



Vantagens Ambientais e Econômicas na Implementação da Produção Mais Limpa em uma Empresa Galvânica

G. C. de Oliveira Neto, O. Vendrametto, L. E. C. Chaves

a. Universidade nove de julho, São Paulo, geraldo.neto@uninove.br

c. Universidade Paulista, São Paulo, oduvaldov@uol.com.br

b. Universidade nove de julho, São Paulo, luizchaves@hotmail.com

Resumo

Os componentes químicos, base dos processos de tratamento de superfície geram resíduos químicos e efluentes que irão afetar de forma drástica o meio ambiente, bem como causas sérios problemas de saúde na população. O objetivo principal desse estudo é mostrar as vantagens econômicas e ambientais na implementação da Produção Mais Limpa (P+L) no tratamento de efluentes em uma planta galvânica. Nesse estudo ocorreu a destinação adequada do resíduo sólido e reuso da água no processo produtivo, além de eliminar o plástico bolha para embalagem e investimento em equipamentos que racionam energia elétrica. Em específico mostrar-se-á o cálculo do retorno sobre investimento e a comparação entre os ganhos econômicos e ambientais resultantes da implementação da Produção Mais Limpa. Os resultados foram obtidos em um primeiro momento por meio da pesquisa qualitativa, revisando a literatura, depois em estudo de caso exploratório em observação participante. Em posse dos dados, avaliou-se as vantagens econômicas e ambientais. Para a avaliação das vantagens ambientais será usada a metodologia de Intensidade de Material (Wuppertal Institute). A ferramenta foi aplicada para avaliar os benefícios na escala da biosfera como consequência da redução de emissões por conta da intervenção P+L.

Palavras-chave: Produção Mais Limpa. Vantagem econômica. Vantagem ambiental. Planta galvânica

1 Introdução

Com a revolução industrial a partir de 1760 na Inglaterra, a produção de bens tangíveis se acentuou resultando em maior devastação dos recursos naturais, o foco estava apenas nos ganhos econômicos. Porém, nas últimas décadas do século XX, surgiu uma preocupação com a preservação da natureza e a redução de poluentes. A sustentabilidade ambiental está diretamente relacionada com a preservação dos recursos naturais no processo produtivo. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas – ONU o desenvolvimento sustentável é aquele em que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades.

A prática de Produção Mais Limpa (P+L) certamente contribui significativamente para o avanço no caminho da sustentabilidade, por meio da gestão estratégica da manufatura. A (P+L) visa elaborar um planejamento definido pela gestão da manufatura para atingir melhorias ambientais no desenvolvimento de produtos, processos e sistemas produtivos e cadeia de suprimentos como um todo por meio das sete idéias centrais: reduzir a quantidade de materiais e bens e serviços, reduzir a quantidade de energia em bens e serviços, reduzir a dispersão de material tóxico, aumentar a reciclagem de material, maximizar o uso de fontes renováveis, aumentar a durabilidade dos produtos e aumentar a quantidade de bens e serviços.

Na atualidade as organizações em geral, mais principalmente as que utilizam substâncias químicas no processo produtivo, como é o caso da planta galvânica, precisam se adequar a Política Nacional de Resíduos Sólidos que dispõe sobre as diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos no País. Alguns exemplos dessas diretrizes são: “a proteção da saúde pública e da qualidade do meio ambiente, não-geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, educação ambiental e integração dos catadores de materiais recicláveis nas ações que envolvam o fluxo de resíduos sólidos entre outras orientações” (POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2010).

O objetivo principal desse estudo é mostrar as vantagens econômicas e ambientais na implementação da Produção Mais Limpa (P+L) no tratamento de efluentes em uma planta galvânica. Nesse estudo ocorreu a destinação adequada do resíduo sólido e reuso da água no processo produtivo, além de eliminar o plástico bolha para embalagem e investimento em equipamentos que racionam energia elétrica. Em específico mostrar-se-á o cálculo do retorno sobre investimento e a comparação entre os ganhos econômicos e ambientais resultantes da implementação da Produção Mais Limpa.

2 Referencial teórico

2.1 Produção Mais Limpa (P+L) em Ciclo Fechado

A Produção Mais Limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos (UNIDO/UNEP, 1995).

A P+L visa melhorar a eficiência, a lucratividade e a competitividade das empresas, enquanto protege o ambiente, o consumidor e o trabalhador. É um conceito de melhoria contínua que tem por consequência tornar o processo produtivo cada vez menos agressivo ao homem e ao meio ambiente. A implementação da P+L resulta numa redução significativa dos resíduos, emissões e custos. Cada ação no sentido de reduzir o uso de matérias-primas e energia, prevenir ou reduzir a geração de resíduos, pode aumentar a produtividade e trazer benefícios econômicos para a empresa (Giannetti e Almeida 2006).

