandes empresas com atividade galvânica do Rio Grande do Sul. Salienta-se que os resultados obtidos a partir das entrevistas com o ex-Diretor e Diretor da FEPAM foram incluídos quando se fez necessária a complementação das informações. Sendo assim, não se apresenta uma seção em destaque para tal.

## 4.2.1 Empresa A

Os principais produtos desta unidade são componentes de fixação e outros detalhes decorativos para a indústria de vestuário, cuja produção é variável, em média 225 mil peças/dia. A empresa possui área construída de 19.423.000 m<sup>2</sup>. O faturamento anual foi de R\$ 100 milhões em 2002. O número de funcionários, no período de realização do estudo, foi de 1.000 funcionários. Toda a planta da empresa foi certificada pelas normas ISO 9001, versão 2000. A primeira certificação ocorreu em 1994.

### 4.2.1.1 Atividade Galvânica

Na unidade galvânica, além dos processos de revestimento metálico, são realizados outros tratamentos de superfície como pintura, fosfatização, cromatização, polimento químico, decapagem e desengraxe. Os principais processos galvânicos realizados são zinco ácido, latão, estanho ácido, cobre alcalino, níquel eletrolítico e zinco alcalino. Os processos são realizados em tambor, devido ao pequeno tamanho das peças. As linhas de revestimentos de zinco alcalino, cobre e latão geram cianeto. O desengraxe das peças é feito com desengraxante alcalino sem a presença de cianeto. Os principais impactos do processo galvânico, segundo o entrevistado, são CN<sup>-</sup>, ácidos e soda (alcalinidade).

Observou-se, durante a visita, que, devido ao grande número de peças produzidas e ao pequeno tamanho, a transferência dessas de uma etapa para outra ocasiona derramamento de água pelo chão. Ainda, as caixas com peças que aguardam a etapa subsequente dificultam a circulação dos operadores.

Algumas peças são tamboreadas tanto como pré-tratamento como acabamento final. Este processo gera águas de tamboreamento, cuja composição é água e sabão de neutralização. Ainda contém contaminação metálica ocasionada pela natureza da operação. O descarregamento dos tambores acarreta perda de muitas peças polidas, que passam a ser sucata, gerando retrabalho. As peças com revestimento metálico recebem, como acabamento final, pintura e/ou verniz.

A linha galvânica é semiautomática e opera em três turnos. O consumo de água no processo de recobrimento é de 40 m<sup>3</sup>/h. A galvânica é operada por cento e

vinte funcionários (120). Os banhos são controlados por laboratório da própria empresa. O resultado das análises determina o controle e as intervenções no processo. A frequência das análises depende do volume de produção, ou seja, é maior quanto maior for o número de peças produzidas. O laboratório também realiza o controle dos efluentes exigido pelo sistema de automonitoramento, SISAUTO, previsto pela licença de operação.

Entre as diversas etapas do processo, são realizadas lavagens das peças, gerando efluentes contaminados com os metais presentes nos banhos de recobrimento. Os efluentes líquidos gerados são separados em tubulações específicas para serem encaminhados à estação de tratamento. As linhas de tubulações são diferenciadas, a partir de cores, por exemplo, neutralizante (verde),  $\text{CN}^-$  (vermelho),  $\text{Cr}^{6+}$  (preto) e desengraxante (azul).

Segundo o entrevistado, os efluentes com Ni, Fe, Zn e Cu contaminados com cianeto são encaminhados, através da tubulação vermelha, à ETE, a fim de que o cianeto seja oxidado antes da precipitação dos metais. Procedimento idêntico ocorre com os efluentes contaminados com cromo, que são encaminhados através da tubulação preta para a redução do  $\text{Cr}^{6+}$ . A vazão de efluentes a serem tratados é  $960 \text{ m}^3/\text{dia}$ . A ETE foi implantada em 1984 e opera em dois turnos de trabalho.

O projeto da ETE, comentou o entrevistado, apresenta problemas devido à mistura de correntes após a oxidação do cianeto e redução do cromo. Os metais que poderiam ser reaproveitados são descartados sob a forma de lodo. Os efluentes com Cu e Ni apresentam dificuldades de tratamento, gerando uma grande quantidade de lodo. O ideal para a ETE, ainda completou, seria reduzir a vazão para a estação e separar as correntes de metais, principalmente de níquel.

A floculação do efluente, após a precipitação dos metais, é feita com cloreto férrico. Como o decantador está subdimensionado, a solução para compensar o problema foi diminuir o tempo de decantação, aumentando o tamanho do floco, acarretando, assim um maior consumo de polímero, que é usado para auxiliar a floculação.

O efluente, após esta etapa, é encaminhado para filtração em colunas de areia e de carvão. Segundo o entrevistado, estas colunas saturam rapidamente, devido à alta concentração de matéria orgânica, exigindo trocas freqüentes do material das colunas. Por este motivo, está sendo testada, como processo alternativo, a ozonização. A coluna de carvão está sendo substituída por colunas de

areia, devido às dificuldade de manuseio do carvão, que torna a substituição difícil e suja. No entendimento do entrevistado, o alto teor de matéria orgânica é devido aos aditivos, principalmente abrillantador e molhador adicionados aos banhos de revestimento. O alto teor de matéria orgânica acarreta um elevado consumo de oxidante.

São gerados 40 m<sup>3</sup>/mês de lodo galvânico. A redução de umidade é feita com filtro prensa e, posteriormente, devido ao grande volume gerado, é seco em secador rotatório. O combustível usado no secador é a serragem gerada pela própria fábrica. O lodo possui características abrasivas, exigindo manutenção freqüente do secador.

A empresa vê vantagem na secagem, pois há redução de volume, gerando economia de transporte e disposição, que é realizado por empresa terceirizada. Observou-se que o gerenciamento do lodo é um sério problema enfrentado pela empresa, pois o grande volume dificulta a armazenagem temporária, a área disponível é insuficiente e, também, os custos para disposição são elevados.

#### **4.2.1.2 Medidas Ambientais**

O sistema de gestão ambiental, no período de realização da pesquisa, estava sendo implantado, baseado das normas ISO 14000. A certificação não é pretendida, no momento. A responsabilidade para a implantação do sistema foi designada ao laboratório de Meio Ambiente. O comitê de implantação foi composto pelos gerentes de áreas, supervisores e um representante dos funcionários. Foi integrado ao comitê o centro de custos do programa de resíduos da empresa. A implantação definitiva do SGA depende do estabelecimento das estratégias para o gerenciamento dos resíduos sólidos.

Os motivos que levaram a empresa a implantar medidas ambientais foram

- pressão da comunidade;
- legislação vigente;
- *marketing* e vendas.

Segundo o entrevistado, as políticas de segurança, saúde e meio ambiente necessitam uma melhor inter-relação na empresa. O departamento de compras não está integrado ao sistema de gestão ambiental, apenas recebe orientação dos

demais setores para as aquisições a serem efetuadas. A responsabilidade em identificar, por exemplo, se um produto é mais ou menos tóxico, ou ainda, buscar alternativas tecnológicas mais limpas, é do laboratório de Meio Ambiente. A avaliação de desempenho ambiental é realizada, a partir dos resultados das análises do automonitoramento. A empresa desenvolve programas incentivando a redução da geração de resíduos, por exemplo, a coleta seletiva. Atualmente é vendido papel, plástico, sucata (aço, alumínio, latão e zamac). As lâmpadas são encaminhadas para uma empresa especializada para a reciclagem do mercúrio. Informalmente, foi criado o cargo de Gerente do Lixo, cuja função é estimular e fiscalizar a segregação dos resíduos. Os sacos são identificados na unidade geradora para facilitar o controle da separação.

As medidas ambientais implantadas na unidade galvânica foram motivadas pela necessidade de redução dos custos de produção, em decorrência das exigências de maior eficiência no tratamento e também pelo desejo de constituir-se como uma empresa de vanguarda. A implantação de políticas para redução de substâncias tóxicas enfrenta dificuldades, como a adequação dos substituintes aos produtos, às exigências dos clientes e aos custos das tecnologias alternativas. Assim, são desenvolvidas como ação, mas não como política.

A principal ação de substituição de substância tóxica refere-se ao CN<sup>+</sup>, devido ao perigo oferecido, tanto para o ambiente da fábrica, como para a ETE e o meio ambiente. As medidas implantadas para redução de substâncias tóxicas foram

- implantação de linha de recobrimento zinco ácido;
- eliminação de desengraxante organo-clorado e com cianeto;
- substituição de compostos com Cr<sup>6+</sup>;
- substituição da ativação ácida por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

O entrevistado relatou que, para estimular o uso de produtos fabricados com matérias-primas menos tóxicas a empresa adota como estratégia o direcionamento do mercado consumidor. São patrocinados estilistas para usarem peças revestidas com substâncias menos tóxicas ou que causem um menor impacto ambiental, como, por exemplo, níquel-*free*, que é uma liga tripla de Sn-Co-Zn cujo efeito estético é semelhante ao obtido tradicionalmente pelo níquel eletrolítico. O uso desta liga também reduz os efeitos alérgicos causados pelo níquel em peles sensíveis. As principais medidas implantadas estão sintetizadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa A

<b>Medidas Ambientais implantadas pela Empresa A</b>
<p><b>Consumo de Energia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação em 1999 da CICE (Comissão Interna de Consumo de Energia) visando a racionalização do consumo de energia;</li> <li>• Implantação de redutores de pressão nas prensas.</li> </ul> <p><b>A produção da empresa cresceu e os gastos com energia permaneceram estáveis.</b></p>
<p><b>Consumo de Água</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Também é acompanhada pela CICE. Cada linha possui hidrômetro e a vazão é estrangulada (o aumento de vazão é determinado pela parte técnica). O consumo de água na ETE já chegou a 45m<sup>3</sup>/h, hoje está em 40m<sup>3</sup>/h.</li> </ul>
<p><b>Consumo de Matérias-primas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de lavagem em cascata;</li> <li>• Troca de banhos por Zn ácido há quatro anos;</li> <li>• Está em fase de testes Cu alcalino sem CN<sup>-</sup>. O Cu ácido já foi testado e não funcionou. O laboratório está em constante busca de tecnologias mais limpas.</li> <li>• Redução do retrabalho de produtos;</li> <li>• Banho com concentração menor de abrillantador, menor consumo de matéria-prima (NiSO<sub>4</sub>);</li> <li>• Passivação com Cr<sup>3+</sup> reduz o consumo de bissulfito de sódio.</li> </ul>
<p><b>Impactos dos Processos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de desengraxante sem CN<sup>-</sup>, abrillantador com menor concentração de Ni.</li> <li>• Substituição da ativação ácida por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.</li> <li>• Substituição de matérias-primas tóxicas (substituição de banhos de revestimentos).</li> </ul>
<p><b>Impacto dos Efluentes Líquidos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de dois evaporadores a vácuo utilizados na linha de Ni;</li> <li>• Lavagem em cascata;</li> <li>• Melhoria do <i>design</i> dos tambores (a redução dos furos diminui o arraste do banho);</li> <li>• Redução do <i>drag out</i> (Instalação de botão que promove dois giros no tambor, reduzindo o arraste. O tambor não segue adiante se o botão não for acionado).</li> <li>• Implantação e melhoria na ETE;</li> <li>• Fechamento de ciclos. A ETEB (Estação de Tratamento Biológico) tem fechamento de ciclo de água que é utilizada em limpezas diversas.</li> </ul>
<p><b>Impacto dos Resíduos Sólidos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução da geração de lodo na ETE.</li> <li>• Venda de material reciclável, papel, plástico, sucata (aço, alumínio, latão e zamac).</li> <li>• Terceirização de serviços de disposição de resíduos sólidos gerados em todas as atividades da Empresa.</li> <li>• Separação dos resíduos gerados e venda de papel, plástico, papelão, sucata.</li> </ul>
<p><b>Impacto das Emissões Gasosas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de lavadores de gases.</li> <li>• Melhoria no processo de polimento das peças.</li> <li>• Substituição de matérias-primas;</li> <li>• Controle dos lavadores.</li> </ul>
<p><b>Impacto dos Produtos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do retrabalho que reduz a geração de sucata.</li> <li>• Estímulo ao consumo de produtos produzidos com matérias-primas menos tóxicas.</li> </ul>

As medidas implantadas para controle do impacto da atividade galvânica trouxeram à empresa segurança no cumprimento da legislação, redução de custos e ganhos de imagem, razões que a levaram a investir em prevenção da poluição e

proteção ambiental. Segundo o entrevistado, não foram contabilizados os ganhos econômicos com a implantação de medidas ambientais, porém outros benefícios foram identificados:

- redução de custos de tratamento;
- segurança no cumprimento da legislação;
- menores passivos ambientais;
- melhoria da estrutura organizacional.

Os investimentos em medidas ambientais somam R\$ 50.000,00 por ano. Os investimentos previstos, a longo prazo, referem-se às operações de corte e repuxe, à substituição do óleo mineral e à melhoria da coleta seletiva. As medidas visam à melhoria do ambiente de trabalho. A curto prazo, os investimentos serão destinados à galvanização, visando à recuperação de Ni e Cu.

Os fatores dificultadores para implantação de medidas ambientais, na visão do entrevistado, são a legislação obscura e inadequada e a falta de recursos financeiros. Com relação à atuação do Órgão Ambiental, o responsável pelas informações citou que há falta de flexibilidade, exigindo muitas vezes “milagre” na resolução dos problemas por parte do Órgão Ambiental. Ainda, afirma que a criação de um banco de informações ambientais disponibilizado pela FEPAM poderia facilitar a busca de soluções ou de alternativas para a melhoria do sistema de gestão.

O entrevistado sugeriu também que o Órgão Ambiental, além da atuação de fiscalização e controle, facilitasse a aproximação com empresas que compram e vendem resíduos. A fiscalização da empresa ocorre de três a quatro vezes ao ano. A empresa recebeu autuação há dois anos atrás, devido ao descumprimento dos padrões de Ni e Cu.

O sistema de gestão contempla, na sua estrutura, a abertura de canal com a comunidade interna e externa. Assim, toda a reclamação da comunidade recebe resposta e solução e também as sugestões dos funcionários.

Diversos problemas citados pelo entrevistado e verificados pela visita mostraram uma conduta ainda preocupada com estratégias reativa, com algumas evidências de pró-atividade, como o direcionamento dos consumidores ao uso de produtos menos impactantes e substituição de banhos. O uso dos resultados das análises do automonitoramento, como indicadores de desempenho ambiental,

demonstrou aumentar a dificuldade para a implantação de melhorias no sistema de gestão, tornando mais subjetiva a intervenção no processo, com probabilidade de ações equivocadas. Medidas preventivas para a redução da geração de efluentes líquidos e lodo galvânico não foram identificadas, assim como estratégias para reuso de água.

A legislação ambiental figura como um dos principais fatores direcionadores para a implantação de medidas ambientais, apesar ter sido considerada inadequada e obscura, na visão da empresa. O Quadro 8 reúne as principais situações-problema que necessitam ser melhoradas na empresa A, apesar das diversas medidas ambientais implantadas e apresentadas no quadro anterior (Quadro 7).

Quadro 8 – Situações-problema Identificadas na Empresa A

<b>Problemas identificados</b>	<b>Análise</b>
Dificuldades no cumprimento dos padrões de Cu e Ni	Não foi observada a implantação de tecnologias que proporcionasse a recuperação de metais, por exemplo, troca iônica e/ou tecnologia de membranas.
Elevada geração de lodo (prensagem e secagem)	Ausência de estratégias que busquem a recuperação de metais e uma redução da geração de efluentes líquidos.
Redução do tempo de decantação do efluente tratado	O elevado volume de efluentes encaminhado a ETE requer a implantação de estratégias de recuperação de metais e reuso de água.
Alto teor de matéria orgânica no efluente a tratar	Dificuldades no gerenciamento do processo, provavelmente na etapa de desengraxe. A implantação de ozonizador é uma medida reativa que não soluciona o problema na fonte.
Evaporadores á vácuo sem funcionar	Necessidade de manutenção contínua dos equipamentos, a fim de evitar interrupções e paradas que prejudiquem a eficiência do processo.
Estação de Tratamento de efluentes biológicos parada	Necessidade de manutenção mais freqüente e investimentos.
Realização de retrabalho	Melhoramento do treinamento dos operadores e da logística para o transbordo das peças.
Armazenagem inadequada para o lodo	A principal medida é a redução da geração de lodo, mais que aquisição de novas áreas para armazenagem ou aumentar a freqüência da disposição.
Saturação das colunas de filtração (areia e carvão)	Necessidade de intervenção no processo com o estabelecimento de indicadores de avaliação que permitam a implantação de medidas adequadas.
Dificuldade na busca de soluções	Ausência de indicadores ambientais que reduzam a subjetividade do processo de avaliação para implantação de novas medidas.

O estudo de caso revelou que deve ser buscada uma maior inter-relação das estratégias de negócios e ambientais visando a um melhor desempenho da empresa.

#### **4.2.2 Empresa D**

A empresa possui área total construída de 16.282,94 m<sup>2</sup>. O total de funcionários é de 1.028. Toda a planta foi certificada pelas normas ISO 9000, versão 2000. O SGA não foi baseado nas normas ISO 14001, é de caráter informal, como destacou o entrevistado. Os principais produtos fabricados são componentes para controladores de temperatura e hidráulicos. A diversidade de produtos é muito grande, visto que são fabricados mais de três mil itens diferentes. A produção semanal é em torno de 2.000 peças.

##### **4.2.2.1 Atividade Galvânica**

A galvânica está instalada em uma área de 500 m<sup>2</sup>. O consumo de água é de 200 m<sup>3</sup>/mês. Os principais acabamentos metálicos são: zincagem alcalina, cobre alcalino e estanho. Os principais impactos do processo são CN<sup>-</sup> e alcalinidade (soda), na visão do entrevistado. Os revestimentos são realizados na maioria em tambor, apenas a linha de estanho opera em gancheira.

São realizados, na galvânica, outros tratamentos de superfície como fosfatização, cromatização, pintura, decapagem e desengraxe. A pintura tem como único objetivo diferenciar os mais de três mil componentes fabricados, evitando a mistura na linha de montagem. É feita com anilina e verniz. Ainda é feita a pintura por imersão a pó com o mesmo objetivo.

A unidade estava sendo operada, no período de realização da pesquisa, por dezoito funcionários (18). A linha de recobrimento de Zn é manual, as demais são semi-automáticas. O sistema de lavagem das peças é realizado em cascata e em contracorrente. Algumas peças, como as válvulas de reversão, que têm a função liga-desliga, não são recobertas, apenas decapadas com mistura sulfonítrica para encaminhamento à soldagem. Esta operação é realizada cinco vezes, e, ao final, a

peça é passivada. Segundo o entrevistado, a substituição da solução sulfonítrica apresenta como desvantagem a menor velocidade na limpeza das peças e redução de qualidade do produto final.

O controle dos banhos de recobrimento é realizado por laboratório da própria empresa. O monitoramento é fundamental para prevenir descartes desnecessários. Os banhos com baixa concentração de cianeto, comumente denominados banhos baixo cianeto, não exigem filtragem contínua, pois a geração de lodo é menor. Esses banhos operam em linhas semiautomáticas. A filtragem dos banhos de revestimento é feita com carvão ativado, a cada seis meses. Ao banho filtrado é feito um reforço de concentração para retorno à operação. O retido neste processo é encaminhado à ETE para tratamento.

