



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**ESCOLA POLITÉCNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**ENG 320 – TRANSPORTE MECÂNICO**



**– Sistema de processamento e  
equipamentos utilizados na reciclagem  
de metais –**

Latas de aço, alumínio e embalagens Tetra Pak

**Autores: Adson d’Almeida Monteiro**  
**Francisco José B. das Virgens**

**Orientador: Professor Roberto Sacramento**

Salvador - julho de 2005

# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b>   | <b>4</b>  |
| <b>INTRODUÇÃO</b>   | <b>4</b>  |
| 1.1 OBJETIVOS:  | 6         |
| <b>CAPÍTULO 2</b>   | <b>7</b>  |
| <b>ALUMÍNIO</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1 CARACTERÍSTICAS:  | 7         |
| 2.2 PROCESSO DE RECICLAGEM:                                   | 9         |
| 2.3 ASPECTOS ECONÔMICOS DA RECICLAGEM DO ALUMÍNIO:            | 16        |
| <b>CAPÍTULO 3</b>   | <b>18</b> |
| <b>AÇO</b>  | <b>18</b> |
| 3.1 CARACTERÍSTICAS:  | 18        |
| 3.3 PROCESSO DE RECICLAGEM:                                   | 21        |
| 3.4 ASPECTOS ECONÔMICOS DA RECICLAGEM DO AÇO:                 | 23        |
| <b>CAPÍTULO 4</b>   | <b>25</b> |
| <b>CONCLUSÃO:</b>   | <b>25</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                             | <b>27</b> |
| A) PÁGINAS DE INTERNET:                                       | 27        |
| B) PUBLICAÇÕES:   | 27        |
| <b>ANEXOS</b>   | <b>28</b> |
| <b>LISTA DE FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS PARA RECICLAGEM:</b> | <b>28</b> |
| 1- PRENSAS:   | 28        |
| 2- MOINHOS:   | 29        |
| 3- FORNOS:  | 29        |
| 4- TRANSPORTADORES:   | 30        |
| 5 - DIVERSOS:   | 31        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 2.1 – FLUXOGRAMA DA REDUÇÃO DO ALUMÍNIO _____                   | 8  |
| FIGURA 2.3 - MINI PRENSA PARA LATINHAS DE ALUMÍNIO _____               | 10 |
| FIGURA 2.4 – TRANSPORTADOR DE CORREIA DE UMA UNIDADE DE TRIAGEM _____  | 11 |
| FIGURA 2.5 – MOINHO DE MARTELOS _____                                  | 12 |
| FIGURA 2.6 – FORNO PARA FUSÃO DE SUCATAS DE ALUMÍNIO _____             | 13 |
| FIGURA 2.7 - LINGOTEAMENTO NO PROCESSO DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO _____ | 14 |
| FIGURA 2.6 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE RECICLAGEM DO ALUMÍNIO _____    | 15 |
| FIGURA 3.1 – EVOLUÇÃO DA RECICLAGEM DE LATAS DE AÇO PARA BEBIDAS _____ | 20 |
| FIGURA 3.2 - SEPARADOR DE METAIS NÃO FERROSOS (CORRENTE – EDDY) _____  | 21 |
| FIGURA 3.3 – MONTAGEM DE UM FORNO PARA FUNDIÇÃO DE METAIS _____        | 22 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| TABELA 2.1 – ÍNDICE DA RECICLAGEM DAS LATAS DE ALUMÍNIO _____           | 8  |
| TABELA 2.2 – ESTIMATIVA DE CUSTO DA PRODUÇÃO DE LATAS DE ALUMÍNIO _____ | 16 |
| TABELA 2.3 – VALOR DE REVENDA DE LATAS DE ALUMÍNIO _____                | 17 |
| TABELA 3.1 – PERCENTAGEM DA UTILIZAÇÃO DE AÇO COMO EMBALAGEM _____      | 19 |
| TABELA 2.3 – VALOR DE REVENDA DE LATAS DE ALUMÍNIO _____                | 23 |
| TABELA 3.2 – ESTIMATIVA DE CUSTO DA PRODUÇÃO DE LATAS DE ALUMÍNIO _____ | 24 |

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido em âmbito da disciplina ENG 320 (Transporte Mecânico), pertencente à grade do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Bahia.