Outro fator importante que merece exclusividade por se tratar especificamente do assunto desse trabalho se caracteriza pelo processo de reutilização da água e utilização dos resíduos sólidos gerados do lodo, oriundo da galvanoplastia. Durante a ECO-92 e a definição da Agenda 21, houve destaque a necessidade urgente de se implementar um adequado sistema de gestão ambiental para os resíduos sólidos, que inclui a necessidade de redução da geração dos resíduos, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados (GÜNTHER, 2000).

O propósito de uma empresa é a transformação de matérias-primas e energias retiradas do ambiente para produzir bens e serviços para os consumidores. O metabolismo industrial deve ser focalizado nas formas de se fazer esse fluxo, mantendo o material circulando no sistema, por meio do reuso e da reciclagem em Ciclo Fechado, de forma a retardar seu retorno ao ambiente, com isso objetiva “reduzir a extração de recursos naturais de maneira ecoeficiente” (YUKSEL, 2007). Portanto as práticas de P+L reduzem a quantidade de reagentes tóxicos descartados no ambiente, fazendo com que água e matérias-primas, circulem o máximo possível dentro do processo antes do descarte, resultando em um melhor aproveitamento de matéria-prima e energia. De acordo com o SENAI (2003) as empresas adeptas à P+L obtêm vantagens ambientais e econômicas devido à preocupação de não gerar mais resíduos e emissões que afetem o meio ambiente.

2.3 A implementação da P+L no processo produtivo da galvanoplastia

Nesse tópico apresentar-se-á o processo produtivo da galvanoplastia. Segundo Onido (2006) galvanoplastia é o processo de Tratamento de Superfícies, em particular o processo galvânico, consiste na deposição de uma fina camada metálica sobre uma superfície, geralmente metálica, por meios eletroquímicos, a partir de uma solução diluída do sal do metal correspondente, a fim de conferir um efeito de maior proteção superficial e decorativo.

Os resíduos líquidos gerados no processo de galvanoplastia são classificados, de acordo com Pontes (2000), nas seguintes categorias: 1) Efluentes crômicos – banhos de cromo em geral e suas águas de lavagem; 2) Efluentes Cianídricos – banhos de cobre, zinco, cádmio, prata, ouro, certas soluções desengraxantes e suas águas de lavagem; 3) Efluentes gerais ácidos – soluções decapantes, soluções desoxidantes e suas águas de lavagem; 4) Efluentes gerais alcalinos – desengraxantes químicos por imersão e eletrolíticos e suas águas de lavagem.

As etapas do processo produtivo da galvanoplastia são extraídas de Santos (2005), pontuadas em cinco processos: 1) Tanque com água alcalina (desengraxante), esse serve basicamente para metais ferrosos e há a necessitando de inibidores de corrosão. Sua ação é a de deslocar a sujeira das peças deixando-a em suspensão ou em emulsão; 2) Tanque com água ácida (Decapagem ácida), objetiva-se fazer a ativação do material para receber o tratamento no material; 3) Tanque de cobre, o primeiro passo de deposição metálica consiste numa fina camada de cobre, usando para isso o processo chamado de cobre alcalino. Estes processos são em geral realizados com sais de cobre cianeto, onde o cianeto cúprico é complexado com cianeto de potássio ou de sódio, para formação de compostos solúveis de cobre em solução aquosa; 4) Tanque de níquel, tem a função de nivelar as imperfeições da peça, permitindo que a deposição posterior apresente excelente aspecto; e 5) Tanque de cromo, serve para recobrir o metal com um fina camada. Pode ser feita com propósito decorativo ou como tratamento anti-corrosão.

É importante salientar que em cada processo químico aplicado nas peças há a necessidade de enxaguar as peças para que não contamine o tanque subsequente. Segundo Pontes (2000) a lavagem no final de cada processo é responsável pela remoção de eletrólitos que, caso contrário, podem influir na qualidade do recobrimento superficial, alterando suas características mecânicas ou corrosivas. É errado pensar que uma boa lavagem só pode ser realizada com o emprego de um grande consumo de água, é possível uma boa lavagem com uma pequena quantidade de água.

Para tanto, Pontes (2000) há a necessidade de implementar a lavagem em cascata, nela a mesma água é reutilizada e as peças são transportadas contra o fluxo de água. Nesse processo a mesma água lava mais vezes, o consumo de água é menor, e ocorre uma concentração de eletrólitos na água de lavagem entre os estágios. A redução dos custos é, então, devida a dois fatores: 1) A menor quantidade de água

necessária para alcançar altos critérios de lavagem; e 2) O menor tamanho da estação de tratamento de efluentes, devido à menor quantidade de água e ao menor tempo necessário para as reações, graças à maior concentração.