O cianeto dos banhos foi reduzido de 60 g/L (alto  $\text{CN}^-$ ) para 25 g/L (baixo cianeto). O propósito é eliminar o cianeto da linha de zinco, dentro de três a quatro anos. Os custos financeiros são equivalentes à opção zinco sem  $\text{CN}^-$ . As maiores exigências deste processo se referem à limpeza das peças, para evitar problemas de aderência da camada a ser depositada. Assim, o desengraxe é feito com solvente organoclorado, no caso, com o percloroetileno. Segundo o entrevistado, há dificuldade de encontrar um substituinte com a mesma eficiência, devido aos diferentes óleos usados nas operações mecânicas de preparo das peças.

A maior concentração de  $\text{CN}^-$  é encontrada na linha de banhos de Cu alcalino. A substituição por banhos sem  $\text{CN}^-$  tem como fator limitante o custo, que é dez vezes maior. Este recobrimento é realizado no corpo do termostato, peça fundamental para ar condicionado e geladeira.

Com relação à cromatização, está sendo testada a alternativa com  $\text{Cr}^{3+}$ . O problema está na exigência de resistência à corrosão dos produtos, ou seja, devem ser aprovados após 96 h em câmara salina (*salt spray*). Nenhum substituinte, até o momento, foi aprovado neste teste. A empresa está disposta a investir na substituição, mesmo tendo custos maiores. Os ganhos esperados são redução de custos no tratamento de efluentes líquidos e também na melhoria das condições ocupacionais da empresa.

A linha de banhos de Sn alcalino é utilizada somente uma vez a cada dois meses. Esta linha funciona como alternativa para outra unidade da empresa, que possui apenas este processo. É também o único processo em gancheira e é realizado nos tubos para os termostatos. A linha que utiliza fosfato de Mn está sendo

gradualmente desativada, pois o produto está saindo de linha. Assim, está sendo operada apenas para recobrir peças destinadas à reposição. A desativação foi motivada pelas dificuldades de atendimento à legislação e pela necessidade de redução custos.

As emissões gasosas são controladas por lavadores de gases. O efluente líquido dos lavadores é tratado na ETE. Este efluente tratado é usado nas descargas dos banheiros. Somente um banheiro funciona com água tratada. Foi implantado um sistema para captação da água da chuva, usada em diversas operações, como, por exemplo, limpeza em geral.

O tratamento dos efluentes líquidos é dividido em troca iônica e físico-químico. A estação de tratamento iniciou a operação em 1994. A água tratada, através das colunas de troca iônica, retorna ao processo de origem. A redução de concentração de  $\text{CN}^-$  nos banhos trouxe vantagens na etapa de tratamento, como um menor gasto de reagentes e um aumento da vida útil das resinas trocadoras. O ajuste de pH do efluente final é feito com  $\text{CO}_2$ , em substituição ao  $\text{H}_2\text{SO}_4$  anteriormente usado. O uso do  $\text{CO}_2$  reduz o desgaste dos equipamentos, além de permitir um ajuste de pH mais homogêneo em toda a solução.

O lodo é encaminhado para o filtro prensa para redução da umidade. A fração líquida é tratada na ETE e retorna ao processo. A geração mensal de lodo é 8 ton/mês. O lodo é armazenado em tambores e sacos plásticos para encaminhamento ao co-processamento em fornos de cimento no Estado do Paraná.

#### **4.2.2.2 Medidas Ambientais**

A empresa possui um sistema de gestão ambiental com estruturação própria, considerando as particularidades da organização e da empresa, respondeu o entrevistado, ou seja, não segue uma estrutura formal, como as normas ISO 14000. Ainda complementou que, tampouco há preocupação com a certificação do SGA. A coordenação do sistema é do Comitê de Meio Ambiente, composto por seis membros: representantes do setor de engenharia de segurança, coordenação do laboratório, chefe de manutenção, coordenação de qualidade e, ainda pelo engenheiro químico da empresa. O objetivo deste comitê é conhecer as pendências e encontrar as soluções, sempre objetivando o cumprimento da legislação e a

redução de custos. As principais medidas ambientais implantadas são relacionadas na Quadro 9.

Quadro 9 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa D

<b>Medidas Ambientais implantadas pela Empresa D</b>
<b>Consumo de Energia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de Racionalização e Redução do Consumo de Energia.</li> </ul>
<b>Consumo de Água</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Redução de 25% de consumo de água potável com a captação da água da chuva. <b>O investimento foi recuperado em menos de dois meses.</b></li> <li>Implantação de colunas de troca iônica na ETE possibilitou a redução do consumo de água de 50 m<sup>3</sup>/dia em 1994, para 200 m<sup>3</sup>/mês em 2003.</li> </ul>
<b>Consumo de Matérias-primas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Redução da concentração do CN<sup>-</sup> de 60 g/L para 25 g/L possibilitou a redução do consumo de hipoclorito usado no tratamento e aumento da vida útil das resinas;</li> <li>Redução da concentração do CN<sup>-</sup> dos banhos;</li> <li>Troca dos pigmentos.</li> </ul>
<b>Impactos dos Processos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>A substituição do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por CO<sub>2</sub> para ajuste de pH.</li> <li>Não foram implantadas medidas para redução dos impactos na fonte</li> </ul>
<b>Impacto dos Efluentes Líquidos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reaproveitamento da água no processo;</li> </ul>
<b>Impacto dos Resíduos Sólidos (reciclagem, reuso, venda a terceiros)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Substituição de banhos – redução da concentração de CN<sup>-</sup> e substituição do Cr<sup>6+</sup>;</li> <li>As embalagens utilizadas são retornáveis e desarmáveis;</li> <li>Os galhos plásticos da injetora são moídos possibilitando que 80% deste resíduo retorne ao processo. O resíduo da injeção passa na extrusora e é reinjetado. Apenas é descartada a borra da limpeza dos canhões das injetoras.</li> <li>Coleta seletiva</li> </ul>
<b>Impacto das Emissões Gasosas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Implantação de lavadores de gases.</li> </ul>
<b>Impacto dos Produtos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminação de CFC dos sistemas de gás dos produtos.</li> </ul>

Os fatores motivadores para implantação do sistema de gestão ambiental foram exclusivamente o atendimento à legislação e a redução de custos. A falta de recursos financeiros e de conscientização foi apontada como agente dificultador para a adoção de estratégias ambientais. Uma das dificuldades enfrentadas, até o momento, é a falta de substituintes adequados aos processos e aos produtos fabricados. A eliminação destes agentes dificultadores, na visão do entrevistado,

depende de desenvolvimento tecnológico e da redução dos custos das tecnologias alternativas. Os investimentos para a implantação do sistema de gestão ambiental foram na ordem de R\$ 111.000,00. Os custos dos investimentos ambientais não são repassados aos produtos. Os ganhos financeiros com a implantação dessas medidas ficam em torno de R\$ 15.000,00 mensais, portanto, o investimento realizado foi recuperado em menos de oito meses.

Não há políticas para redução de substâncias tóxicas implantadas na empresa. As medidas para redução de substâncias tóxicas visam à obediência aos padrões estabelecidos pela legislação, reduzir custos e desperdícios. As políticas de segurança, saúde e meio ambiente são definidas pelo Corporativo Mundial. Não há definição de políticas no Brasil. A unidade pesquisada é controlada pela matriz, que se localiza nos EUA.

Algumas medidas têm sido tomadas para reduzir a quantidade de resíduos a ser gerenciada, como, por exemplo, reduzir as sobras de produtos químicos e o descarte de embalagens. Para isso estão sendo feitas exigências aos fornecedores, principalmente com relação à devolução de sobras, ficha técnica de produtos químicos e método recomendado para o tratamento dos resíduos.

O departamento de compras está sendo integrado ao sistema de gestão para facilitar a operacionalização destas medidas. Para o transporte de produtos e resíduos somente são contratadas empresas licenciadas pelo Órgão Ambiental. Os coordenadores e líderes recebem treinamento para aprimorar as operações, otimizar gastos de insumos, reduzir desperdícios e realizar manutenções periódicas. Para orientar as diversas áreas, foi elaborado um Manual de Gerenciamento Ambiental que aguarda aprovação da Diretoria.

Na busca de solução para os problemas ambientais, segundo o entrevistado, o Órgão Ambiental deveria agir como agente facilitador, gerando um banco de dados com informações ambientais. A fiscalização na empresa é realizada uma vez no ano, e a última autuação ocorreu há cerca de cinco anos.

A empresa não possui um canal formal para as reclamações da comunidade. O reclamante geralmente se dirige à portaria da empresa e o problema é repassado à diretoria. A busca da solução acontece junto com o setor responsável, por exemplo, mudança de posição ou enclausuramento de equipamentos, pois as reclamações referem-se, na maioria das vezes, a ruído. A empresa está localizada em zona de alta concentração urbana. A visita realizada na empresa possibilitou

verificar que, mesmo a galvânica sendo de pequeno porte, a preocupação com a implantação de estratégias ambientais foi fortemente contingenciada pela localização da empresa, além dos outros fatores já mencionados.

O estudo de caso na empresa D possibilitou identificar que a implantação das medidas ambientais foi motivada pelo cumprimento da legislação, para reduzir os custos de produção e os decorrentes da geração de resíduos. Verificou-se que, mesmo não havendo uma preocupação com a prevenção, as medidas adotadas têm se refletido na melhoria da proteção ambiental.

As medidas implantadas baseiam-se no cumprimento dos padrões da legislação para o lançamento de efluentes líquidos, por exemplo, eliminação ou redução do cianeto dos banhos de recobrimento. Inclusive as medidas de reuso da água têm como objetivo a obediência à legislação vigente e a redução de custos. Por outro lado, verificou-se que a etapa de limpeza das peças é bastante agressiva e se constitui o maior impacto ambiental do processo na empresa D, Quadro 10.

Quadro 10 – Situações-problema Identificadas na Empresa D

Problemas identificados	Análise
Desengraxante (solvente organoclorados)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondas ultrasônicas, por exemplo, é uma alternativa que aumenta a eficiência dos processos convencionais. Esta alternativa permite eliminar do processo as substâncias químicas de alta toxicidade para os operadores e para o meio ambiente. Além disso, proporciona um processo de limpeza com alta qualidade.</li> <li>• O enclausuramento dos processos, além dos sistemas exaustores existentes possibilita uma operação mais segura e maior proteção para os operadores e para o meio ambiente.</li> </ul>
Decapante (solução sulfonítrica)	

Pela entrevista, observou-se que os processos de limpeza estão condicionados às características das peças e das operações realizadas para sua fabricação, por esta razão a substituição dos mesmos torna-se difícil. Portanto, a realização dos processos em sistemas fechados poderia ser uma solução para a melhoria da qualidade ambiental e da redução de riscos à saúde dos trabalhadores, conforme preconizam as Melhores Técnicas Disponíveis - BAT (IPCC, 2004).

A aceitação de lavadores de gases para o controle das emissões gasosas e a ausência de uma legislação mais rigorosa podem ser fatores que têm contribuído para a manutenção de processos com substâncias altamente tóxicas, mesmo

havendo alternativas tecnológicas bastante eficientes. Assim, o estudo de caso permitiu verificar que a empresa alterna uma postura pró-ativa e uma postura reativa.

### **4.2.3 Empresa F**

A empresa possui uma área construída de 51.331,00 m<sup>2</sup>, emprega 1.700 funcionários e faturou, em 2002, R\$ 284 milhões. Todas as linhas de produção foram certificadas pelas normas ISO 9001, versão 2000. A primeira certificação ocorreu em 1997.

#### **4.2.3.1 Atividade Galvânica**

A unidade de galvanização iniciou a operação em julho de 2002. O processo de revestimento metálico é zincagem a fogo. O quadro funcional da galvânica é composto por 75 operários. Devido ao grande tamanho das peças, o processo de revestimento é em gancheira. A linha de galvanização é semiautomática e opera em três turnos. O pré-tratamento das peças é realizado por decapagem ácida, com HCl 40%. O processo de desengraxe é alcalino. Todos os tanques de processo possuem exaustão para reduzir a emissão e gases para o ambiente da galvânica. Outros processos de tratamento de superfície são realizados, como pintura, fosfatização, cromatização, e fluxagem.

Antes do recobrimento com zinco, a peça é encaminhada ao banho de fluxagem, que é composto por cloreto de zinco e cloreto de amônio a 50%, e cuja função é melhorar a aderência do zinco à peça. Entre essas etapas, as peças são lavadas para retirada das impurezas que podem comprometer a qualidade do revestimento. No período de realização da pesquisa, o sistema de lavagem estava sendo modificado para tríplice em cascata. O consumo de água na galvânica é de 50 m<sup>3</sup>/mês.

Segundo o entrevistado, os principais impactos ambientais do processo são vapores ácidos alcalinos, fumaça, águas ácidas, águas alcalinas, banhos esgotados, por exemplo, de cromatização, desengraxe e decapagem. Ainda são geradas cinzas

e borra de zinco. O aquecimento do forno da cuba de zinco e dos banhos de desengraxa e fluxagem é feito com gás GLP. São consumidas 30 a 35 ton/mês de gás. Algumas etapas utilizam energia elétrica, cuja potência instalada é 500 KVA.

O recobrimento com zinco a fogo é um processo bastante violento ( $T = 450^{\circ}C$ ). A imersão das peças na cuba pode ocasionar respingos de zinco fundido ao redor do tanque, atingindo uma distância considerável, como foi observado. No caso em particular, há anteparos, na proximidade da cuba, para que os operários se protejam.

O processo gera cinza de zinco, que fica sobrenadando na cuba. A operação de retirada da cinza é manual, oferecendo risco de acidentes aos trabalhadores. Observou-se que não há exaustão na cuba de zinco, a fumaça gerada é dispersa através de ventilação natural, um cuidado no projeto de construção do pavilhão que abriga a galvanica. Ao final do processo, a peça é cromatizada com  $Cr^{6+}$ , por fim é içada sobre o tanque, para que o excesso de solução de cromo esorra.

A peça, depois de seca, é lixada manualmente para retirada das pequenas irregularidades superficiais provenientes do escorrimento irregular do zinco fundido. Observou-se que esta operação resulta em perda de material de revestimento (cromo), além de reduzir a proteção da superfície passivada nestes pontos, pois o lixamento é posterior à passivação das peças.

As águas ácidas e alcalinas são tratadas na estação de tratamento de efluentes. A ETE opera em dois turnos, em fluxo contínuo e em batelada. A vazão de efluentes líquidos a tratar é  $100 \text{ m}^3/\text{dia}$ . Na época da realização da pesquisa, verificou-se que havia dificuldades para o cumprimento do parâmetro de zinco exigido pela legislação, no efluente tratado. O volume de lodo é  $17 \text{ m}^3/\text{mês}$ . A redução de umidade é realizada em filtro prensa.

O lodo gerado é armazenado em sacos de ráfia. O transporte do lodo para a disposição em área coberta é previsto para ser semanal, porém verificou-se que este tempo tem sido maior. Os sacos com lodo permanecem sobre um estrado de madeira, ao ar livre. Não há área de armazenagem temporária. O entrevistado tem consciência que é preciso gerenciar melhor o lodo e os resíduos sólidos. A maior geração de lodo é proveniente do tratamento do efluente ácido do tanque de retrabalho. A empresa aguardava, no período da pesquisa, o resultado de análises químicas para o encaminhamento do lodo à co-processamento para fabricação de cimento no estado do Estado do Paraná.

#### 4.2.3.2 Medidas Ambientais

O sistema de gestão ambiental está sendo implantado baseado nas normas ISO 14001, pois a certificação é meta da empresa. A área ambiental está ligada à engenharia industrial, cuja coordenação é do supervisor da Unidade de Galvanização. Ainda compõem o grupo responsável pela implantação do sistema de gestão ambiental um técnico de tratamento de resíduos, um técnico químico e dois operadores da ETE.

As principais razões que levaram à implantação do SGA foram

- pressão da legislação vigente;
- exigências dos clientes;
- pressão de mercado internacional;
- exigências do mercado financeiro;
- pressão dos acionistas.

Os investimentos realizados somaram R\$ 3.000.000,00 e foram destinados à construção da galvanica. A concepção da galvanica baseou-se em princípios de segurança de processos, ocupacional e ambiental, enfatizou o entrevistado. O Presidente da empresa declarou que o investimento feito deve permitir a operação da galvanica por cerca de vinte anos, ou seja, a filosofia foi “fazer, mas fazer bem feito”. Os custos ambientais são repassados aos produtos.

Há planos de investimento, a curto prazo, para a substituição da linha de pintura por tinta a base de água e, a longo prazo, para a substituição da linha de cromatização e decapagem ácida. A preocupação com a decapagem deve-se ao grande volume de ácido empregado, distribuído em seis tanques, totalizando 270.000 L.

Segundo o entrevistado, as políticas de segurança, saúde e meio ambiente são indissociáveis no Grupo. Estas políticas são definidas pela diretoria, pelo setor de medicina do trabalho e de segurança, após são repassadas pelas gerências às supervisões. O setor de compras não está integrado à área ambiental. O setor busca os fornecedores dentro das exigências do setor técnico e da diretoria. Os fornecedores maiores oferecem alternativas mais adequadas à redução de impactos

e se adaptam mais facilmente às exigências. As principais medidas ambientais implantadas na empresa estão agrupadas no Quadro 11.

Quadro 11 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa F

<b>Medidas Ambientais implantadas pela Empresa F</b>
<b>Consumo de Energia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de geradores próprios de energia (10% de redução no horário de pico);</li> <li>• Estabelecimento de turnos diferenciados de trabalho.</li> <li>• Uso de gás GLP para aquecimento dos banhos.</li> </ul>
<b>Consumo de Água</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A implantação de lavagem em cascata, permitindo a economia de água de aproximadamente 60%.</li> </ul>
<b>Consumo de Matérias-primas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquisição de máquinas e equipamentos para corte buscando reduzir a geração de sucata.</li> <li>• Mudanças de parâmetros de processo (temperatura) e adição de Al ao banho de Zn, com objetivo de proporcionar redução do consumo de Zn.</li> </ul> <p><b>O controle da temperatura interfere na espessura da camada de Zn depositada. O ajuste de parâmetros é bastante complexo, devido a variação de composição do aço, podendo haver o comprometimento da qualidade do produto.</b></p>
<b>Impactos dos Processos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adoção de medidas e equipamentos que reduzem geração de sucata nas etapas de corte e soldagem;</li> <li>• Redução de retrabalho nas diversas etapas do processo de galvanização;</li> </ul> <p><b>Em processo de implantação: medidas para reduzir o consumo de tinta no processo de pintura.</b></p>
<b>Impacto dos Efluentes Líquidos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da ETE.</li> </ul> <p><b>Está sendo realizado estudo para reprocessamento do HCl da decapagem para a extração do cloreto férrico que poderá ser usado como agente coagulante. O custo de tratamento do ácido clorídrico é muito alto, devido ao grande consumo de soda e cal, além da geração de grande volume de lodo.</b></p>
<b>Impacto dos Resíduos Sólidos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da coleta seletiva;</li> <li>• Encaminhamento de resíduos para reciclagem, por exemplo, a borra de tinta para produção de tinta de menor qualidade.</li> <li>• A cinza e a borra do tanque de zinco retornam para a usina Companhia Mineira de Metais que extrai o ZnO e devolve para empresa, sob a forma de lingotes de zinco.</li> </ul>
<b>Impacto das Emissões Gasosas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de lavadores de gases na galvanica e na unidade de soldagem que gera grande volume de fumaça.</li> </ul>
<b>Impacto dos Produtos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um dos produtos durante o uso gera grande quantidade de poeiras. Assim, foi desenvolvido, em parceria com outra empresa, um óleo aglomerante que facilita a sedimentação da poeira gerada. Ainda se constitui preocupação, o desenvolvimento de produtos que possibilitem um menor consumo de energia aos clientes.</li> </ul>

Os ganhos financeiros com a adoção de medidas ambientais não foram contabilizados. O benefício obtido, observou o entrevistado, foi com relação à

melhoria da imagem perante os *stakeholders*. A empresa é reconhecida pela preocupação ambiental.

