

UNIVERSIDADE PAULISTA

Implementação de programa de  
melhoria de desempenho  
ambiental numa empresa de  
semijóias

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de  
Produção da Universidade Paulista – UNIP  
para a obtenção do Título de Mestre.

Izabel Roberta Silva

SÃO PAULO

2004

UNIVERSIDADE PAULISTA

Implementação de programa de  
melhoria de desempenho  
ambiental numa empresa de  
semijóias

Dissertação apresentada ao Programa de  
pós-graduação em Engenharia de  
Produção da Universidade Paulista – UNIP  
para a obtenção do Título de Mestre.

Área de concentração: Produção e Meio  
Ambiente.

Linha de pesquisa: Produção mais Limpa e  
Ecologia Industrial.

Prof. Dr. Biagio F. Giannetti

SÃO PAULO

2004

*Faça o necessário, depois o possível.  
E de repente você estará fazendo o impossível.  
São Francisco de Assis*

*Dedico este trabalho a meus pais  
Roberto e Marlene e à minha irmã  
Daniela, por serem exemplos de  
dedicação, simplicidade e sabedoria.*

## **Agradecimentos**

À meu orientador, Prof. Dr. Biagio F. Giannetti, pelos ensinamentos passados, confiança e ajuda em momentos críticos.

À prof. Dra. Cecília M. V. B. Almeida pelas observações feitas para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos diretores da *NG Group*, Ronaldo Nickel e Nelson Gallon pelo apoio e responsabilidades confiadas à mim, desafios que me ajudou a crescer como profissional e como pessoa.

À meu eterno amigo Rinaldo Gadioli pelo incentivo e respeito a mim e a meu trabalho.

À minhas amigas, Judite e Zélia, pela disponibilidade, ajuda e companheirismo.

A todos meus amigos da *NG Group*, em especial Renato Nickel e Maria Fernandes por acreditarem no meu trabalho.

Aos colegas da UNIP pela paciência, incentivo e conselhos.

Aos funcionários da secretária de pós-graduação da UNIP.

Aos funcionários da biblioteca da CETESB.

A Deus pela vida e por ser minha fortaleza nos momentos mais difíceis da minha vida.

## Sumário

Lista de figuras	
Lista de tabelas	
Lista de abreviações	
Resumo	
Abstract	
1. Introdução	
1.1 Apresentação.....	1
1.2 Objetivo.....	2
2. Fundamentos experiências em produção mais limpa	
2.1 Sistema de Gestão Ambiental.....	3
2.1.1 Micro e Pequenas Empresas.....	6
2.2 Produção mais Limpa.....	8
2.2.1 Metas da P+L .....	11
2.2.2 Vantagens da P+L.....	12
2.3 Gerenciamentos dos resíduos por meio da redução, reutilização e reciclagem.....	12
2.4 Experiências em Produção mais Limpa em indústrias de bijuterias.....	14
2.4.1 Otimização de sistema de lavagem de peças com  chuveiro .....	15
2.4.2 Recuperação dos banhos de ativação ácida.....	16
2.4.3 Recuperação dos banhos de desengraxante eletrolítico.....	16
3. A empresa em estudo	
3.1 Característica da empresa estudada.....	17
3.2 Mercados atuantes.....	18
3.3 A NG Group e o meio ambiente.....	18
3.4 Produtos Fabricados.....	19
3.5 Etapas do processo de fabricação da semijóia.....	20
3.5.1 Recursos empregados.....	20
3.5.2 Etapas terceirizadas.....	21

3.5.3 Visão geral do processo de fabricação da semijóia pela NG Group.....	22
3.5.4 Etapas para eletrodeposição de metais preciosos.....	24
4. Metodologia e Resultados	
4.1 Metodologia.....	31
4.1.1 Identificação dos períodos em estudo.....	31
4.1.2 Identificação dos tipos de resíduos sólidos gerados por setor.....	
4.1.3 Coleta e tratamento dos dados.....	33
4.2 Resultado.....	35
4.2.1 Resíduos sólidos inertes.....	35
4.2.2 Resíduos líquidos tóxicos.....	46
4.2.3 Redução do consumo de energia elétrica.....	51
5. Discussão.....	
6. Conclusão.....	56
7. Trabalhos futuros.....	57
Bibliografia.....	58

## Lista de figuras

- Figura 1 – Sistema de Gestão ambiental, objetivando a melhoria contínua
- Figura 2 – Representação das possíveis ações de P+L no processo industrial
- Figura 3 – Ações prioritárias para o gerenciamento de resíduos
- Figura 4 – Fluxograma interno das peças
- Figura 5 – Etapas para o tratamento de superfície de semi-jóias
- Figura 6 – Etapas de utilização de embalagens
- Figura 7 – Etapas de reutilização de embalagens plásticas entre setores
- Figura 8 – Fluxo da utilização e reutilização de alfinetes entre setores

## Lista de tabelas

- Tabela 1 – Vantagens do Programa de Melhoria do Desempenho ambiental
- Tabela 2 – Comparativos entre os sistemas convencionais de produção e os de Produção mais Limpa
- Tabela 3 – Identificação da geração de resíduos sólidos por setores referentes a 2001 e 2002
- Tabela 04 - Índice mensal da geração de resíduos sólidos inertes destinados à venda para empresas coletoras de materiais recicláveis e valores arrecadados
- Tabela 5 – Possibilidades de redução e reutilização de embalagens plásticas
- Tabela 6 – Índice mensal da geração, valor de compra e ganhos com a redução, reutilização e reciclagem de embalagens plásticas em 2002
- Tabela 7 – Índice mensal de consumo de caixas de alfinetes. Comparativo entre os ganhos proporcionados pela reutilização e possível venda.
- Tabela 8 – Índice mensal do consumo de sacos de lixo e valores monetários para compra
- Tabela 9 – Índice mensal consumido, valor de compra e ganhos proporcionados pela redução do desengraxante em 2001 e 2002.
- Tabela 10 – Índice mensal do consumo, valor de compra e ganhos proporcionados pela redução no consumo de água em 2002
- Tabela 11 – Índice mensal da geração, valores ganhos e investimentos



feitos para o aumento da eficiência da vida útil do eletrólito de cor final  
 Tabela 12 – Índice mensal consumido, valores gastos e ganhos com  
 O rodízio de trabalho das resistências elétricas.

### Lista de abreviações

CETESB.....	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
E.T.E.....	Estação de Tratamento de Efluentes
EPA.....	Environmental Protection Agency
IMG - RSI.....	Índice mensal da geração – resíduos sólidos inertes
IGR – EP.....	Índice mensal da geração - embalagens plásticas
IMC – RSI (CA)..	Índice mensal da geração - resíduos sólidos (caixas de alfinetes)
IMC – (EAL).....	Índice mensal do consumo (embalagens para acondicionamento do lixo)
IMC – (D).....	Índice mensal do consumo (desengraxante)
IMC – (A) .....	Índice mensal do consumo (água)
IMG – (ECF).....	Índice mensal da geração (eletrólitos de cor final)
IMC – (EE) .....	Índice mensal do consumo (energia elétrica)
P+L .....	Produção mais Limpa
PVC.....	Policloreto de vinila
PNUMA.....	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
3R's.....	Redução, Reutilização e Reciclagem
SGA .....	Sistema de Gestão Ambiental

## Resumo

Este trabalho enfoca o gerenciamento de resíduos, com objetivo de melhorar o desempenho ambiental numa empresa de semijóias. Para tanto é necessária análise qualitativa e quantitativa dos resíduos estudados. Além do conhecimento da empresa estudada, processos, etapas, rotinas, em fim conhecer o máximo possível, pois as ações implementadas, para melhorar o desempenho ambiental não devem atingir negativamente a empresa com paralisações, mudanças repentinas de insumos e etapas do processo.

As ações implementadas estão baseadas nos conceitos de gerenciamento ambiental e produção mais limpa. Com base nos resultados alcançados com as ações implementadas são realizadas comparações com valores anteriores a implementação e os resultados alcançados por outras empresas do mesmo ramo da empresa estudada. Desta forma pode-se avaliar se houve a melhoria do desempenho ambiental.

Palavras-chave: produção mais limpa, resíduos, redução, reutilização e reciclagem.

## Abstract

This is a research about residues management which the objective is to improve the environment performance in a jewellery company. Quantitative and qualitative residues analysis are necessary to achieve this goal. A great knowledge about the chosen company, its process, stages and routines is essential once the new strategies developed to improve the environment performance can not disturb the company's routine causing paralyzations and sudden changes.

The adopted strategies are based on environment management and cleaner production concepts. The results reached after the strategies implantation are compared with the ordinary values before this process and also compared with other similar companies results. Considering this experience is possible to evaluate the environment performance improvement of this company.

Key-words: cleaner production, residues, reduction, reusing and recycling.

## 1.1 Apresentação

Com a crescente preocupação relativa à escassez dos recursos naturais e com a degradação que o meio ambiente vem sofrendo, as questões ambientais deixaram de ser exclusivas dos ecologistas e passaram a fazer parte do planejamento das ações prioritárias das empresas e de toda a sociedade.

*Mesmo que essas ações não visem diretamente a obtenção de processos e/ou produtos ambientalmente amigáveis, sendo realizadas somente para o cumprimento da legislação ambiental, de forma involuntária as empresas estão contribuindo para que os processos e/ou produtos sejam menos poluentes, com o desenvolvimento de programas ambientais, desta forma tornando as empresas mais competitivas.*

*Independente do ramo de atividade as empresas podem desenvolver programas ambientais, como o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que incluem ações de melhoria do desempenho ambiental por meio de procedimentos como a conservação dos recursos naturais, redução no consumo de insumos, reutilização de materiais, estímulo ao consumo de materiais ambientalmente amigáveis e reciclagem dos materiais que não puderam ser reduzidos ou reutilizados.*

Neste contexto este trabalho descreve a Implementação de Programa de Melhoria de Desempenho Ambiental realizado em uma empresa de semi-jóias<sup>1</sup>, de pequeno porte, situada em São Paulo.

O presente trabalho realizou-se em momentos distintos, caracterizados por mudanças organizacionais ocorridas na empresa em estudo, influenciando a conduta deste trabalho, por meio das novas políticas internas estabelecidas pelos dirigentes. Desta forma os resultados apresentados referem-se a dois períodos, antes e após as mudanças organizacionais.

1. Neste trabalho emprega-se classificação de peças de adorno em função da quantidade de ouro (ou de outros metais preciosos) usado: Consideram-se jóias as peças confeccionadas empregando, na sua maior parte, metais preciosos. Nas semijóias o material base não é precioso, mas possui espessura considerável da camada de metal (como ouro ou prata e ródio), entre 1,5 a 6,0  $\mu\text{m}$ . Bijuterias são peças que possuem espessura da camada de metal precioso abaixo de 1,5  $\mu\text{m}$ .

O primeiro período é caracterizado pela iniciativa dos funcionários em gerar um fundo extra para auxiliar em trabalhos sociais, por meio da venda de materiais sólidos recicláveis, de fácil coleta.

Com novas políticas de trabalho estabelecidas pelos dirigentes, após as mudanças organizacionais, deu-se início ao segundo período caracterizado neste trabalho. Este período está compreendido no segundo semestre de 2002. É caracterizado pelo levantamento geral dos resíduos gerados pela empresa em todos seus setores, com o objetivo de minimizá-los na fonte, e sempre que possível reutilizá-los.

## **1.2 Objetivo**

### *Objetivo Geral:*

- Melhorar o desempenho ambiental numa empresa de semijóias, fazer a sua avaliação com índices de desempenho de consumo/geração e ganhos econômicos.

### *Objetivos Específicos:*

- Avaliar oportunidades de aplicação dos conceitos de Sistema de Gestão Ambiental, Produção Mais Limpa e de Redução, Reutilização e Reciclagem de Resíduos.
- Implementar as oportunidades das boas práticas de melhoria de desempenho ambiental e mensurá-las.
- Por meio de indicadores de consumo/geração determinar os ganhos ambientais.
- Determinar os benefícios econômicos proporcionados pela implementação do programa de melhoria de desempenho ambiental.

Este capítulo aborda os conceitos para um melhor entendimento das ações aplicadas na empresa estudada, mas que não compromete a análise e entendimento dos resultados, caso o leitor não o leia. Dentro dos conceitos apresentados neste capítulo estão o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), Produção mais Limpa (P+L) e Redução, Reutilização e Reciclagem (3R's). Também, apresenta experiências de Produção mais Limpa (P+L), realizadas pela CETESB [1], em indústrias de semijóias do município de Limeira.

## **2.1 Sistema de Gestão Ambiental (SGA)**

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) consiste em um conjunto de medidas e procedimentos bem-sucedidos que, se adequadamente aplicados, permitem reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente [2].