Na concepção desse projeto implementou-se processos de neutralização, decantação e filtração nos processos de lavagem com o objetivo de reduzir o consumo de água. Portanto instalou cinco equipamentos, um investimento de R\$ 250000,00. Toigo *et.al* (2009) corrobora e menciona que as cinco linhas passam por um gradeamento, onde são separados possíveis sólidos, posteriormente seguem para tratamento em um sistema, no qual primeiramente ocorre um tratamento químico, onde, no tanque de reação de água alcalina com cianeto ocorre a oxidação dos efluentes alcalinos contendo cianetos com hipoclorito de Sódio, e no tanque de reação de água ácida com cromatos ocorre a redução dos efluentes ácidos contendo cromatos com metabissulfito de sódio; em seguida as seguem para uma neutralização em relação ao pH da solução, e então para a decantação. O lodo decantado é seco com o calor do sol, gerando o resíduo sólido, que é vendido para uma empresa fabricante de cerâmicas, a água segue para um filtro de areia e carvão ativo, e então pode ser reutilizada no processo.

Segundo Nascimento e Mothé (2007) o lodo é um resíduo sólido gerado no tratamento de efluentes utilizando um tratamento físico-químico com adição de solução de Hidróxido de sódio 50% a pH 8,0-9,0; e adição de polieletrólito aniônico. Neste tratamento ocorre a precipitação de hidróxidos de zinco e ferro que após passagem por um tanque de decantação são bombeados para filtros prensa ou diretamente para leitos de secagem. O resíduo obtido tem predominantemente uma coloração marrom-esverdeada e o teor de umidade varia em torno de 40 a 50%. Conforme NBR 10004 (2004) esse lodo é classificado como resíduo perigoso – Classe 1, isto deve-se, a elevada mobilidade dos metais tais como o cromo, níquel, o cobre e o zinco, presentes nesse resíduo.

3 Exemplo de aplicação

3.1 Apresentação da empresa e do processo produtivo antes e depois da implementação da produção mais limpa

A empresa pesquisada tem atualmente 120 funcionários, é prestadora de serviços de grandes empresas fornecedoras de ferragens, puxadores e conjuntos para banheiros com acabamento em cromo. O serviço prestado pela empresa é especificamente de tratamento de superfícies em peças de latão. Portanto nessa seção apresentar-se-á como era desenvolvido o processo produtivo e como passou a ser depois da implementação da produção mais limpa (Fig. 1 e 2).

1) Recebimento e conferência da quantidade em relação a nota fiscal, antes desembalava-se as peças (plástico bolha), depois passou-se a utilizar colméia a fim de otimizar tempo, reduzir custo com mão de obra direta e principalmente a redução na fonte do consumo de plástico bolha; 2) Monta-se as peças em gancheiras a fim de iniciar o tratamento em cromo; 3) Solução de desengraxe alcalina (hidróxido de sódio), nesse processo objetiva-se extrair os resíduos restantes do processo de polimento; 4) Ácido clorídrico com inibidor de corrosão, visa fazer a ativação do material para receber os acabamentos; 5) Cobreação, a fim de conservar a durabilidade da peça a livrando de possíveis oxidações; 6) Niquelação sobre a superfície preparada com cobre a fim de melhorar a aderência do cromo com o metal, evitando deplacações nas peças; 7) Cromeação à quente, que permite ao final, obtenção do revestimento metálico sobre as peças, podendo apresentar acabamento técnico ou decorativo; 8) Descanso e resfriamento, nessa fase há uma área destinada para a alocação de produtos para o resfriamento antes do processo de embalagem para a destinação de produtos para os clientes.

Nesse processo há a necessidade das etapas de lavagens intermediárias com elevado consumo de água corrente, aproximadamente 3192 M³. O que normalmente ocorre é que nas linhas de produção são inseridos pelo menos dois tanques de lavagens, sendo que o primeiro tanque é de volume estático e o segundo tanque é de água corrente. Durante esse processo ocorre grande consumo de água, além disso, antes eram despejados resíduos líquidos e sólidos no esgoto comum em ciclo aberto. A Tab. 1 mostra o tratamento de efluentes no sistema e o período de descarte dos tanques, tais dados fundamentados na empresa pesquisada.

Tab.1 – Antes e depois da implementação da P+L no sistema galvânico no que tange o consumo de água (Fonte: autores)

Dados por Ano	Antes da implementação despejado no esgoto	Depois da implementação passou a tratar no sistema	Período do descarte, tanques de 20 M ³	Descarte de água no processo	Soma do descarte de água
Resíduos Líquidos (Geração de efluentes à tratar)					
Água contaminada para lavagem	3192 M ³	3192 M ³	contínuo	3192 M ³	3192 M ³
Solução de desengraxe alcalina (hidróxido de sódio)	160 M ³	160 M ³	4 vezes ano	160 M ³	Soma do descarte dos processos químicos: 1120 M ³
Ácido clorídrico com inibidor de corrosão	480 M ³	480 M ³	12 vezes ano	480 M ³	
Cobre	160 M ³	160 M ³	4 vezes ano	160 M ³	
Níquel	160 M ³	160 M ³	4 vezes ano	160 M ³	
Cromo	160 M ³	160 M ³	4 vezes ano	160 M ³	
Total Geral					4312 M³

Portanto percebe-se quatro aspectos importantes que nortearam a decisão de implementação da produção mais limpa nesse sistema produtivo: 1) Destinação indevida de resíduos líquidos e sólidos em ciclo aberto culminando em desperdício econômico e aumento da poluição; 2) Desperdício de plástico bolha; 3) Desperdício de tempo para desembalar e embalar produtos e 4) Possibilidade de otimização da mão de obra direta.