A avaliação de desempenho ambiental se baseia nos controles das análises na ETE, por exemplo, como no planejamento para usar quelantes no tratamento do zinco, buscando o cumprimento dos padrões de lançamento. A diretoria entende que medidas de prevenção reduzem custos e geram vantagens, tanto que os objetivos e metas ambientais são definidos como parte do processo decisório da empresa, reforçou o entrevistado.

O estabelecimento de estratégias ambientais e de políticas para redução de substâncias tóxicas apresenta algumas dificuldades, relacionou o entrevistado:

- legislação obscura e inadequada;
- falta de recursos financeiros;
- falta de conscientização.

O entrevistado complementou, dizendo que linhas de créditos e incentivos fiscais específicos para proteção ambiental poderiam reduzir ou eliminar as dificuldades relativas aos investimentos em meio ambiente. “Muitas vezes há intenção, mas faltam os recursos”, reforçou o respondente. Outro fator, na sua visão, que poderia contribuir para diminuir essas dificuldades, seria uma melhor qualificação dos profissionais que atuam na área ambiental. A implantação de medidas ambientais também poderia ser facilitada com ações cooperativas regionalizadas, como centrais de tratamento e negociação de resíduos, pois reduziram os investimentos individuais, acrescentou.

A fiscalização, por parte da FEPAM, é efetuada uma vez no ano. A empresa recebeu autuação durante a construção da galvanica, devido à falta de autorização para transporte de árvores nativas. Com relação à expectativa sobre a atuação do Órgão Ambiental Estadual, o respondente explicou que a FEPAM deveria agir como facilitador na busca de soluções para os problemas ambientais e também na aproximação com empresas que comercializam resíduos.

As reclamações da comunidade somente são recebidas quando encaminhadas a partir de uma entidade legal, por exemplo, Ministério Público ou Companhia Ambiental. A reclamação é analisada e a solução é buscada, e o retorno é dado pelo Diretor da empresa. Observou-se que a empresa, a fim de precaver-se de possíveis reclamações, realiza o monitoramento de um riacho próximo, antes e

depois do lançamento dos efluentes, principalmente com relação a fenol, surfactantes e metais. Há suspeitas que este esteja sendo poluído por outras atividades.

O estudo de caso permitiu identificar que a preocupação ambiental desejada pela Diretoria não se concretizou com a mesma intensidade na construção da galvânica. Os dados apresentados justificam a afirmação (Quadro 12).

Quadro 12 – Situações-problema Identificadas na Empresa F

Problemas identificados	Análise
Geração de Lodo	O processo de decapagem e de retrabalho das peças gera grande volume de efluentes líquidos e de lodo resultante do tratamento. Assim, decapantes mais tolerantes a concentração de ferro e a implantação de tecnologia de troca iônica na ETE – são alternativas que possibilitariam uma menor geração de resíduos e a recuperação dos metais, como ferro, cuja concentração é elevada no lodo e nos efluentes tratados.
Efluentes Líquidos	
Padrões de Lançamento de zinco	O tratamento dos efluentes físico-químico dificulta o cumprimento da legislação. A implantação de tecnologias de membrana asseguraria a obediência aos padrões, e possibilitaria a recuperação dos metais e o reuso de água.
Sistema de Lavagem	A implantação de lavagem em cascata possibilitará racionalizar o uso de água nesta etapa e também uma melhor qualidade na lavagem.
Retirada Manual das Cinzas	A retirada das cinzas é feita manualmente pelos funcionários com equipamentos tipo grandes pás. Os funcionários mesmo com roupas especiais e equipamentos de segurança estão submetidos a riscos de acidentes, pois a tarefa exige que se aproximem da borda da cuba de zinco com T em torno de 500° C. Os riscos exigem uma busca por alternativa mecânica para a operação.
Respingos de zinco ao redor da cuba	A violência do processo de revestimento ocasiona respingos de zinco fundido que são observados em grandes distâncias pelas paredes da galvânica. Mesmo havendo anteparos para a proteção dos operadores, a busca por uma alternativa mais segura que permitisse o enclausuramento da cuba é uma alternativa necessária.
Grande Consumo de ácido e álcalis	Associar ao processo de decapagem e desengraxe, a alternativa de limpeza por ultrassom, ou utilizar novos produtos mais tolerantes aos metais aumentando a eficiência do processo e a vida útil dos banhos. A redução do retrabalho traria também benefícios, como na redução de consumo de água, menor geração de resíduos e lodo. O treinamento dos operadores permitiria uma melhor condução do processo evitando descartes desnecessários e operações por má execução de tarefas.
Escorrimento e Secagem das peças a partir da cromatização	Impermeabilização ou drenagem da área destinada ao escorrimento das peças, pois observou-se manchas verdes pelo chão da galvânica indicando a presença de cromo.
Economia de Água	Implantação de estratégias de reuso possibilitariam a racionalização de consumo de água, redução do volume de efluentes a ser tratado e lodo galvânico proveniente do tratamento destes.

Os resultados mostraram que a preocupação ambiental na empresa faz parte do processo decisório, porém, mesmo que a construção da galvanica tenha sido concebida a partir de princípios de proteção ambiental, algumas situações necessitam de melhoria. A implantação de medidas ambientais, a exemplo das demais empresas, foi determinada pela exigência da legislação ambiental.

As remodelações feitas após a operação da galvanica demonstraram que a execução do projeto apresentou falhas, que trazem problemas para o desempenho ambiental da empresa.

O uso dos controles das análises realizadas na ETE, como indicadores ambientais, nem sempre possibilita a implantação de ações adequadas para a solução dos problemas. O uso de quelante (EDTA) para resolver o problema do alto teor de zinco no efluente tratado é um exemplo, pois a questão pode ser solucionada com a implantação de tecnologias de membrana ou troca iônica e estratégias de recuperação e reuso, medidas que vão ao encontro das Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) (IPPC, 2204).

O resultado do estudo de caso demonstrou um nítido conflito entre a percepção ambiental e a implantação de medidas ambientais, contribuído, assim, para a empresa ora apresentar-se como pró-ativa, como, por exemplo, com a implantação de estratégias direcionadas aos produtos, e ora reativa, como por exemplo, na manutenção do tratamento físico-químico dos efluentes.

#### **4.2.4 Empresa L**

A empresa possui área total construída de 28.810 m<sup>2</sup> e 2.174 funcionários. A atividade principal é reparo de peças e de componentes de motores. São reparadas cerca de 1.000 peças por ano. A linha de motores era a única certificada pelas normas ISO 9001 versão 2000, no período de realização da pesquisa. .

##### **4.2.4.1 Atividade Galvânica**

Os principais recobrimentos metálicos realizados são níquel eletrolítico, níquel químico, prata, chumbo, chumbo-estanho, cobre alcalino e cádmio. O revestimento é

feito em gancheiras, devido às dimensões das peças. Outros tratamentos de superfície são realizados, como pintura, fosfatização, cromatização e anodização. Na mesma unidade da galvanica ainda realizam-se outras etapas de preparação das peças, como polimento mecânico, polimento químico, decapagem e desengraxe.

Nas linhas de desengraxe e nos banhos de cobre, prata e cádmio, há ocorrência de cianeto, cuja toxicidade é elevada. Segundo o entrevistado, há intenção para a substituição dos banhos de cádmio por liga de Ni-Zn, mas não há prazo para a efetivação da mesma. O impacto ambiental significativo do processo, na visão do entrevistado, refere-se aos efluentes líquidos gerados. A galvanica é semiautomática e opera em três turnos, com dezessete funcionários. Não há dados quanto ao consumo de água na galvanica.

O processo de desengraxe é realizado com tricloroetileno, devido à necessidade de eficiência do processo, esclareceu o entrevistado. Observou-se que o cheiro é extremamente forte na área e o tanque de desengraxe é aberto. Como a empresa realiza recuperação de peças, essas são encaminhadas ao banho para remoção dos revestimentos, e, após, são retrabalhadas. Os principais resíduos desta etapa são  $\text{CN}^-$ , ácidos, alcalinos, cromo e metais como, Pb, Ag, Cd, Al, Cu e Zn, ou seja, as substâncias que compõem a camada de revestimento retirada. Ainda é realizado desengraxe alcalino com  $\text{CN}^-$  em algumas peças.

As águas de lavagem são tratadas na estação de tratamento. A ETE foi implantada em 1977 e trata  $90 \text{ m}^3/\text{dia}$ . Há a separação dos óleos em colunas de carvão ativado, antes do tratamento. O tratamento dos efluentes é o convencional, físico-químico. Observou-se, na ETE, um cheiro muito forte de ácido. Segundo o entrevistado, o maior problema é a condução do tratamento de águas de cromo. No período de realização da visita, verificou-se a construção da nova ETE, cuja modificação é a substituição da etapa de sedimentação por flotação.

O lodo gerado,  $17 \text{ m}^3/\text{mês}$ , após o tratamento, é encaminhado para leitos de secagem. Este lodo é armazenado em tambores, em área coberta na própria empresa, para posterior encaminhamento ao co-processamento, em fornos de fabricação de clínquer no Estado do Paraná.

#### 4.2.4.2 Medidas Ambientais

O entrevistado afirmou que o sistema de gestão segue a estruturação definida pelas normas ISO 14000, não estando certificado. A própria empresa forma os auditores internos. Há troca de informações entre os auditores das unidades do Rio de Janeiro e do Rio Grande do Sul. As avaliações ambientais são feitas diariamente, segundo o entrevistado.

Os fatores que influenciaram a empresa em investir na área ambiental, conforme o entrevistado, foram

- legislação ambiental vigente;
- consciência do projetista.

Os investimentos na área ambiental referem-se à construção da nova ETE, onde foram gastos R\$ 1.000.000,00. Estes custos não são repassados aos produtos. A longo prazo, os investimentos previstos referem-se às melhorias na galvânica. A curto prazo, a previsão é de investir na área de manutenção.

A integração entre as políticas de segurança, saúde e meio ambiente na Empresa L acontece somente durante a realização da Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho, SIPAT. Ou ainda, em um ou dois eventos mais dedicados à questão ambiental, enfatizou o entrevistado. As decisões administrativas levam em conta a questão ambiental, pois a diretoria entende que investir em prevenção da poluição reduz custos e gera vantagens, complementou o entrevistado. Desta forma, os gerentes são incentivados a desenvolver ações para diminuir impactos na produção e produtos. Constatou-se que o departamento de compras não está integrado ao sistema de gestão ambiental e nem são feitas exigências aos fornecedores.

As principais medidas ambientais implantadas estão reunidas no Quadro 13. Pode-se verificar que a implantação de medidas para redução, seja de matérias-primas ou outros insumos, foram insipientes, como mostra o Quadro 13. A maior dificuldade para implantação de medidas ambientais e para redução de substâncias tóxicas, colocou o respondente, tem sido a ausência de opções que permitam atender aos requisitos legais, às exigências do cliente e não interfiram na qualidade

do produto. A falta de conscientização ambiental é outro fator dificultador apontado pelo entrevistado.

Quadro 13 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa L

<b>Medidas Ambientais implantadas pela Empresa L</b>
<b>Consumo de Energia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não foram adotadas medidas específicas. A empresa espera que a economia prevista com a instalação da nova ETE venha se reverter em economia de energia.</li> </ul>
<b>Consumo de Água</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de torneiras automáticas.</li> <li>• Colocação de tanques intermediários na etapa de lavagem.</li> </ul>
<b>Consumo de Matérias-primas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há ações, pois as chapas metálicas e de plásticos moldáveis são compradas diretamente do fabricante das peças a reparar.</li> </ul>
<b>Impactos dos Processos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição da pintura por tinta a base de água.</li> </ul>
<b>Impacto dos Efluentes Líquidos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da nova ETE.</li> </ul>
<b>Impacto dos resíduos sólidos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do volume dos galões de tinta, a fim de reduzir as sobras de tinta que devem ser gerenciados como resíduos perigosos.</li> </ul>
<b>Impacto das Emissões Gasosas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A substituição por tintas a base de água reduz a emissão de solventes no ambiente de trabalho e para o meio ambiente, em geral.</li> <li>• Implantação de lavadores de gases provenientes da linha de cromo.</li> </ul>
<b>Impacto dos Produtos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há ações, apenas o controle das peças que não podem mais ser reparadas.</li> </ul>

Os ganhos econômicos com a implantação do SGA não foram identificados, porém outros benefícios foram verificados, como

- melhoria da organização da empresa;
- melhoria de *layout*;
- segurança para o planejamento de futuras obras e instalações;
- tranqüilidade e credibilidade para os clientes;
- credenciamento como “oficina autorizada”.

O Órgão Ambiental do Estado, na visão do entrevistado, poderia atuar como facilitador na busca da solução para os problemas ambientais, por exemplo, a partir da construção de um banco de informações ambientais. A criação de um sistema de armazéns que auxiliasse na comercialização de resíduos, além da possibilidade de se constituir como uma fonte de geração de receita, facilitaria o gerenciamento de resíduos sólidos no Estado. A empresa é fiscalizada duas vezes ao ano, tendo recebido a última autuação há cerca de cinco anos atrás.

As reclamações da comunidade são recebidas sem formalidades. Mesmo estando em área adequada e de elevado ruído, esta é a reclamação mais freqüente. A empresa sempre busca resolver este tipo de problema, tanto que foram construídas barreiras de concreto, na área de teste de motores.

Os resultados demonstraram que as medidas implantadas na empresa foram para atendimento exclusivo da legislação. Verificou-se que a preocupação ambiental é fraca no sistema gerencial da empresa. Há ausência da implantação de medidas para reduzir ou eliminar a presença de substâncias tóxicas nas diversas etapas do processo. No Quadro 14, são apresentadas as principais situações-problemas identificadas durante o estudo de caso.

Quadro 14 – Situações-problema Identificadas na Empresa L

<b>Problemas identificados</b>	<b>Análise</b>
Dificuldades no tratamento dos efluentes com cromo	Foram verificadas dificuldades no tratamento dos efluentes devido a complexidade da composição dos efluentes, e a ausência de segregação e de tecnologias que permitam o reaproveitamento de metais e o reuso de água.
Processos com substâncias tóxicas e com elevado risco à saúde dos operadores e ao meio ambiente	Os processos de limpeza das peças (com solventes organoclorados e cianeto) e os banhos de recobrimento (com cádmio, cromo hexavalente e cianeto) são realizados normalmente na empresa e não há planos para substituição e eliminação.
Ausência de estratégias preventivas	Não foram identificadas estratégias que buscam a recuperação de substâncias químicas dos efluentes e resíduos, tampouco para a racionalização de matérias-primas e insumos.
Redução da geração de resíduos sólidos	Verificou-se dificuldades no gerenciamento dos resíduos sólidos, principalmente na etapa de secagem do lodo galvânico em leito de secagem, pois a redução de umidade é pequena.
Emissão de vapores de solventes clorados e ácidos	A ausência de exaustores em alguns banhos e processos torna o ambiente da galvânica insalubre.

Medidas para redução de impacto, de substâncias tóxicas, de racionalização e de redução de consumo de insumos também não foram identificadas na empresa. A visão de que apenas os efluentes líquidos se constituem como impacto ambiental explica a concentração de implantação de medidas fim de tubo. A conduta restritiva imposta pelo cliente principal contribui, em parte, para a manutenção do comportamento reativo da empresa.

A implantação de medidas ambientais, mesmo em pequeno número, foi motivada pelas exigências da legislação ambiental. A melhoria do desempenho ambiental da empresa está condicionada a um aumento da percepção da importância da questão ambiental no sistema gerencial da empresa.

Embora o entrevistado tenha afirmado que a empresa possui um SGA, conforme prevêem as normas ISO 14000, não foi possível confirmar esta informação durante o estudo de caso. O que existe na empresa L são medidas de proteção ambiental exigidas pela legislação, como a implantação de estação de tratamento de efluentes líquidos e algumas iniciativas para a redução de impacto, por exemplo, a substituição de tintas a base de solvente. Estas medidas, porém, não se configuram, propriamente, como um SGA, pois não incorporam o compromisso com medidas preventivas e com a melhoria contínua do sistema de gestão.

Ressalta-se o fato da empresa possuir a maior variedade de processos de recobrimentos com substâncias perigosas na composição dos banhos. Este resultado reforçou a constatação que pode haver uma relação entre o porte da galvanica e a preocupação ambiental. A galvanica da empresa é de pequeno porte, e o volume de efluentes gerados também é reduzido, demonstrando que a implantação de medidas ambientais relaciona-se mais com o fator quantitativo do que qualitativo.

#### **4.2.5 Empresa M**

A empresa M possui área construída de 54.360 m<sup>2</sup> e 15.000 funcionários. O faturamento anual foi de R\$ 613 milhões em 2002. As vinte e seis plantas da empresa estão em fase de certificação pelas normas ISO 14001, mas não foram certificadas pelas normas ISO 9000. A decisão pela certificação foi para aumentar a segurança dos profissionais e melhorar a imagem da organização.

No ano de 2000, a empresa modificou o processo até então desenvolvido, recobrimento de peças metálicas. A opção foi pelo plástico, pois era uma alternativa de baixo custo e adequada ao produto final.

#### **4.2.5.1 Atividade Galvânica**

A unidade galvânica é composta por setores de pintura, eletrodeposição e polimento mecânico. A linha galvânica é automatizada e os principais acabamentos são níquel, ouro velho, prata velho, cobre e oxidações. A linha de latão é a única que apresenta ocorrência de cianeto. O recobrimento das peças é realizado em tambor. Operavam a galvânica, durante a realização da pesquisa, noventa e sete operários. O consumo de energia elétrica do setor é 19 KW/dia e de água é 150.000 L/dia. Os principais produtos são fivelas e enfeites, cerca de 200.000 peças/dia. A maior produção da galvânica ocorre no verão devido a mais detalhes no produto final. No inverno, é realizada a injeção de outros itens, como enfeites plásticos coloridos para outros produtos para compensar a redução da produção.

De acordo com o entrevistado, os principais impactos do processo galvânico são os efluentes líquidos, devido à presença de metais; o lodo galvânico, pelo risco de causar contaminação no solo e reservas hídricas; as emissões gasosas, devido ao sistema de exaustão dos banhos, além de outros resíduos de processo.

Na etapa de preparação do substrato de plástico, há a ocorrência de cromo, paládio e cloreto nos banhos. As soluções contendo cromo são recuperadas em sistema de evaporadores a vácuo. A preparação de peças plásticas dispensa a etapa de decapagem ácida.

A ETE localiza-se junto à galvânica, opera em três turnos e em batelada. A vazão de efluente líquido a ser tratado é de 540 m<sup>3</sup>/dia. Junto à estação de tratamento de efluentes, além do tratamento físico-químico, há uma planta de eletrodiálise e um sistema de colunas de troca iônica que possibilita a recuperação de água e produtos químicos. A ETE trata os efluentes de outras unidades da empresa.