*O SGA provê ordenamento e consistência para que as organizações abordem suas preocupações ambientais por meio da destinação de recursos, definição de responsabilidades e avaliação contínua de práticas (processo de aprimoramento do SGA, visando atingir melhorias no desempenho ambiental global de acordo com a política ambiental da organização), procedimentos e processos. O SGA é parte integrante do sistema de gestão global de uma organização e sua concepção consiste em um processo dinâmico e interativo. A estrutura, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para a implementação de políticas, objetivos, e metas ambientais podem ser coordenados com os esforços existentes em outras áreas (por exemplo: operações, finanças, qualidade, saúde ocupacional e segurança do trabalho) [3].*

*A figura 1 mostra o ciclo de aplicação da gestão ambiental na busca da melhoria contínua das condições ambientais em uma organização, por meio da implementação de um SGA. A gestão ambiental requer, como premissa, o comprometimento da alta direção para definir uma política ambiental clara e objetiva das atividades que a empresa desenvolve com relação ao meio ambiente.*

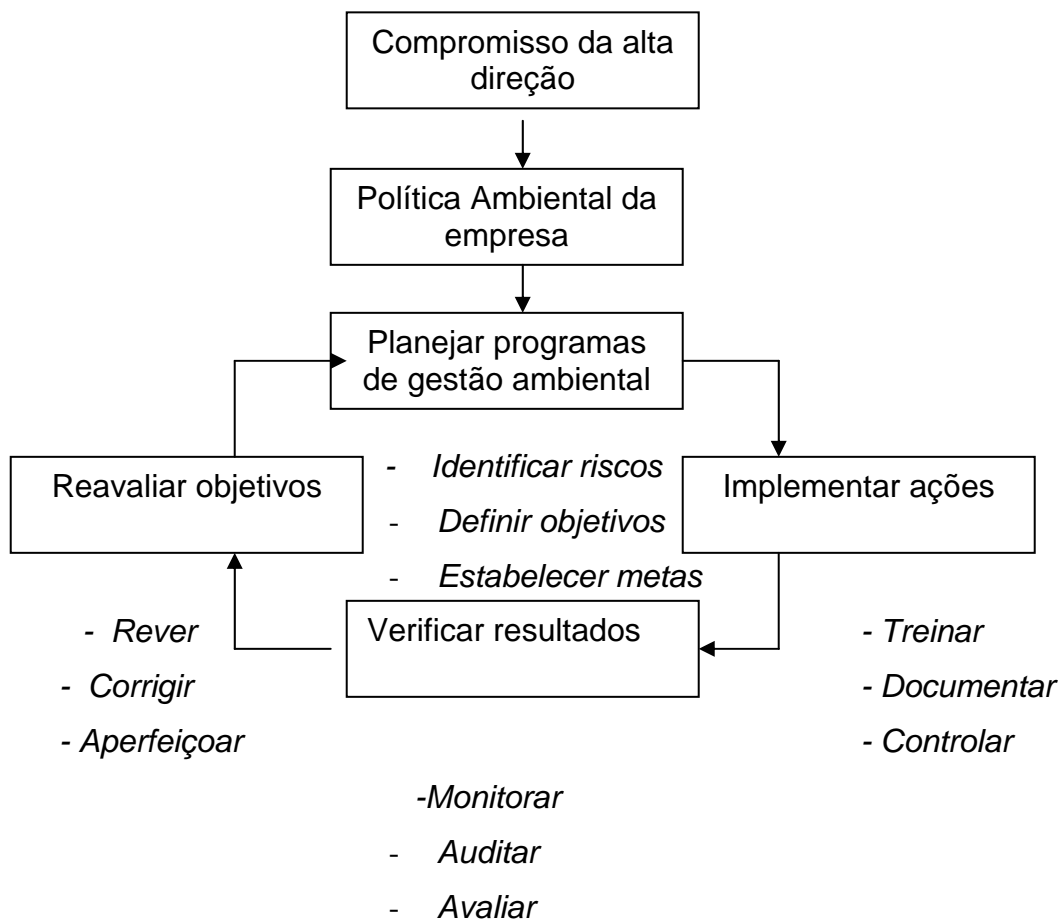


Figura 1 – Sistema de gestão ambiental objetivando a melhoria contínua [2].

Os conceitos que envolvem o SGA, não são normativos para todas as organizações que o adotarem, cada uma definirá sua política gerencial, com os conceitos adaptados à sua realidade, podendo haver a criação de normas internas, sem que sejam reconhecidas por órgãos responsáveis, mas que podem ser divulgadas ao público.

Podendo ser aplicado em qualquer área, social ou empresarial o SGA pode auxiliar à empresa a [4]:

- *Identificar e controlar os aspectos, impactos e riscos ambientais relevantes à organização.*
- *Atingir uma política ambiental, seus objetivos e metas, incluindo o cumprimento da legislação ambiental.*
- *Definir uma série básica de princípios que guiem a abordagem da organização em relação às responsabilidades ambientais.*

- *Estabelecer metas de curto, médio e longo prazo para o desempenho ambiental, assegurando o equilíbrio dos custos e benefícios.*
- *Definir e documentar tarefas, responsabilidades, autoridades e procedimentos específicos para assegurar que cada funcionário haja no curso de seu trabalho diário para ajudar a minimizar ou eliminar o impacto negativo da empresa no meio ambiente.*
- *Comunicar todas as atividades desenvolvidas, treinamento pessoal para o cumprimento dos compromissos.*
- *Medir o desempenho em relação a padrões e metas pré-estabelecidas, modificando a abordagem feita, se necessário.*

*A implementação do SGA pode ocasionar mudanças, portanto a empresa que decidir implementá-lo deverá estar preparada para rever seus processos, produtos, capacitação dos recursos humanos e seu modo de atuação em relação ao meio ambiente.*

*Um SGA não só auxilia a proteger a saúde dos trabalhadores e o meio ambiente dos impactos das atividades industriais, mas também auxilia a indústria a equilibrar seus interesses econômicos e industriais. Pois na atual globalização comercial o SGA pode contribuir para [4]:*

- *Melhorar o preço de venda dos produtos e/ou serviços que utilizam em seu marketing a imagem ambiental como fator de valorização.*
- *Reduzir custos de produção pela correta utilização dos insumos, matérias-primas e recursos naturais, por meio de ações de redução, reutilização e reciclagem, eliminando acidentes e adotando os princípios da ecoeficiência.*

*A conquista de novos mercados e a melhoria do desempenho ambiental também são algumas das vantagens que o SGA oferece para as empresas. Os resultados são refletidos em ganhos econômicos alcançados pela redução e reutilização de materiais. Por parte da sociedade está surgindo uma classe de consumidores preocupados com o meio ambiente, preferindo consumir produtos mais amigáveis ao meio ambiente, além da abertura de novos postos de empregos, proporcionados pela reciclagem, como exposto na tabela 1. Mas esse conjunto de vantagens só terá êxito se, governos,*

*empresas e a sociedade, colaborarem conscientizando-se que independente da classe social, cultural ou econômica, todos exercem forte influência sobre o meio ambiente.*

Tabela 01 - Vantagens do programa de melhoria de desempenho ambiental I

Meio Ambiente	Empresa	Sociedade
Conservação de reservas naturais, por meio da reutilização de materiais e pela fiscalização por órgãos ambientais.	Economia de custos pela reutilização de materiais, promoção de marketing diferenciado, criação de uma “imagem verde”. Facilidade de acesso a financiamentos.	Abertura de novos empregos por meio do mercado de recicláveis. Confiança que as empresas da região não são poluidoras.
Redução da poluição global.	Estar em conformidade com as leis ambientais vigentes.	Incentivo a aquisição de produtos mais amigáveis ambientalmente e a disposição final correta dos resíduos.

### 2.1.1 Micro e pequenas empresas e o SGA

*O SGA pode ser utilizado por empresas de qualquer porte. Entretanto, a importância das micros, pequenas e médias empresas vem sendo crescentemente reconhecida pelos governos e meios empresariais [3].*

*As micros e pequenas empresas contribuem com um volume bem representativo da produção de bens no Brasil, que dentro de sua diversidade regional e cultural detém grande potencial para as mudanças favoráveis ao meio ambiente, transformando as restrições e ameaças ambientais, como por exemplo casos de acidentes ambientais, uso irregular ou desnecessário de produtos tóxicos, em oportunidades de negócios [4].*

*Cada empresa desenvolve sua política ambiental seguindo diretrizes que as enquadram nos seguintes itens [4]:*



- *Conformidade ambiental, quando a empresa se limita a atender a legislação vigente.*
- *Desempenho ambiental, quando a empresa voluntariamente desenvolve um SGA ou um programa de melhoria ambiental prevenindo possíveis problemas que possam decorrer de seu o processo produtivo ou de seus produtos.*
- *Estratégias ambientais competitivas são estratégias que a empresa adota visando diferenciar-se no mercado, além das exigências de órgãos controladores ou legislativos.*

*As empresas podem estabelecer sua política ambiental em três diferentes níveis, de acordo com seus interesses e possibilidades como [4]:*

1. *Implementação de um programa de melhoria de desempenho ambiental;*
2. *Implementação de SGA;*
3. *Certificação na série ISO 14000.*

As organizações estão sendo levadas a implementarem políticas ambientais mais severas, devido à pressão exercida tanto por entidades nacionais quanto estrangeiras, visando atender às necessidades ambientais. Tais políticas ambientais englobam características de empresas [4]:

- *Exportadoras ou fornecedoras de componentes para exportação que precisam atender os padrões internacionais de produção, por exigência do consumidor estrangeiro.*
- *Voltadas para consumidores que a cada dia estão mais conscientes dos efeitos provocados por processos produtivos inadequados, preferindo produtos de melhor qualidade e amigáveis ao meio ambiente.*

Internamente as organizações, estão cada vez mais atentas na relação que existe entre os custos fixos de produção (especialmente água e energia elétrica), danos ambientais e segurança do funcionário com a política ambiental adotada. Com o SGA implementado o meio ambiente, as empresas e a sociedade são beneficiados em todas suas classes.

*A não implementação do SGA pode levar, em alguns casos, a situações irreversíveis para as empresas, que podem até ter suas atividades encerradas pelos órgãos competentes, resultado das deficiências que o processo produtivo possa apresentar. A empresa infratora perde mercado (desde que suas irregularidades sejam de conhecimento do público), pois a imagem de seus produtos ficará abalada. Perde em lucratividade porque há um consumo excessivo dos recursos naturais, da matéria-prima e dos insumos que são empregados durante o processo.*

## **2.2 Produção mais Limpa (P+L)**

Produção mais Limpa (P+L) implica na aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, com o objetivo de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, com a não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo [5].

Segundo o PNUMA [6] o conceito de P+L está baseado de que não existe uma produção limpa como tal. Cada processo de produção gera alguma forma de contaminação. Por este motivo se faz referência a uma produção mais limpa da produção convencional.

Nos sistemas produtivos convencionais são utilizadas as soluções tecnológicas do tipo fim-do-tubo (expressão traduzida do inglês *end-of-pipe*) para tratamento de resíduos, visando a contabilidade dos prejuízos ambientais causados por um sistema produtivo, remediando os seus efeitos, mas sem tratar as causas que os produziram. Seu alcance é limitado, reduz, mas não elimina a degradação ambiental, pois sempre resulta na transferência de resíduos de um ambiente para outro [7].

Adotar a P+L, não significa ter que mudar todas as instalações do processo de produção, mas realizar mudanças localizadas em pontos críticos ao meio ambiente, do processo produtivo.

A implementação da P+L faz uso de elementos interligados como mostra a figura 2, denominados pelo PNUMA [6] de:

1. Troca dos insumos, reduzindo ou eliminando os materiais perigosos que fazem parte do processo de produção, evitando a geração de resíduos perigosos dentro dos processos de produção.

2. Mudanças tecnológicas visando modificações ou atualizações dos equipamentos do processo para reduzir a geração de resíduos.

3. Boas conservações incluindo procedimentos administrativos, treinamento e incentivos de funcionários, são utilizadas boas práticas de manejo de produtos, insumos ou resíduos. Estas práticas podem ser aplicadas em todas as áreas da empresa, incluindo produção e operações de conservação.

4. Mudanças no produto sendo realizadas pelo fabricante, com o objetivo de reduzir os resíduos gerados por sua utilização.

5. Reutilização local a reciclagem e a reutilização envolvem o retorno dos resíduos para o mesmo processo ou outros.

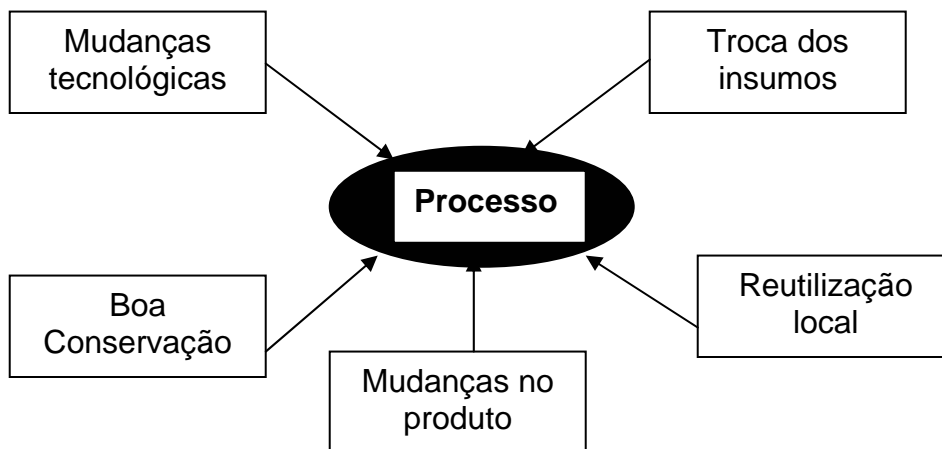


Figura 2 – Representação das possíveis ações de P+L no processo industrial [6].

A P+L não está relacionada somente com o processo produtivo, mas com o meio ambiente que envolve esses processos, incluindo seres vivos, empresa e meio ambiente. Nos sistemas produtivos convencionais os resíduos são tratados somente no final do processo, não se tem a preocupação de rever etapas para melhor adequá-las a processos mais econômicos e mais eficientes ambientalmente, como pode ser observada na tabela 2 a comparação entre o sistema produtivo convencional e os sistemas que empregam a produção mais limpa.

Tabela 02- Comparativo entre os sistemas convencionais de produção e os de produção mais limpa [8].

Sistema Produtivo Convencional	Produção mais Limpa
Poluentes são controlados por filtros e métodos de tratamento do lixo	Evita-se poluir na origem e em todo o processo por meio de medidas preventivas
O controle ocorre após a produção, quando surgem os problemas.	O planejamento produtivo inclui a prevenção e a mínima geração de resíduos.
As questões ambientais são administradas por peritos.	Todos na empresa zelam pela redução permanente dos resíduos.
Avanços ambientais são obtidos com aperfeiçoamento da tecnologia	Só tecnologia não basta. Aspectos humanos também são envolvidos.
O foco da qualidade está na constante melhoria do atendimento das necessidades dos usuários e consumidores	Além de satisfazer o consumidor, a produção deve provocar o mínimo impacto ambiental possível.

Os indivíduos envolvidos em processos produtivos convencionais, não têm interesse, por não serem estimulados ou por não terem oportunidades em participar das questões ambientais do processo produtivo que este indivíduo está inserido, desta forma a supervisão das questões ambientais ficam a cargo de pessoas externas ao processo. Característica inversa apresenta os indivíduos que participam dos sistemas produtivos com a P+L.

### 2.2.1 Metas da P+L

Pode-se destacar como metas da P+L as seguintes ações [6]:

- Produzir mais, com a mínima geração de resíduos, a ecoeficiência, combinação de desempenho econômico e ambiental permite que processos produtivos possam ser mais eficientes, refletindo em novos e melhores produtos e serviços, com menor utilização de recursos naturais e menos resíduos em todo o ciclo de vida do produto, maximiza ganhos para as empresas e a sociedade por meio da promoção do desenvolvimento sustentável.

- Substituir processos potencialmente poluidores, para tanto poderão ser necessárias modificações no processo e no produto, substituindo matérias-primas tóxicas e equipamentos poluidores por tecnologias limpas, sem alterar a qualidade do produto final.

- Tratar o resíduo na própria fonte geradora, reutilizando o resíduo como matéria-prima para o processo produtivo, após este resíduo ter sido submetido a um tratamento que esteja incorporado ao processo. Segundo o PNUMA, quando a reciclagem não é interna, o sistema de P+L fica descaracterizado.