O tema estudado foi proposto pelo docente da disciplina, Roberto Sacramento, prontamente acatado pelos alunos, por ser um assunto do interesse de todos e estar bastante ligado ao escopo da disciplina a qual este trabalho foi destinado. A ligação com do tema com a disciplina pode ser observado, no fato da utilização de transportadores mecânicos, notadamente os Transportadores Contínuos de Granéis Sólidos (TCGS) nas usinas triagem e reciclagem do lixo urbano.

O Desenvolvimento do tema levou a um entendimento de um tema bastante atual e de grande interesse para a economia mundial, enriquecido o conteúdo da disciplina, não somente nos aspectos práticos dos assuntos explanados em sala de aula, mas também a conhecimentos complementares. Isso é comprovadamente de grande importância para a abertura de horizontes na competência dos alunos bem como no despertar os mesmos para uma nova área de atuação em crescimento ascendente.

A reciclagem do lixo deve ser encarada de modo responsável por todos os setores da sociedade, pois a mesma se mostra como a maneira mais eficaz no combate a poluição, que cresce exponencialmente com o aumento da população mundial.

Esse trabalho visa através da descrição da metodologia utilizada para a reciclagem de embalagens metálicas bem como dos equipamentos utilizados em cada etapa do processo, dar um suporte inicial às pessoas interessadas na implantação de usinas de reciclagem, de acordo com a quantidade de resíduos que determinada região produz.

É importante salientar que este trabalho faz parte de um conjunto de trabalhos sobre um tema principal, reciclagem de lixo, e que este só se preocupa em aprofundar-se no que diz respeito à reciclagem de embalagens com a presença de metais em sua composição.

Com base na situação específica do estado da Bahia, principalmente nas regiões onde existe uma carência muito grande de programas de tratamento racional de resíduos, é oportuno enfatizar a importância do esforço empreendido por alunos e professor para gerar este conjunto de trabalhos.

Espera-se através deste conjunto de trabalhos, ampliar a visão do empresariado e dos governantes, bem como ao público em geral no que diz respeito ao processamento do lixo urbano, apresentando a tecnologia empregada neste setor econômico e abrir portas para novos empreendimentos, garantindo uma melhor qualidade de vida para a sociedade.

## **1.1 Objetivos:**

Os objetivos do presente trabalho serão ditos a seguir:

- Indicação dos maquinários disponíveis para o processo de reciclagem;
- Indicação das escalas de equipamentos disponíveis;
- Principais fabricantes por etapa de processo;
- Custos de implantação operação por produção de resíduos;
- Estimativa de valores de venda de cada etapa do processo de reciclagem;
- Estimativa do tempo necessário para a implantação do empreendimento.