Segundo o entrevistado, o sobrenadante da etapa da floculação e sedimentação do tratamento físico-químico é encaminhado para um conjunto de quatro colunas trocadoras para posterior descarte no corpo receptor. Após a

conclusão de obras civis, considerando o período de realização da pesquisa, o efluente que está sendo descartado será recuperado como água de reserva para incêndios.

O sistema de troca iônica é formado por quatro colunas aniônicas para eliminação do  $\text{CN}^-$  e, ainda, quatro catiônicas para eliminação de metais e três colunas específicas para as águas de cromo. Antes da implantação das colunas trocadoras e fechamento do circuito de água, eram gastos  $29 \text{ m}^3/\text{dia}$  e atualmente são consumidos  $5 \text{ m}^3/\text{dia}$ . As águas resultantes da retrolavagem das colunas trocadoras são tratadas na ETE para depois serem recuperadas e reusadas.

O volume de lodo gerado é de  $6 \text{ m}^3/\text{mês}$ . O lodo gerado no tratamento físico-químico é encaminhado para o filtro prensa e, posteriormente, para disposição em ARIP da própria empresa. O armazenamento temporário é feito em *containers* em área coberta.

#### **4.2.5.2 Medidas Ambientais**

Para implantação do SGA, foi criado o Grupo ISO, responsável pela montagem dos procedimentos do sistema. O grupo foi formado por representantes dos Departamentos de Meio Ambiente, Segurança do Trabalho e Treinamento. O Departamento Ambiental está vinculado ao Departamento de Recursos Humanos.

Os investimentos realizados em proteção ambiental somaram R\$ 2.000.000,00, cujo objetivo também foi melhorar a qualidade do ambiente de trabalho. Os custos ambientais são contabilizados nos produtos. Novos investimentos estão previstos. A longo prazo estão previstas melhorias no aterro de resíduos industriais perigosos (ARIP) e, a curto prazo, na unidade de fabricação de polímeros.

Atualmente, o foco da política da empresa M é a questão ambiental com a preocupação de integrar as políticas de segurança, saúde e meio ambiente. O Departamento de Compras também está integrado ao programa ambiental. Além de identificar as melhores opções, busca a qualificação dos fornecedores.

São feitas exigências com relação à eliminação de substâncias tóxicas, por exemplo, pentaclorofenol. Ainda, os parceiros para negócios devem estar legalizados, por exemplo, possuir licenciamento ambiental junto à FEPAM. No caso

das empresas que reciclam ou reaproveitam resíduos estas são vistoriadas *in loco* pelos técnicos da empresa, para serem avaliados os procedimentos realizados. Os fornecedores têm se adequado às exigências feitas.

As auditorias ambientais são realizadas periodicamente, geralmente na forma de avaliações semestrais. Os pontos críticos são encaminhados para a reunião de análise crítica, cuja prática é ser feita sempre que necessária. A análise é feita pela diretoria e o Grupo ISO.

O resultado da reunião determina a freqüência dos treinamentos e o planejamento das ações que visam melhorar o sistema de gestão e o desempenho ambiental da empresa. No treinamento ambiental, é explicado todo o processo de gestão, os aspectos ambientais e também realizado em um trabalho de motivação de todos os funcionários.

As razões que levaram a empresa a adotar medidas ambientais foram

- econômicas;
- responsabilidade social;
- legislação vigente;
- mercado internacional;
- *marketing* e vendas.

Os resíduos, que anteriormente significavam custos, passaram a fornecer receita, como recipientes de alumínio que são vendidos para fabricação de matrizes, também papel, papelão, tecidos, plásticos e baterias. Ainda proporcionam economia com tratamento e disposição de resíduos.

Os ganhos totalizaram R\$ 540.000,00 na época em que a pesquisa foi realizada. A adoção do SGA melhorou o desempenho econômico e a competitividade no mercado, principalmente o externo, afirmou o entrevistado. Esses ganhos levaram a diretoria a investir e a incentivar a implantação de medidas ambientais. Os objetivos e metas ambientais fazem parte do planejamento estratégico da empresa.

No Quadro 15, são apresentadas as principais medidas ambientais observadas durante a realização do estudo de caso. As informações agrupadas na referida tabela mostram que as medidas que foram implantadas estão associadas à

redução dos impactos da atividade galvânica, do consumo de água, de matérias-primas, de resíduos, e também, à redução e/ou eliminação de substâncias tóxicas.

Quadro 15 – Medidas Ambientais Implantadas pela Empresa M

<b>Medidas Ambientais implantadas pela Empresa M</b>
<b>Consumo de Energia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acoplamento de fotocélulas para a iluminação da Empresa;</li> <li>• Alternância de iluminação natural e artificial.</li> <li>• Implantação de equipamentos de proteção ambiental. Diretamente não reduzem energia, porém a redução de volume e concentração dos efluentes a tratar, se reverte em economia.</li> </ul>
<b>Consumo de Água</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de evaporadores a vácuo, tecnologias de membranas e de troca iônica possibilitou o reaproveitamento de águas tratadas e dos metais que retornam aos banhos, através do fechamento de ciclos no processo.</li> </ul>
<b>Consumo de Matérias-primas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• São monitorados todos os consumos e definidas as condições que possibilitem uma maior eficiência do processo.</li> </ul>
<b>Impactos dos Processos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudança de processo de laminação de EVA (etileno e acetato de vinila) por injeção. <b>Esta mudança de processo também se refletiu na redução de matéria-prima.</b></li> </ul>
<b>Impacto dos Efluentes Líquidos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fechamento de ciclos de água no processo;</li> <li>• Implantação de tecnologias de membrana e troca iônica possibilitou o reuso da água.</li> </ul>
<b>Impacto dos Resíduos Sólidos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudança no processo de EVA;</li> <li>• Desenvolvimento de novos fornecedores para reaproveitamento e reciclagem de resíduos; Os resíduos de tecido estão sendo encaminhados para enchimento de almofadas e travesseiros.</li> <li>• Não há uma política específica para redução de lodo galvânico. Assim, as ações estão centradas na redução de geração de efluentes líquidos que influencia a geração do lodo</li> <li>• Medidas para redução de retrabalho e aumento da reciclagem (por exemplo, os galhos plásticos da injetora);</li> <li>• Coleta seletiva e treinamento.</li> </ul>
<b>Impacto das Emissões Gasosas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de três lavadores de gases com ciclo fechado para águas ácidas, alcalinas e de cromo.</li> </ul>
<b>Impacto dos Produtos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de produto, onde 100% da matéria-prima é resíduo de processo.</li> <li>• Redução de retrabalho. É feito treinamento diretamente com os operadores das linhas. Hoje são perdidas poucas peças e material de processo.</li> </ul>

A substituição de tecnologias ou de substâncias químicas apresenta algumas dificuldades, apontou o entrevistado, como, por exemplo, a falta de “elos tecnológicos”, ou seja, a ausência de tecnologia adequada ou devido aos altos custos dos substituintes. Ainda, pode haver o risco dos produtos alternativos

comprometerem a qualidade do produto final. A eliminação dessas dificuldades, na visão do entrevistado, se dará através do desenvolvimento tecnológico.

O Órgão Ambiental, na visão do entrevistado, de forma idêntica como responderam os respondentes da empresa A e L, além de fiscalizar deveria gerar informações, através de um banco de dados ambientais. Esta forma de ação facilitaria a busca de solução para os problemas ambientais. Observou-se que há consonância em vários pontos de vista nas empresas, dentre os quais os que se referem à atuação do órgão ambiental. Ainda complementou que a adoção de soluções regionalizadas, como centrais de tratamento de resíduos, também seria uma alternativa facilitadora, pois reduziria os custos individuais.

A fiscalização pela FEPAM é realizada uma vez no ano, e, nos últimos três anos, a empresa não recebeu autuações. Observou-se que a empresa possui procedimentos de comunicação externa e interna com um departamento estruturado, a fim de responder às reclamações da comunidade e às sugestões dos funcionários.

A legislação ambiental e as questões econômicas figuraram, como nas demais empresas pesquisadas, como fatores motivadores principais para a implantação de medidas ambientais. A adequação da empresa para a certificação ISO 14001 demonstrou ter contribuído para uma melhor estruturação do sistema de gestão ambiental. Outro fator que influenciou positivamente para que a empresa tenha buscado novos investimentos em estratégias ambientais foi o fato dos ganhos financeiros com os investimentos realizados terem sido contabilizados. A comprovação de ganhos econômicos incentiva a modernização das estratégias ambientais, podendo resultar na implantação de soluções inovadoras.

A implantação de estratégias preventivas, como reuso de água, recuperação de matérias-primas e resíduos foi identificada na empresa e na galvânica. Ainda, observou-se também a implantação de estratégias ambientais voltadas ao produto e não somente ao processo.

### **4.3 Gestão Ambiental nas Grandes Empresas com Atividade Galvânica**

Esta seção apresenta, inicialmente, uma discussão sobre as medidas ambientais implantadas nas empresas, a partir dos resultados obtidos no estudo de

caso. A seguir, faz-se uma análise comparativa, entre as medidas adotadas e as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT), identificadas pela Comissão Europeia de Controle e Prevenção Integrada da Poluição (IPPC, 2004). Essas medidas tem como objetivo oferecer as empresas que realizam tratamento de superfície as melhores técnicas, a fim de desenvolver a atividade produtiva dentro dos princípios de prevenção dos impactos significativos do setor considerando a viabilidade técnica e econômica. Finalizando, discute-se a legislação ambiental como um instrumento indutor da implantação de medidas ambientais nas empresas com atividade galvânica.

#### **4.3.1 Medidas Ambientais Implantadas nas Empresas**

Os principais acabamentos realizados nas grandes empresas pesquisadas identificados foram niquelagem, cobreagem, zincagem e cromagem. Ainda, foram verificados outros processos de revestimento, como, por exemplo, cádmio, prata, latão, etc. A pesquisa também possibilitou identificar que as maiores restrições, com relação à realização de processos com alto potencial ambiental, têm levado algumas empresas a terceirizarem ou desativarem algumas linhas de revestimento.

A terceirização é uma questão que merece reflexão, considerando principalmente que as empresas que não implantaram sistema de gestão ambiental provavelmente terceirizam estes serviços para galvânicas de pequeno porte, as quais geralmente não possuem tratamento de efluentes adequado e cuidados ambientais necessários. Ou seja, uma análise mais ampla poderá demonstrar que a terceirização destas atividades representa um agravamento da degradação ambiental no Estado do Rio Grande do Sul.

Observou-se que a realização de processo de alto impacto ambiental influencia a estruturação do sistema de gestão ambiental. Porém, o porte da atividade de alto impacto influencia a implantação de medidas ambientais. Verificou-se que a percepção do impacto ambiental nas galvânicas de pequeno porte relaciona-se mais com a quantidade de efluentes e de resíduo gerado do que com a natureza tóxica dos mesmos.

A Tabela 5 reúne os resultados obtidos nas empresas pesquisadas. Observa-se na tabela que a substituição de tecnologias foi direcionada, preferencialmente,

para a redução de  $\text{Cr}^{6+}$  e  $\text{CN}^-$  nos banhos de recobrimento. A mesma preocupação não foi verificada nos processos de pré-tratamento ou de acabamento, tanto que, nos processos de limpeza das peças, ainda são utilizados solventes orgânicos e desengraxantes com cianeto.

A implantação de tecnologias para a recuperação de metais como Ni, Cu, Cd e Zn foi motivada, principalmente, pelas dificuldades de cumprimento da legislação. O estudo de caso verificou que as empresas D e M, após terem implantado tecnologias com este objetivo, deixaram de enfrentar problemas de descumprimento dos padrões de lançamento de efluentes líquidos. Vê-se também que estas empresas foram as que apresentaram a menor geração de lodo galvânico e a maior economia de água.

Situação oposta é identificada na mesma tabela, nos resultados referentes ao consumo de água na galvânica, ao volume de efluentes líquidos e de lodo na empresa A. Observa-se que estes valores são bastantes elevados e constituem-se um sério problema a ser gerenciado pela equipe técnica da empresa. A própria igualdade no consumo de água e volume de efluente a ser tratado na ETE sugere que o monitoramento destes parâmetros é realizado com dificuldades. Vê-se que os grandes volumes de efluentes líquidos e de lodo relacionam-se com a ausência de estratégias preventivas e com o tipo de tratamento implantado na estação de efluentes.

As empresas que apresentam dificuldades para o cumprimento de legislação são as que possuem exclusivamente tratamento físico-químico dos efluentes (Tabela 5). Este é o caso da empresa A, cuja dificuldade relacionou-se com o cumprimento dos padrões de níquel; a empresa F, com os padrões de zinco e a empresa L, com os padrões de cromo. Neste grupo de empresas, observou-se também que as estratégias implantadas são direcionadas preferencialmente para tratamentos fim de tubo.

A implantação de estratégias preventivas relaciona-se com uma melhor percepção ambiental nas empresas, com uma avaliação mais precisa dos impactos ambientais significativos e com o uso de indicadores de desempenho ambiental que representem a real interferência da atividade produtiva no meio ambiente. Observou-se que uma compreensão parcial dos impactos ambientais da atividade galvânica interfere no processo decisório para implantação das medidas ambientais e nos próprios indicadores para monitorar o processo e o sistema de gestão.

Tabela 5 – Caracterização das Empresas e Principais Medidas Ambientais Implantadas

	A	D	F	L	M
<b>Nº de funcionários na empresa</b>	1.000	1.028	1.700	2.174	15.000
<b>Nº de funcionários na galvanica</b>	120	18	75	17	97
<b>Revestimento</b>	Decorativo	Técnico	Técnico	Técnico	Decorativo
<b>Linha galvanica</b>	Semi automática	Semi automática e manual	Semi automática	Semi automática	Automática
<b>Decapagem</b>	Ácida	Ácida	Ácida	Ácida	-
<b>Desengraxe</b>	Alcalino	Alcalino e percloroetileno	Alcalino	Tricloroetileno e com CN <sup>-</sup>	-
<b>Volume de lodo (m³/mês)</b>	40 (secador )	5 (filtro-prensa)	17 (filtro-prensa)	17 (leito de secagem)	6 (filtro-prensa)
<b>Destinação do lodo</b>	ARIP (terceirizado)	Co-processamento	Armazenamento temporário	Co-processamento	ARIP (próprio)
<b>ETE (entrada) m³/mês</b>	28.800	200	100	90	540
<b>Consumo de água (galvânica) m³/mês</b>	28.800	200	50	Sem dados	150
<b>Fechamento de ciclo de água – Economia (%)</b>	-	84 (antes eram gastos 1.500 m³/mês)	-	-	83 (antes eram gastos 870 m³/mês)
<b>Tratamento de efluentes líquidos</b>	Físico-químico	Troca Iônica e Físico-químico	Físico-químico	Físico-químico	Troca Iônica e Físico-químico
<b>Recuperação de metais</b>	Evaporador a vácuo	-	-	-	-Eletrodialise -Evaporador a vácuo
<b>Redução de uso de substâncias tóxicas</b>	-Passivação com Cr <sup>3+</sup> -Banho de Zn ácido - Ativação com H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-Ajuste de pH com CO <sub>2</sub> -Banhos com baixo CN <sup>-</sup> -Banho de Cu alcalino sem CN <sup>-</sup> -Eliminação de CFC como gás refrigerante	-	Tinta a base de água	-Troca de processo -Eliminação de Pentaclorofenol (conservante de embalagens de madeira)
<b>Redução do consumo de água</b>	Redução de vazão nos tanques de lavagem	-Reciclo -Captação de água de chuva -Água dos lavadores de gases para sanitários	-	-	-Reciclo -Reserva de incêndio
<b>Resíduos Sólidos</b>	-Coleta seletiva -Serragem combustível para o secador	-Coleta seletiva -Galhos da injetora -Embalagens retornáveis	-Coleta seletiva -Borra de tinta para fabricação de tinta inferior	-Coleta seletiva -Borra de tinta para fabricação de tinta inferior	-Coleta seletiva -Venda para terceiros -Galhos da injetora -EVA por injeção
<b>Impacto dos produtos</b>	Incentivo ao consumo de produtos mais limpos	-	Óleo para aglomeração de poeira	-	Novo produto com 100% resíduo
<b>Investimentos ambientais (R\$ 1.000)</b>	50 (anual)	111	3.000	1.000	2.000
<b>Retorno econômico (R\$ 1.000)</b>	Sem dados	15	Sem dados	Sem dados	540

A falta de informações precisas, no que se refere aos insumos usados, aos resíduos gerados, aos produtos e aos serviços executados aumenta ainda mais o grau de subjetividade e complexidade desta tarefa, refletindo-se na adoção de medidas pontuais, que nem sempre resultam em melhoria do desempenho ambiental, como identificado nas empresas A, F e L.

Os resultados ainda sugerem haver uma correlação entre os custos financeiros do tratamento decorrente da exigência da legislação e a extensão da percepção ambiental. Vê-se que as medidas ambientais implantadas nas empresas foram preferencialmente dirigidas ao controle dos efluentes líquidos (Tabela 5). Verificou-se que, no Estado do Rio Grande do Sul, a legislação para o lançamento de efluentes líquidos nos corpos receptores é mais rigorosa que para os demais resíduos. Tanto que estratégias dirigidas às emissões gasosas não foram identificadas.

A implantação de medidas ambientais direcionadas ao lodo galvânico relaciona-se com os crescentes custos da terceirização da disposição em aterros de resíduos perigosos. O co-processamento do lodo galvânico em fornos de cimento reduz estes custos e elimina a responsabilidade permanente do gerador sobre o resíduo produzido. Acredita-se ser este o motivo pelo qual o co-processamento tem se mostrado como alternativa preferencial entre as empresas pesquisadas.

As medidas ambientais têm como essência, na sua fase inicial da implementação, custos ou a necessidade de recursos financeiros. Observou-se que este é um dos principais motivos apresentados pelas empresas para justificar a ausência de maiores investimentos na área ambiental. Esta visão, mesmo estando em transformação, ainda demonstra que existe certa resistência, por parte das empresas, em investir voluntariamente em meio ambiente.

A ausência da contabilização dos ganhos financeiros, com a implantação de medidas ambientais, por parte da maioria das empresas pesquisadas se constitui em um fator de desestímulo para o investimento em novas medidas e a implantação de soluções inovadoras. As empresas M e D, que possuem informações quanto ao retorno dos investimentos, comprovam que estes dados auxiliam a vencer as resistências e contribuem para uma maior ecoeficiência das empresas (Tabela 5).

A estruturação do sistema de gestão reflete as diferentes faces das ameaças regulatórias e das oportunidades de mercado percebidas pelas empresas. Observou-se que essas ameaças contribuíram para as mudanças organizacionais

nas empresas e para uma maior percepção de oportunidades com a implantação de medidas de gestão a partir da melhoria da competitividade e de uma maior eficiência produtiva. Percebeu-se que a implantação de medidas ambientais nas empresas foi fortemente induzida por contingências externas: legislação ambiental e custos, principalmente.

Decisões voluntárias, como é o caso da certificação ambiental, ainda foram pouco evidentes no grupo investigado. A baixa concorrência verificada, pois as empresas pesquisadas praticamente dominam o mercado em que atuam, pode também ser um fator que influencia no volume dos investimentos ambientais. Uma maior conscientização dos *stakeholders* induz mais fortemente as empresas na busca de soluções que visem equilibrar a atividade produtiva e a sustentabilidade ambiental.