### 2.2.2 Vantagens da P+L

A P+L tem vantagens econômicas que trazem melhorias significativas referentes ao custo-benefício do processo de produção, proporcionados pela minimização do custo do tratamento final e da disposição dos resíduos. As vantagens ambientais que uma P+L proporciona é o tratamento dos resíduos na fonte, não havendo transferência de resíduos de um local para outro.

Ações como redução, reutilização, reciclagem interna, são auxiliares para a implementação da P+L, desta forma atuam diretamente na melhoria do desempenho ambiental.

## **2.3 Gerenciamento dos resíduos por meio da redução, reutilização e reciclagem (3R's)**

Os conceitos de P+L apresentados fazem a utilização de termos como redução na fonte, reutilização do resíduo e reciclagem interna, são ações aplicadas diretamente ao processo produtivo. Por esse motivo, alguns autores e entidades governamentais fazem diferenciação entre os sistemas que empregam P+L e 3R's, mas que na prática tais conceitos são interdependentes e complexos, pois parte as ações de 3R's estão inseridos na P+L.

São apresentadas as prioridades no gerenciamento de resíduos na seguinte ordem, redução, reutilização, reciclagem e disposição dos resíduos. Este trabalho enfoca a utilização da redução, reutilização e reciclagem externa, a disposição dos resíduos não foi abordada, devida não ser realizada nas dependências da empresa estudada. Estas ações visam resolver adequadamente os problemas causados pela poluição ambiental.

Como mostra a figura 3, a redução, como primeira etapa, visa o uso racional de materiais no cotidiano de uma empresa. Exige revisão dos processos de abastecimento de insumos, métodos de fabricação e expedição dos produtos, além de investimentos na educação e treinamento de funcionários. Leva a mudanças de comportamento como redução do desperdício causado pela desinformação e atitudes negligentes.

A segunda etapa é a reutilização, que tem como objetivo utilizar novamente materiais antes de descartá-los usando-os na mesma função original ou criando novas formas de utilização. Essa é uma atitude racional para o gerenciamento dos resíduos que não puderam ser eliminados na fonte. Ao desperdiçar menos se utiliza menor quantidade de matéria-prima gerando menos resíduos. A reutilização possui a vantagem de produzir resultados financeiros expressivos, obtidos pela diminuição dos custos de produção. O bom desempenho da reutilização auxilia a tornar positiva a imagem da empresa junto à opinião pública.

A reciclagem externa, como terceira etapa prioritária no gerenciamento dos resíduos, consiste no ato de retornar os produtos usados ao ciclo da produção industrial. Re-processados, os materiais retornam aos processos produtivos como matéria-prima.

A quarta e ultima etapa, desta classificação é à disposição dos resíduos em locais apropriados, projetados e monitorados, assegurando que os resíduos dispostos não causem danos ao meio ambiente.

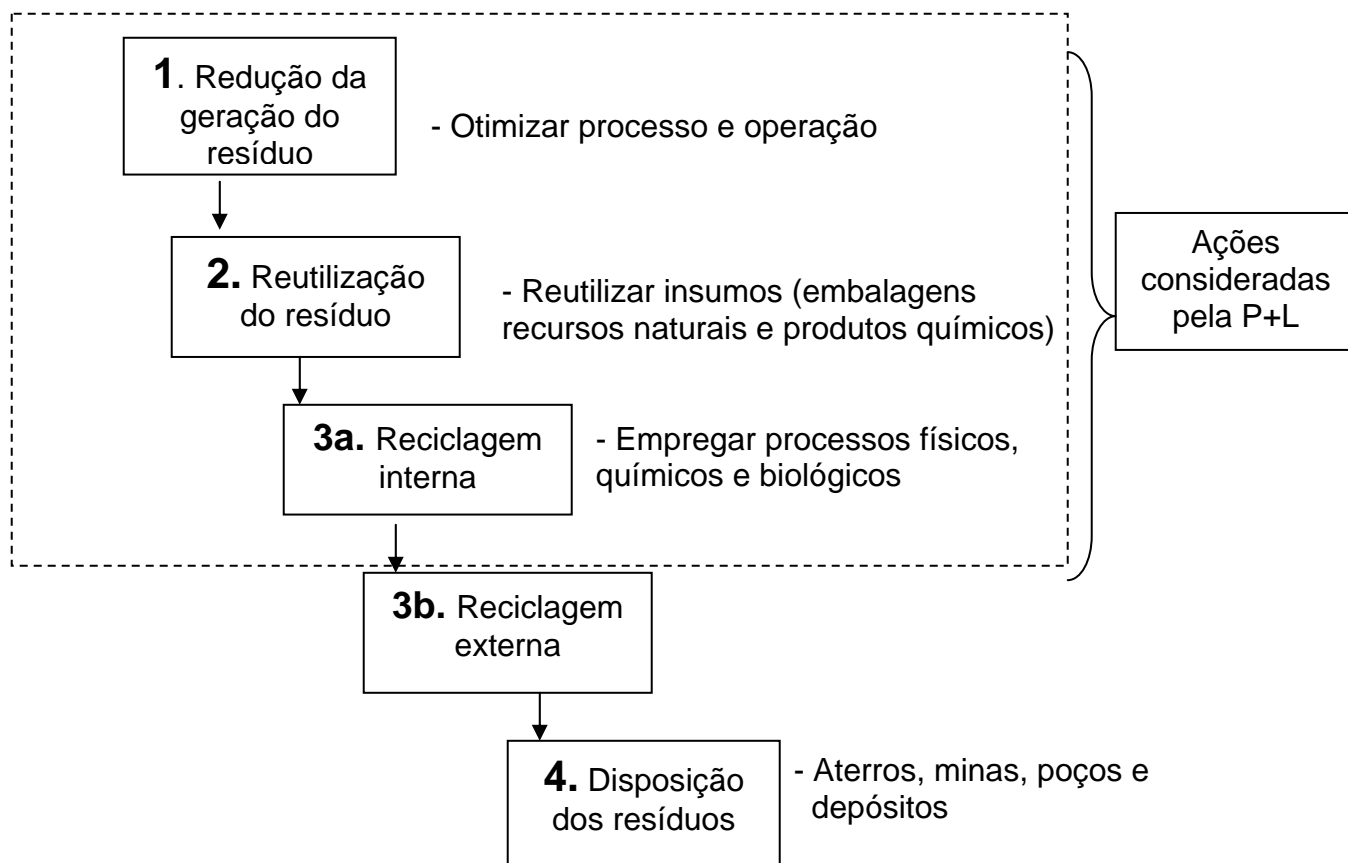


Figura 3 – Ações prioritárias para o gerenciamento de resíduos.

## 2.4 Experiências em produção mais limpa em indústrias de bijuterias

As experiências apresentadas foram realizadas pela CETESB [1], em indústrias no município de Limeira. São procedimentos implementados na produção de bijuteria com o objetivo de minimizar a geração de resíduos tóxicos e racionalizar o consumo de água. Os indicadores ambientais utilizados para os resultados alcançados são apresentados sob forma de índices que exprimem a quantidade de poluentes por

unidade de produção (massa de resíduos por massa de peças produzida), ou consumo de água por unidade de produção (volume consumido por massa de peças produzida). Como indicador econômico empregado é a moeda nacional, mas para que haja uma padronização entre os indicadores econômicos apresentados pela CETESB [1] e os apresentados neste trabalho houve a conversão dos valores econômicos apresentados, para a moeda americana (empregando o valor médio de 1998 da relação R\$/US\$ = 1,16)

O município de Limeira está localizado no interior paulista, a 154 km da capital. O setor de bijuterias no município é bastante representativo para a economia local, caracterizando-se por indústrias familiares de pequeno e médio portes. Este tipo de indústria familiar foi consequência do início das atividades industriais da fabricação de jóias, por volta do ano de 1940. O ramo da fabricação de jóias manteve-se por vinte e sete anos, quando em 1967, devido a queda nas vendas das peças em ouro, pelo seu alto preço, foi introduzido em Limeira a fabricação de bijuterias.

Atualmente a cidade de Limeira é o cluster de jóias e bijuterias mais conhecido do estado de São Paulo, empregando direta e indiretamente cerca de quinze mil trabalhadores, segundo Associação Limeirense de Jóias.

Devido a concentração de indústrias de bijuterias, em Limeira, que utilizam processos galvânicos, para obtenção de seus produtos a CETESB [1] desenvolveu um Projeto Piloto de Prevenção à Poluição (P2)<sup>1</sup> no município.

Foram estudadas cinco empresas, que atuam no ramo de semijóias. O estudo desenvolvido pela CETESB [1] possibilitou a adoção de medidas que resultou em ganhos ambientais e econômicos. A seguir são descritas as medidas implementadas pela CETESB [1].

1. Prevenção à Poluição (P2) e Produção mais Limpa (P+L) são conceitos semelhantes, mas com origens diferentes, sendo que os conceitos de P2, foram desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental (sendo a sigla em inglês EPA) dos Estados Unidos e a P+L pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).



#### 2.4.1 Otimização de sistema de lavagem de peças com chuveiro

As empresas estudadas pela CETESB [1], utilizavam para lavagem das peças, um chuveiro móvel, de bocal largo (com vazão de 4,8L/min) sendo acionado manualmente por alavanca. Com este procedimento o índice de consumo de água para lavagem era de 236 litros de água por quilograma de peça produzida. Para reduzir o consumo de água na etapa de lavagem das peças, houve a substituição dos chuveiros de bocal largo por chuveiros de menor diâmetro (vazão de 3,6 L/min) nos tanques de lavagem. O índice de consumo de água foi reduzido para 98 litros de água por quilograma de peça produzida. Para a substituição dos bocais houve um investimento de US\$ 43,96 (em uma das empresas estudadas). Tal substituição possibilitou a redução de 58,4 % da água utilizada para lavagem de peças.

#### 2.4.2 Recuperação dos Banhos de Ativação Ácida

Nas empresas estudadas pela CETESB [1], havia a troca quinzenal da solução de ativação ácida, ocasionando a geração de efluentes ácidos, elevando os custos de tratamento e aquisição de produtos químicos. O caso foi solucionado, na empresa estudada pela CETESB [1], por meio da recuperação das soluções de ativação ácida. Esta recuperação era realizada por meio de correções feitas na solução com o auxílio dos resultados de análises químicas. Com a recuperação das soluções ácidas obteve-se uma economia de 72 % por ano de ácido sulfúrico. O investimento feito foi da ordem de US\$ 30,85 por mês.

#### 2.4.3 Recuperação dos Banhos de Desengraxe Eletrolíticos

O desengraxante é um produto químico, à base de cianetos e hidróxidos utilizados para remoção de óleos e graxas da superfície das peças. É a primeira etapa empregada no tratamento da superfície metálica. Devido ao descarte e arraste de desengraxante nas águas de lavagem que são encaminhadas para a estação de tratamento de efluentes

(E.T.E.), estava ocorrendo uma sobrecarga e vários problemas na estação, como a elevada concentração de cianetos a serem tratados. Ao rever o problema, a empresa de Limeira estudada pela CETESB [1], desenvolveu um desengraxante cuja concentração de cianeto é 87,5% menor do que os desengraxantes convencionais. Havendo conseqüentemente uma economia de US\$ 85,63 por mês, no consumo e tratamento deste desengraxante.

Com a leitura deste capítulo o leitor terá o conhecimento da realidade da empresa onde este trabalho foi desenvolvido. Estão descritos as características da empresa, mercados onde atua, as relações com questões ambientais, produtos fabricados e por fim as etapas do processo de fabricação da semijóia, auxiliando compreender os resultados alcançados com os procedimentos de P+L em conjunto com 3R's que serão apresentados.

### **3.1 Características da empresa estudada**

A *NG Group*, está situada em São Paulo, atua no mercado de semijóias desde 1986, sempre trabalhando com materiais selecionados e mão-de-obra especializada. Empregando equipamentos, como espectrofotômetro de absorção atômica, fluorescência por raio-X e espectrocolorímetro que auxiliam no controle de seus produtos e processos. Mantém-se ativa na obtenção de novos métodos e processos industriais, visando à qualidade de seus produtos finais e a satisfação de funcionários e clientes.

Como a maioria das empresas que ao longo dos anos sofre modificações, em seu quadro organizacional com a *NG Group* não foi diferente. Depois de dezesseis anos construindo uma marca que conquistou o mercado nacional e internacional pela durabilidade e beleza de suas peças, ao final do ano de 2001 houve uma cisão entre os proprietários, resultando em duas novas organizações. Atualmente a *NG Group* é proprietária de duas marcas fantasias, uma para o mercado nacional e outra para o mercado internacional.

Com a cisão organizacional houve também a divisão no quadro de funcionários, na *NG Group*, trabalham atualmente cem dos cento e oitenta funcionários da antiga organização. Houve a extinção de alguns cargos e a criação de outros. A *NG Group* conta com setores de vendas, compras, distribuição de peças, controle de qualidade, administração, marketing, produção, manutenção, refeitório, almoxarifado e uma E.T.E.

O presente trabalho sofreu modificações à medida que a organização se adaptava às novas condições proporcionadas pela cisão. Anterior as mudanças organizacionais, este estudo focava basicamente o setor da produção. Com as novas diretrizes estabelecidas pelos dirigentes, foi possível desenvolvê-lo em toda a empresa, onde a colaboração de todos os funcionários foi de fundamental importância para que o objetivo proposto neste trabalho fosse atingido.

### **3.2 Mercados atuantes**

A *NG Group* possui representantes em todo o território nacional. No mercado externo atua em países da América do Sul (Chile, Bolívia, Venezuela e Argentina) América Central (Honduras e Nicarágua), América do Norte (México), além de alguns países europeus (Portugal, França e Suíça) e no continente africano (África do Sul).

Tendo conhecimento do mercado em que a empresa atua pode-se relacionar este estudo com a realidade comercial da *NG Group* (70 % do volume produzido é exportado). Ao tornar os processos e/ou produtos mais amigáveis ambientalmente abre-se novas portas para o comércio internacional, principalmente com países europeus que fazem exigências para importação de produtos. Uma dessas exigências é na questão ambiental, em alguns países já é comum empresa de qualquer porte terem implementado um SGA.

### **3.3 A NG Group e o Meio Ambiente**

A *NG Group* sempre se manteve em conformidade com as leis vigentes. Em suas instalações há em funcionamento equipamentos que permitem o tratamento de resíduos líquidos e gasosos, exigidos pela legislação.

Contudo, a empresa não visa somente a conformidade legal, mesmo antes da realização deste trabalho, já havia na empresa um programa de coleta seletiva de

resíduos, sugerida pelos próprios funcionários, tendo por finalidade coletar materiais, e vendê-los para empresas coletoras de materiais recicláveis.