## **CAPÍTULO 2**

### **ALUMÍNIO**

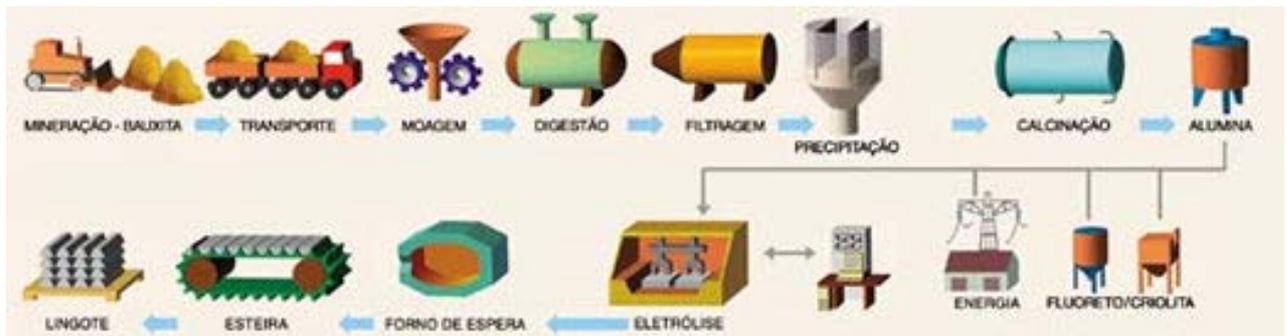
#### **2.1 Características:**

A utilização das latas de alumínio como embalagem surgiu por volta de 1963, mas os interesses pela reciclagem, só foram observados em 1968. No princípio a reciclagem era de cerca de meia tonelada por ano. Quinze anos depois esse volume era reciclado por dia. Com o avanço tecnológico possibilitou-se também um melhor aproveitamento do processo de reciclagem, de tal modo que há 25 anos, um quilo de alumínio reciclado produzia cerca de 42 latas de 350 ml. Hoje se produz cerca de 62 latas com a mesma quantidade, o que representa um aumento de produtividade de 47%.

No Brasil, latas vazias são misturadas com outras sucatas de alumínio e fundidas para a produção, por exemplo, de panelas e outros utensílios domésticos. Em 1991, a LATASA lançou o primeiro programa brasileiro de reciclagem desse material. Em cinco anos, foram coletadas mais de 22 mil toneladas (460 toneladas mensais, em média) com a participação de 1,2 milhão de pessoas, contribuindo para o total reciclado de 2,5 bilhões de latas por ano. No programa são usadas máquinas conhecidas como papa-latas (prensas hidráulicas) , que prensam o metal, reduzindo seu tamanho para compor fardos encaminhados para a reciclagem.

Pelo método tradicional, o alumínio é produzido pela eletrólise da alumina presente no minério bauxita. Para a produção do alumínio é necessária uma grande quantidade de energia, sendo que para a produção de 1 tonelada de metal, são necessários cerca de 16.000 quilowatts e cerca de 1,7 toneladas de petróleo; que suficientes para cerca de 60.000 latas de 33cl.

**Figura 2.1** – Fluxograma da redução do alumínio.



Fonte: ABAL

O Brasil em 2003 reciclou mais de 8,2 bilhões de latas de alumínio, representando 112 mil toneladas. A diminuição da quantidade de latas recicladas em 2002 (9 bilhões) para 2003 se deu devido a uma queda de 10% no consumo das latas. O mercado brasileiro de sucata de latas de alumínio movimentou, em 2003, cerca de R\$ 1,1 bilhão. Nos EUA, o negócio envolve 3.500 postos de coleta e gira em torno de US\$ 1.2 bilhão.

Tabela 2.1 – Índice da reciclagem das Latas de Alumínio

| Ano | Latas | Latas Recicladas | % Reciclado |
|-----|-------|------------------|-------------|
|-----|-------|------------------|-------------|

|      | <b>Consumidas</b> |             |     |
|------|-------------------|-------------|-----|
| 1997 | 6,4 bilhões       | 4,1 bilhões | 64% |
| 1998 | 8,5 bilhões       | 5,5 bilhões | 65% |
| 1999 | 7,9 bilhões       | 5,8 bilhões | 73% |
| 2000 | 9,5 bilhões       | 7,4 bilhões | 78% |
| 2001 | 10,5 bilhões      | 8,9 bilhões | 85% |
| 2002 | 10,3 bilhões      | 9 bilhões   | 87% |
| 2003 | 9,3 bilhões       | 8,2 bilhões | 89% |

Fonte: TOMRA LATASA

## 2.2 Processo de Reciclagem:

Dentre as vantagens da reciclagem da reciclagem do alumínio podem ser destacados:

- Economia de energia de cerca de 95%, em comparação à energia despendida na produção primária do alumínio;
- Diminuição do volume de lixo nos aterros sanitários;
- Menor agressão ao meio ambiente;
- Alternativa de renda para comunidades carentes;
- Adaptável a realidades de diferentes cidades (pequenas, médios e grandes);
- Não necessita de grandes investimentos;
- Estimula outros negócios como a produção de máquinas e equipamentos para prensagem, fundição de latas, cooperativas e centros de reciclagem.
- O alumínio não se degrada com o processo de reciclagem, ou seja, o alumínio que é reciclado pode ser utilizado para a aplicação original. Com isso possui um alto residual, ou seja, é mais nobre que outros materiais.

