

ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS GRANDES EMPRESAS COM ATIVIDADE GALVÂNICA DO RS

Marta Regina Lopes Tocchetto

*Universidade Federal de Santa Maria – Dep. De Química
Prédio 18 -CCNE - 97105-900 – SANTA MARIA/RS
(marta@tocchetto.com)*

Andréa Moura Bernardes

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul - PPGEM
Av. Osvaldo Aranha 99/706 – PORTO ALEGRE/RS
(amb@vortex.ufrgs.br)*

Luiz Felipe Machado Nascimento

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGA/NITEC-CEPA
Av. João Pessoa, 52/11- 90.040-000 – PORTO ALEGRE/RS
(lfmnascimento@ea.ufrgs.br)*

Lauro Charlet Pereira

*Embrapa Meio Ambiente CNPMA
Rodovia SP 340, KM 127,5. 13820-000 - JAGUARIUNA, SP
(lauro@cnpma.embrapa.br)*

RESUMO

A atividade galvânica consome grandes volumes de água nas etapas dos banhos de recobrimento e de lavagem. O reuso de água é uma oportunidade para combinar redução de custos, melhoria do gerenciamento e redução de consumo. O problema da pesquisa foi dado pela seguinte questão: quais as estratégias implantadas para racionalizar o uso da água nas empresas com atividade galvânica do RS? O objetivo do trabalho foi: identificar as medidas adotadas para redução do consumo de água. O método escolhido foi o investigativo, estudo de caso. O estudo foi realizado em cinco grandes empresas. A pesquisa constatou que as medidas implantadas, na maioria das empresas limitam-se à melhoria do processo de lavagem. Estratégias de reuso e implantação de tecnologias limpas ainda são pouco evidenciadas nas empresas. A pesquisa permitiu concluir que há um grande potencial nas empresas para a implantação de estratégias preventivas, tanto para águas, quanto para produtos químicos e energia.

ABSTRACT

The galvanic activity consumes large volumes of water in the phases of recover and washing. The re-use of the water is an opportunity to combine cost reduction, improvement in the management and consume reduction. The issue/aim of this research refers to the strategies implemented to reduce/cut down the use of water in the in the enterprises/companies of RS with galvanic activity. So the aim of this work was to identify the measures implemented to reduce the water consume in these companies. In order to reach this aim, the case study was conducted in 5 large companies . The research found out that the measures implemented ,in most of the companies, is limited to the improvement of the washing process.Cleaner re-use strategies and technology implementation are little used in companies. The research allowed to conclude/came to the conclusion that there is a great

potential, in the companies, for the implementation of preventive strategies, as much for the water consume as for chemical products and energy.

Palavras-chave: economia de água, melhoria de processo, proteção ambiental, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente se considera indissociável: estratégias para redução de matérias primas, água e energia e aumento produtividade. Em muitas indústrias, como as de recobrimento metálico e de tratamento de superfície, o consumo de água é muito grande, assim a reciclagem e o reuso podem ser uma oportunidade para combinar redução de custos, melhoria de gerenciamento e uso racional de recursos naturais (Centi e Perathoner, 1999). A aplicação de opções de Produção Limpa ou Prevenção reduz o consumo de matérias primas, as perdas com a geração de resíduos e melhora o desempenho ambiental das empresas.

O uso ineficiente da água significa equipamentos de maior capacidade como, grandes tanques e fluxos imensos. As novas tecnologias readaptam equipamentos, modificam operações sem a necessidade adicional de espaço físico. O reuso e a conservação da água deve ser estimulada nas indústrias, através da utilização de processos industriais e de sistemas com baixo consumo, e que possibilitem a recuperação e o reuso (Hespanhol *apud* Pacheco, 2001). O planejamento para implantação de estratégias de reaproveitamento de água é fundamental, pois “reciclar água que provém de processos fim de tubo é sempre mais difícil, necessitando, muitas vezes, altos investimentos e tecnologias sofisticadas para viabilizar a ação” (Mooney, 2002).