A partir do procedimento de venda dos materiais recicláveis, gerou-se um fundo monetário extra que era revertido em ações sociais. Não havia a preocupação em agregar valor a esses materiais vendidos, como por exemplo, coletá-los da forma mais seletiva. Por falta de conhecimento, os funcionários e a direção da *NG Group* tinham um conceito limitado sobre reciclagem: “gerar os resíduos e vendê-los para gerar fundos”.

Com o desenvolvimento deste trabalho, tal conceito, na empresa, foi mudando. Todas as pessoas tiveram acesso, a informativos, sobre conceitos de gerenciamento ambiental, utilizando os conceitos de redução, reutilização e reciclagem de resíduos e insumos. Observou-se que a renda poderia ser maior não somente no momento da venda destes materiais, mas em deixar de comprá-los, e reutilizá-los sempre que fossem viáveis e como última etapa vendê-los para reciclagem.

Na *NG Group* não existe um departamento específico para o desenvolvimento e manutenção de um sistema formal de gerenciamento ambiental, os funcionários voluntários, dispõem de alguns momentos de suas tarefas diárias para o desenvolvimento e manutenção do programa descritos nesta dissertação.

### **3.4 Produtos Fabricados**

A *NG Group* faz o tratamento de superfície, em peças consideradas decorativas e as comercializa. Trabalha em parceria com empresas de fundição, estamparia e montagens das peças pré ou pós-tratamento superficial.

As peças possuem a classificação de semijóias por possuírem uma espessura de camada de metais preciosos eletrodepositada alta, (variando de 1,5 a 6,0  $\mu\text{m}$ ) se comparado a outras denominações existentes no mercado, como bijuteria, chapeado ou banhado que tem a espessura de camada de metais preciosos menor que 1,5  $\mu\text{m}$ .

Os produtos oferecidos pela empresa são brincos, pingentes, broches, anéis, cordões, gargantilhas e braceletes. Utilizam pedras naturais, zircônia e cristais, possuindo brilho intenso e resistência ao desgaste.

### **3.5 Etapas do processo de fabricação da semijóia**

Estão descritas neste item as várias etapas do processo de fabricação da semijóias.

São apresentados neste item os materiais empregados (como metais preciosos, pérolas e pedras), etapas terceirizadas (processos de confecção das peças no substrato – latão), a visão geral do processo de fabricação (fluxo das peças entre os setores da empresa) e por fim as etapas para eletrodeposição de metais preciosos (são descritas as etapas da linha de produção).

#### **3.5.1 Recursos empregados**

As matérias-primas empregadas no processo de fabricação das peças brutas e do tratamento de superfície são ligas metálicas, metais preciosos (ouro, cobre, prata e ródio), pérolas e pedras (sintéticas), sais condutores cianídricos, produtos para pré-tratamento (desengraxantes e soluções ácidas), água e energia elétrica, além de embalagens plásticas, alfinetes, e todos os materiais utilizados comumente em escritórios.

#### **3.5.2 Etapas terceirizadas**

São terceirizadas as etapas de confecção do modelo das peças em seu estado bruto (latão), podendo ser por fundição, estamparia e confecção de correntes.

Após a escolha da liga metálica que formará o substrato (material base onde será eletrodepositado as camadas de metais preciosos), há um estudo das possibilidades de fabricação da peça, podendo-se optar por três processos. Como a fundição que consiste em fundir a liga metálica, no caso o latão (cobre e zinco), em fôrmas de gesso

contendo moldes das peças em borracha. A liga metálica fundida é escoada nos moldes de borracha preenchendo todas suas cavidades. A fôrma contendo as peças, ainda quente, é passada por tanques de água fria. Com o choque térmico o gesso se desfaz, restando o que se chama de “árvore de peças”. Não havendo nenhuma imperfeição como fissuras ou bolhas, as peças são cortadas da “árvore” e recebem acabamento como decapagem ácida, tamboramento e polimento. A partir desse ponto a superfície metálica do substrato está pronta para receber o tratamento de superfície com os metais selecionados.

No processo de estamparia são confeccionados moldes que são fixados a prensas. As chapas de latão são prensadas nesses moldes, que os cortam, resultando na peça pronta, necessitando de alguns acabamentos como a retirada de rebarbas, tamboramento e polimento. Esse tipo de processo é indicado para peças de geometria detalhada, peças que não estarão tão expostas ao atrito, além de serem mais leves que as fundidas.

As correntes são produzidas com o mesmo material base das outras peças (latão). A confecção das correntes é realizada por máquinas programadas de acordo com os modelos que se deseja e a espessura do fio da liga metálica que se emprega.

### 3.5.3 Visão geral do processo de fabricação da semijóia, pela NG Group

Para se ter uma visão geral do processo de fabricação da semijóia, realizada na *NG Group*, e não só das etapas de eletrodeposição de metais preciosos. A figura 4 ilustra a trajetória das peças pelos setores, tendo início com o recebimento das peças brutas (sem o tratamento da superfície), passando pelo primeiro setor as peças são inspecionadas e separadas por modelos, recebendo um código de identificação. No segundo setor as peças são separadas por lotes para serem encaminhados para a produção. O tratamento da superfície com metais preciosos é realizado no terceiro setor, que conta com tamboreamento, laboratórios químicos, estação de tratamento de efluentes galvânicos e técnicas de acabamento.

O tamboreamento é utilizado para retirar falhas superficiais tanto de peças brutas quanto de peças que já receberam as camadas de metais preciosos, por essa razão são encaminhadas peças do segundo, terceiro e quarto setores, conforme a o fluxograma da figura 4.

Nos laboratórios químicos, também situado na produção (setor 3, figura 4), são realizadas análises químicas e controle da espessura de camada depositada. A estação de tratamento de efluentes galvânicos trata os efluentes gerados pelo terceiro setor, por oxidação de cianetos e por complexação de metais.

As técnicas de acabamento, realizadas no quarto setor, são texturas que proporcionam acabamentos diferenciados feitos na superfície da peça antes de receber o tratamento superficial, são denominados de fosco, acetinado e escovado. Após a textura as peças são encaminhadas para o terceiro setor onde receberão o tratamento da superfície com metais preciosos. Seguindo para o quarto setor onde ocorre a revisão, montagem, cravação de pedras e colagem de pérolas, separação por modelos e quantidades requeridas pelos clientes.

O quinto e último setor para onde as peças são encaminhadas, é a parte comercial, ocorrendo neste setor à emissão de notas fiscais e a embalagem das peças com embalagens comerciais (contendo o logotipo *NG Group*, quantidade e cliente).



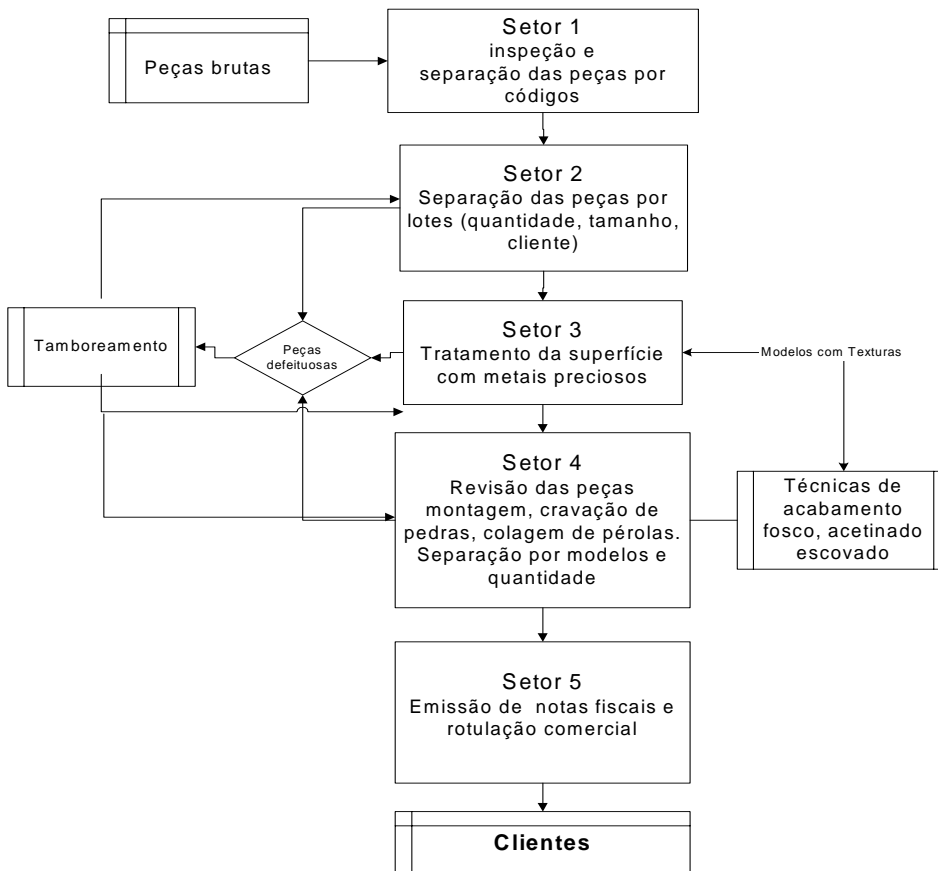


Figura 4 – Fluxograma interno das peças. A numeração dos setores denominados pela *NG Group*, correspondem a compras setor 1, distribuição de peças setor 2, produção setor 3, controle de qualidade setor 4, vendas setor 5.

Dentro do fluxograma da figura 4, a produção, merece uma atenção especial, pois é nesta etapa que o presente trabalho foi realizado com maior ênfase. O entendimento das etapas do processo de tratamento de superfície é importante para a compreensão das ações P+L implementadas.

#### 3.5.4 Etapas para eletrodeposição de metais preciosos

Para receberem as camadas metálicas tanto dourada (emprega o ouro) quanto as prateadas (empregando a prata e o ródio), as peças são colocadas em suportes metálicos, (gancheiras e/ou roletes), que proporcionam o contato elétrico entre as peças

e as soluções eletrolíticas empregadas. Este procedimento é realizado no setor da produção, manualmente peça por peça.

O fluxograma da figura 5 mostra as etapas para eletrodeposição de metais preciosos. Cada etapa foi numerada de 1 a 28. A seguir são apresentadas uma breve descrição de cada etapa. Da 1<sup>o</sup> à 12<sup>o</sup> etapas, são comuns as peças douradas e prateadas, havendo a diferenciação, somente na 12<sup>o</sup> etapa, que pelo fluxograma da figura 5 pode-se observar a mudança de trajetória das peças prateadas para a 23<sup>o</sup> etapa, retornando a 21<sup>o</sup>. A partir desse ponto os procedimentos voltam a ser comuns para peças douradas e prateadas.

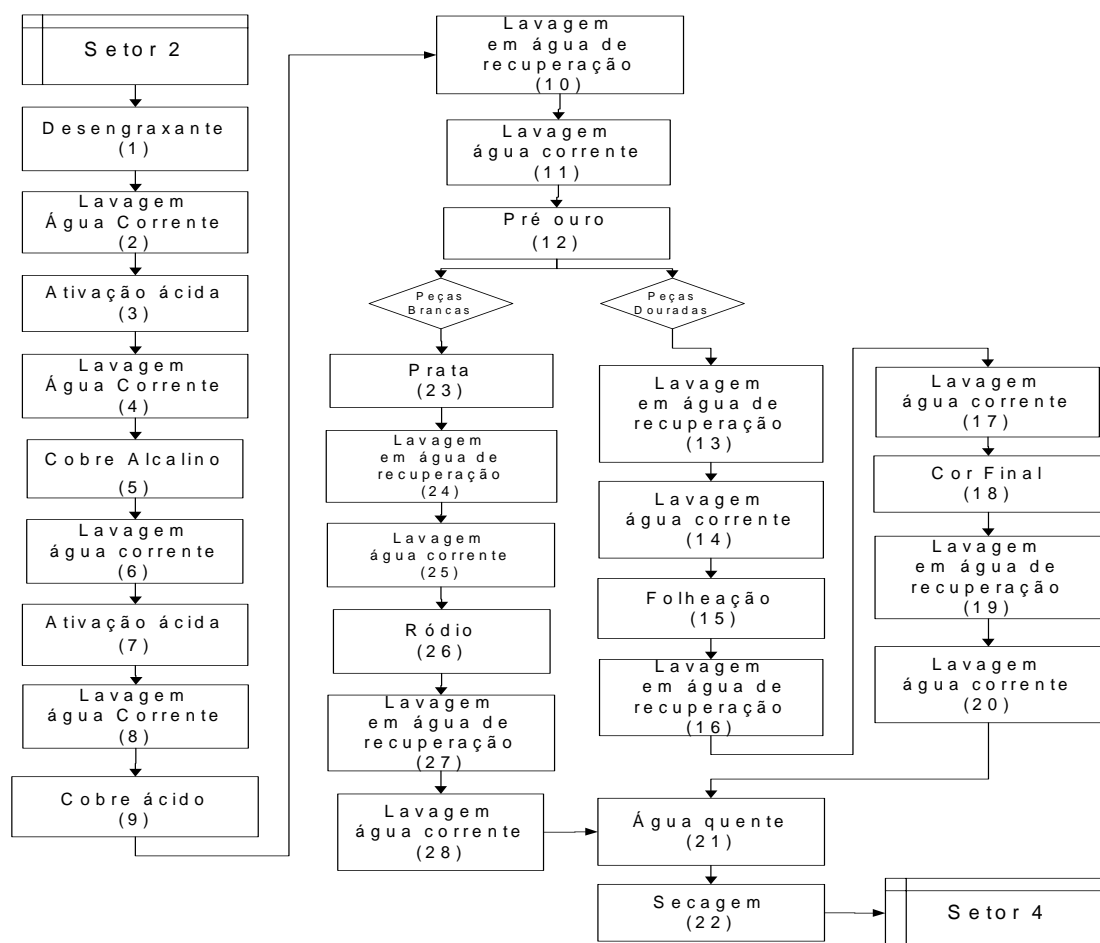


Figura 5 - Etapas para o tratamento de superfície de semijóias, no setor da produção. Setor 2 – distribuição de peças, setor 4 – controle de qualidade (ver figura 4).

As peças do setor 2 são encaminhadas para o setor 3, como mostra o fluxograma da figura 4, em estado bruto (latão) para receberem o tratamento da superfície com metais preciosos.