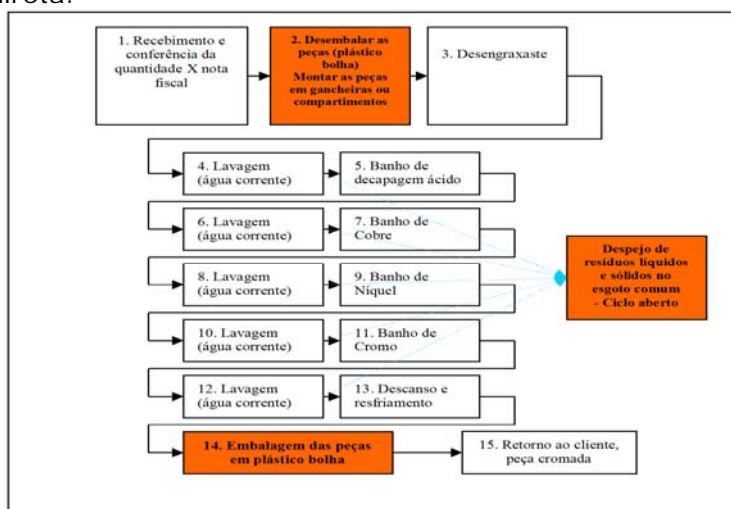


Fig. 1 - Processo de Produção antes da implementação da produção mais limpa (fonte: elaborado pelos autores)

Esse desperdício da água incomodou os dirigentes da organização que decidiram implementar um sistema de lavadores cascata em contra-fluxo no processo de produção a fim de segregar o conjunto ao sistema de troca iônica e passou a circular o efluente do lavador de menor concentração em circuito fechado com retorno ao tanque no processo de produção (Fig. 4).

Nesse processo continuou-se a mesma rotina antes da implementação da produção mais limpa, mas agora com foco na sustentabilidade. A primeira ação tomada após o diagnóstico apresentado em quatro tópicos, decidiu-se pela redução na fonte do plástico bolha, no qual os produtos vinham embalados. Para essa ação desenvolvemos junto a uma empresa especializada colméias para

acondicionamento das peças. Contatou-se também, além da poluição por meio da destinação do plástico bolha no lixo comum, o desperdício de tempo para desembalar e embalar os produtos, chegou-se a conclusão a possibilidade de otimização da mão de obra direta nesse setor.

A segunda ação veio após a constatação sobre a destinação indevida de resíduos líquidos e sólidos em ciclo aberto culminando em desperdício econômico e aumento da poluição. Para essa ação foi investido no sistema de lavadores cascata em contra-fluxo, no qual a água para lavagem passou a ser reutilizada em ciclo fechado por meio da neutralização, decantação e filtração. Diante das três etapas busca-se devolver a água descontaminada para reuso, e os resíduos sólidos são transformados por natureza em lodo úmido, que passou a ser tratado diante do leito de secagem, naturalmente a desidratação e solidificação e destinação para uma empresa de cerâmica.

As vantagens econômicas e ambientais na implementação da produção mais limpa serão mostradas a seguir na seção quatro desse artigo.

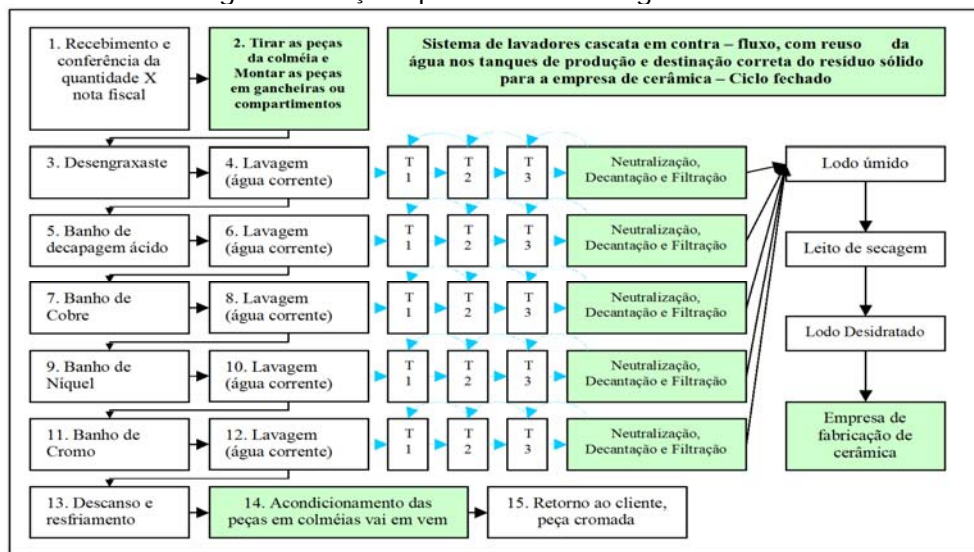


Fig. 2 - Processo de Produção depois da implementação da produção mais limpa (fonte: elaborado pelos autores)