Identificou-se que, na visão do próprio Órgão Ambiental do Estado, um maior rigor na legislação, no controle e na fiscalização tem levado as empresas a um melhor desempenho, estando diretamente relacionado com a melhoria da qualidade ambiental no Estado do Rio Grande do Sul. A pesquisa também mostrou que há uma tendência à acomodação, por parte das empresas, a novos investimentos ambientais, caso não haja uma crescente pressão externa, principalmente da legislação.

Ao mesmo tempo que se identificou a contribuição da legislação e da intensidade do controle das atividades industriais, verificou-se que uma maior disponibilização de informações, por parte do Órgão Ambiental, como um banco de dados ambientais, contribuiria mais para a implantação de medidas ambientais, pois facilitaria a busca de soluções para os problemas identificados nas empresas. Segundo o Diretor da FEPAM, o excesso de trabalho e a carência de funcionários dificultam a manutenção e a construção de um banco de dados que atenda às expectativas das empresas.

Assim, a ampliação da atuação do Órgão Ambiental, no que tange às informações sobre empresas recicladoras e alternativas tecnológicas para o tratamento de resíduos industriais, constitui-se numa expectativa das empresas pesquisadas, pois poderia auxiliá-las na eliminação dos principais fatores dificultadores para implantação de medidas desta natureza.

Os benefícios identificados com a implantação de medidas de gestão foram melhoria da imagem, aumento da produtividade, conquista de novos mercados,

gestão ambiental sistematizada, integração da qualidade ambiental à gestão dos negócios da empresa, conscientização ambiental dos funcionários, melhor relacionamento com a comunidade, maior segurança legal e das informações, minimização dos acidentes, dos passivos ambientais e dos riscos dos processos e dos produtos.

Apesar da evidência, entre as empresas, da alternância de postura, ora reativa e ora pró-ativa, verificou-se que a questão ambiental gradualmente ocupa maior importância na estratégia dos negócios. Vê-se o caso de estratégias direcionadas aos produtos nas empresas A, F e M, conforme mostra a Tabela 5, demonstrando que uma maior preocupação ambiental pode resultar em medidas de proteção ambiental e inovação. Cita-se, como exemplo, as seguintes estratégias identificadas: incentivo ao uso de produtos limpos (empresa A), desenvolvimento de um óleo aglomerante de poeira (empresa F) e produto cuja matéria-prima é 100% resíduo (empresa M).

A crescente preocupação com a aceitação dos negócios, por parte dos *stakeholders*, tem levado as empresas a preocupar-se, cada vez mais, com a sua imagem. Verificou-se que todas as empresas possuem um canal de comunicação com a comunidade, além de *sites* na Internet com informações sobre a organização, produtos, serviços e também um canal exclusivo para contato com os clientes, como as linhas telefônicas do tipo 0800.

A preocupação com a responsabilidade social também foi identificada como crescente nas empresas, a partir de diversas ações desenvolvidas com a comunidade interna e externa, apoiando e incentivando diversos projetos da comunidade.

#### **4.3.2 Comparação entre as Medidas Ambientais Implantadas nas Empresas e as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT)**

Esta seção baseou-se nos conceitos apresentados na seção 2.2.3, segundo as Diretrizes publicadas pela Comissão Europeia de Controle Integrado e Prevenção da Poluição para o setor de tratamento de superfície (IPPC, 2004). Sinteticamente, a conceituação de BAT, considera que “Técnicas” incluem as tecnologias usadas (o que fazer?) e os caminhos (como fazer?); “Disponível” relaciona-se com a

viabilidade tanto técnica quanto econômica e “Melhor” é relativa à eficiência, incluindo êxito da proteção do meio ambiente.

A análise comparativa considerou-se, de forma integrada, as questões-chaves para o setor de tratamento de superfície, como

- minimização de consumo de insumos (matérias-primas, energia e água);
- minimização de perdas (emissões, resíduos e controle da poluição);
- manuseio mais seguro de substâncias químicas;
- redução de acidentes ambientais.

Nos quadros que se seguem, Quadros 16, 17 e 18 apresenta-se a análise realizada a partir da comparação dos resultados referentes ao estudo de caso (Fase 2) e as Melhores Técnicas Disponíveis – “*Best Available Techniques*” – BAT (IPPC, 2004). Nos quadros apresentados, convencionou-se denominar “estágio atual”, o estágio onde se encontra a empresa em relação às Melhores Técnicas Disponíveis, BATs. Assim, “conforme” é quando as medidas implantadas nas empresas contemplam totalmente as BATs.

Em outro extremo, tem-se o “não conforme”, é quando nenhuma das medidas identificadas estão de acordo com as BATs. Para o estágio intermediário, convencionou-se denominar “próximo”, é aquele onde boa parte das medidas implantadas enquadram-se nas Melhores Técnicas Disponíveis. O Quadro 16 apresenta as principais medidas de caráter operacional dentro da ótica BAT e a comparação das medidas implantadas nas empresas pesquisadas.

Os registros, controles e monitoramento dos pontos de entrada e saída de água, matérias-primas nas empresas mostram-se deficientes, pois limitam-se a alguns pontos, como foi apresentado na Tabela 5. As empresas D e M, em função da implantação de estratégias para fechamento de ciclos de processo, demonstraram realizar estes controles de forma mais adequada (Quadro 16).

Quadro 16 – Situação das Empresas em Relação às Medidas de Caráter Operacional - BAT

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

Com relação à energia, observou-se, na empresa A, a formação da Comissão Interna de Consumo de Energia (CICE) visando à racionalização do consumo e redução de gastos. A empresa F, como relatado na entrevista realizada, substituiu o sistema de aquecimento elétrico da cuba de zinco por gás liquefeito de petróleo (GLP).

Observou-se que as medidas implantadas nas empresas A, D e M para redução de *drag out* estão bastante próximas das Melhores Técnicas Disponíveis, e a única medida não observada foi lavagem em *spray*. Alternativamente, as empresas possuem o sistema de lavagem tríplice, em contracorrente, que também proporciona a redução de *drag out*, além do consumo de água e de matérias-primas.

O controle do *drag out*, na empresa L, é realizado a partir do tempo de drenagem, do arranjo das peças e da adição de molhador nas soluções de banhos. Na empresa F, o sistema de lavagem tríplice em cascata e em contracorrente estava sendo construído. As empresas L e F mostraram-se na situação mais distante.

A implantação de tecnologias que permitem fechamento de ciclos de processo, reuso de água e recuperação de metais foi identificada somente nas empresas D e M. As outras empresas não possuem estratégias implantadas neste sentido. As empresas D e M estão mais próximas da situação ideal, porém, há melhorias a serem adotadas, principalmente no que se referem aos controles e registros.

O Quadro 17 apresenta o estágio das empresas pesquisadas, com relação às medidas de caráter específicos de acordo com as BATs. As medidas implantadas nas empresas, de acordo com as Melhores Técnicas Disponíveis, demonstram que a visão de prevenção ainda é insipiente no grupo pesquisado. Isso ocorre porque, as estratégias adotadas têm seu foco direcionado fortemente ao processo de recobrimento, ou seja, às tecnologias e não de uma forma mais ampla, às técnicas, que pressupõe as tecnologias e os caminhos a serem percorridos para que os objetivos da prevenção, considerando as quatro questões chave para o setor, sejam atingidos. A Tabela 5 mostrou que as empresas têm suas estratégias focadas em práticas ambientais limpas, ou seja, preferencialmente direcionadas à implantação de tecnologias, em vez de técnicas, conforme estabelecido pelas BATs.

O mesmo quadro (Quadro 17) ainda mostra que as principais medidas implantadas pelas empresas referem-se à substituição de substâncias perigosas nos processos de recobrimento.

Quadro 17 – Situação das Empresas com Relação às Medidas de Caráter Específico - BAT

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

A substituição de produtos químicos perigosos e/ou mudanças de processos nem sempre é possível, principalmente quando os revestimentos destinam-se a aplicações técnicas e em produtos com usos específicos, como, por exemplo, cádmio e cromo duro.

Os resultados demonstraram que as empresas pesquisadas buscam mais facilmente novas alternativas para os banhos de revestimento, cujo objetivo é decorativo, como banhos de cobre ácido ou com menor concentração de  $\text{CN}^-$ , passivação com cromo III, por exemplo. Porém é possível avançar nas substituições técnicas, considerando as Melhores Técnicas Disponíveis, principalmente com o uso de ligas metálicas. As empresas pesquisadas não possuem políticas para redução de substâncias tóxicas e/ou perigosas e este pode ser um dos motivos para que a substituição não seja vista de forma prioritária pelas empresas, mas determinada pela exigência da legislação ambiental.

Observou-se que, nas empresas pesquisadas, a preocupação com substâncias tóxicas no processo galvânico contempla as que são consideradas prioritárias pelas Diretrizes do IPPC: cromo, cádmio, cianeto, cobre e zinco. Ressalta-se que estas substâncias se constituem no foco da legislação ambiental no Rio Grande do Sul, conforme apresentado na Tabela 1. A possível solução a ser adotada pela empresa F para resolver as dificuldades de cumprimento dos padrões de lançamento de zinco, a partir do uso de EDTA, contraria as melhores técnicas (BAT). Alternativas, como troca iônica e tecnologias de membrana enquadram-se no contexto das BAT, possibilitando melhoria de desempenho, maior segurança no processo e aos operadores, minimização da geração de resíduos e efluentes a tratar.

Os processos de desengraxe e decapagem, como já comentado, são os convencionais. A Tabela 5 comprova esta informação. Processos de limpeza de alta *performance*, como os que utilizam gelo seco e ultrassom, não foram identificados nas empresas, tampouco nas empresas que necessitam de alta qualidade no processo, como foi o caso das empresas D e L. Em caso de dificuldades de substituição, de acordo com as Melhores Técnicas Disponíveis, é recomendada a implantação de medidas preventivas como enclausuramento do processo visando à proteção ambiental e dos trabalhadores. Estes cuidados não foram identificados nas empresas L e D, que usam processos de desengraxe com solventes.

O prolongamento de uso e a manutenção da qualidade das soluções de processo restringem-se à filtragem das mesmas nas empresas A, F e L. As empresas D e M usam tecnologias mais eficientes e avançadas, como troca iônica e eletrodiálise.

Com relação às medidas de proteção às emissões atmosféricas, conforme o Quadro 17, a implantação de exaustores e lavadores de gases contempla 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 para alguns banhos de desengraxa, de decapagem e alguns banhos de recobrimento, como os de cromo.

Neste caso, de acordo com as BAT, caso não seja possível a substituição do processo ou a eliminação das substâncias perigosas, como dito anteriormente, 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, comparando a questão da legislação européia, é que esta 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 acontecendo com relação a nossa legislação. Por este motivo, ao longo do trabalho, afirmou-se e reforça-se, nesta análise comparativa, que o uso de exaustores e lavadores de gases pelas empresas pesquisadas não assegura a proteção ambiental necessária tanto para o ambiente de trabalho quanto para o meio ambiente em geral.

É importante ressaltar que, ao apresentar as 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 para as empresas. As BATs indicam a melhor forma disponível, atualmente, para realizar a atividade galvânica, dentro dos princípios básicos da prevenção, dos limites de emissão e da promoção da redução de emissões e de impactos.

O Quadro 18 completa a visão das questões-chave para o setor de tratamento de superfície, comparando as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) e as

medidas implantadas nas empresas pesquisadas, no que se refere à redução da geração tanto dos efluentes líquidos quanto dos resíduos em geral.

Quadro 18 – Situação das Empresas com Relação às Medidas Direcionadas à Geração de Resíduos – BAT .

<b>Medidas Direcionadas à Geração de Resíduos – BAT</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Finalidade</b>	<b>Medidas</b>	<b>Estágio Atual</b>
<b>Tratamento de efluentes líquidos</b>	Redução da geração e dos consequentes impactos dos resíduos e efluentes gerados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar o uso de água nos processos;</li> <li>• Eliminar ou minimizar o uso e as perdas de matérias-primas;               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ fechamento de ciclos de processo substituição tecnologias</li> <li>○ controle de substâncias perigosas.</li> </ul> </li> <li>• Identificar, separar e tratar correntes que para a ETE, principalmente com:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ cromatos (Cr VI)</li> <li>○ cianeto</li> <li>○ nitrito</li> <li>○ óleos e graxas</li> <li>○ agentes complexantes</li> </ul> </li> <li>• Considerar a capacidade da ETE e balancear as correntes de efluentes;</li> <li>• Precipitar os íons metálicos, a fim de atender os valores legais de lançamento;</li> <li>• Ajustar o pH e flocular o efluente depois da precipitação dos metais;</li> <li>• Remover sólidos por sedimentação ou filtração;</li> <li>• Monitorar o processo e o descarte dos efluentes;</li> <li>• Os padrões de emissão podem ser alcançados com as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT);</li> <li>• Diluição de efluentes não é BAT.</li> </ul>	<p><b>Empresa D e M</b> – conforme</p> <p><b>Empresas A e F e L</b> – não conforme</p>
<b>Resíduos</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar técnicas para controle de uso e perdas de matérias-primas e água do processo;</li> <li>• 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,;</li> <li>• Definir padrões de referência para medir a eficiência do processo.</li> </ul>	<p><b>Empresas D e M</b> –conforme</p> <p><b>Empresa A e F e L</b> – não conforme</p>

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, uso de tecnologias que possibilitam recuperação, reuso e reciclagem de produtos químicos e resíduos.

As empresas D e M aproximam-se da situação ideal, considerando o conjunto de medidas apresentados no Quadro 18. Porém, as empresas A, F e L apresentaram problemas com relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos, lodo galvânico e aos efluentes líquidos, conforme apresentado na Tabela 5. A referida tabela mostrou valores bastante elevados tanto de efluentes líquidos a serem tratados na ETE quanto de lodo galvânico a ser disposto, demonstrando o distanciamento das medidas adotadas nas empresas em comparação com as Melhores Técnicas Disponíveis.

Observou-se ainda que a preocupação da maioria das empresas com relação aos resíduos concentra-se na reciclagem externa, na coleta seletiva, na recuperação de borras de tinta, na recuperação de galhos plásticos da injetora, na serragem (Tabela 5). De acordo com as Diretrizes, a reciclagem externa e interna precisam ser integradas. Segundo os princípios das Melhores Técnicas, BAT, as ações de reciclagem a serem implantadas devem promover a economia, a otimização do uso de matérias-primas, um menor volume de efluentes e de resíduos a tratar e a dispor, principalmente os industriais perigosos, cujos riscos e custos ambientais são maiores. Assim, como mostrado no Quadro 18, as empresas A, F e L encontram-se mais distantes do que preconiza as BATs, em relação às medidas direcionadas à redução da geração de resíduos e efluentes líquidos.

A comparação feita permite afirmar que as empresas pesquisadas, conforme também apresentado ao longo do trabalho, estão bastante próximas das melhores tecnologias no que se refere aos processos galvânicos, especialmente quanto às substâncias perigosas prioritárias, tanto as consideradas pela comunidade europeia quanto pela norte-americana. 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.

A adoção de medidas isoladas resolve problemas pontuais, pois planejamento de ações ambientais e gestão considera a integração dos diferentes aspectos relacionado à *performance* de processo, produtos e serviços, além da proteção do meio ambiente, conforme preconiza os princípios das Diretrizes

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

Os resultados mostraram também que as empresas têm conhecimento sobre tecnologias e medidas que reduzem o alto impacto do processo galvânico, tanto em termos ambientais quanto operacionais. Porém, os resultados reafirmaram que as empresas não estão mais próximas das Melhores Técnicas Disponíveis porque as medidas implantadas são de caráter pontual e não integradas a um sistema de gestão ambiental.

A falta de conscientização e de recursos financeiros são os principais fatores limitantes para a implantação de estratégias ambientais, assim como a legislação ambiental se constitui como um dos principais fatores motivadores para a implantação de sistema de gestão, aspecto que é analisado na seção subsequente. Por este motivo, pode afirmar que as empresas não possuem um melhor desempenho ambiental, ou não estão mais bem posicionadas, comparativamente às Melhores Técnicas Disponíveis (BAT), por falta de convicções internas e não por desconhecimento ou desinformação.

#### **4.3.3 A Legislação Ambiental e a Implantação de Sistema de Gestão Ambiental**

O conjunto de medidas de gestão ambiental implantado nas empresas pesquisadas demonstrou ter sido determinado pelas crescentes exigências da legislação e da fiscalização, e também pela necessidade de redução de custos de tratamento e de disposição final. Os resultados demonstraram que, à medida que o controle da atividade de alto impacto ambiental torna-se mais eficiente, no caso particular, a atividade galvânica, as empresas aumentam a percepção sobre a importância da implantação de medidas de gestão ambiental.

Com estas considerações, buscou-se demonstrar a inter-relação existente entre a introdução de uma visão preventiva no sistema de gestão das empresas, em resposta a uma legislação ambiental pró-ativa e a uma fiscalização mais eficiente. Verificou-se que a legislação ambiental, além de ser um instrumento de controle, quando construída à luz da sustentabilidade, induz as empresas a implantarem sistemas de gestão mais completos, ou seja, baseados na prevenção. Os altos custos dos sistemas de tratamento e de disposição dos resíduos, em decorrência de

uma maior fiscalização, levam as empresas a uma mudança de comportamento, ou seja, a abandonarem, gradativamente, uma conduta essencialmente reativa e a adotarem uma conduta mais pró-ativa. A Figura 10 representa essa inter-relação, a qual convencionou-se denominar Espiral da Melhoria Contínua da Atividade Galvânica.



Figura 10 – Espiral da Melhoria Contínua da Atividade Galvânica

A espiral demonstra que o controle da atividade galvânica é determinado pela legislação ambiental, levando, assim, à implantação de medidas para reduzir o impacto ambiental causado pelo processo. A implantação destes sistemas de proteção eleva os custos ambientais. Juntamente a esta questão, a crescente fiscalização e exigência da legislação determinam que estes sistemas necessitam ser substituídos e/ou modernizados para assegurar uma maior eficiência no tratamento e no cumprimento dos padrões de lançamento. Este contexto leva as empresas a implantarem medidas para a redução de resíduos e de prevenção da poluição, a partir da estruturação de um sistema de gestão ambiental.

As estratégias para redução de consumo de água, recuperação de metais, substituição de banhos de recobrimento, redução e/ou eliminação substâncias tóxicas, como cromo e cianeto, identificadas nas empresas pesquisadas foram determinadas por este contexto. Ressalta-se que a melhoria do desempenho

ambiental é determinada por uma legislação pró-ativa, estimulando, desta forma a modernização de processos e o desenvolvimento de novas estratégias.

Os ganhos econômicos e ambientais com a implantação de medidas de redução se constituem nos principais fatores motivadores para a adoção de estratégias de prevenção e para a implantação de um sistema de gestão. Estão também relacionados a uma maior segurança no cumprimento da legislação, redução de custos de tratamento e disposição de resíduos, melhoria da qualidade de produtos e serviços, redução de consumo de insumos e matérias-primas.

A identificação destas vantagens contribui para a substituição da postura reativa por uma visão preventiva, cujas medidas implantadas se constituem em proteção ambiental em virtude da redução dos riscos do processo. Este contexto determina um ambiente de criatividade na empresa com desenvolvimento de novas práticas que resultam em melhoria da competitividade, aumento da produtividade e de inovação.