Antes de receberem as camadas metálicas as peças passam por pré-tratamentos de limpeza e ativação ácida. A primeira etapa é a limpeza realizada por processos eletrolíticos de desengraxe, seu principal objetivo é retirar óleos, gorduras, graxas, e outras substâncias que comprometem a aderência da camada metálica eletrodepositada. O desengraxante de melhor eficiência para as semijóias é formulado a base de compostos cianídricos. É fornecido sob a forma granulada tendo que ser diluído em água.

A terceira e a sétima etapa, mostradas no fluxograma da figura 5, são etapas de ativação ácida, onde as peças são imersas em uma solução aquosa com 10 % de ácido sulfúrico. A ativação ácida tem por finalidade ativar a superfície da peça para que ela receba as camadas metálicas, além de neutralizar as substâncias que tenham sido arrastadas de eletrólitos anteriores.

A segunda, quarta, sexta, oitava, décima primeira, décima quarta, décima sétima, vigésima, vigésima quinta e vigésima oitava, etapas mostradas no fluxograma da figura 5, são de lavagem, onde as peças são imersas em tanques tipo cascata com água corrente. O objetivo dessa lavagem é retirar da superfície das peças qualquer arraste de um tanque para outro, porque poderá haver a contaminação de eletrólito seguinte.

A primeira camada metálica que as peças recebem é a de cobre alcalino, mostrada na figura 5 como quinta etapa. Este eletrólito tem por objetivo promover aderência e proteção contra oxidação do eletrólito seguinte (cobre ácido). O depósito desse processo apresenta-se vermelho fosco. As peças permanecem neste eletrólito durante sessenta segundos, tempo suficiente para promover a proteção exigida e a cobertura completa da camada de cobre alcalino em toda superfície da peça. Trabalha à temperatura ambiente. São realizadas análises químicas deste eletrólito duas vezes por semana, para controle dos componentes presentes.

Após a sexta e oitava etapas que são de lavagem e a sétima etapa de ativação ácida descrita anteriormente, as peças são encaminhadas para a nona etapa o eletrólito de cobre ácido. Este eletrólito emprega sulfato de cobre como fornecedor de cobre e ácido sulfúrico (que auxiliará a dissolução do cobre metálico dos anodos), sendo fortemente corrosivo no caso das ligas empregadas cobre e zinco (latão), o que justifica a aplicação do cobre alcalino, como já exposto. Para seu bom desempenho utilizam-se abrillantadores orgânicos, umectante e agitações catódicas e a ar, este eletrólito trabalha à temperatura ambiente. Sua camada apresenta características que permitem que seja empregado como substitutivo dos processos contendo níquel. Possui brilho, bom nivelamento, depositando espessuras de camadas altas cerca de 40  $\mu\text{m}$ . Tais características garantem a qualidade das próximas camadas que serão eletrodepositadas. Os teores metálicos e a qualidade da camada eletrodepositada são controlados por análises químicas e célula de Hull, duas vezes por semana.

A décima, décima terceira, décima sexta, décima nona, vigésima quarta e vigésima sexta, etapas mostradas na figura 5, são de lavagem em tanques que não circulam água, operando com água deionizada. A finalidade de não recircular água é a de conter o arraste de eletrólitos ocasionado pelas peças. Essa solução é encaminhada para recuperação dos metais nobres contidos.

Após a camada de cobre ácido, a próxima camada metálica que a peça recebe é a de pré-ouro, mostrada no fluxograma da figura 5 como décima segunda etapa. O eletrólito de pré-ouro tem por finalidade proteção contra oxidação da camada metálica eletrodepositada anteriormente (cobre ácido), promovendo maior aderência para as camadas de ouro ou de prata que serão depositadas. Possui depósito intenso e brilhante, sendo que o brilho foi proporcionado pelo cobre ácido. É composto por sais condutores e ouro puro, não possui ligas metálicas. Trabalha à temperatura próxima de 70 °C, as resistências deste tanque permanecem ligadas durante vinte e quatro horas em todos os dias da semana, sendo desligadas somente nos finais de semana. O controle dos teores metálicos presentes é rigoroso utilizando, para análise métodos de espectrofotometria de absorção atômica, em intervalos de duas horas. Seu descarte é mensal, a solução é encaminhada para recuperação dos metais preciosos.

Após a décima terceira e décima quarta etapas de lavagem, descritas anteriormente, há diferenciação no tratamento de superfície de peças douradas e de peças prateadas. Para as peças douradas (folheadas a ouro) a próxima etapa a ser seguida é a décima quinta, fluxograma da figura 5. A folheação é realizada em eletrólitos específicos para peças decorativas. Nos últimos trinta anos os eletrólitos de ouro foram aperfeiçoados mundialmente, tornando a aplicação dos revestimentos dourados cada vez mais específica em função das qualidades e características desejadas no depósito, como os aspectos decorativos (tonalidade e brilho) e técnicos (dureza, condutividade, resistência ao desgaste e a corrosão). Os eletrólitos de ouro empregados na *NG Group* promovem bom nivelamento, brilho, além das altas espessuras de camadas, que podem variar entre 1,5  $\mu\text{m}$  a 6  $\mu\text{m}$ . Depositam ligas de ouro-cobre-cádmio-(prata), sendo que o metal em maior concentração é o ouro, representando 75 % da liga metálica. Estes eletrólitos são compostos por água, sais condutores e umectantes. O tempo de eletrodeposição dependerá da camada que se deseja depositar. Em cada eletrólito predomina uma cor característica que se deve a sua composição no momento de trabalho para que haja uma uniformidade das peças. Trabalham a uma temperatura próxima de 70 °C (as resistências permanecem ligadas durante vinte e quatro horas em todos os dias da semana), a cada duas horas são realizadas análises pelo método de espectrofotometria de absorção atômica dos teores de metais preciosos que são repostos, mantendo-se sempre os teores a níveis ideais para trabalho (5 g/L de ouro). A vida útil desse eletrólito é estimada em um ano, sendo posteriormente encaminhado para recuperação dos metais.

Como descrito na décima quinta etapa (folheação) a cor do depósito da camada varia no momento de trabalho, para que haja uma uniformidade na cor final das peças é empregado, um eletrólito de final, mostrado no fluxograma da figura 5 como décima oitava etapa. O eletrólito de cor final é composto por sais condutores, podendo ser neutros ou cianídricos. A cor do depósito é determinada pela proporção entre as ligas dos metais presentes, são utilizados os metais ouro, prata e cobre. Trabalha á temperatura próxima de 65 °C, as resistências do tanque permanecem ligadas durante todos os dias da semana. O eletrólito de cor final é rigorosamente controlado a cada duas horas, por meio de métodos de espectrofotometria de absorção atômica e por espectrocolorimetria. Sua vida útil dependerá da quantidade de peças folheadas, nos

picos de produção, seu descarte é semanal, sendo encaminhado para recuperação dos metais.

As peças são lavadas como descrito nas etapas décimo nono e vigésima do fluxograma da figura 5, e após são imersas em um tanque contendo água quente, próxima de 90 °C, promovendo um “envelhecimento”, uma cura das camadas eletrodepositadas, sendo esta a vigésima primeira etapa do processo de folheação.

Após a imersão em água quente (aproximadamente 90 °C) as peças são retiradas das gancheiras e/ou roletes e secas em centrífugas especiais para semijóias, sendo a vigésima segunda etapa do tratamento de superfície. Para peças que recebem acabamentos diferenciados como fosco, acetinado ou escovado, mostrados no fluxograma da figura 4, é empregada uma centrífuga que utiliza sabugo de milho triturado e ar quente, para que as peças não se danifiquem.

Para as peças prateadas, como já exposto, há diferenciação na eletrodeposição dos metais que são mostradas da vigésima terceira a vigésima oitava etapa da figura 5. Para as peças prateadas é empregado um eletrólito de que contém íons prata fornecidos por ânodos, formados por prata metálica e por sais cianídricos de prata dissolvidos em solução. Para melhorar o brilho usam-se abrillantadores orgânicos, umectantes e agitação catódica. Os teores de prata e cianetos são controlados com análises titulométricas. O eletrólito de prata dificilmente é descartado. Após a eletrodeposição da prata as peças seguem a vigésima quarta e a vigésima quinta etapa de lavagem descritas anteriormente e mostradas no fluxograma da figura 5.

A vigésima sexta etapa do fluxograma da figura 5 é a eletrodeposição de ródio, realizada em peças prateadas. O ródio é empregado, devido à cor e dureza de seu depósito como proteção para a camada de prata depositada. Os teores de ródio são controlados por método de espectrofotometria de absorção atômica. Devido ao valor monetário, dificilmente o eletrólito de ródio é descartado. Conforme apresentado na figura 5, as peças seguem a vigésima sétima e vigésima oitava etapas que são de lavagem, retornando a vigésima primeira etapa, como descrito anteriormente.

Como descrito até o momento são empregados na linha de tratamento de superfície energia elétrica, etapas de lavagem, metais nobres (ouro, prata e ródio) e outras substâncias (sais condutores, ácidos e desengraxante), somente o valor monetário dos insumos utilizados no processo de tratamento para semijóias, justifica qualquer tentativa de redução e reuso tanto da água utilizada nos tanques de lavagem quanto dos produtos químicos utilizados. Durante o desenvolvimento deste trabalho identificou-se um grande desperdício de muito dos insumos utilizados não só no setor da produção, mas em outros setores na empresa *NG Group*.

Tendo em vista o objetivo proposto “melhorar o desempenho ambiental numa empresa de semijóias”, foi aplicada neste trabalho a ação proposta pelos conceitos da P+L, em várias atividades desenvolvidas pela empresa *NG Group*. Neste capítulo estão descritas a metodologia empregada para a realização deste estudo e os resultados alcançados com as intervenções feitas em algumas etapas do processo de produção de uma semijóia.

## **4.1 Metodologia**

A metodologia desenvolvida neste trabalho foi dividida em três fases que compreende a caracterização dos períodos de estudo dos resíduos, identificação dos pontos de geração dos resíduos e a coleta e tratamento dos dados. A seguir estão descritos os procedimentos realizados.

### **4.1.1 Identificação dos períodos em estudo**

Do decorrer deste trabalho podem-se diferenciar dois períodos, significativos para empresa *NG Group*, que influenciou as ações adotadas. No primeiro período compreendido entre 27/09/2001 a 12/12/2001, os dados coletados referem-se as quantidades de material reciclável coletado e os valores arrecadados com a venda. O segundo período (compreendido entre 04/09/2002 a 19/12/2002) os dados coletados foram documentados em planilhas propostas pela empresa Xerox Company [9]. Para maiores informações sobre as planilhas de trabalho e os métodos empregados consultar a referência [9].

### **4.1.2 Identificação dos tipos de resíduos sólidos gerados por setor**

Na tabela 3 são apresentados os tipos de resíduos sólidos identificados gerados em diferentes setores da empresa.



Tabela 3 – Identificação do tipo de resíduos sólidos sendo por setores da empresa: (0) referentes a 2001 e (X) referente a 2002.

Setores (*)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Materiais</b>										
Papelão	0X		0X				0X	0X		X
Papel escritório	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X	X	X
Papel misto	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X	X	X
Sucata ferrosa			0X					0X		X
Outros metais	X		0X		0X	0X	X		X	
Vidro âmbar			0X							
Vidro transparente										X
Vidro não reciclável			0X							
Resíduos orgânicos	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X	X	X
Plástico descartável	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X		X	X
Outros plásticos	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X	0X	X	X

(\*) Compras 1, distribuição de peças 2, produção 3, controle de qualidade 4, vendas 5, administração 6, almoxarifado central 7, estação de efluentes galvanicos 8, marketing 9, refeitório 10.

A classificação utilizada para os resíduos foi a mesma empregada pelas empresas que comercializam materiais recicláveis. A categoria de papéis é composta por papelão (caixas onduladas), papel de escritório (papéis de impressão, anotação, folhas de sulfite e aparas) e papel misto (revista, jornais, papéis toalha e embalagens).

Os resíduos metálicos compostos de ferro e aço foram classificados como sucata ferrosa. A classificação de outros metais foi empregada para metais não ferrosos (maior parte do material que compõe essa classificação é alumínio e cobre).

Os vidros foram classificados em dois grupos: vidro não reciclável (denominados de forma genérica de vidro pyrex, vidros resistentes a temperaturas elevadas) e recicláveis. Os vidros recicláveis foram classificados conforme sua cor, âmbar (garrafas) e transparente (conservas).

Outros tipos de resíduo identificados foram os orgânicos, restos de alimentos e papel higiênico. Materiais plásticos, com exceção dos descartáveis, não receberam uma classificação diferenciada devido à dificuldade de identificação.

#### 4.1.3 Coleta e tratamento dos dados

Os resíduos identificados (tabela 3) foram quantificados em massa. Como indicador de desempenho foram empregados para o cálculo: quantidade em massa de resíduo sólido gerado em função da massa de peças produzidas mensalmente. O cálculo do indicador de desempenho foi obtido pela média dos valores determinados nos períodos de estudo. Este tipo de indicador é recomendado pela CETESB [1] devendo ser mensuráveis antes e após as ações de P+L permitindo, assim, uma avaliação objetiva da melhoria do desempenho ambiental.

Além dos resíduos sólidos (na sua maior parte comercializáveis, tabela 3) foram determinadas as quantidades de água consumida ( $m^3$ ), insumo para desengraxante (kg), volume do descarte de eletrólito gerado ( $m^3$ ) e consumo de energia elétrica (kWh). O cálculo do indicador de desempenho foi feito empregando o mesmo critério aplicado às quantidades de resíduos sólidos gerados.

Os valores de energia elétrica consumida pela *NG Group* foram obtidos pela leitura no relógio de entrada de energia elétrica, em diferentes períodos da jornada de trabalho. Para obter os valores de energia elétrica consumida pelas resistências aquecedoras, foi necessário conhecer a potência e a quantidade de resistências utilizadas nos tanques que necessitam de aquecimento no setor da produção. Com o levantamento desses dados e por diferença entre as leituras, foi possível calcular o índice mensal de consumo de energia elétrica pelas resistências de aquecimento (kWh/kg peças produzidas). Para a coleta dos dados foram estabelecidos períodos em que as resistências elétricas ficariam desligadas, durante os trinta minutos que antecedem o horário do almoço e durante a hora de almoço (sessenta minutos), período que não há atividades no setor da produção. Foram estimados 264 dias úteis anuais de consumo de energia elétrica pelas resistências de aquecimento dos tanques.

Os ganhos monetários contabilizados foram avaliados com parâmetros da moeda americana (US\$), sendo diferenciado seu valor para cada período estudado. Após a caracterização dos períodos estudados, identificação dos pontos da geração dos

resíduos e da coleta e tratamento dos dados foi possível obter resultados que puderam ser comparados entre os períodos estudados.