3.2 Metodologia de Pesquisa

Segundo Eisenhardt (1989) o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa focada em compreender a dinâmica presente em cada cenário. Estudos de caso normalmente combinam métodos de coleta de dados, como arquivos, entrevistas, questionários e observações. As evidências podem ser qualitativas (por exemplo: palavras), quantitativas (por exemplo: números), ou ambas. Yin (2003) relata que desta maneira é possível criar as condições adequadas para a compreensão, a contestação ou a confirmação da teoria, sendo um elemento chave para estudos exploratórios. Gil (2002) complementa que a pesquisa exploratória desenvolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) levantamento de dados técnicos sobre o estudo pesquisado; (c) análise e apresentação de exemplos que estimulem a compreensão.

Segundo Bogdan e Biklen (1992) a observação participante e a entrevista semi estruturada são os instrumentos mais comuns da pesquisa qualitativa e que melhor apresentam suas características. Por meio desta é possível compreender “a importância da linguagem e das histórias na vida de uma pessoa como meios para seu conhecimento e sua compreensão” (SEIDMAN, 1991). Com os dados coletados na entrevista foi possível determinar a quantidade de materiais reusados e destinados corretamente, não sendo dispostos no meio ambiente dando origem ao

estudo sobre as vantagens ambientais, que serão mensuradas pelo método Wuppertal (2008).

O método, desenvolvido pelo Instituto Wuppertal, pode avaliar as mudanças ambientais associadas à extração de recursos de seus ecossistemas naturais. Desta forma, para suprir com um fluxo de material um sistema, uma quantidade maior de material foi previamente processada em vários compartimentos ambientais. Os compartimentos são classificados em: abiótico, biótico, água e ar. Segundo Odum (1998) o ecossistema é composto de compartimentos bióticos e abióticos com interação entre si, o compartimento biótico consiste no conjunto de todos os organismos vivos como plantas e decompositores, o compartimento abiótico é o conjunto de fatores não vivos de um ecossistema, mas que influenciam no meio biótico, consiste na temperatura, pressão, pluviosidade de relevo, entre outros. A quantidade total de material de cada compartimento que foi processado para suprir um dado material denomina-se Intensidade de Material. Para determinar a Intensidade de Material, o fluxo de entrada de massa (expresso nas unidades correspondentes) é multiplicado pelo fator MIF (mass intensity factors) que corresponde à quantidade de matéria necessária para produzir uma unidade de fluxo de entrada. Os valores de MIF usados no presente trabalho estão na Tab. 1.

A descrição da Tab. 2 foi obtida no processo de caracterização do lodo, “desenvolvida por meio da análise quantitativa em espectrometria de fluorescência. A amostra foi aquecer o lodo a uma temperatura de 110°C por 48 horas, simulando a fabricação do piso” (BASEGIO, VILLANOVA e BERGMANN, 2007). Os demais dados apontados são resultantes da eliminação de embalagem e redução de energia elétrica. Para a redução de energia elétrica a ação tomada pela empresa foi o investimento em motores trifásicos com selo PROCEL com inversores de frequência de economia de energia. O selo Procel tem por objetivo indicar os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética do mercado, proporcionando assim economia de energia elétrica. Os inversores de frequência são equipamentos de baixo custo para o controle da velocidade de motores de indução trifásicos, o que gera uma economia de energia sem prejudicar a qualidade final do sistema. A grande vantagem de utilização de inversores é que além de gerar economia de energia também reduz o custo de instalação do sistema. É importante salientar que alguns componentes oriundos do resíduo sólido não fazem parte dos estudos do *Wuppertal Institute for Climate, Environment e Energy*, sendo assim estudou-se a similaridade dos componentes. Outro aspecto relevante da Tab. 2 é a apresentação quantitativa do volume de resíduos gerados por ano.

Tab. 2 –Resíduos gerados por ano e os Fatores de Intensidade de Material usados no presente trabalho.