O processo de reciclagem das embalagens de alumínio é simples começando pela coleta das latas, que é feita por postos de entrega voluntários (PEV'S) ou por catadores. Segundo a CEMPRE (Compromisso Empresarial Para Reciclagem) cerca de 50% das latinhas são recolhidas por aproximadamente 130 mil sucateiros. Nesta etapa ocorre a limpeza das latas eliminando impurezas e separando-as de outros materiais como vidros e plásticos.

Figura 2.3 - Mini prensa para latinhas de alumínio



Fonte: JBC – Artefatos metalúrgicos

As latas são então prensadas em fardos e pesadas. Cerca de setenta latinhas correspondem a 1 quilo, sendo enviadas a um comprador intermediário ou diretamente a uma empresa de fundição. Destaca-se que as latinhas de alumínio são 100% recicláveis não necessitando a retirada do lacre, nem da tampa antes da fundição. As tintas que recobrem as latas não precisam ser retiradas antes da reciclagem pois serão destruídas na fundição.

Para facilitar o processo de fundição os fardos devem seguir as seguintes especificações:

- Os fardos devem possuir uma altura entre 15 e 23 cm, largura de 30 a 34 cm e um comprimento de 34 a 53 cm;
- Se a sucata for apresentada em forma de paletes amarrados, as máximas dimensões devem ser: 1,80 m de altura; 1,44 de largura e 1,1 metro de comprimento;
- Os fardos deverão ser amarrados com fita de aço ou de plástico.
- A densidade dos fardos deverá estar entre 500 e 600 kg/m<sup>3</sup>.
- O limite de impurezas não deve ultrapassar 4%.

Figura 2.4 – Transportador de correia de uma unidade de triagem



Fonte: ABAL

Nas fundições, os fardos são quebrados por um desenfundador. Então um transportador de correia leva as latas a um moinho de martelos, onde são picotadas formando um material conhecido como cavaco. Uma nova separação magnética é

feita como garantia de pureza do material que será reciclado. Logo após, o material é levado a uma peneira para retirar terra, areia e outros resíduos. Em seqüência, um separador pneumático, por meio de jatos de ar separa papéis, plásticos e outros materiais que possam ainda estar misturados ao cavaco.

Os cavacos seguem para um silo de armazenagem com capacidade de aproximadamente 13 toneladas. É importante ressaltar que todos estes equipamentos devem possuir sistemas de exaustão e as emissões devem ser tratadas em um sistema a frio antes de serem liberadas para a atmosfera.

Em seguida as latas vão alimentar um moinho de martelos, onde são picotadas. O resultado disso é o material chamado cavaco. Uma nova separação magnética é feita como garantia de pureza do material que será reciclado. Por isso também é importante a próxima etapa: uma peneira vibratória retira terra, areia e outros resíduos. Na seqüência, o separador pneumático finaliza este processo por meio de jatos de ar que separam papéis, plásticos e outros materiais leves e pesados.

Figura 2.5 – Moinho de Martelos



Fonte: Maquinas Tigre S.A

Os cavacos seguem para um silo de armazenagem com capacidade de 13 toneladas. É importante frisar que todos estes equipamentos possuem sistemas de

exaustão e as emissões são tratadas em um sistema a frio antes de serem liberadas para a atmosfera.

A etapa seguinte é a remoção de todas as tintas e vernizes que recobrem os cavacos, através de um sistema de tecnologia de fluxo simultâneo ar/cavaco, no interior de um grande forno rotativo chamado forno kiln. O gás gerado no processo de remoção de tintas e vernizes é reaproveitado como combustível no próprio forno.