## **4.2 Resultados**

Os resultados apresentados estão sob forma de índices mensais de geração ou consumo de resíduos sólidos, líquidos, água e energia elétrica, e os ganhos monetários alcançados com as ações apresentadas na metodologia.

### **4.2.1 Resíduos sólidos inertes**

Ao comparar os índices mensais da geração de resíduos em 2001 e 2002, na tabela 4 observa-se, pelos índices apresentados, que houve queda na quantidade vendida de algumas categorias de materiais. A queda na venda do papelão e das sucatas se deve a ações de reuso dos papelões (como caixas) e das sucatas.

Outros materiais tiveram um aumento em suas vendas como é o caso da categoria dos papéis mistos e de escritório. Isto ocorreu porque houve crescimento na coleta desses materiais, o que em 2001 não ocorria, uma parte desses materiais por não estarem separados corretamente eram descartados na lixeira comum com o lixo orgânico e outros materiais.

Em 2001 os materiais plásticos não eram vendidos a empresas coletoras de materiais recicláveis, devido à quantidade coletada deste material não atingir a quantidade requerida pelas empresas, e também por conterem plásticos descartáveis com restos de bebidas (café, leite, chá e outros). A inclusão dos materiais plásticos para venda a empresas coletoras ocorreu somente em 2002, após melhorar a eficiência da coleta seletiva.

Tabela 04 - Índice mensal da geração de resíduos sólidos inertes destinados à venda para empresas coletoras de materiais recicláveis e valores arrecadados.

Categoria dos resíduos	2001		2002	
	IMG - RSI *	Valor de venda reciclagem externa ** (US\$)	IMG - RSI *	Valor de venda reciclagem externa ** (US\$)
Papelão	0,62	24,05	0,22	8,01
Papel misto	0,06	1,55	0,09	2,26
Papel escritório	0,11	4,00	0,11	4,11
Sucata ***	0,12	2,97	0,07	1,74
Plástico ***	-	-	0,23	5,85
Total	0,90	32,58	0,72	21,97

\* Índice mensal da geração de resíduos sólidos inertes (kg de resíduo/kg de peças produzidas)

\*\* Valor médio de 2001 e 2002 da relação R\$/US\$ = 2,35 e 2,92 respectivamente.

\*\*\* Valores de venda (em 2002) de parte dos materiais plásticos (provenientes de embalagens) e de sucata (provenientes de alfinetes) encontram-se detalhados nas tabelas 6 e 7.

No decorrer deste trabalho em 2002, observou-se também a má utilização de alguns insumos utilizados pela empresa *NG Group*, materiais como embalagens plásticas para acondicionamento de peças e alfinetes que depois de utilizados são vendidos para empresas coletoras de materiais recicláveis.

São utilizadas embalagens plásticas de quatro classificações, transparentes com e sem etiqueta e amarelas com ou sem etiqueta adesiva de identificação. Ambas são utilizadas para acondicionamento e transporte de peças brutas e peças prontas. Há cinco mudanças de embalagens no decorrer da produção da semijóia, como pode ser observado no fluxograma da figura 6. Vale ressaltar dois pontos. Primeiro, a redução das embalagens plásticas é viável apenas para um setor, produção. Segundo muitas embalagens plásticas utilizadas estão em condições de serem reutilizadas (embalagens sem etiqueta adesiva). Os tipos de embalagens descritos na tabela 5 foram reduzidos devido a substituição por copos plásticos rígidos, onde as peças são transportadas do setor denominado distribuição de peças para o setor da produção.

Tabela 5 – Possibilidades de redução e reutilização de embalagens plásticas.

Embalagem	Redução	Reutilização
Transparentes com etiqueta adesiva	Não reduz	São reutilizadas duas vezes.
Transparentes sem etiqueta adesiva	Redução pela substituição por copos plásticos	São reutilizados duas vezes
Amarelas sem etiqueta adesiva	Não reduz	São reutilizadas duas vezes.
Amarelas com etiqueta adesiva	Redução pela substituição por copos plásticos	São reutilizados duas vezes.

Após serem reutilizadas todas embalagens plásticas são encaminhadas para reciclagem externa.

Além das possibilidades de redução e reutilização das embalagens plásticas, foi identificado que outros materiais como sacos plásticos utilizados para acondicionamento de lixo e alfinetes utilizados para acondicionamento de peças como as correntes fossem também reduzidos ou reutilizados. Para esses materiais calculou-se o índice mensal consumido, e os ganhos monetários alcançados por meio da redução, reutilização e reciclagem.

### *Embalagens Plásticas*

As embalagens plásticas foram quantificadas, somente em 2002, portanto não haverá comparações ano de 2001. O fluxograma da figura 6 mostra a utilização das quatro classificações de embalagens plásticas pelos setores da empresa *NG Group*.

Com o estudo realizado do fluxo das embalagens plásticas observou-se que as embalagens dos setores 1, 2, 4 e 5, seu reuso não é viável devido ao código de identificação com etiqueta adesiva. Mas no setor 3 não há necessidade de identificação, portanto as embalagens com etiquetas adesivas, recolhidas nos outros setores são reutilizadas pelo setor 3, as embalagens sem etiquetas podem ser reutilizadas em

qualquer setor, após sua triagem são encaminhadas para o almoxarifado central fluxograma da figura 7.

Houve a substituição de algumas embalagens plásticas por copos plásticos rígidos, conseguindo desta forma uma redução no consumo das embalagens plásticas. Para tal procedimento foram adquiridas duas mil unidades desses copos plásticos.

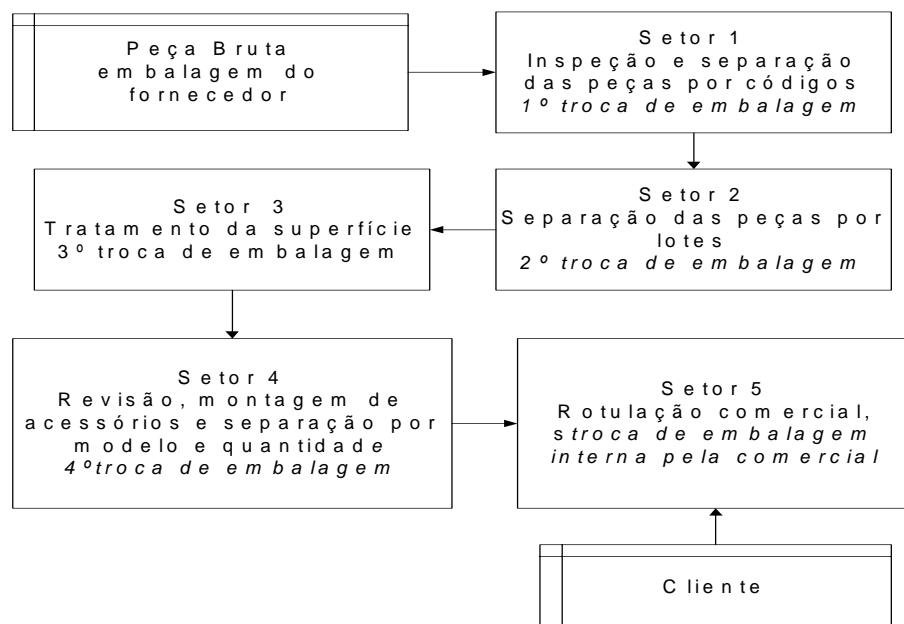


Figura 6 – Etapas de utilização das embalagens. Os setores, 1,2,3,4 e 5, correspondem a compras, distribuição de peças, produção, controle de qualidade e vendas respectivamente.

Para que a reutilização das embalagens plásticas fosse viável, houve a necessidade de etapas de triagem, realizadas no setor da produção (figura 7). Todas embalagens plásticas recolhidas são encaminhadas para o setor da produção onde são separadas e classificadas (transparente, amarela, com e sem etiqueta adesiva), após encaminhadas para o almoxarifado central para posterior distribuição para os setores.

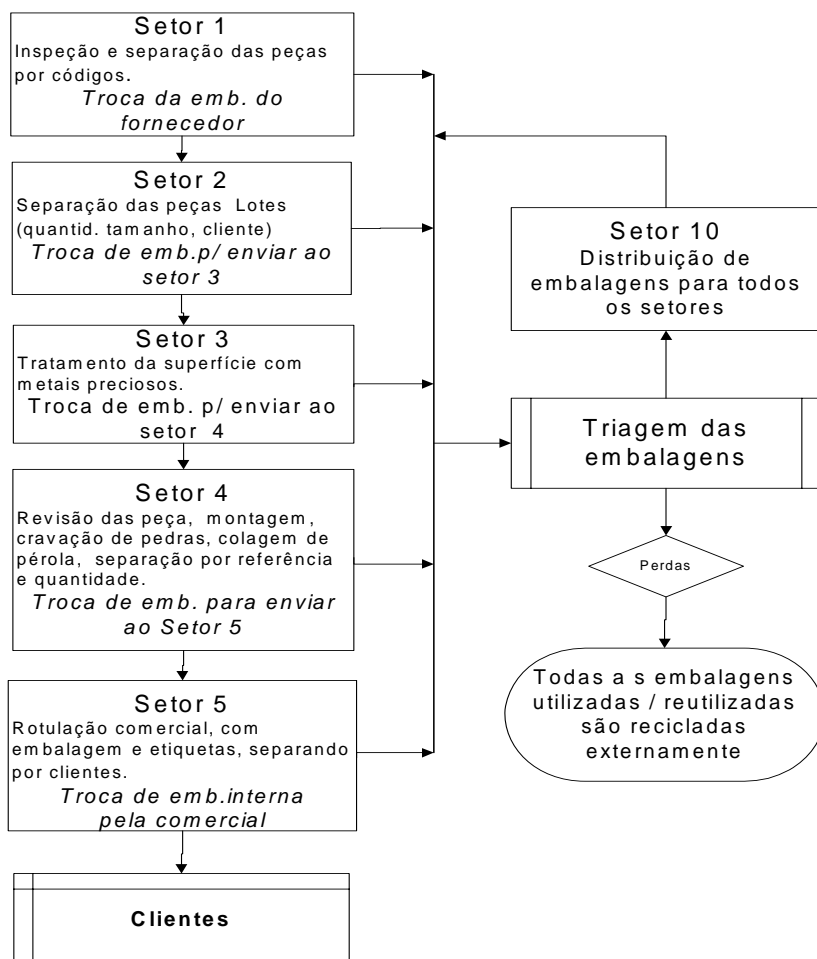


Figura 7 - Etapas de reutilização de embalagem plásticas entre os setores, 2,3,4 5 e 10 correspondem a compras, distribuição de peças, produção, controle de qualidade, vendas e almoxarifado.

O índice mensal do consumo das embalagens plásticas em 2002 está exposto na tabela 6. Estimou-se, a reutilização das embalagens como sendo duas vezes além de sua utilização prevista.

Tabela 6 – Índice mensal de geração, valor de compra, ganhos com a redução, reutilização e reciclagem de embalagens plásticas em 2002.

Classificação das embalagens	IGR – EP*	Valor para Compra ** (US\$)	Valor ganho pela redução** (US\$)	Valor ganho pela reutilização** (US\$)	Valor ganho pela reciclagem* (US\$)
<b>Transparentes</b>					
com etiqueta	0,050	87,32	sem redução	174,60	1,33
sem etiqueta	0,040	66,88	2,87	133,50	1,03
<b>Amarelas</b>					
com etiqueta	0,010	19,52	sem redução	39,04	0,20
sem etiqueta	0,001	2,77	3,69	5,44	0,04
<b>Total</b>	<b>0,110</b>	<b>176,50</b>	<b>6,57</b>	<b>352,7</b>	<b>2,60</b>

\* Índice mensal da geração de resíduos sólidos inertes provenientes de embalagens plásticas (kg embalagens plásticas/ kg de peças produzidas).

\*\* Valor médio de 2002 da relação R\$/US\$ = 2,92. Para o cálculo dos valores de reutilização foi estimado um reuso de duas vezes (tabela 5).

Ao observar os resultados apresentados na tabela 6 fica claro que as ações de redução e reutilização são as que trazem melhores benefícios ambientais, ao reduzir e reutilizar embalagens plásticas se salva novas matérias-primas, e econômicos, pois as ações de redução e reutilização propiciam maiores ganhos monetários do a reciclagem. Considerando as ações de reutilização os valores quantitativos de massa e dos valores monetários poderão ser multiplicadas por tantas vezes que as embalagens forem reutilizadas.

Os investimentos feitos pela empresa *NG Group* para o recolhimento das embalagens plásticas não passaram da compra de caixas de papelão para serem colocadas sobre as mesas de trabalho que geram esse resíduo. Tendo um custo mensal de US\$ 17,83, portanto o ganho econômico foi de US\$ 344,04 mensais.

### *Alfinetes*

Os alfinetes metálicos são materiais empregados para separação e transporte de correntes. No ano de 2001 os alfinetes eram utilizados e descartados independente de suas condições para reuso, sendo vendidos para empresas que coletam materiais recicláveis que os incluía na categoria de sucatas ferrosas.



A redução dos alfinetes é inviável, por não haver outro dispositivo que atenda as necessidades de separação e transporte de correntes. Por esse motivo em 2002, foi implementada a ação de reutilização para os alfinetes, sendo classificada em duas categorias:

- Reutilização interna, pelos nos setores da empresa *NG Group*, ocorrendo com os alfinetes que apresentam bom estado, (sem oxidações e restos de etiquetas adesivas) utilizado em correntes que receberam o tratamento de superfície.
- Reutilização externa, realizada por fornecedores de mercadoria bruta (latão). São reutilizados alfinetes oxidados na mercadoria que ainda não recebeu o tratamento de superfície com metais preciosos.

Os alfinetes são reutilizados após serem remanufaturados. Passam por etapas de triagem e limpeza, onde são retiradas as etiquetas adesivas de identificação, e por processos de tamboramento melhorando o aspecto dos alfinetes. O fluxograma da figura 8 mostra os setores que reutilizam os alfinetes. Na produção (setor 3), ocorre a remanufatura, após são armazenados no almoxarifado (setor 10), onde são requeridos pelos setores da empresa *NG Group* e pelos fornecedores de mercadoria bruta.