Descrição	Resíduos gerados por ano	Fatores de Intensidade de Material (MIF)				
		Fonte	Material Abiótico	Material Biótico	Água	Ar
Água	3783,78 M ³	Germany	0,01		1,3	0,001
Oxido de cromo similar aço inoxidável	87,29 Ton.	Europe	17,94		240,3	3382
Oxido de alumínio	54,40 Ton.	Germany	8,61		110,6	1150
Trióxido de enxofre similar ácido sulfúrico	43,63 Ton.	Germany	0,25		4,1	0,7
Oxido e nitrato de cálcio	40,62 Ton.	Germany	5,48		39,3	2190
Oxido de magnésio similar a pedra calcária	32,37 Ton.	Germany	1,66		9,7	0,06
Hidróxido de sódio	15,49 Ton.	Europe	2,76		90,3	1,064
Dióxido de silício ou quartzo	10,90 Ton.	Germany	1,42		1,4	0,03
Oxido de cádmio similar níquel	10,64 Ton.	Germany	141,29		233,33	40,825
Oxido de ferro	8,54 Ton.	World	21,58		504,9	5,075
Cloro	4,92 Ton.	Europe	3,84		100,9	1,091
Oxido níquelar similar ferro níquel	4,27 Ton.	Germany	60,33		615,9	9726
Oxido de potássio	1,65 Ton.	World	5,69			
Dióxido de titânio similar a pedra calcária	1,00 Ton.	Germany	1,66		9,7	0,06
Oxido de cobre	4,27 Ton.	World	179,07		236,39	1,16
Oxido de zinco	2,07 Ton.	Germany	22,18		343,7	2282
Oxido de estanho	0,87 Ton.	Germany	8486		10958	149
Oxido de chumbo	0,48 Ton.	World	15,6			
Plástico Bolha	1,2 ton	Europe	3,01		167,6	1,84
Energia Elétrica	607,5 kWh	Germany	2,67		37,9	0,64

Em seguida apresentar-se-á as vantagens econômicas e ambientais da implementação da Produção Mais Limpa na linha galvânica.

4 Resultados e discussão

3.1 Vantagens econômicas na implementação da produção mais limpa na planta galvânica

Na Tab. 3 é possível verificar que por ano a empresa passou a economizar: 1) 3783,78 M³ de água, que corresponde a R\$ 71.148,00; 2) venda de 323,4 Toneladas de lodo seco para empresa especializada de fabricação de cerâmica pelo valor de R\$ 50.000,00; 3) deixou de utilizar 1,2 toneladas de plástico para embalagem, que corresponde a R\$ 2.500,00; além disso, 4) reduziu 607,5 kWh de energia elétrica devido ao sistema implementado que reduz em 30%, com vantagem econômica de R\$ 2.332,80 e 5) minimizou 2100 horas/ homem, que corresponde a R\$ 18.660,00 devido a redução de três funcionários, valor em reais + encargos calculados ao ano para o processo de embalagem.

A organização investiu em equipamentos para neutralização, decantação e filtração o montante de R\$ 250.000,00 e comprou colméias vai e vem para substituir o uso do plástico bolha no valor de R\$ 1.200,00. O total investido foi de R\$ 251.200,00 e a vantagem econômica por ano é de R\$144.640,8. Sendo assim a estimativa do período de retorno sobre o investimento consiste em 1 ano e 9 meses, após esse período a organização terá um aumento na receita anual equivalente a R\$144.640,8.

Tab. 3 – Vantagem econômica, investimento e retorno sobre o investimento da implementação da P+L na empresa galvânica (Fonte: autores)

Dados por Ano	Antes da implementação despejado no esgoto	Depois da Implementação passou a tratar no sistema	Reuso e redução	Custo antes da implementação	Custo depois da implementação	Estimativa de redução/ ganho em R\$
Processo de decantação, neutralização e filtração						
Total de resíduo líquido	4312 M ³	4312 M ³	0	R\$ 0,00	R\$ 250.000,00	R\$ 0,00
Total de lodo úmido gerado	392,392 M ³	392,392 M ³	0			
Total de resíduo sólido após secagem	323,40 Ton	323,40 Ton	0			
Perda Total de água no processo	135,828 M ³	135,828 M ³	0			
Volume de água reaproveitada	0	3783,78 M ³	3783,78 M ³	R\$ 71.148,00	R\$ 0,00	R\$ 71.148,00
Resíduo Sólido Gerado no processo eletrolítico (Lodo em Ton.)						
Total de resíduos sólidos gerados e vendidos para empresa de fabricação de cerâmica	323,4 Ton	323,4 Ton	0	0	0	R\$ 50.000,00
Resíduo Sólido Gerado no processo de embalagem (Ton)						
Plástico bolha	1,2 ton	1,2 ton	1,2 ton	R\$ 2.500,00	R\$ 0,00	R\$ 2.500,00
Compra de colméias				R\$ 0,00	R\$ 1.200,00	R\$ 0,00
Outros						
Energia elétrica	2025 kWh	1417,5 kWh	607,5 kWh	R\$ 7.776,00	R\$ 5.443,20	R\$ 2.332,80
Otimização do tempo da Mão de Obra	2700 horas/homem	600 horas/homem	2100 horas/homem	R\$ 23.991,43	R\$ 5.331,43	R\$ 18.660,00
					R\$ 251.200,00	R\$ 144.640,80
Estimativa de retorno					Investimento	redução
Após quitar o investimento terá a vantagem econômica por ano de:					1 ano e 9 meses	
					R\$ 144.640,80	