Observa-se uma tendência internacional, em relação a uma legislação pró-ativa, estimulando as empresas para a substituição e/ou eliminação de substâncias perigosas, como o cromo, cádmio e chumbo, reduzindo, assim, a geração de efluentes líquidos, emissões gasosas e resíduos sólidos tóxicos. Essa mesma legislação também tem buscado estimular a adoção de estratégias de reciclagem, recuperação e reuso no sentido de racionalizar o consumo de recursos naturais não-renováveis, como os metais, e, ainda, a água e fontes de energia.

As Diretrizes do IPPC (Comissão Européia de Controle Integrado e Prevenção da Poluição) demonstram esta tendência, incentivando a implantação de medidas pró-ativas e apresentando alternativas para a melhoria do desempenho ambiental do setor de Tratamento de Superfície. As Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) possibilitam equilibrar o desenvolvimento da atividade produtiva e o alto impacto ambiental, dentro de uma visão de sustentabilidade e ecoeficiência. Processos que eliminam o cianeto, o EDTA, o cromo hexavalente e o cádmio constituem como alternativas BAT para reduzir os impactos da atividade galvânica. Recentemente foi publicada pela Comunidade Européia uma legislação específica visando a redução de Cr VI e outros metais pesados em equipamentos eletroeletrônicos (EC, 2003a).

Outros conselhos internacionais, centros e instituições como, por exemplo, *Institute Germany Cleaner*, CNTL (Centro de Tecnologias Limpas), NCDENR (*North*

*Carolina Department of Environment and Natural Recourse*), TURI (*Toxics Use Reduction Institute* no Estado de Massachusetts, EUA) têm contribuído para a construção de normativas e diretrizes para diferentes segmentos industriais. Da mesma forma que as BAT, estas diretrizes têm como objetivo oferecer subsídio técnico e estimular a busca de novas alternativas que causem menor impacto ambiental e que gerem menores quantidades de resíduos industriais perigosos.

A introdução de princípios preventivos induzido por uma legislação pró-ativa associada à uma fiscalização mais eficiente determina a melhoria contínua do sistema de gestão implantado e o desempenho das empresas, revertendo-se, assim, em medidas de proteção ambiental (Figura 10). A introdução da variável ambiental às estratégias de negócios proporciona o equilíbrio entre a atividade produtiva e a proteção ambiental, ou seja, o alcance da melhoria contínua, em particular da atividade galvânica.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações finais, de acordo com os métodos e técnicas utilizadas para a pesquisa. A partir dos resultados obtidos e discussões realizadas, foi possível atingir os objetivos estabelecidos. Concluindo o capítulo, apresentam-se os fatores limitantes da pesquisa e as sugestões para novos estudos.

### 5.1 Conclusões

- A percepção das empresas sobre os riscos da atividade galvânica relaciona-se mais fortemente com as questões econômicas e legais, do que com as questões ambientais.
- A maioria das empresas possui uma visão incompleta dos impactos ambientais da atividade galvânica, ocasionando, assim dificuldades no planejamento de intervenções no processo e na implantação de medidas ambientais, pois interfere na escolha dos indicadores de desempenho ambiental usados para tal.
- As mudanças e as substituições de processos ou produtos por outros menos impactantes ao meio ambiente ocorrem muito mais pelas contingências externas do que pela conscientização ambiental das próprias empresas.
- A elevação dos custos devido à implantação de tratamentos mais eficientes e o risco de infringir a legislação se constituem em “motivações” para as empresas implantarem sistemas de gestão ambiental. Esta “motivação” pode transformar-se em conscientização, no momento em que as empresas contabilizam os ganhos financeiros advindos da adoção de medidas ambientais.
- O estudo de caso permitiu identificar que as empresas alternam uma postura reativa e pró-ativa, demonstrando que esta mudança de visão está relacionada como o aumento da percepção ambiental a respeito dos riscos e de oportunidades com a implantação de medidas ambientais.

- À medida que o controle da atividade se torna mais eficiente, as empresas passam a considerar mais importante a implantação de medidas pró-ativas, através de um sistema de gestão ambiental que, dentre outras vantagens, proporciona segurança ao cumprimento das regulamentações legais, redução de custos e melhoria da qualidade de produtos e serviços. A partir deste momento, estratégias preventivas passam a ser implantadas.
- Tanto as ameaças quanto as oportunidades representam fatores que induzem a gestão nas empresas e ambas à adoção de sistemas de gestão ambiental, mais completos e mais bem estruturados. Assim, independentemente do porte das empresas pesquisadas, do número de funcionários ou do tamanho da galvânica, a gestão é induzida pela legislação ambiental para atividades industriais de alto impacto.
- A legislação ambiental se constitui em um instrumento que induz as empresas a implantarem estratégias de gestão, demonstrando que as exigências podem levar a uma postura pró-ativa, portanto a construção das regulamentações deve ser feita à luz da pró-atividade, no sentido de estimular a mudança de conduta com relação às questões ambientais. A busca de soluções para os problemas ambientais, dentro de princípios de prevenção, aumenta a produtividade, melhora a competitividade e estimula a inovação.
- As empresas pesquisadas são de grande porte e, mesmo assim, enfrentam diversos problemas para estruturação do sistema de gestão que possibilite o controle do alto impacto ambiental do processo galvânico, como financeiros, tecnológicos e de conscientização. Diante disto, conclui-se que as dificuldades enfrentadas por empresas de menor porte poderão ser ainda maiores, o que agrava a questão ambiental com relação à atividade galvânica e seus impactos no Estado do Rio Grande do Sul.
- A maioria das empresas pesquisadas, de acordo com os resultados da pesquisa e considerando a Espiral da Melhoria Contínua, encontram-se no estágio de estruturação do sistema de gestão, com evidências de crescimento gradual no que se refere à implantação de medidas de prevenção. A empresa M foi a única

que apresentou o nível mais alto, considerando, por exemplo, a Espiral (Figura 10, p127).

- A busca de soluções ambientais é mais fortemente direcionada para as tecnologias do que às técnicas considerando as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT) (IPPC, 2004).
- As empresas não estão tão próximas das Melhores Técnicas Disponíveis porque a implantação das medidas ambientais é fortemente induzida pela legislação e pelos custos financeiros, mais do que pelas convicções internas, ou seja, pela internalização da questão ambiental.
- As empresas com atividade galvânica, no Rio Grande do Sul, concentram-se na busca de alternativas tecnológicas que resultam em maior economia financeira e segurança no cumprimento da legislação.
- A gestão ambiental nas grandes empresas com atividade galvânica no Rio Grande do Sul, se dará com a introdução de princípios e de uma visão focada na prevenção, tanto em termos de legislação quanto nos estudos e pesquisas direcionadas ao setor, pois têm um papel fundamental na influência de mudança da postura ainda reativa do setor.

## **5.2 Limitações da Pesquisa**

- A confiabilidade do resultado da análise de conteúdo das entrevistas é limitada, uma vez que não houve a realização de testes e retestes para garanti-la. Krippendorff (1980) cita o teste e reteste como uma técnica válida para se aumentar a estabilidade de uma análise, mas destaca também que, para se ter uma mais forte confiabilidade, deve-se fazer a avaliação da reprodutibilidade (comparação entre pesquisadores) e da acuracidade (comparação com um padrão).
- A maior parte das análises dos resultados foi realizada com base na percepção de outras pessoas. Inclusive no estudo de caso, pois muitos depoimentos foram baseados nas pessoas envolvidas no processo de implantação do sistema de

gestão. Deve-se, portanto, considerar que a percepção de uma pessoa a respeito de um determinado fenômeno está sujeita a influências que são difíceis de serem controladas em uma pesquisa.

### **5.3 Sugestões para Pesquisas Futuras**

- Aplicar a pesquisa em pequenas empresas com atividade galvânica, a fim de identificar a introdução da questão ambiental neste grupo, considerando-se que, no Rio Grande do Sul, o maior número de galvânicas é de pequeno porte.
- Avaliar os custos ambientais atrelados à implantação de um sistema de gestão ambiental, a fim de identificar limitações e estipular indicadores econômicos e ambientais.
- Desenvolver um balanço ambiental, derivado da quantificação dos custos ambientais atrelado ao balanço contábil, demonstrando os ganhos financeiros e ambientais com a implantação da gestão ambiental.
- Avaliar a melhoria da qualidade ambiental, no Estado do Rio Grande do Sul, considerando um conjunto de indicadores ambientais que possibilite analisar a influência e as limitações da legislação ambiental, como um instrumento de indução à gestão ambiental nas empresas.
- Avaliar se o desenvolvimento de atividade de alto impacto ambiental se constitui em uma barreira para a decisão de buscar a certificação ambiental pelas normas ISO 14001.
- Verificar a influência da legislação em outros setores produtivos, na implantação de um sistema de gestão ambiental.
- Desenvolver um banco de dados com as melhores técnicas ambientais com o objetivo de subsidiar as empresas na busca de caminhos e alternativas para equilibrar a atividade produtiva e o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (1987). **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Resíduos Sólidos – Classificação: NBR 10004. São Paulo, 1987.

ABRACO (2003). Disponível em: <http://www.abraco.org.br/corros20.htm>. Acesso em: 04/12/2003.

ABREU, M. C.S. *et al* (2002). Modelo de avaliação da estratégia ambiental: os perfis de conduta estratégica. **REAd - Revista Eletrônica de Administração**. Porto Alegre: edição especial 30, v.8, n.6, p 139-163, dez 2002.

ADEDE Y CASTRO, J. M. (2001) **Resíduos Perigosos no Direito Internacional e sua Internalização nos Países do Mercosul**, 2001. 185p. (Mestrado em Integração Latino-Americana) – Mestrado em Integração Latino-Americana, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ALMEIDA E. *et al* (1998). **Oxidising alternatives species to chromium VI in zinc galvanised steel surface treatment. Part 1- A morphological and chemical study**. Surface and Coatings Technology 106 (1998) 8-17.

ARSAND, D. R (2001). **Recuperação de Águas de Lavagem do Processo de Fosfatização por eletrodialise**, 2001. 143 p. (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BAPTISTA, J. M. *et al* (2001). **Programa Nacional para o uso eficiente da água** (versão Preliminar). Laboratório Nacional de Engenharia: Lisboa, 2001.

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.

BRASIL (1981). Lei no 69383 de 2 de setembro de 1998. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: 1981.

\_\_\_\_\_. (1990). Decreto Federal Nº 99.274, De 6 de junho de 1990 . Regulamentação da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: 1990.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (1997). Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: 1993.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (1998). Lei Nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Lei dos Crimes Ambientais. Brasília: 1998.

BROCKHOFF, K. & CHAKRABARTI, A. K. (1999). Corporate strategies in environmental management. In **Research Technology Management**. Washington, v.42, pp.26-30, Jul./Aug. 1999.

BSTSA (2004) British Surface Treatment Suppliers Association. Disponível: <http://www.bstsa.org.uk/> Acesso: 10/02/04.

CAPONERO, J.; TENÓRIO, J. A. S. (2000). **Laboratory testing of the use of phosphate-coating sludge in cement clinquer**. Resources, Conservation and Recycling 29 (2000) 169-179.

CARLOS, M. G. O. *et al* (2003). Gestão Ambiental, Estratégia e Desempenho: o Caso da Indústria Têxtil. In: VII ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 7, 2003, São Paulo. Anais: **VII ENGEMA**, p. 41, São Paulo, 2003. 1 CD-ROM.

CENTI, G.; PERATHONER, S. (1999) **Recycle rinse water: problems and opportunities**. *Catalysis Today*, v.53, p.11-21, 1999.

CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MAS LIMPIA (1997). **Guías de Produccion Mas Limpia: Produccion Mas Limpia en el sector de galvanoplastia**. México: 1997.

CEPIS/OPS (2002). **La Minimización de resíduos 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 (1998). **Manuais Ambientais: Projeto piloto de prevenção à poluição em indústrias de bijuterias no município de Limeira**. São Paulo: 1998.

\_\_\_\_ (2002). Manuais Ambientais: **Compilação de técnica de prevenção à poluição para a indústria de galvanoplastia**. São Paulo: 2002.

CHAGAS, R. (2003). **Entrevista concedida pelo Diretor da Divisão de Controle da Poluição Industrial da FEPAM**, Porto Alegre. Porto Alegre, 09 mai, 2003.

\_\_\_\_. (2004). **Entrevista concedida pelo Diretor da Divisão de Controle da Poluição Industrial da FEPAM**, Porto Alegre. Porto Alegre, 29 mar, 2004.

CLEANER GERMANY (2004). **Industries: Metals**. Disponível em [www.cleaner-production.de](http://www.cleaner-production.de). Acesso em: 10/06/2004.

COLOMBO C. (2002) **Produção Limpa na galvanoplastia**. Disponível em: <http://www.mty.itesm.mx/decic/centros/innova/climgateway/climateportugues/ari.htm> Acesso em: 04/12/2002.

CONAMA (1999). Resolução Nº 264 de 26 de Agosto de 1999. Licenciamento Ambiental para o Co-processamento de Resíduos em Fornos Rotativos de Clínquer, para a fabricação de Cimento. Brasília: 1999.

COSTA C. *et al* (2003a). **Plantas secas: uma alternativa moderna para remoção de metais pesados em efluentes industriais.** Disponível: [www.lapes.ufrgs.br/laboratorios/ltn.pdf./Plantas-ABES.pdf](http://www.lapes.ufrgs.br/laboratorios/ltn.pdf./Plantas-ABES.pdf). Acesso em: 13/01/2003.

\_\_\_\_\_. (2003b). **Remoção de metais pesados por sorção em subproduto do beneficiamento do carvão.** Disponível: [www.lapes.ufrgs.br/laboratorios/ltn.pdf](http://www.lapes.ufrgs.br/laboratorios/ltn.pdf). Acesso 24/08/2003.

COSTANZI, R. C.; DANIEL L. (2002). Metodologia para implantação de programas de fechamento de circuito de água no processo industrial. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 3, 2002, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre, 2002. 1 CD-ROM.

CORBETT, C.J.; PAN, J. N. (2002). **Evaluating environmental performance using statistical process control techniques.** European Journal of Operational Research, 139, p. 68-83, 2002.

CRANE, A. (2000). Corporate greening as amoralization. In **Organizational Studies**, Jul. 2000.

CTA- Ultrassom (2003). **A Empresa** .Disponível: <http://www.cta-ultrassom.com.br/faq.htm#1>, **FAQ**. Acesso em: 26/02/2003.

DAROIT, D. (2001). **Melhores práticas ambientais em empresas do Rio Grande do Sul**, 2001. 136 p. (Mestrado em Administração) - Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

d'ORNELLAS M. C. G. da S.(1997). **Integração e Meio Ambiente: Os Desafios do Mercosul**, 1997, 168p. (Mestrado em Integração Latino-Americana) – Mestrado em Integração Latino-Americana, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

DEMAJOROVIC, J.; SANCHES, C.S. Educação e indicadores ambientais: perspectivas para as organizações. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 5, 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1999, p. 99-113.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa**. São Paulo: Atlas, 1995. 134 p.

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.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2003c). The European Parliament and of the Council of The European Union. Directive 2003/11/EC of 06 February 2003 amending for the 24<sup>th</sup> time Council Directive 76/769/EEC relating to restrictions on the marketing and use

of certain dangerous substances and preparations (pentabromodiphenyl ether, octabromo-diphenyl ether), **Official Journal of the European Union (OJ)**, L37/28.

EGGA (2003). **European General Galvanizers Association**. Disponível em: <http://www.egga.com/>. Acesso em: 21/03/2003.

EL-FADEL, M. *et al.* (2001) **Industrial-waste management in developing countries: The case of Lebanon**. Journal of Environmental Management (2001) 61, 281-300.

ENVIRONMENTAL INDICATORS. (2003) Disponível em: <http://www.gmied.org/indhome.html>. Acesso em: 28/06/2003.

EPA, (1994). **Guide to cleaner technologies, alternative metal finishes**. United States Environmental Protection Agency, USA.

\_\_\_\_\_. (2001). Joint comments of the National Association of metal finisher, American Electroplater and surface finishers society, Inc., The Metal Finishing Suppliers' Association. Disponível em: <http://www.aesf.org/gov.rel/mpm.com6-30.pdf> - Acesso em: 02/05/2002.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (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.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2003). **Enviro\$ense. Common Sense Solution To Environmental Problems**. Disponível em <http://es.epa.gov/new/funding/serdp/p2prj006.html>. Acesso em 25/01/2003.

FALLAVENA, V. L. V. (1999). **Estudo do Tratamento de Soluções Ácidas de Cobre através da eletrodialise**, 1999. 124 p. (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FEPAM (2002). Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br>. Acesso em 23/12/2002.

FINK, A. (1995). **The survey handbook**. Thousand Oaks: Sage, 1995. (The Survey Kit).

FOLDES, A. (1995). **Apostila do Curso de Galvanoplastia** (ABTS – Associação Brasileira de Tratamento de Superfície). Ed. 9ª Cap 6, 1995.

FRANKENBERG C. L. C. *et al* (2003). **Gestão Ambiental Urbana e Industrial**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003, 418 p., 1ª ed.

FREITAS, H. M. R. e MOSCAROLA, J. (2000). **Análise de dados quantitativos e qualitativos: casos aplicados**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2000.

\_\_\_\_\_. H., CUNHA Jr., M., e MOSCAROLA, J. (1997) **Aplicação de sistema de software para auxílio na análise de conteúdo**. Revista de Administração da USP, São Paulo, v.32, n.3, p.97-109, jul. 1997.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. H., *et al* (1997). **O Método de Pesquisa Survey**. GECID/PPGA/UFRGS, Porto Alegre, 1997.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. H. e JANISSEK, R. (2000). **Análise Léxica e Análise de Conteúdo: técnicas complementares, seqüências e recorrentes para exploração de dados qualitativos**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2000.

FREEMAN, M. H.; HARRIS, E. F. (1998). **Hazardous Waste Remediation, Innovative Treatment Technologies**. Pennsylvania, Technomic Publish Company, Inc. 1998, 342 p.

FURTADO J. *et al* (1998). **Manual de Prevenção de Resíduos na Fonte & Economia de água e Energia**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 1998.

GENTIL, V. (1996). **Corrosão**. São Paulo: LTC editora, 1996, 240 p. 3ª ed.

GLAYMAN, J.; FARKAS, G. (1980). **Galvanotecnica: Técnica y Procedimientos**. Euroles, Editeur, Paris. 2ª edição, 1980.

GODOY, A. S. (1995). Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. In **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, v.35, n.2 mar./abr. 1995, p.57-63.

HARTINGER, L. (1994). **Handbook of effluent treatment and recycling for the metal finishing industry**. Finishing Publications LTD, 2a ed., São Paulo, 790p., 1994.

HAYES. W.D. *et al* (2003). Esq. & colleagues. **Environmental Regulatory Update**. Regulatory Requeriments EPA (2003) 12-16.

HAWNEN, P. *et al* (1998). **Capitalismo Natural- Criando a Próxima Revolução Industrial**. São Paulo: Editora Cultrix, 1999. 358 p.

HECK, M. (2003). O Princípio da Precaução em Direito Internacional do Meio Ambiente. In: VII ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 7, 2003, São Paulo. Anais: **VII ENGEMA**, p. 19, São Paulo, 2003. 1 CD-ROM.

HIBBITT, C.; KAMP-ROELANDS N. (2002). **Europe's (Mild) Greening of Corporate Environmental Management**. Corporate Environmental Strategy v.9, n.2, p. 172-182, 2002.