Melhoria no processo de lavagem representa uma importante estratégia para redução do consumo de água e é o primeiro passo para habilitar a empresa a implementar um programa progressivo de prevenção à poluição, como recuperação de produtos químicos e fechamento dos ciclos de água de processo (NCDENR, 2003). O *design* adequado das instalações de lavagem e a implantação de sistemas de controle, conforme mostra a tabela 1, podem reduzir em mais de 80% o volume de efluentes a ser encaminhado para a estação de tratamento (BSTSA, 2004). Técnicas baseadas em programas de minimização de resíduos e prevenção da poluição reduzem o consumo de substâncias químicas e de água nos banhos, em 2/3 (Solvie, 2002).

Tabela 1 – Medidas de caráter geral para minimizar a água na etapa de lavagem

MEDIDAS	EXIGÊNCIAS
OTIMIZAÇÃO DO <i>DESIGN</i> DOS TANQUES	Dimensões mínimas, pontos de alimentação e descarga de água e agitação preferencialmente pneumática e mecânica.
CONTROLE DO FLUXO	Reguladores de fluxo, controle da condutividade e controladores de tempo.
TIPO DE LAVAGEM	Qualidade exigida.

Fonte: Adaptação de Bernardes *et al*, 2000.

Anteriormente, a lavagem era considerada adequada quando utilizava grandes volumes de água. O processo ideal era constituído 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. Lavagens em uma única etapa, mesmo que para baixar o consumo de água, são insuficientes.

A qualidade da lavagem é maior, quanto maior for o grau de diluição da película líquida que recobre a peça. Este fator deve ser estabelecido conforme o tipo de banho e a geometria da peça. A técnica de lavagem ideal combina o grau de diluição adequado com menor consumo de água. A lavagem tripla, em contra-corrente e em cascata tem demonstrado ser mais eficiente (CETESB, 1998; Bernardes *et al*, 2000; NCDENR, 2003). O consumo de água é reduzido em até 90% com a implantação desse sistema de lavagem (Kindschy e Ringwald, 1991; CETESB, 2002; BSTSA, 2004). A eficiência da lavagem pode ser aumentada através de sistema de turbilhonamento ou agitação.

A quantidade de água de lavagem depende do volume de arraste do banho do processo, *drag out*, e da qualidade exigida na limpeza. A otimização do *design* dos tanques, juntamente com a implantação de sistemas para controle do fluxo de água são medidas que melhoram o processo e reduzem o arraste na etapa de enxágüe.

A tensão superficial é um dos fatores responsáveis pela aderência das gotas de líquidos nas peças retiradas dos banhos. Em alguns banhos, o uso de agentes tensoativos permite a redução do arraste em até 50%, além de promover o aumento da vida útil do banho, a redução da contaminação e da quantidade de água consumida (CETESB, 2002). A implantação de um tanque estático ou de recuperação é outra medida que reduz as perdas por *drag out*. Estima-se que ao escorrer a peça sobre o tanque haja a recuperação de até 90% do arraste de solução (Centro Mexicano para La Produccion Mas Limpia, 1997).

Chuveiros com acionamento automático e o controle do diâmetro dos orifícios nos diversos equipamentos, como tambores, proporcionam a minimização do uso da água na etapa de lavagem. A implantação de redutores de vazão nas tubulações e nas linhas de alimentação também leva à economia de água. A técnica *blow-off* ou sopramento de ar consiste no emprego de jato de ar para remover a solução de banho aderida às peças (Schlesinger e Paunovic, 2000). A instalação de condutivímetro controla o grau de saturação das águas de lavagem e a, conseqüente, entrada de água limpa na cascata. O uso de condutivímetro nos processos de lavagem reduz drasticamente o consumo de água e controla a contaminação dos banhos (BSTSA, 2004).