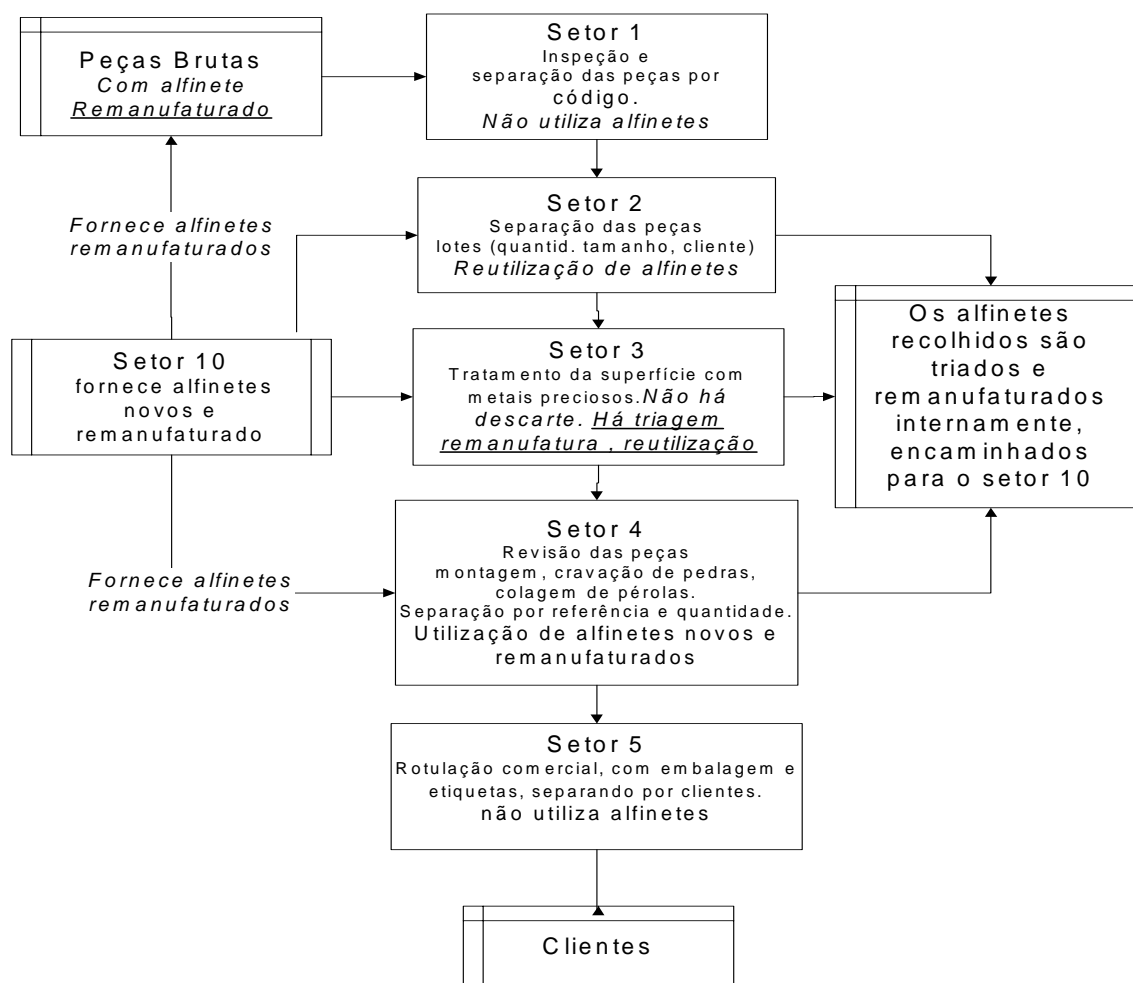


Figura 8 – Fluxo da utilização e reutilização dos alfinetes pelos respectivos setores compras, distribuição de peças, produção, controle de qualidade, vendas, almoxarifado.

Ao observar a tabela 7, a reutilização dos alfinetes ocasionou ganhos ambientais, e econômicos expressivos se comparados com a possibilidade de venda para reciclagem externa. São apresentados os índices mensais da reutilização referente ao ano de 2002. A unidade utilizada para o cálculo do índice mensal da reutilização é número de caixas de alfinetes por massa de peças produzidas. Esta unidade foi adotada porque os alfinetes são comprados por caixas, cada caixa contém cem unidades de alfinetes. Os danificados durante o uso ou os não viáveis para reuso, são vendidos para empresas que coletam materiais recicláveis.

Tabela 7 – Índice mensal de consumo de caixas de alfinetes. Comparativo entre os ganhos proporcionados pela reutilização e possível venda.

Características das ações	IMC – RSI (CA) *	Valor ganho pela reutilização ** (US\$)	Valor ganho pela venda ** (US\$)
Reutilização interna	0,09	157,20	0,44
Reutilização externa	0,02	41,10	0,11
Reciclagem	0,01	-	0,03
<b>Total</b>	<b>0,12</b>	<b>198,30</b>	<b>0,58</b>

\* Índice mensal de consumo do número de caixas de alfinetes reutilizados e reciclados (número de caixas de alfinetes/ kg peças produzidas). Uma caixa contém aproximadamente 200 g de alfinete de aço.

\*\* Valor médio de 2002 da relação R\$/US\$ = 2,92

Para os procedimentos de reutilização foram investidos US\$ 1,61 mensais na compra de caixas de papelão para serem colocadas sobre as mesas de trabalho que geram como resíduo os alfinetes. As etapas de triagem e limpeza e os custos de implementação foram considerados desprezíveis, por utilizar materiais e mão de obra existentes na empresa *NG Group*.

Como ocorreu com as embalagens plásticas, o valor dos alfinetes reutilizado são exemplos práticos de que a etapa da reciclagem é a de menor retorno financeiro (apenas US\$ 0,58, enquanto a reutilização proporcionou US\$ 198,30) mas que ainda é a melhor solução para os materiais que não podem ser reduzidos ou reutilizados.

#### *Sacos Plásticos para acondicionamento de lixo*

O material plástico estudado é empregado para acondicionamento e transporte de lixo em todos setores da *NG Group*.

Durante o ano de 2001 os copos plásticos eram descartados no container específico para plásticos, não havia separação entre os copos descartáveis e outros materiais plásticos. Diariamente eram recolhidos os sacos dos containeres mesmo que não estivessem cheios, estes procedimentos era realizado devido aos restos de bebidas (água, leite, café, chá e refrigerante) dos copos. Desta forma as empresas que coletam

os materiais recicláveis rejeitavam a compra dos materiais plásticos. Sendo descartados na lixeira central, e recolhidos pela prefeitura do município de São Paulo.

Para melhorar a seletividade dos materiais plásticos, em 2002, houve o desenvolvimento de suportes para acondicionamento dos copos descartáveis, reduzindo a necessidade da troca diária dos sacos de lixo. O investimento para confecção dos suportes foi considerado desprezível, por terem sido construídos com materiais e mão de obra disponíveis na empresa.

Na tabela 8 pode-se comparar os índices mensais de consumo e os valores monetários para compra dos sacos de lixo em 2001 e 2002.

Tabela 8 – Índice mensal do consumo dos sacos de lixo e valores monetários para compra.

Períodos	IMC – (EAL) *	Valor de compra** (US\$)
2001 sem os suportes	0,71	19,13
2002 com os suportes	0,02	0,31
Ganhos com a redução	0,69	18,82

\* Índice mensal do consumo de embalagens para acondicionamento de lixo (unidade de sacos de lixo / kg de peças produzidas). Massa média das embalagens para lixo 75 g.

\*\* Valor médio de 2001 e 2002 da relação R\$/US\$ = 2,35 e 2,92 respectivamente.

Com a instalação dos suportes para os copos, em 2002, houve uma redução significativa, cerca de 98 %, do consumo de sacos de lixo e um ganho econômico de US\$ 18,82 mensais.

#### 4.2.2 Resíduo líquido tóxico

Em uma linha galvânica tanto consumo de água (montagem de eletrólitos e etapas de lavagem e limpeza - desengraxante) como a geração de resíduos é evidente em todas as etapas do processo de eletrodeposição (figura 5). O uso racional da água e o gerenciamento correto dos resíduos líquidos, são ações auxiliares para que o processo produtivo trabalhe dentro do conceito proposto de P+L segundo a UNEP [5], como sendo aplicação contínua de uma estratégia integrada a produtos, processos e serviços, fazendo uso eficiente de produtos, incluindo água e energia.

Foram estudados os resíduos gerados em três etapas do processo de eletrodeposição com metais preciosos, descarte de desengraxante, água utilizadas nas etapas de lavagem e eletrólitos exauridos.

As soluções contendo substâncias tóxicas são formuladas a partir de produtos sólidos. O resíduo descartado é tratado, na estação de tratamento de efluentes galvânicos, antes de serem lançadas na rede pública de esgoto. Durante o tratamento, na estação, gera-se resíduos sólidos devido às reações de complexação dos metais presente no resíduo, dando origem ao lodo galvânico. O lodo galvânico é considerado resíduo tóxico de Classe I, não podendo ser descartado em aterros ou lixões, por conter metais pesados e outras substâncias químicas tóxicas. O lodo galvânico necessita de tratamento específico em usinas de reciclagem apropriadas. Mesmo nestas usinas durante o processo de tratamento do resíduo classe I, haverá geração de outros resíduos, consumindo mais produtos químicos, recursos naturais e elevando custos econômicos (mão-de-obra, certificados de armazenagem e transporte) em cada etapa que o resíduo percorre.

O resíduo líquido tóxico, estudado é utilizado pelo setor da produção, para pré-tratamentos da superfície das peças que receberão as camadas metálicas, conforme o fluxograma da figura 5.

O desengraxante é composto por cianetos, hidróxidos, hipofosfito e outras substâncias não reveladas pelo fabricante, portanto, sua formulação é parcialmente conhecida. O

descarte deste produto é altamente prejudicial ao meio ambiente, se descartado sem tratamento. Na empresa estudada o desengraxante descartado é encaminhado para a estação de tratamento de efluentes galvânicos, gerando todo processo de tratamento já descrito.

Apesar de se tratar de resíduos líquidos, utilizam-se produtos sólidos em sua formulação. Para o cálculo do índice mensal de consumo de desengraxante (kg de desengraxante/kg peças produzida) foi necessário conhecer a massa de desengraxante consumida, realizado junto aos operadores dos tanques que contém desengraxante, o levantamento da frequência do descarte deste produto e a massa utilizada na solução. Outro levantamento feito foi sobre a vida útil do desengraxante com seus fabricantes, verificando se o produto em questão era utilizado conforme as especificações do fabricante.

Um processo viável de minimizar o consumo de produtos químicos tanto para o tratamento do efluente líquido quanto para o tratamento do lodo gerado é a redução da geração de resíduos de desengraxante na fonte geradora.

Para que houvesse redução no descarte do desengraxante, na *NG Group*, em 2002 foram adotados critérios para o descarte deste produto. Conforme contatos feitos com o fabricante do desengraxante, verificou-se que pela quantidade utilizada a especificação de vida-útil do produto oferecida pelo fabricante poderia ser o suficiente para dois meses e meio de trabalho na *NG Group*, reduzindo desta forma o descarte que era realizado por quinzena.

A tabela 9 mostra os índices mensais do consumo e os ganhos monetários de desengraxante podendo ser comparados entre os períodos de 2001 e 2002 antes e após a ação de redução implementada, respectivamente.

Tabela 9 – Índice mensal consumido, valor de compra e ganhos proporcionados pela redução do desengraxante em 2001 e 2002.

Períodos	IMC – (D) *	Valor de compra (US\$)
2001 anterior a redução	0,36	775,80
2002 após a redução	0,05	87,30
Ganhos proporcionados pela redução	0,31	863,10

\* Índice mensal do consumo de desengraxante como insumo (kg de desengraxante consumido/kg de peças consumidas).

\*\*Valor médio de 2001 e 2002 da relação R\$/US\$ 2,32 e 2,92 respectivamente.

Houve uma redução significativa no índice mensal do consumo de desengraxante, para cerca de 86 % se comparado ao índice consumido em 2001, conseqüentemente, houve a redução dos efluentes a serem tratados na estação. Os ganhos econômicos estão relacionados apenas aos valores monetários ganhos pela redução na compra do desengraxante. Não foram contabilizados os valores monetários dos produtos químicos, mão-de-obra e certificados de armazenamento e transporte, utilizados na estação de tratamento de efluentes, e pelas usinas de reciclagem desse tipo de resíduo.

O consumo de água para lavagens de peças nos tanques do setor da produção representa 64 % do volume gasto pela empresa. A porcentagem de água consumida nos tanques de lavagem com água corrente foi dada pela diferença entre a somatória das vazões dos tanques e o consumo geral de água na empresa. Visando a redução do consumo de água, foi adotado um sistema de rodízio nos tanques que utilizam água corrente para lavagem de peças.

O sistema de rodízio implementado consiste em deixar os registros dos tanques fechados, durante o período de trabalho, e abri-los quando verificada a turbidez da água. Este procedimento foi adotado sem que houvesse comprometimento da qualidade das peças e das etapas dos processos eletrolíticos.

A tabela 10 mostra os valores dos índices mensais da redução do consumo e os valores monetários da água, antes e depois da implementação do sistema de rodízio. O índice

mensal do consumo de água ( $m^3$  de água consumida/kg peças produzidas) foi calculado após o levantamento da quantidade de tanques que utilizam água corrente, sua vazão e a porcentagem que representa o consumo de água por tanques de lavagem em relação à água consumida pela empresa.

Tabela 10 – Índice mensal do consumo, valor de compra e ganhos proporcionados pela redução de água em 2002.

Característica das ações	IMC – (A) *	Valor de compra ** (US\$)
Anterior ao sistema de rodízio	0,90	1.374,60
Após o sistema de rodízio	0,58	962,20
Ganhos proporcionados pela redução	0,40	412,40

\* Índice mensal do consumo de água pelos tanques que utilizam água corrente para lavagem de peças ( $m^3$  de água consumida em tanques de lavagem/kg de peças produzidas).

\*\* Valor médio de 2002 da relação R\$/US\$ = 2,92

Com os valores da tabela 10, observa-se que houve uma redução de 35 % no consumo de água, proporcionado pelo sistema de rodízio.

Outra etapa interferida no processo de tratamento de superfície é referente à troca de eletrólitos. A linha de produção para tratamento de superfície para semijóias opera com diversos eletrólitos (figura 5) dentre os eletrólitos pode-se destacar os eletrólitos de cor-final. Esses eletrólitos possuem um tempo de vida útil determinado pela massa de peças que são banhadas, ao descartar-lo há geração de resíduos e perda de matéria-prima, principalmente a de metais preciosos.

No ano de 2001 o aumento de vida do eletrólito de cor-final não era realizado. Neste período, descartava-se este eletrólito uma vez por semana. Visando a redução do descarte do eletrólito de cor-final, foram desenvolvidos, em 2002, procedimentos (após testes em laboratório) que permitiram aumentar a vida útil em 60 % desta etapa do tratamento de superfície.