HILSON, G.; NAYEE, V. (2002). **Environmental management system implementation in the mining industry: a key to achieving cleaner production**. International Journal of Mineral Processing, 64, p.19-41, 2002.

HJERESSEN D. L. *et al* (2002). **Green Chemistry: Environment, Economics, and Competitiveness**. Corporate Environmental Strategy, v.9, n.3, p. 259-266, 2002.

HSE (2004). Health & Safety Executive. Disponível: <http://www.hse.gov.uk>. Acesso:

29/01/04.

INTEC (2001). Opciones de Gestión Ambiental: sector galvanoplastia. Disponível em <http://www.intec.cl>. Acesso em 15/10/2001.

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.

ISAAC, P. (1971). **Handbook in research and evaluation**. San Diego: Edits, [1971?], 136 p.

JANSSEN, L.J.J.; KOENE, L. (2002) **The role of electrochemistry and electrochemical technology in environmental protection**. Chemical Engineering Journal, 85, p. 137-146, 2002.

JÜTTNER K. *et al* (2000). **Eletrochemical approaches to environmental problems in the process industry**. Electrochimica Acta, 45, p. 2575-2594, 2000.

KINDSCHY, J.; RINGWALD, D. (1991). **Los Procedimientos de Evaluacion de La Minimizacion de Desperdicios – tercer modulo**. California: Shelley Hall, Publications Departament, 1991.

KHANNA, M.; ANTON, W. R. Q. (2002) **What is Driving Corporate Environmentalism: Opportunity or Threat?** Corporate Environmental Strategy. v.9, n. 4, p. 409-417, 2002.

KRIPPENDORFF, K. **Content Analisis. An Introduction to Its Methodology**. Londres: Sage Publications, 1980.

LAU, R. S. M. & RAGOTHAMAN, S. (1997). Strategic issues of environmental management. In **South Dakota Business Review**. Vermillion, v.56, dec. 1997.

LEMOES, A. D.; NASCIMENTO, L. F. (2002). A Produção Limpa como geradora de Inovação e Competitividade. **Gestão Ambiental e Competitividade**. Disponível em: <http://www.portalga.ea.ufrgs.br/Arquivo.asp#gestamb>. Acesso em: 17/05/2002.

LEHNI, M. **WBCSD project on eco-efficiency metrics & report: state-of-play report**. WBCSD, 1998. 21p.

LUFT, L. (2001). **Histórias do tempo**. São Paulo: Editora Mandarim, 2001. 171p., 3 ed.

MACEDO, A. B. *et al*. (2003). **Environmental management in the Brazilian non-metallic small-scale mining sector**. Journal of Cleaner Production, 11, p. 197-206, 2003.

MACINTYRE, A. J. (1998). **Ventilação industrial e controle da poluição**. Rio de Janeiro: Guanabara , 1988. 403 p.

MARQUES, J. F. *et al.* (2003). **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas** Jaguariúna, SP: EMBRAPA-CNPMA, 2003. 281p.

MAURIN, A. J. (1996). **Manual de Anticorrosion**. Buenos Aires: Editora Bilhão, 1966. 251p.

METCALF e EDDY (1991) **Wastewater Engineering**. New York: Ed. McGraw Hill, 1991, 1334p., 3 ed.

MEYER, E. (1997). **Chemistry of Hazardous Materials**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1997.

MAXWELL, D.; van der VORST, R. (2003). **Developing sustainable products and services**. Journal of Cleaner Production 11 (2003) 435-442.

MOREIRA, M. S. (2001). O desafio da gestão ambiental. **Revista Banas Ambiental**. São Paulo: Ed. Epse, p. 22-25, fev. 2001.

MOREIRA, P. R. A. *et al.* (2003). A Mensuração do Desempenho Ambiental no *Balanced Scorecard* e o Caso da Schell Brasil. In: VII ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 7, 2003, São Paulo. Anais: **VII ENGEMA**, p. 53, São Paulo, 2003. 1 CD-ROM.

MOSCAROLA, J. (1990). **Enquêtes et analyse de données**. Paris: Vuibert, 1990. 307p.

NAGEL, M.H. (2002). **Managing the environmental performance of production facilities in the electronics industry: more than application of the concept of cleaner production**. Journal of Cleaner Production 10(2002) 541-552.

NEDER, R. T. (1992). Há política ambiental para a indústria brasileira? In **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, FGV. 32(2): 6-13, Abr./Jun. 1992

NCDENR (2004) North Carolina Department of Environment and Natural Recourse. Disponível: <http://www.enr.state.nc.us/>. Acesso: 01/02/04

NUNES, J. E. C. (2000). **Instrumentos de Tutela Ambiental na União Européia e no Mercosul: Um Estudo sobre Tributos e o Meio Ambiente**, 2000, 241p. (Mestrado em Integração Latino-Americana) – Mestrado em Integração Latino-Americana, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ORECCHINI, F. (2000). **The ISO 14001 certification of a machine-process**. Journal of Cleaner Production, 8, p. 61-68, 2000.

PACHECO, E. D. (2001). **Reuso e redução do consumo de água na indústria - estudo de caso da Kodak do Brasil**, 2001. 93 p. (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, São Paulo.

PANOSSIAN, Z. (1993) **Manual de Corrosão e Proteção Contra a Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas**, 1993. São Paulo: IPT, 185 p.

PASSOS, L. A. N.; CAMARA M. R. G. (2003). O Desempenho Ambiental das Empresas do Setor Químico Londrinense. In: VII ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 7, 2003, São Paulo. Anais: **VII ENGEMA**, p. 52, São Paulo, 2003. 1 CD-ROM.

PAZ, V. P. da S. *et al* (2004). **Água – um recurso limitado**. Disponível em: [http://www.pivotvalley.com.br/valley/mestre/AGUA-UM\\_RECORSO\\_LIMITADO-vpspaz.php](http://www.pivotvalley.com.br/valley/mestre/AGUA-UM_RECORSO_LIMITADO-vpspaz.php). Acesso em: 12/06/2004.

PINSONNEAULT, A. e KRAEMER, K. L. (1993). **Survey research in management information systems: an assesment**. Journal of Management Information System, 1993.

PORTER, M.; LINDE, C. (1995). Green and competitive: ending the stalemate. In **Harvard Business Review**, Sep./Oct. 1995.

RATHI, A.K.A. (2003). **Promotion of cleaner production for industrial pollution abatment in Gujarat (India)**. Journal of Cleaner Production, 11, p. 583-590, 2003.

REMCO ENGINEERING (2002). **Water recycling cost**. Disponível em: <http://www.remco.com/cost-cmp.htm>. Acesso em: 21/05/2002.

RIO GRANDE DO SUL (1989). Norma Técnica 01/89 - DMA; Portaria 05/89 - SSMA PADRÕES DE EMISSÃO. RS (1989).

\_\_\_\_\_. (1993). Lei 9.921, de 27 de Julho de 1993, aprovada pelo Decreto nº 38.356, de 01 de abril de 1998. GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E INDUSTRIAIS NO ESTADO. RS (1993).

RODRIGUES, G. S. (1998) **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico agropecuário**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA-CNPMA, 1998.

ROPKE, I. (2001). **New technology in everyday life – social processes and environmental impact**. Ecological Economics, 38, p. 403-422, 2001.

SCHLESINGER, M.; PAUNOVIC M. (2000). **Modern Eletroplating**. New York: Wiley Interscience, 2000. 866p.

SHARMA, S., PABLO, A. L., & VREDENBURG, H. (1999). Corporate environmental responsiveness strategies: the importance of issue interpretation and organizational context. In **The Journal of Applied Behavioral Science**. V.35, pp.87-108, Mar. 1999.

SHOGREN, E. (2003). New US rules allow industry greater influence. **Los Angeles Times**, Los Angeles 03 abril 2003. p.3.

SOARES, M. R. K. (2002). maiores galvânicas porte- CRITÉRIOS [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por dcont@fepam.rs.gov.br em 23/10/2002.

\_\_\_\_ (2003a). **Minuta de Norma Técnica CONSEMA Nº xx/2003**. Porto Alegre: Câmara Técnica de Controle e Qualidade Ambiental, 2003. 11 p. Edição fac-similar.

\_\_\_\_ . \_\_\_\_ . (2004). **Entrevista concedida pelo Ex Diretor da Divisão de Controle da Poluição Industrial da FEPAM**, Porto Alegre. Porto Alegre, 10 abr, 2004

SOARES, G. F. S. (2003b) **Direito Internacional do Meio Ambiente: emergência, obrigações e responsabilidades**. São Paulo: Atlas, 2003, 906p, 2 ed.

SOUZA, R. (2002). Evolução e Condicionantes da Gestão Ambiental nas Empresas. **REAd - Revista Eletrônica de Administração**. Porto Alegre: edição especial 30, v.8, n.6, p 85-112, dez 2002.

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,

STANISKIS, J.K.; STASISKIENE Z. (2003). **Promotion of cleaner production investments: international experience**. Journal of Cleaner Production, 11, p. 619-628, 2003.

STUART, R. (2000) **Environmental management systems in the 21st century**. Chemical Health & Safety, p.23-25, nov-dez 2000.

TIMONEY K., LEE P. (2001). **Environmental management in resource-rich Alberta, Canada: first world jurisdiction, third world analogue?** Journal of Environmental Management, 63, p. 387-405, 2001.

TOCCHETTO *et al* (1997). **Tratamento dos resíduos para uma indústria metal-mecânica**, 1997. 212 p. (Monografia). Departamento de Engenharia Química, Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre.

TOMS, S. (2001). Eco-logical. In **Financial Management**. London, Jan. 2001

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

VERSCHOOR, A.; REIJENDERS, L (1999). **The use of life cycle methods by seven major companies**. Journal of Cleaner Production, 7, p. 375-382, 1999.

\_\_\_\_, (2000). **Toxics reduction in ten large companies, why and how**. Journal of Cleaner Production, 8, p. 69-78, 2000.

\_\_\_\_, \_\_\_\_ , (2001). **Toxics reduction in process. Some practical examples**. Journal of Cleaner Production 9(2001) 277-286.

ZOBEL, T.; BURMAN, J. O. (2003). **Factors of importance in identification and assessment of environmental aspects in an EMS context: experience in Swedish organizations.** Journal of Cleaner Production, 11 p. 311-323, 2003.

WBCSD. **Eco-efficiency indicators: a tool for better decision-making.** 1999

WHITE, C. D. *et al* (2003). **Product recovery with some byte: an overview of management challenges and environmental consequences in reverse manufacturing for the computer industry.** Journal of Cleaner Production, 11, p. 445-458, 2003.

WINN, M. (2000). Towards a process model of corporate greening. In **Organizational Studies.** Nov., 2000.

YIN, R.K. (1994). **Case study research: design and methods.** 2. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 1994. 171 p. (Applied social research methods series, v. 5).

## **ANEXOS**

Esta seção apresenta os instrumentos de avaliação utilizados nas diversas fases da pesquisa.

### **Fase I: *Survey***

Anexo A – Caracterização do Setor Galvânico;

### **Fase 2: Estudo de Caso**

Anexo B – Entrevista – Caracterização do Setor Galvânico;

Anexo C – Entrevista – Medidas Ambientais Implantadas na Galvânica ;

Anexo D – Entrevista – Aspectos Ambientais e Atividade Produtiva ;

Anexo E – Entrevista – Gestão Ambiental na Empresa;

Anexo F – Entrevista – FEPAM (Departamento de Controle da Poluição Industrial)

## ANEXO A – Caracterização do Setor Galvânico

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
 PROGRAMA DE PÓS-GRAD. EM ENG. DE MINAS, METALÚRGICA E DE MATERIAIS  
 DOUTORANDA: Marta Regina Lopes Tocchetto  
 ORIENTADORES: Profa. Dra. Andréa de Moura Bernardes e Prof. Dr. Luis Felipe do Nascimento



## ASPECTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE GALVÂNICA

Este questionário tem por objetivo caracterizar as empresas com melhores práticas nas atividades galvânicas e de tratamento de superfície no Estado do RS. Solicito que o questionário seja respondido e devolvido no prazo de 14 dias, para o mail [marta.tocchetto@bol.com.br](mailto:marta.tocchetto@bol.com.br) ou pelo correio: Rua Eng. Rogério Tocchetto 180 Bairro Nossa Senhora de Lurdes 180 – 97060-250 - Santa Maria – RS ou fax: 055 2211740. Desde já agradeço a colaboração.

CLÁUSULA DE SIGILO: Quaisquer publicações, divulgações e resultados serão previamente comunicados à Empresa e não poderão conter dados/informações que possibilitem a identificação da mesma, exceto com sua prévia autorização por escrito.

## QUESTIONÁRIO

## Dados de Identificação

Empresa	
Atividade Principal	
Contato na Empresa	
Função	
Fone/Fax	
E-mail	

PARA A QUESTÕES DE 1 a 6 INDIQUE A AFIRMATIVA QUE CORRESPONDE A SUA EMPRESA

1 Número total de funcionários na Empresa

1.1	Média: 100 – 499	
1.2	Grande: 500 ou mais	

2. Número total de funcionários na galvânica

2.1	apenas 1	
2.2	1- 5	
2.3	5- 10	
2.4	mais de 10	

3. Possui sistema de gestão ambiental

3.1	não	
3.2	sim	
3.3	em implantação	

4 O SGA é certificado pelas normas ISO 14000

4.1	não	
4.2	sim	
4.3	em processo de certificação	

5. Principais impactos ambientais causados pela empresa

5.1	geração de resíduos sólidos	
5.2	consumo de água	
5.3	emissão de gases	

5.4	contaminação do solo	
5.5.	efluentes líquidos	
5.6	consumo de energia	
5.7	consumo de recursos não renováveis	
5.8	Outros (quais?)	

**6. Indicadores usados pela empresa para verificar seu desempenho ambiental**

6.1	produção de resíduos sólidos	
6.2	consumo de energia	
6.3	treinamento ambiental	
6.4	geração de efluentes líquidos	
6.5.	cumprimento da legislação	
6.6	consumo de matérias-primas	
6.7	geração de emissões gasosas	
6.8	reciclagem de resíduos	
6.9	consumo de materiais de embalagem	
6.10	consumo de água	
6.11	Outros (quais?)	

7. Marque as alternativas que complementam a frase de acordo com a realidade de sua empresa. A empresa....

7.1	desenvolve soluções internas para seus problemas ambientais.	
7.2	procura soluções externas para seus problemas ambientais.	
7.3	integra a qualidade ambiental ao sistema de qualidade da empresa.	
7.4	possui um responsável pelas atividades ambientais.	
7.5	recebeu notificação ou multa de órgãos de fiscalização ambiental nos últimos 3 anos.	
7.6	explora ações visando proteção ambiental nas suas campanhas de <i>marketing</i> .	
7.7	compara seu desempenho ambiental com o de outras empresas.	

8. Indique o (s) tipo(s) de processo(s) galvânico(s) aplicado(s) na PRÓPRIA EMPRESA e o(s) TERCEIRIZADO(S):

Banho	Na própria galvânica da Empresa	Em galvânica terceirizada
9.1 níquel eletrolítico		
9.2 níquel watts		
9.3 cromagem		
9.4 zincagem alcalina		
9.5 cobre alcalino		
9.6 cobre ácido		
9.7 fosfatização		
9.8 Outros (quais?)		

**CONCESSÃO DE VISITA**

Pedido com antecedência de \_\_\_\_\_ dias.

Melhor dia da semana: \_\_\_\_\_.

CONTATO NA EMPRESA: \_\_\_\_\_.

Email: \_\_\_\_\_.

Fone: \_\_\_\_\_.

## ANEXO B- ENTREVISTA – CARACTERIZAÇÃO DO SETOR GALVÂNICO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
 PROGRAMAS DE PÓS GRAD. EM ENG. DE MINAS, METALÚRGICA E DE MATERIAIS  
 DOUTORANDA: Marta Regina LopesTocchetto  
 ORIENTADORES: Profa. Dra. Andréa de Moura Bernardes e Prof. Dr. Luis Felipe do Nascimento



## ASPECTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE GALVÂNICA

Este questionário tem por objetivo caracterizar as empresas com melhores práticas nas atividades galvânicas e de tratamento de superfície no Estado do RS. Solicito que o questionário seja respondido e devolvido no prazo de 14 dias , para o mail [marta.tocchetto@bol.com.br](mailto:marta.tocchetto@bol.com.br) ou pelo correio: Rua Eng. Rogério Tocchetto 180 Bairro Nossa Senhora de Lurdes 180 – 97060-250 - Santa Maria – RS ou fax: 055 2211740. Desde já agradeço a colaboração.

CLÁUSULA DE SIGILO: Quaisquer publicações, divulgações e resultados serão previamente comunicados à Empresa e não poderão conter dados/informações que possibilitem a identificação da mesma, exceto com sua prévia autorização por escrito.

## QUESTIONÁRIO FASE 2 - ESTUDO DE CASO

## A. DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Nº do questionário	
Data das informações	
Empresa	
Nome do responsável pelas informações	
Cargo	
e mail	
Telefone de contato	

## B. ATIVIDADE GALVÂNICA E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

1. A atividade principal na empresa é:

1.1	a galvânica	
1.2	possui um setor galvânico	

2. Há quanto tempo a empresa possui atividade galvânica e/ou de tratamento de superfície?

2.1	0 - 1	
2.2	1 - 3	
2.3	3 – 7	
2.4	7 – 10	
2.5	mais de 10 anos	

3. Estimativa de consumo no setor galvânico:

3.1	Consumo de água (m <sup>3</sup> /mês)	
3.2	Energia elétrica (kw/mês).	

4. A empresa possui setores de acabamento de superfície, quais :

4.1	pintura	
4.2	camadas de conversão: fosfatização	
4.3	cromatização	
4.4	anodização	
4.5	eletrodeposição	



11. Utiliza bolas (estireno, polietileno, outras) na minimização de perdas de calor/produtos nos banhos quentes:

11.1	Não	
11.2	Sim	

12. Os tanques possuem isolamento térmico:

12.1	Não	
12.2	Sim	

13. Ocorrência de cianeto na linha de produção:

13.1	Desengraxante	
13.2	Zinco	
13.3	Cobre	
13.4	Latão	
13.5	Níquel Preto	
13.6	Ativação	
13.7	Outros	

14. Técnicas de minimização utilizadas no processo galvânico e no tratamento de efluentes:

	Técnica	Processo galvânico	Tratamento de efluente
14.1	enxágüe em cascata		
14.2	evaporação a vácuo		
14.3	evaporação		
14.4	eletrodialise		
14.5	eletrólise		
14.6	separador de óleo		
14.7	ultra-filtração		
14.8	micro-filtração		
14.9	troca iônica		
14.10	osmose reversa		
14.11	filtração de banhos		
14.12	carvão ativado		
14.13	correção de pH		
14.14	precipitação de contaminantes dos banhos		
14.15	Outros (quais)		

15. Quantidade de lodo gerado e percentual de umidade

		Quantidade (kg/mês)	% umidade
15.1	lodo de fosfatização		
15.2	lodo galvânico		

16. Sistema de redução de umidade do lodo:

16.1	Leitos de secagem	
16.2	Sistema filtro-prensa	
16.3	Outros (quais)	

17. São realizadas análises físico-químicas do lodo gerado?

17.1	Não	
17.2	Sim	

18. Tratamento:

18.1	Não (quantidade)	
18.2	Sim (quais e quantidade)	

## 19. Local de Armazenamento dos lodos:

19.1	Área coberta na própria empresa (quantidade)	
19.2	A céu aberto na própria empresa (quantidade)	
19.3	Área coberta em outro local (quantidade)	
19.4	A céu aberto em outro local (quantidade)	

## 20. Forma de estocagem dos lodos:

20.1	Tambores (quantidade)	
20.2	Sacos (quantidade)	
20.3	Outros (quais e quantidade)	

## 21. Forma de destinação final:

21.1	Aterro próprio licenciado pelo órgão ambiental (quantidade)	
21.2	Aterro próprio não licenciado pelo órgão ambiental (quantidade)	
21.3	Central de resíduos (qual e quantidade)	
21.4	Aterro municipal (quantidade)	
21.5	Outra (qual e quantidade)	

## ANEXO C – ENTREVISTA – MEDIDAS AMBIENTAIS IMPLANTADAS NA GALVÂNICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
 PROGRAMAS DE PÓS GRAD. EM ENG. DE MINAS, METALÚRGICA E DE MATERIAIS  
 DOUTORANDA: Marta Regina LopesTocchetto  
 ORIENTADORES: Profa. Dra. Andréa de Moura Bernardes e Prof. Dr. Luis Felipe do Nascimento



ASPECTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE GALVÂNICA

DEPARTAMENTO DE CONTROLE E QUALIDADE AMBIENTAL  
 QUESTIONÁRIO (FASE 2) – ESTUDO DE CASO

## A. INFORMAÇÕES GERAIS

Nº do questionário:	
Data da informação	
Nome do responsável	
Cargo do responsável	
Razão social	
E mail	
Telefone	
Endereço da empresa	
• Bairro	
• Cidade	
• CEP	
• Fone	
• Fax	
Data de fundação	
Data da 1ª certificação	
Certificações (quais?)	
Certificadora	
Linhas certificadas	

## B. A EMPRESA

## 1. Característica:

1.1	Empresa está organizada de forma centralizada ou descentralizada? Se centralizada onde está localizada a sede central?	
1.2	Número de <i>sites</i> da empresa? Quais os principais?	
1.3	Quais os principais produtos e/ou serviços da empresa	

## 2. Força de trabalho ( até abril de 2003)

2.1	Produção	
2.2	Administração	
2.3	Total	

3. Área total da empresa em m<sup>2</sup>?