As tecnologias de membranas têm se destacado para recuperação de águas de lavagem e metais provenientes do processo galvânico. Em especial, destacam-se os processos de osmose reversa, troca iônica, microfiltração e eletrodialise. A osmose reversa com pré-filtração e lavagem automática pode reciclar mais de 80% da água tratada. A desionização por troca iônica resulta na recuperação de 80 a 90% da água tratada. Sistemas combinados, troca iônica e osmose reversa, apesar do alto custo, compensam os investimentos pela eficiência do processo de recuperação de metais (Remco Engineering, 2002). Os efluentes galvânicos possuem características adequadas para serem tratados por eletrodialise, pois apresentam alto teor de sólidos dissolvidos e baixo teor de matéria orgânica (Arsand, 2001).

Programas voltados para a redução, reuso ou reciclagem, por exemplo, da água, exigem uma visão de produtividade, onde a substância a ser recuperada deve ser considerada como matéria prima. Estratégias de minimização para a indústria de tratamento de superfície devem ter como foco o desenvolvimento de programas amplos para a redução de resíduos e de efluentes líquidos (EPA, 2002). O fechamento de ciclos de águas de processo e de lavagem possibilita a utilização eficiente da água da saída, de uma operação para outra, ou para a mesma, ao invés de encaminhar ao tratamento para posterior descarte. Na tabela 2 encontram-se as ações e os parâmetros importantes para a implantação desta estratégia (Costanzi e Daniel, 2002).

Tabela 2 – Ações para estabelecer estratégias de fechamento dos ciclos de água.

AÇÕES	PARÂMETROS IMPORTANTES
DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE ENTRADA	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.

Considerando a tabela 2, as duas primeiras ações apresentam grande dificuldade no controle, pois a maioria das indústrias não possui controle de vazão de água. A terceira etapa é fundamental para efetuar mudanças no processo, pois pode interferir na qualidade do produto final. Geralmente, a implantação de estratégias de reuso e fechamento de ciclos é desencadeado pelo alto custo de tratamento e a escassez de recursos hídricos. A legislação ambiental, conforme colocam Porter e Linde (1995), também é um dos fatores direcionadores para as empresas implantarem estratégias de prevenção. A lei 9433/97 que instituiu a outorga pelo uso da água e o conceito princípio poluidor-pagador, têm levado as empresas a implantarem medidas para reuso e reciclagem da água, a fim de irem adequando-se gradualmente à essas exigências.

O uso mais eficiente da água trás como benefícios diretos, a redução do custo de produção e o aumento da eficiência do processo, através da racionalização do consumo de água na empresa, a redução de descarte de águas contaminadas e a possibilidade de reciclar as águas para o mesmo processo ou para outros, além da proteção desse recurso natural. Como benefício indireto, trás a redução do consumo de energia, aspecto fortemente dependente do consumo de água (Baptista *et al*, 2001). As estratégias ambientais evoluíram para o conceito de desenvolvimento sustentável ancoradas em abordagens preventivas, voltadas para a minimização do consumo de recursos naturais e geração de resíduos.

Prevenção consiste em tomar medidas, visando evitar dano previsível (Heck, 2003). Nessa perspectiva surgiu a Produção Mais Limpa que fornece estratégias para o aproveitamento eficiente dos recursos e para a minimização de resíduos, poluição e riscos, a partir da origem onde são gerados (Staniskis e Stasiskiene, 2003). A visão de produtividade e competitividade tem conduzido as empresas a reconhecer que gerar e tratar resíduos representa custos e perdas. Assim, cada vez mais as empresas têm buscado equilibrar a atividade produtiva e a proteção ambiental através do estabelecimento de estratégias preventivas.

2. METODO E DESENVOLVIMENTO

De acordo com Yin (1994) o estudo de caso possibilita o uso de múltiplas fontes de evidência na investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, pois as condições contextuais são fundamentais ao estudo. Além disso, é recomendado seu uso quando existem mais variáveis de interesse do que demonstram os dados e quando é necessário o desenvolvimento prévio de proposições teóricas para guiar a coleta e análise dos dados.