Em seguida, passa-se para o forno de fusão, dividido em duas câmaras nas quais um sistema de agitação do metal provoca a submersão do cavaco no banho de metal líquido para que ocorra seu derretimento. Este material líquido é colocado em cadinhos, onde amostras de composição química são retiradas para análise.

Figura 2.6 – Forno para fusão de sucatas de alumínio



Fonte: Alutech

Finalmente, o metal líquido que sai do forno de fusão é utilizado na fabricação de placas, conhecidas como lingotes de até 13 toneladas. Os lingotes são então enviados para a laminação onde são processados e transformados em lâminas que retornam para o mercado consumidor de diversas formas, inclusive na forma de latinas. As emissões e impurezas geradas no processo de reciclagem devem ser

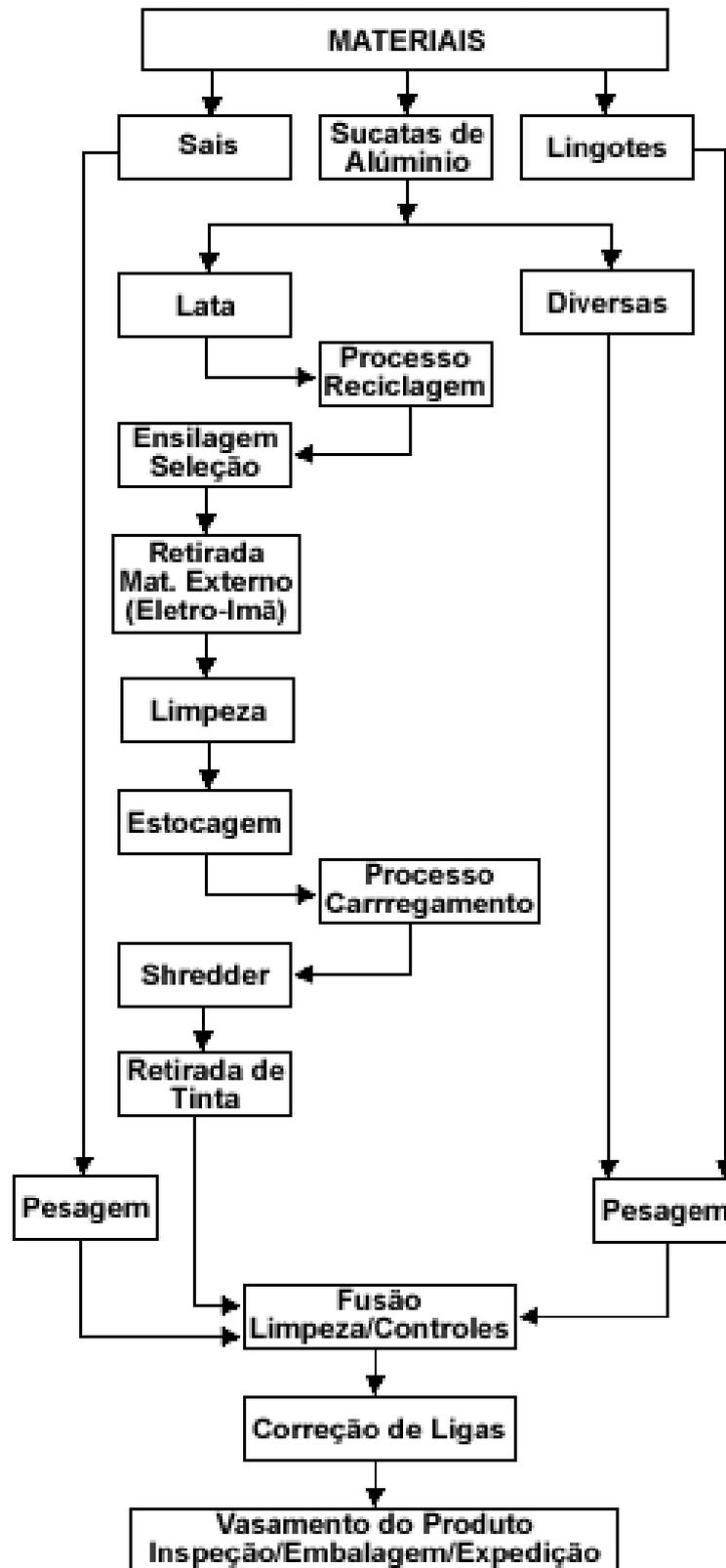
encaminhadas para uma área de tratamento, garantindo total segurança para o meio ambiente.