3.2 Vantagens ambientais na implementação da produção mais limpa na planta galvânica

Na soma total de materiais, considera-se todos os produtos que não são dispensados no meio ambiente de maneira negligente, inclui o reuso de água e a destinação adequada do resíduo sólido, por meio dessa ação reduziu-se o impacto ambiental. A empresa informou o total de Massa em Material (MM) por mês que foi

destinado corretamente. Para determinar a Intensidade de Material, o fluxo de entrada de massa (expresso nas unidades correspondentes) é multiplicado pelo fator MIF (mass intensity factors) que corresponde à quantidade de matéria necessária para produzir uma unidade de fluxo de entrada. Os valores de MIF usados no presente trabalho estão na Tab. 1. Por exemplo: $MM * MIF$

Na Tab. 4 apresenta-se o fator de intensidade por material, visando destinação correta. A representatividade do reuso de água, redução de energia elétrica e venda do resíduo sólido gerado do lodo soma-se 14.245,92 toneladas de materiais no compartimento abiótico, isto é, contribui com a sustentabilidade no que tange o aquecimento global, o desgaste da camada de ozônio, a pressão atmosférica, etc. Deixa de poluir a água com 79.855,54 toneladas e 494.015,64 toneladas no ar.

Tab. 4 – Vantagem ambiental da implementação da P+L na empresa galvânica (Fonte: autores)

Descrição	Fonte	Fatores de Intensidade de Material (MIF)			
		Material Abiótico	Material Biótico	Água	Ar
Água	Germany	37,84		4918,91	3,78
Oxido de cromo similar aço inoxidável	Europe	1565,90		20974,74	295200,10
Oxido de alumínio	Germany	468,35		6016,18	62555,26
Trióxido de enxofre similar ácido sulfúrico	Germany	10,91		178,87	30,54
Oxido e nitrato de cálcio	Germany	222,59		1596,33	88955,70
Oxido de magnésio similar a pedra calcária	Germany	53,74		314,01	1,94
Hidróxido de sódio	Europe	42,75		1398,82	16,48
Dióxido de silício ou quartzo	Germany	15,48		15,26	0,33
Oxido de cádmio similar níquel	Germany	1503,31		2482,60	434,37
Oxido de ferro	World	184,24		4310,72	43,33
Cloro	Europe	18,88		495,99	5,36
Oxido níquelar similar ferro níquel	Germany	257,54		2629,20	41519,13
Oxido de potássio	World	9,38		0,00	0,00
Dióxido de titânio similar a pedra calcária	Germany	1,66		9,72	0,06
Oxido de cobre	World	764,43		1009,12	4,95
Oxido de zinco	Germany	45,91		711,38	4723,19
Oxido de estanho	Germany	7409,81		9568,31	130,10
Oxido de chumbo	World	7,57		0,00	0,00
Plástico Bolha	Europe	3,61		201,12	2,21
Energia Elétrica	Germany	1622,03		23024,25	388,80
Somatório por compartimento		14.245,92		79.855,54	494.015,64
		Somatório geral em Massa			588.117,11

3.3 Confrontando vantagens econômicas com vantagens ambientais

A comercialização de 323,40 toneladas de resíduos sólidos para empresa especializada de fabricação de cerâmica, mais 3783,78 M³ de água, mais 1,2 toneladas de eliminação na fonte no consumo de plástico bolha (soma dos materiais economizados (ME), transformidade em tonelada, que corresponde a 4108,38 toneladas) para esse cálculo não utilizou-se os dados sobre redução de energia elétrica. Os benefícios financeiros é de R\$ 144.640,80 e os ganhos ambientais considera-se a soma dos materiais de todos os compartimentos (MTC) é de 588.117,11. Se for definida a razão (Material Economizado (ME) / Dinheiro Economizado (DE)), ele muda de 0,028 toneladas considerando só os materiais reaproveitados para 4,06 toneladas quando é considerado os Materiais de Todos os Compartimentos (MTC). No primeiro caso, cada real economizado corresponde a 0,028 toneladas de material. Quando se considera a escala global, por cada real, há um benefício de 4,06 toneladas de material que não é modificado nem retirado dos ecossistemas.

5 Conclusões

Esse artigo mostrou a implementação da Produção Mais Limpa em uma planta galvânica. Na concepção do projeto a organização investiu R\$ 250.000,00 na implementação de um sistema de lavadores cascata em contra-fluxo no processo de produção reduziu o consumo de 3783,78 M³ de água no processo produtivo, reduzindo custos de R\$ 71.148,00 por ano. Todos os equipamentos adquiridos foram com motores trifásicos com selo PROCEL e com inversores de frequência

para a redução de 607,5 kWh de energia elétrica, resultando em um ganho econômico por ano de R\$ 2.332,80.