A escolha do método deve estar associada aos objetivos de pesquisa, sabendo-se que todos os tipos possuem naturalmente, vantagens e desvantagens. Assim, após este exame a opção foi pela realização do estudo de caso. A coleta de informações nas empresas foi feita através de visitas realizadas no período de abril a setembro de 2003. As Empresas que fizeram parte do estudo de caso, conforme mostra a tabela 3 foram em número de cinco e estão representadas por letras do alfabeto. A identificação das Empresas pelas letras **A, D, F, L e M**

foi uma exigência das próprias companhias. As empresas são de grande porte e pertencentes, na maioria ao setor metal-mecânico do RS.

Tabela 3 - Empresas participantes do estudo de caso.

Empresas	Total de Funcionários	Área Total Construída (m ²)	Produtos e Serviços
A	1.000	19.423,00	Fabricação de artefatos e utensílios metálicos
D	1.028	13.000,00	Fabricação de utensílios, peças e acessórios
F	1.700	51.331,00	Fabricação de máquinas e equipamentos
L	2.174	28.810,00	Reparo de peças e motores
M	15.090	54.360,00	Fabricação de artefatos e componentes decorativos

A busca de informações para o estudo de caso foi durante as visitas realizadas nas Empresas. As informações foram prestadas pelos responsáveis pela área ambiental das empresas e/ou pela unidade galvânica. A **Empresa M** possui um responsável para cada área, galvânica e meio ambiente. Nas demais empresas o gerente de meio ambiente é o mesmo da unidade galvânica.

3. RESULTADOS .

O processo de limpeza das peças que antecede o recobrimento metálico é convencional: decapagem ácida e desengraxe alcalino e/ou com solvente. Não foram identificadas estratégias ou tecnologias para aumentar a eficiência desta etapa, a fim de reduzir o consumo de água e o descarte de efluentes líquidos para a ETE (Estação de Tratamento de Efluentes).

A lavagem das peças em todas as empresas é feita através do processo de lavagem triplíce e em cascata. A **Empresa F** que não possuía este sistema de lavagem estava finalizando as obras civis para a implantação. A melhoria do processo de lavagem foi a medida mais consolidada em termos de redução de consumo de água nas empresas pesquisadas.

Estratégias mais simples, medidas operacionais, como controle de vazamento, redução do diâmetro dos orifícios dos tambores, redução de vazão da entrada de água, manutenção de equipamentos e redução do arraste, geralmente não são vistas pelas empresas como sendo eficazes. Geralmente, as estratégias concentram-se na mudança de tecnologia que devido aos custos de implantação, freqüentemente são adiadas. A **Empresa A** evidenciou uma maior preocupação com a otimização das condições de operação, como redução do arraste nos banhos e com a vazão de entrada de água, tendo o cuidado de reduzi-la ao limite sem comprometer a qualidade do recobrimento. Para reduzir o arraste foi implantado um dispositivo que obriga o operador a realizar um balanço no tambor antes de encaminhá-lo ao banho seguinte.

As estratégias para redução de água são inter-relacionadas com medidas para redução de geração de efluentes líquidos e lodo galvânico, e conseqüentemente a recuperação de metais e produtos químicos. A tabela 4 mostra os resultados obtidos durante o estudo de caso, nas cinco empresas pesquisadas.

Tabela 4- Resultado do Estudo de Caso

Empresas	A	D	F	L	M
Parâmetros					
Processo	Tambor	Tambor e gancheira	Gancheira	Tambor e gancheira	Tambor
V de lodo (m ³ /mês)	40 (seco)	5 (70% de umidade)	17 (98% de umidade)	17 (sem dados de umidade)	6 (70% de umidade)
ETE (entrada) V de efluente m ³ /mês	28.800	200	100	90	540
Consumo de água (galvânica) m ³ /mês	28.800	200	50	Sem dados	150
Fechamento de ciclo de água – Economia (%)	-	84 (antes eram gastos 1.500 m ³ /mês)	-	-	83 (antes eram gastos 870 m ³ /mês)
Tratamento de efluentes líquidos	Físico-químico	Troca Iônica e Físico-químico	Físico-químico	Físico-químico	Troca Iônica e físico-químico
Recuperação de metais	Evaporador a vácuo	-	-	-	-Eletrodiálise -Evaporador a vácuo
Redução do consumo de água	Redução de vazão nos tanques de lavagem	-Reciclo -Captação de água de chuva -Água dos lavadores de gases para sanitários	-	-	-Reciclo -Reserva de incêndio