3.1	Terreno	
3.2	Construída	
3.3	Galvânica	

## 4. Faturamento anual da Empresa:

4.1	Bruto	
4.2	Líquido	

## 5. Mercado interno:

5.1	% de participação no mercado interno:	
5.2	% de participação no seu setor:	

## 6. Mercado externo:

6.1	% da produção que é exportada?	
6.2	% que isto representa no faturamento da empresa?	

## 7. Destino dos produtos exportados:

7.1	Mercosul.	
7.2	América Latina.	
7.3	Europa.	
7.4	EUA/Canadá	
7.5	Ásia.	
7.6	Outros.	

**C. GERENCIAMENTO AMBIENTAL**

## SITUAÇÃO E RESPONSÁVEIS

1. Qual ou quais dos fatores que influenciaram na decisão de sua empresa em investir na área ambiental?

1.1	pressão da comunidade	
1.2	ação judicial (promotoria	
1.3	legislação ambiental vigente	
1.4	legislação ambiental prevista	
1.5	exigências dos clientes	
1.6	exigências do mercado internacional	
1.7	marketing e vendas	
1.8	exigências do sistema financeiros	
1.9	exigência dos fornecedores	
1.10	outros (especifique)	

2. A implantação de um sistema de Gestão Ambiental melhorou o desempenho econômico da empresa?

2.1	sim	
2.2	não	
2.3	Faltam dados para concluir	

3. Existem, atualmente, alguns Códigos e Princípios da Qualidade Ambiental. A sua empresa aderiu ou tem como referência alguns destes?

3.1	Os Princípios da Atuação Responsável	
3.2	A Norma Inglesa BS 7750	
3.3	A Série de Normas ISO 14000 (em especial a ISO 14001 - Sistema de Gestão Ambiental)	
3.4	Outros	

4. Na sua opinião, esses códigos, princípios, são importantes para aumentar a competitividade da empresa e de seus produtos, principalmente no mercado externo?

4.1	sim	
4.2	não	
4.3	sem opinião formada	

## 5. A gestão ambiental e a política geral da Empresa -marque a(s) opção(ões) afirmativa(s)

5.1	Os objetivos e metas ambientais foram definidos como parte do processo global de planejamento da empresa	
5.2	A Diretoria compreende que Prevenção da poluição reduz custos e gera vantagens	
5.3	A preocupação ambiental faz parte do processo decisório na empresa	
5.4	Os gerentes de cada departamento da empresa são incentivados a diminuir os impactos ambientais da produção e/ou produtos	
5.5	A certificação ambiental e/ou rótulo ecológico são metas da Empresa	

**LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

1. Que funções seriam importantes que os órgãos de controle ambiental desempenhassem?

1.1	Fiscalizar	
1.2	Gerar informações (banco de dados ambientais)	
1.3	Atuar como facilitador na solução dos problemas ambientais	
1.4	Aproximar empresas que compram e vendem resíduos	
1.5	Outros (quais)	

2. Em relação as questões ambientais, qual órgão público que mais pressiona a empresa?

2.1	Federal – CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente	
2.2	Estadual – Órgão Estadual de Proteção Ambiental	
2.3	Municipal - Promotoria	
2.4	Nenhum	

3. Os fiscais de órgãos públicos que controlam as questões ambientais visitam a empresa?

3.1	não		
3.2	sim	3.2.1	Uma vez por ano
		3.2.2	Duas vezes por ano
		3.2.3	Três vezes por ano
		3.2.4	Quatro vezes por ano

4. Houve alguma infração que levou ao pagamento de multas ou a processo judicial?

4.1	Não	
4.2	Sim (qual)	

**AÇÕES MINIMIZADORAS**

1. Procedência da água:

1.1	Abastecimento Público	
1.2	Poço artesiano	
1.3	Fechamento de ciclo de processo	
1.4	Outros	

2. Possui projeto de tratamento de efluentes implantado:

2.1	Sim		Batelada	
			Contínuo	
2.2	Não			

3. Qual é a vazão de água destinada para o tratamento?

--

3. Em quantos turnos opera a ETE?

3.1	1	
3.2	2	
3.3	3	

4. Há quanto tempo a ETE está instalada?

--

### MEDIDAS E INVESTIMENTOS

1. Existe programa de conscientização para os funcionários para a prática de conservação do meio ambiente na empresa?

1.1	Não	
1.2	Sim (quem é o responsável)	

2. A empresa investe e/ou promove:

2.1	Não	
2.2	Desenvolvimento de produtos com apelo ecológico	
2.3	Marketing ecológico	
2.4	Melhoria do ambiente de trabalho	
2.5	Outras medidas neste sentido. Quais?	

3. São realizados estudos visando a utilização de matérias-primas ou tecnologias menos poluentes?

3.1	Não	
3.2	Sim (cite algum exemplo)	

4. Já realizaram investimentos para compra de máquinas e equipamentos com a finalidade de desenvolver um produto ou processo "mais limpo"?

4.1	Não	
4.2	Sim (cite algum exemplo)	

### ASPECTOS FINANCEIROS

1. Total de investimento com a proteção ambiental (R\$)

--

2. Total dos ganhos econômicos com a adoção de medidas de proteção ambiental (R\$)

--

3. Na sua empresa, os custos ambientais são contabilizados no custo dos produtos?

3.1	Não	
3.2	Sim	
3.3	Os custos são registrados mas não entram na composição do custo final do produto	
3.4	Sem dados	

4. Em que setores, à curto prazo, há planos de investimento na área ambiental?

--

5. Em que setores, à longo prazo, há planos de investimento na área ambiental?

--

### FATORES E BARREIRAS

1. Você acredita que ações cooperativas regionalizadas possam vir a ser implantadas como soluções para problemas ambientais comuns às empresas?

1.1	sim, acredito que esta seria uma solução, pois reduziria os custos individuais	
1.2	não, na minha região isto não é aplicável	
1.3	não tenho opinião formada sobre o assunto	

2. Quais os agentes dificultadores para a melhoria contínua das questões ambientais?

2.1	legislação obscura e inadequada	
2.2	ausência de infra-estrutura adequada e/ou indisponibilidade de soluções concretas que permitam atender aos requisitos legais	
2.3	falta de recursos financeiros	
2.4	dificuldades no acesso às informações sobre tecnologias limpas	
2.5	falta de mão-de-obra capacitada	
2.6	falta de conscientização	
2.7	outros(especifique)	

3 Existe alguma exigência ambiental por parte dos clientes?

3.1	Não	
3.2	Sim (qual)	

4. Houve perda de mercado/oportunidade da venda pelo fato da empresa não estar empregando as práticas ambientais exigidas por algum cliente/mercado?

4.1	Não	
4.2	Sim (Qual)	

## ANEXO D – ENTREVISTA – ASPECTOS AMBIENTAIS E ATIVIDADE PRODUTIVA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
 PROGRAMAS DE PÓS GRAD. EM ENG. DE MINAS, METALÚRGICA E DE MATERIAIS  
 DOUTORANDA: Marta Regina LopesTocchetto  
 ORIENTADORES: Profa. Dra. Andréa de Moura Bernardes e Prof. Dr. Luis Felipe do Nascimento



## ASPECTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE GALVÂNICA

Esta entrevista tem por objetivo caracterizar as empresas com melhores práticas nas atividades galvânicas e de tratamento de superfície no Estado do RS, será realizada durante a visita previamente agendada com a Empresa. Desde já agradeço a colaboração.

CLÁUSULA DE SIGILO: Quaisquer publicações, divulgações e resultados serão previamente comunicados à Empresa e não poderão conter dados/informações que possibilitem a identificação da mesma, exceto com sua prévia autorização por escrito.

## ENTREVISTA E VISITA (FASE 2) - ESTUDO DE CASO

## A. INFORMAÇÕES GERAIS

Data da entrevista	
Nome do entrevistado	
Cargo do entrevistado	
Razão social	
E mail	
Telefone	

## B. ATIVIDADE GALVÂNICA E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

1. Quais os principais impactos do processo e produto do setor galvânico e de tratamento de superfície que são objetos de programas de minimização?

--

2. Quais as principais medidas implantadas na galvânica para reduzir impactos e/ou consumos. E a percentagem de redução contabilizada a partir da implantação das medidas.

2.1	Consumo de energia	
2.2	Consumo de água (fechamento de ciclos)	
2.3	Consumo de matérias-primas	
2.4	Impacto dos processos (redução na fonte)	
2.5	Impacto dos efluentes líquidos (recuperação, reuso, reciclagem)	

2.6	Impacto dos resíduos sólidos (reciclagem, reuso, venda a terceiros)
2.7	Impacto das emissões gasosas
2.8	Impacto dos produtos

3. As medidas adotadas foram exclusivamente motivada pelo atendimento a legislação? Que outras razões?

4. A galvanica e o setor de tratamento de superfície utilizam metodologia para redução de tóxicos: usos e perdas (lançamentos e emissões)? Se sim como? Ela está associada as demais políticas ambientais da Empresa?

5. A redução de tóxicos é em número ou em quantidade de emissão ou lançamento? Se sim qual a natureza das medidas?

6. Descreva as modificações antes e depois da implantação incluindo quantidade e qualidade dos tóxicos, dos impactos (ambiente de trabalho, emissões, efluentes líquidos e resíduos) e custos.

7. Quais as dificuldades encontradas pelo setor para implantar medidas de redução de tóxicos e impactos ambientais dos seus produtos, processos, embalagens, etc.?

## ANEXO E – GESTÃO AMBIENTAL NA EMPRESA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
 PROGRAMAS DE PÓS GRAD. EM ENG. DE MINAS, METALÚRGICA E DE MATERIAIS  
 DOUTORANDA: Marta Regina LopesTocchetto  
 ORIENTADORES: Profa. Dra. Andréa de Moura Bernardes e Prof. Dr. Luis Felipe do Nascimento



ASPECTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE GALVÂNICA

**DEPARTAMENTO DE CONTROLE E QUALIDADE AMBIENTAL  
 ENTREVISTA E VISITA (FASE 2) - ESTUDO DE CASO**

**A. INFORMAÇÕES GERAIS**

Data da entrevista	
Nome do entrevistado	
Cargo do entrevistado	
Razão social	
E mail	
Telefone	

**GERENCIAMENTO AMBIENTAL**

**SITUAÇÃO E RESPONSÁVEIS**

1. Como está estruturado o programa ambiental na empresa? Que departamentos são responsáveis?

2. Há integração entre as políticas de segurança, saúde e meio ambiente no Grupo e/ou no sistema ambiental da Empresa? Como?

3. O Departamento de compras está integrado no sistema de gestão ambiental da Empresa? São feitas exigências nas matérias-primas e equipamentos para garantir a Qualidade Ambiental? Quais?

4. Os fornecedores estão em concordância com estas exigências?

5. São realizadas Avaliações Ambientais com frequência buscando a melhoria contínua de produtos e processos?

## AÇÕES MIMIZADORAS

1. Quais as principais medidas implantadas para reduzir impactos e/ou consumos. E a percentagem de redução contabilizada a partir da implantação das medidas.

1.1	Consumo de energia
1.2	Consumo de água
1.3	Consumo de matérias-primas
1.4	Impacto dos processos (redução na fonte)
1.5	Impacto dos efluentes líquidos
1.6	Impacto dos resíduos sólidos (reciclagem, reuso, venda a terceiros)
1.7	Impacto das emissões gasosas
1.8	Impacto dos produtos

2. As medidas adotadas foram exclusivamente motivada pelo atendimento a legislação? Que outras razões?

3. A companhia tem uma política para redução de tóxicos: usos e perdas (lançamentos e emissões)? Se sim como? Ela está associada as demais políticas ambientais da Empresa?

4. A redução de tóxicos é em número ou em quantidade de emissão ou lançamento? Se sim como foi? (Descreva as modificações antes e depois da implantação)

5. Quais as dificuldades encontradas pela empresa para implantar medidas de redução de tóxicos e impactos ambientais dos seus produtos, processos, embalagens, etc.?

**FATORES E BARREIRAS**

1. Para eliminar os agentes dificultadores, o que você sugere?

**RELAÇÃO COM A COMUNIDADE EXTERNA**

1. Caso venham a ocorrer reclamações por parte da comunidade devido a efeitos adversos ao meio ambiente provocados pela sua empresa (odor, emissão de gases, lançamentos de efluentes em corpos d'água, disposição inadequada de resíduos sólidos, ruído, outros), qual seria a providência a ser tomada?

**RESULTADOS OBTIDOS**

1. Enumere os principais resultados (positivos e/ou negativos) obtidos pela empresa com a implantação de um sistema de gerenciamento ambiental:

1.1 Mercado interno

1.2 Mercado externo

1.3 Financeiro

1.4 Marketing

## ANEXO F – ENTREVISTA FEPAM (DEP. DE CONTROLE DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL)

<p><b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL</b>  <b>PROGRAMA DE PÓS GRAD. EM ENG. DE MINAS, METALÚRGICA E DE MATERIAIS</b>  <b>DOUTORANDA: Marta Tocchetto</b>  <b>ORIENTADORES: Profa. Dra. Andréa de Moura Bernardes e Prof. Dr. Luis Felipe do Nascimento</b></p> <p style="text-align: right;">  <small>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL</small></p> <p style="text-align: center;">A GESTÃO AMBIENTAL NAS GRANDES EMPRESAS COM ATIVIDADE GALVÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL</p>
--

**QUESTIONÁRIO – A RELAÇÃO ENTRE O ÓRGÃO AMBIENTAL E AS EMPRESAS**

Nº do questionário:	
Data da informação	
Nome do responsável	
Cargo do responsável	
Razão social	
E mail	

**1. Atuação do Órgão Ambiental:**

Somente Fiscalizador	sim
Fiscalizador e Consultor	
Outras	Licenciamento Ambiental

1.1. Há intenção de ampliação de atuação (banco de informações sobre empresas recicladoras e tecnologias , parceria para busca de soluções para determinados problemas, elaboração de manuais)? Por que?

**2. Base da legislação estadual. Por que? Estadual e Nacional, por ser bastante ampla e suficiente.**

Legislação Norte Americana (EUA)	
Legislação Européia	
Outras	

**3. Classificação dos setores industriais (enquadramento de ramos de atividades):**

3.1. A forma utilizada para o enquadramento de atividades proporciona facilidade para o controle das atividades industriais?

3.2. O enquadramento pelo potencial poluidor dos processos executados, ao invés de focada no produto final e no porte do empreendimento, não facilitaria o controle e licenciamento dos empreendimentos?

3.3. Porte do empreendimento: a área útil é representativa para determinar o potencial poluidor?

3.4. Como o Órgão ambiental vê o fato de uma galvânica, por exemplo, possuir uma grande área física construída e por este motivo ser considerada como de grande porte, sendo que em algumas vezes realiza apenas processo de fosfatização e/ou possui apenas um funcionário?

#### 4. Atualização das informações

- 4.1. Qual o mecanismo de registro de informações sobre as empresas?
- 4.2. Qual o procedimento exigido para as empresas atualizarem as informações cadastradas na FEPAM?
- 4.3. Como é construído o banco de informações sobre as empresas?
- 4.4. Qual o Departamento Responsável pelo Gerenciamento do Banco de Informações?

#### 5. Controle das atividades .

- 5.1. Qual a periodicidade da fiscalização nas empresas?
- 5.2. Qual a influência do impacto da atividade na periodicidade da fiscalização?
- 5.3. Qual a influência do porte da empresa na periodicidade da fiscalização?
- 5.4. Qual o procedimento para descumprimento da legislação?
- 5.5. O Órgão Ambiental busca junto com a empresa a solução do problema detectado? Por que?
- 5.6. Quais as exigências legais para o controle das emissões gasosas (lavadores de gases) considerando a atividade galvânica?
- 5.7. Quais as exigências legais para os aterros de resíduos perigosos?
- 5.8. Quais as exigências legais para a área de armazenagem interna de resíduos perigosos?
- 5.9. Na sua visão a legislação ambiental para o controle de emissão incentiva a busca de soluções preventivas e/ou inovativas ou a implantação de tratamentos secundários (como lavadores de gases, aterros, ETE)?
- 5.10. Como o Órgão Ambiental define a relação estabelecida com as empresas?

Boa	
Difícil	
De parceria	
De independência	

- 5.11. Na visão da FEPAM as empresas são resistentes às exigências da legislação?
- 5.12. Como se comportam as empresas frente a um auto de infração e a um ajustamento de conduta?
- 5.13. Quais as principais infrações notificadas relativas a atividade de tratamento de superfície?
- 5.14. Quais as principais justificativas dadas pelas empresas para o descumprimento da legislação e/ou não implantação de sistemas de controle?
- 5.15. Há flexibilidade por parte da FEPAM frente a justificativa das empresas?

#### 6. Melhoria da Qualidade do Meio Ambiente .

- 6.1. A legislação ambiental tem contribuído para a mudança de comportamento das empresas e a melhoria da qualidade ambiental no RS? Quais os dados que demonstram a resposta?
- 6.2. As medidas ambientais implantadas nas empresas se restringem ao cumprimento restrito da legislação ou evoluem para medidas preventivas? Quais os fatores que contribuem?