Além do reuso da água em ciclo fechado, a organização passou a destinar de maneira adequada os resíduos sólidos após a secagem do lodo um total de 323,40 toneladas por ano. O empresário da organização com consciência ambiental decidiu vender os resíduos para uma empresa especializada em fabricação de cerâmica por R\$ 50.000,00 por ano, além disso, outra ação importante é a eliminação de 1,2 toneladas de plástico bolha no processo de embalagem, para essa ação, investiu-se R\$ 2500,00 na compra de colméias vai e vem, com isso, otimizou o tempo de embalagem, reduzindo a necessidade de 2100 horas/ homem que corresponde a R\$ 18.660,00. É importante salientar que o empresário precisa inserir em suas decisões as práticas ambientais, muitas vezes é possível investir em novas tecnologias, melhorar processos, reduzir custos e principalmente pensar nas gerações futuras. Os resultados deste estudo apontam vantagem econômica de R\$ 144.640,80 por ano, em contrapartida o investimento foi de R\$ 251.200,00. Além disso, é possível mensurar o retorno sobre o investimento que consiste em 1 ano e 9 meses, após esse período a organização terá um aumento na receita anual equivalente de R\$144.640,8.

Esse estudo apresentou vantagem ambiental, 14.245,92 toneladas de materiais no compartimento abiótico, isto é, contribui com a sustentabilidade no que tange o aquecimento global, o desgaste da camada de ozônio, a pressão atmosférica, etc. Deixa de poluir a água com 79.855,54 toneladas e 494.015,64 toneladas no ar. Ao considerar a soma dos materiais de todos os compartimentos (MTC), temos: 588.117,11. Se for definida a razão (Material Economizado (ME) /Dinheiro Economizado (DE)), ele muda de 0,028 toneladas considerando só os materiais reaproveitados para 4,06 toneladas quando é considerado os Materiais de Todos os Compartimentos (MTC). No primeiro caso, cada real economizado corresponde a 0,028 toneladas de material. Quando se considera a escala global, por cada real, há um benefício de 4,06 toneladas de material que não é modificado nem retirado dos ecossistemas. Os resultados mostraram que é possível conquistar vantagem econômica e vantagem ambiental na implementação da P+L em uma rede galvânica, constatou-se que as vantagens ambientais são mais relevantes.

4 Referências

- Associação brasileira de Normas Técnicas: NBR 10004, 2004. Resíduos Sólidos – Classificação.
- BASEGIO, T.M; VILLANOVA, D.L; BERGMAN, 2007 C.P. Obtenção de produtos cerâmicos convencionais a base de lodo galvânico. 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Salvador BA.
- BOGDAN, Robert, BIKLEN, Sari , 1992. Qualitative Research for Education: an Introduction to Theory and Methods. 2nd. ed. Boston: Allyn and Bacon.
- EISENHARDT, K. M, 1989. Building Theories from Case Study Research. Academy of Management Review, v. 14, n. 4, P. 522-550.
- GIANNETTI, B.F. ALMEIDA, C.M.B.V, 2006 *Ecologia Industrial: Conceitos, ferramentas e aplicações*. São Paulo, Editora Edgard Blücher.
- GIL, A.C, 2002. Como elaborar projetos de pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas.
- GUNTHER, W.M.R, 2000 *Minimização de resíduos e educação ambiental*. In: Seminário Nacional de resíduos sólidos e limpeza pública, 7. Curitiba, 2000. Anais. Curitiba.
- NASCIMENTO, T.C.F; MOTHÉ, C.G, 2007 Gerenciamento de resíduos sólidos industriais. Revista analytica, nº 27, Fevereiro/Março.
- ODUM, E.P, 1998, Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan SA.
- ONIDO, 2006. Projeto programa piloto para a minimização dos impactos Gerados por resíduos perigosos. Minas Gerais.
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos. Subemenda Substitutiva Global de Plenário ao Projeto de Lei nº 203, de 1991, e seus apensos. Acesso em 09 out. 2010 Disponível em:

<<http://www.revistasustentabilidade.com.br/reciclagem/reciclagem/documentosinteressante/relatorio-final-da-politica-de-residuos>>.

PONTES, Haroldo de Araújo, 2000 Tratamento líquido de efluentes de galvanoplastia. Paraná: Departamento de Engenharia Química.

SANTOS, M. S. Bijouterias – CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental, 2005.

SEIDMAN, I. E, 1991 Interviewing as Qualitative Research. A Guide for Researchers in Education and the Social Sciences. New York: Teachers College/Columbia University Press.

SENAI.RS, 2003 *Implementação de Programas de Produção mais Limpa*. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENA-RS/UNIDO/INEP.

TOIGO, J.A; SANTOS, M.R; COELHO, T.M , 2009 Estudo sobre destinação adequada aos resíduos, sólidos e gasosos gerados no processo de galvanoplastia da indústria I.T. Encontro de Produção Científica e Tecnológica IV IPCT.

UNIDO/UNEP, 1995 Manual (a). *Cleaner Production Assesment Manual. Part One. Introduction to Cleaner Production*. Draft, 30 June.

WUPPERTAL, Institute. [accessed April 2008]. Calculating MIPs, resources productivity of products and services. Available from: http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiberitrag/MIT_v2.pdf.

YIN, R. K, 2003. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. São Paulo: Bookman.

YUKSEL, H, 2007. Na empirical evaluation of clean production practices in turkey. *Journal of Clean Production* 16S1.pp 50-57.