O grande volume de efluentes encaminhado a ETE, a geração de lodo galvânico e o elevado consumo de água na **Empresa A**, conforme mostra a tabela 4, demonstram a ausência de um planejamento amplo com implantação de estratégias preventivas para reduzir o consumo de matérias primas e as perdas do processo. Por esta razão, a ETE está subdimensionada. Estratégias preventivas permitem aumentar a produção sem aumentar a área destinada ao tratamento e a disposição de resíduos. A falta de segregação de algumas correntes de resíduos torna mais complexo o tratamento dos efluentes na Empresa.

A **Empresa L** não possui dados com relação ao consumo de água na galvânica e ao volume de lodo galvânico gerado. A ausência destes dados dificulta o planejamento de estratégias de redução e/ou minimização na Empresa.

O tratamento convencional (físico-químico) de efluentes reforça a visão fim de tubo nas empresas, pois limita-se ao atendimento das exigências legais. Nas **Empresas D e M** o efluente resultante do tratamento é encaminhado para colunas de troca iônica possibilitando o reuso da água para o processo e/ou outra finalidade. Equipamentos como evaporador a vácuo e eletrodiálise para a recuperação dos metais, também proporcionam a redução de consumo água e de energia. Na **Empresa A**, durante o período da visita, o evaporador a vácuo apresentava problemas de funcionamento.

A **Empresa D** como mostra a tabela 4, apresenta o maior número de estratégias para redução de consumo de água: captação da água da chuva, reuso da água tratada dos lavadores de gases e da estação de tratamento de esgotos. A utilização da água da chuva na **Empresa D** reduziu em 25% o consumo de água tratada. O investimento para implantação desta medida foi recuperado, em menos de dois meses. A mesma tabela mostra que as **Empresas D e M**, que implantaram estratégias para aumentar a eficiência do uso da água, apresentaram economia de consumo superior a 80%. Os resultados apresentados demonstram que o estabelecimento de estratégias de reuso e redução do consumo de água proporciona ganhos econômicos e ambientais às empresas.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .

A maioria das empresas mostrou preocupação com o consumo da água, exceção é a **Empresa L**. Estratégias preventivas ainda são insipientes nas empresas pesquisadas. O processo de lavagem triplíce e em cascata é a estratégia de redução mais implementada. Pequenas melhorias operacionais que poderiam, com baixo custo reduzir o consumo de água são realizadas aleatoriamente, pois dependem da percepção ambiental do responsável pela unidade. Em geral, há o entendimento que a implantação de estratégias para racionalizar o consumo da água exige tecnologias sofisticadas e de alto custo.

A **Empresa A** apesar de ter esta percepção e adotar estas medidas não apresentou resultados satisfatórios refletido, principalmente no grande volume de lodo galvânico gerado. Por este motivo, no caso em particular, a solução está na implantação de estratégias preventivas. A **Empresa L** apresenta uma nítida postura reativa, pois não foi verificada nenhuma preocupação com redução ou minimização de resíduos e/ou de matérias primas.

A **Empresa D**, além de reusar as águas resultantes do tratamento implantou sistema de captação de água da chuva e recuperação da água tratada dos lavadores de gases. As estratégias implantadas na **Empresa D** mostram que há na empresa um ambiente inovativo. Porter e Linde (1995) colocam que a inovação pode ser de muitas formas, incluindo a utilização mais eficiente dos insumos e melhorando as etapas de produção e os produtos.