O aumento da vida útil do eletrólito foi alcançado por meio da adição de 15 % de seus componentes iniciais, quando a massa de peças banhadas atingia o limite conhecido (dado empírico). Reduzindo a geração de resíduos e maximizando os ganhos monetários pela redução no consumo de novos produtos químicos e metais preciosos, para montagem do eletrólito.

Na tabela 11, estão expostos os índices mensais gerados, valores gastos para montagem do eletrólito, investimentos e valores ganhos proporcionados pela redução do eletrólito de cor final. O investimento monetário é referente à somatória dos componentes utilizados para o aumento da eficiência de vida útil do eletrólito.

Tabela 11 – Índice mensal da geração, valores ganhos e investimento para aumento da eficiência da vida útil do eletrólito de cor final.

Características dos períodos	IMG – (ECF) *	Valor de compra ** (US\$)
2001 anterior a melhoria da eficiência de vida útil	$1,5 \times 10^{-3}$	10.517,70
2002 após melhoria da eficiência de vida útil	$6 \times 10^{-4}$	3.075,20
Investimentos	-	29,70
Ganhos proporcionados pela redução	$7 \times 10^{-4}$	7.412,80

\* Índice mensal gerado pelo descarte do eletrólito de cor final ( $m^3$  do eletrólito/kg peças produzidas).

\*\* Valor médio de 2001 e 2002 da relação R\$/US\$ 2,32 e 2,92 respectivamente.

#### 4.2.3 Redução do consumo de energia elétrica.

Na linha de tratamento de superfície, alguns tanques fazem uso de resistências elétricas para aquecimento de eletrólitos que trabalham próximos a 60 °C e 90 °C (figura 5). O estudo da redução no consumo de energia elétrica se refere ao consumo gasto por estas resistências.

Ao observar o modo de operação das resistências elétricas (quanto ao consumo) no setor de produção da *NG Group*, verificou ser desnecessário que as resistências elétricas permanecessem ligadas durante todos os dias da semana. Foi proposto e adotado um sistema de rodízio para o funcionamento das resistências elétricas.

O procedimento proposto consiste em desligar as resistências durante noventa minutos diários, sendo trinta minutos que antecedem o horário de almoço e os sessenta minutos destinados a este horário. Não havendo comprometimento da temperatura dos eletrólitos, no intervalo de tempo que as resistências permanecem desligadas, devido ao volume do tanque (cento e sessenta litros) e do uso de dispositivos esféricos de PVC na superfície da solução auxiliando a manter a temperatura de trabalho das soluções eletrolíticas.

Os valores dos índices mensais consumidos, valores monetários referentes ao consumo e os valores ganhos com a redução pela adoção do rodízio de trabalho das resistências elétricas, estão expostos na tabela 12.

Tabela 12. Índice mensal consumido, valores gastos e ganhos com o rodízio de trabalho das resistências elétricas em 2002.

Características operacionais	IMC – (EE) *	Valor de compra ** (US\$)
Resistências ligadas	11,80	2.201,70
Resistências desligadas	7,60	1.411,60
Ganhos proporcionados pela redução	4,22	790,10

\* Índice mensal do consumo de energia elétrica pelas resistências de aquecimento (kWh de energia elétrica/kg de peças produzidas).

\*\* Valor médio de 2002 da relação R\$/US\$ = 2,92

Neste capítulo são apresentadas discussões referentes às comparações entre os períodos estudados e os resultados alcançados na empresa estudada. Quando possível, as ações implementadas e os resultados alcançados pela CETESB [1] são comparados com os obtidos neste trabalho. Mesmo sabendo que a *NG Group* não faz parte do cluster paulista de bijuterias, as comparações são válidas por se tratar de indústrias que utiliza em seus processos de produção etapas e insumos semelhantes.

Os resultados obtidos pela implementação do programa de melhoria ambiental são:

- O índice mensal da geração de resíduos da categoria papéis (papelão, papel misto e de escritório) sofreu uma queda de aproximadamente 47 % (0,79 em 2001 passou para 0,42 em 2002, ver tabela 4) após a implementação do programa. Esta redução foi devida ao reuso das embalagens de papelão em 2002. Um exemplo de redução adotada é o uso de embalagens recebidas por fornecedores para encaminhar mercadorias para clientes. A redução do índice de geração de resíduo causou uma redução dos valores arrecadados na sua venda (US\$ 29,60 em 2001 e US\$ 14,38 em 2002), maior que o valor da redução alcançada de 47 % devido a variações no preço de comercialização. Os ganhos devido à redução não foram possíveis de serem mensurados, pois as embalagens de papelão têm várias origens (compradas pela empresa ou recebidas pela compra de insumos).
- Na categoria de sucatas ferrosas o índice mensal de geração foi reduzido em aproximadamente 42 % em relação a 2001 (o índice mensal de geração de 0,12 passou para 0,07 após a implementação do programa, ver tabela 4). Esta redução foi devida à reutilização de materiais metálicos, como a de alfinetes. O índice de consumo evitado por mês de aço proveniente dos alfinetes foi de 0,02 kg/kg de peça produzida (o que corresponde à reutilização interna/externa de 0,11 caixas de alfinete/kg de peça produzida, tabela 7). Esta redução é significativa, pois representa 2/5 da redução alcançada em sucata (0,12 – 0,07 = 0,05, tabela 4). As outras ações empregadas para a redução das sucatas ferrosas estão disseminadas pela empresa sem possuir uma rotina definida, por este motivo não foi possível descrevê-las. Os valores arrecadados com a venda

da sucata foram de US\$2,97 em 2001 e US\$ 1,74 em 2002, tendo porcentual de redução semelhante ao do índice mensal de geração. Percebe-se que o preço da sucata ferrosa é mais estável que o do papel comercializado. Ganhos significativos foram avaliados com a reutilização dos alfinetes, US\$ 198,3 mensais (tabela 7).

- Com os materiais plásticos foi possível implementar reciclagem externa (venda para empresas coletoras), reutilização de embalagens plásticas (entre os setores da empresa) e a redução de embalagens para acondicionamento de lixo (com a instalação de suportes). Como não são conhecidos os índices mensais do consumo desses materiais plásticos em 2001, não há possibilidade de comparação dos valores reduzidos pela reutilização dos materiais, com exceção das embalagens plásticas para lixo. Após a instalação do suporte para copos descartáveis, houve uma redução de 97 % do consumo de embalagens plásticas para lixo (tabela 8, de 0,71 o índice de mensal de consumo passou para 0,02). Os ganhos monetários mensais estimados com a redução e reutilização das embalagens plásticas são de US\$ 6,57 e US\$ 352,70, respectivamente. A comercialização proporcionou o menor dos ganhos monetários, US\$ 2,60 (tabela 6).
- Com o consumo de energia elétrica houve uma redução de 36 % (tabela 12) após a implementação do sistema trabalho com rodízio de funcionamento das resistências elétricas de aquecimento. O ganho monetário mensal proporcionado pela redução do consumo de energia elétrica é estimado em US\$ 790,10.
- A otimização do sistema de lavagem de peças com chuveiro, desenvolvida pela CETESB [1], possibilitou a redução de um pouco mais de 58 % mensal do consumo de água. Para obter esta redução significativa do consumo de água houve a substituição do bocal do chuveiro empregado para lavagem de peças. Nas etapas de lavagem empregadas pela empresa estudada o uso de chuveiros é inviável, devido ao tamanho das ganchas empregadas. Para lavagem são utilizados tanques tipo cascatas, que utilizam uma divisória no centro do tanque, a entrada e saída de água estão localizadas no fundo do tanque, mas separadas

pela divisória. A redução do consumo de água ocorreu pela adoção do sistema de rodízio dos registros, permitindo trabalhar com os registros abertos ou fechados em diferentes períodos. A adoção deste sistema reduziu em quase 36 % o índice mensal do consumo mensal de água, proporcionando um ganho monetário mensal de US\$ 412,40. Não necessitando de nenhum investimento, o que não ocorreu com as empresas estudadas pela CETESB [1], onde houve um investimento mensal de US\$ 30,85. Quando comparados os índices mensais de consumo de água do processo de lavagem observa-se mais claramente a diferença entre os dois sistemas produtivos. Após implementada as melhorias de desempenho ambiental o consumo de água, por kg de peça produzida, nas empresas avaliadas pela CETESB é de 0,098 m<sup>3</sup> e na empresa estudada é de 0,58 m<sup>3</sup>.

- A recuperação dos banhos de ativação ácida estudada pela CETESB [1] ocorreu pelas correções de concentração feitas na solução de trabalho, após análises químicas, evitando-se o descarte prematuro. Com este procedimento, foi obtida uma economia de 6 % ao mês de ácido sulfúrico. Neste trabalho foram apresentados os procedimentos adotados no setor de produção da etapa de padronização da cor final das peças. Estes procedimentos de melhoria do desempenho ambiental são semelhantes na sua finalidade aos descritos pela CETESB [1]: redução do descarte de substâncias químicas pelo aumento da vida útil. A ação adotada descrita nesta dissertação permitiu a economia de 63,2 % do valor gasto para composição de novos eletrólitos de cor final, além de reduzir em 60 % a troca do eletrólito. Os ganhos monetários mensais foram significativos, avaliados em US\$ 7.412,8, sendo o maior ganho econômico entre as ações implementadas deste estudo. Neste caso não é possível comparar índices mensais de consumo com o estudado pela CETESB, pois se tratam de diferentes soluções de trabalho, composições químicas e finalidades.
- Não houve mudança na composição do desengraxante. O procedimento adotado consistia em reforçar a composição química e após um período estabelecido (pelo fabricante do produto) é realizado o descarte. Este novo procedimento resultou numa redução do índice mensal de consumo de aproximadamente 86 %

(de 0,36 passou para 0,05, tabela 9). O procedimento adotado pelas empresas avaliadas pela CETESB [1] foi de mudar a composição (reduzindo de forma significativa à concentração de alguns componentes) e a sua reciclagem interna. A reciclagem consistia na filtração e reposição de alguns dos principais componentes do desengraxante. A formulação do desengraxante empregada pelas empresas de Limeira foram implementadas na empresa em estudo. Porém, não foi possível mantê-la devido seu baixo desempenho. Por este motivo, decidiu-se continuar o uso da formulação anterior. Os valores monetários ganhos obtidos neste trabalho, alcançados pela redução no consumo de desengraxante, são de US\$ 863,1 mensais. Neste cálculo não foram contabilizados os custos para tratamento do efluente gerado (produtos químicos e mão de obra), obtenção de licenças ambientais para tratamento e transporte dos resíduos gerados na estação de tratamento de efluentes.

Percebe-se que as ações de redução e reutilização implementadas na empresa estudada foram principalmente no setor da produção. Por se tratar de processos produtivos que envolvem várias etapas, as ações foram implementadas com cautela, para não haver comprometimento com as etapas do processo produtivo e muito menos comprometer a qualidade do produto final. Os ganhos ambientais foram significativos quando considerado o potencial de impacto ambiental, por exemplo pela redução do descarte de desengraxante e eletrólito de cor final proporcionado uma redução mensal no descarte de aproximadamente 32 kg de cianeto.

Com os resultados apresentados alcançados pela implementação do programa de melhoria de desempenho ambiental, tornar um processo industrial mais amigável ao meio ambiente, muitas vezes não são necessários grandes investimentos e mudanças tecnológicas, mas uma análise das etapas do processo, verificando o uso correto dos insumos empregados.

Conclui-se que pelos resultados apresentados dos índices mensais consumidos/gerados dos insumos estudados, o objetivo proposto inicialmente em melhorar o desempenho ambiental da empresa de semijóias estudada foi alcançado.

Além dos benefícios ambientais proporcionados por este estudo, por meio da redução, reutilização e reciclagem (externa – venda) dos resíduos estudados, houve como consequência ganhos monetários, originados pelas boas práticas proposta pelo conceito de P+L. A implementação do programa de melhoria do desempenho ambiental, no caso da empresa estuda, não necessitou de investimentos monetários elevados (US\$ 49,14 mensais) se comparados aos ganhos proporcionados mensalmente estimados em US\$ 10.110,94.



Como a gestão ambiental está relacionada não só as questões ambientais, mas a várias áreas de um processo industrial como, por exemplo, financeiro, marketing e qualidade do produto como futuros trabalhos pode-se indicar o estudo de:

- Outras formas de avaliação além do índice mensal da geração/consumo dos insumos utilizados pela empresa.
- Eficiência (ambiental e econômica) do sistema de troca iônica para reutilização da água pelo setor de produção.
- Inclusão de novas categorias no gerenciamento de resíduos como vidros e materiais orgânicos.
- Disseminação das ações implementadas, neste trabalho, a fornecedores e clientes contribuindo desta forma para uma maior adesão a processos e produtos mais amigáveis ambientalmente.
- Intervenção de outras etapas do processo produtivo de semijóia como, por exemplo, aumento da vida útil da solução de ativação ácida e desenvolvimento de produtos menos tóxicos, utilizados na linha de produção.

- 1 - CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manuais Ambientais CETESB, *Projeto Piloto de Prevenção à Poluição. Casos de sucesso* – São Paulo, jun 1998/2002.
- 2 – VALLE, Cyro Eyer do. *Qualidade Ambiental: ISO 14000*/ Cyro Eyer do Valle. – 4º ed. rev. e ampl. – São Paulo; Editora SENAC São Paulo, 2002.
- 3 – ABNT. Normas NBR Série ISO 14000 – *Diretrizes gerais sobre princípios sistemas e técnicas de apoio*. Rio de Janeiro, 1996.
- 4 – CASTRO, N. de, SETTI, A A, GORGONIO, A S e FARIA, S.C. *Meio Ambiente e a pequena Empresa A questão Ambiental e as empresas* – SEBRAE. Brasília, 1998.
- 5 – K. H. Robèrt, B.Schmidt-Bleek, J. Aloisi de Larderel, G. Basile, J.L Jansen, R. Kuehr, P Price Thomas, M. Suzuki, P. Hawken and M. Wackernagel. *Strategic sustainable development – selection, design and synergies of applied tools*. Journal of Cleaner Production. USA, 2002.
- 6 – PNUMA – *Producción más Limpia. Un paquete de recursos de capacitación*. Primeira edición en español. México –1999.
- 7 - BARBIERI, José Carlos. *Desenvolvimento e meio ambiente As estratégias de mudança da Agenda 21*. Ed. Vozes. Petrópolis – Rio de Janeiro, 1997.
- 8 - SOUZA, L. E. Aposta na Limpeza. *Revista PEGN*, ano XIV, p.49-50 - Rio de Janeiro, 2003.
- 9 - XEROX, *Busines Guide to Wate Reduction and Recyclin*. The Document Company. Nova Iorque, 1998. Disponível em <http://www.Xerox.com>