A implantação de sistema de tratamento secundários não trás vantagens com relação a redução de perdas de resíduos e matérias primas, especialmente de água que é objeto deste artigo. O tratamento de efluentes líquidos nas **Empresas A, F e L**, comprova essa ineficácia, pois o efluente é simplesmente descartado nos corpos hídricos. Tecnologias baseadas no princípio preventivo, como troca iônica e membranas, possibilitam reusar a água tratada e recuperar produtos químicos,

O uso de tecnologias como evaporação à vácuo e eletrodialise para a recuperação dos metais dos banhos, também proporciona economia de água. As **Empresas D e M** que implantaram tecnologia de troca iônica e de membranas possibilitam estratégias de reuso e apresentaram redução significativa no consumo de água (cerca de 80%) e conseqüente volume de efluentes a tratar e geração de lodo.

Os resultados apresentados referem-se a grandes empresas do Rio Grande do Sul, sendo assim esperava-se que a área ambiental fosse melhor estruturada, devido à maior exigência exercida pelo órgão ambiental, pelo aumento de custos de operação e pela preocupação com a imagem perante os diversos *stakeholders*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .

A escassez dos recursos hídricos exige das empresas uma tomada de posição com relação ao estabelecimento de estratégias para a racionalização da água. A crescente exigência da legislação também estimula as empresas à implantarem estratégias preventivas. O princípio poluidor-pagador e a outorga pelo uso da água se constituem instrumentos direcionadores ao caminho da prevenção, principalmente com relação a água.

A implantação de estratégias preventivas cria um ambiente adequado para a inovação. À medida que o controle da atividade produtiva se torna mais eficiente e as empresas vão obtendo vantagens, principalmente financeiras, a percepção ambiental aumenta, ou seja, quebram o antigo paradigma: investir em meio ambiente representa perda de competitividade. Ao contrário, trás benefícios, como a redução de custos de produção, segurança no atendimento à legislação, melhoria da produtividade e aumento da competitividade. Ainda propicia um ambiente que estimula a criatividade do fazer da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .

- ARSAND, D. R (2001). **Recuperação de Águas de Lavagem do Processo de Fosfatização por eletrodiálise**, 2001. 143 p. (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- 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 (1998). Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1998. Política Nacional dos Recursos Hídricos. Brasília: 2001.
- BSTSA (2004). **British Surface Treatment Suppliers Association**. Disponível em: <http://www.bstsa.org.uk>. Acesso em: 28/01/2004.
- 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). **Guias de Produccion Mas Limpia: Produccion Mas Limpia en el sector de galvanoplastia**. México: 1997.
- CETESB (2002). Manuais Ambientais: **Compilação de técnica de prevenção à poluição para a indústria de galvanoplastia**. São Paulo: 2002.
- 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.
- EPA (2002). Fact Sheet: **Metal Recovery Technologies for the Metal Finishing Industry**. Disponível em: <http://es.epa.gov/techinfo/facts/michigan/michfs20.html>. Acesso em: 09/12/2002.
- 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.
- KINDSCHY, J.; RINGWALD, D. (1991). **Los Procedimientos de Evaluacion de La Minimizacion de Desperdicios – tercer modulo**. California: Shelley Hall, Publications Department, 1991.
- MOONEY, T. (2002). **Recycling water**. Disponível em: <http://www.finising.com/137/53.html>. Acesso em: 14/04/2002.
- NCDENR (2003). **Water Efficiency: Industry Specific Process**. Disponível em: www.p2pay.org/ref/01/00692009.pdf. Acesso em: 05/03/2003.
- 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.
- PORTER, M. e LINDE, C. (1995). Green and competitive: ending the stalemate. In **Harvard Business Review**, Sep./Oct. 1995.
- REMCO ENGINEERING (2002). **Water recycling cost**. Disponível em: <http://www.remco.com/cost-cmp.htm>. Acesso em: 21/05/2002.
- SCHLESINGER, M.; PAUNOVIC M. (2000). **Modern Electroplating**. New York: Wiley Interscience, 2000. 866p.
- SOLVIE, M. (2002). **Efluent stream**. Disponível em: <http://www.finising.com/1600-1799/1729.html>. Acesso em: 14/04/2002.
- STANISKIS, J.K.; STASISKIENE Z. (2003). **Promotion of cleaner production investments: internacional experience**. *Journal of Cleaner Production*, 11, p. 619-628, 2003.
- 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).