Figura 2.7 - Lingoteamento no processo de reciclagem de alumínio



Fonte: Alutech

Figura 2.6 – Fluxograma do processo de reciclagem do alumínio



Fonte: Alutech

### 2.3 Aspectos econômicos da reciclagem do alumínio:

Em termos econômicos, a reciclagem do alumínio, no ano de 1996 movimentou cerca de US\$ 100 milhões, correspondentes a 66.000 toneladas de alumínio. Desse total US\$ 70 milhões foram recuperados pela reciclagem, os restantes US\$ 30 milhões foram enterrados em aterros em conjunto com o lixo.

Aproximadamente 75 latas de alumínio, pesam 1kg, a um valor médio de R\$ 3,50/kg. Os catadores de latas em São Paulo conseguem uma renda que varia de dois a quatro salários mínimos mensais, segundo pesquisa da ABAL. O dinheiro pago aos catadores pelas empresas de reciclagem já chega a R\$ 35 milhões por ano. Uma pesquisa feita pela ABAL revelou que 53% dos consumidores que levam latas usadas aos postos de coleta de sucata fazem isso por uma questão de consciência ecológica. No caso dos catadores que percorrem as ruas, o motivo é unicamente econômico.

Tabela 2.2 – Estimativa de custo da produção de latas de alumínio

| <b>Discriminação</b>            | <b>Valor (US\$ / Mil latas)</b> |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Metal                           | 32,03                           |
| Revestimento                    | 2,65                            |
| Utilidades                      | 2,81                            |
| Suprimentos                     | 2,50                            |
| Mão de Obra                     | 1,83                            |
| Total dos custos variáveis      | 41,82                           |
| Demais custos                   | 0,68                            |
| Depreciação                     | 2,13                            |
| Diversos custos fixos           | 0,85                            |
| Total dos custos fixos          | 3,66                            |
| Custos variáveis + custos fixos | 45,48                           |
| Custos com perdas               | 1,40                            |
| Recuperação da sucata           | (2,56)                          |
| <b>Custo total</b>              | <b>44,32</b>                    |

Fonte: MBM - Metal Bulletin Monthly

Tabela 2.3 – Valor de revenda de latas de alumínio

| <b>CIDADES</b>      | <b>Valor das latas de alumínio (R\$ / t)</b> | <b>Valor das latas de alumínio (R\$ / kg)</b> |
|---------------------|--|---|
| Brasília - DF       | 3.700,00                                     | 3,70  |
| Farroupilha – RS    | 2.000,00                                     | 2,00  |
| Itabira - MG        | 4.300,00                                     | 4,30  |
| Jundiaí – SP        | 2.900,00                                     | 2,90  |
| Larvas – MG         | 3.300,00                                     | 3,30  |
| Nova Odessa – SP    | 4.000,00                                     | 4,00  |
| S. B. do Campo – SP | 4.200,00                                     | 4,20  |
| S. J. dos Campos    | 3.110,00                                     | 3,11  |
| Salvador - BA       | 4.410,00                                     | 4,41  |
| Santo André – SP    | 4.000,00                                     | 4,00  |
| Santos – SP         | 3.000,00                                     | 3,00  |
| São Paulo - SP      | 3.800,00                                     | 3,80  |
| Vitória –ES         | 3.000,00                                     | 3,00  |
| <b>Media</b>        | <b>3516,92</b>                               | <b>3,52</b>                                   |

Fonte :CEMPRE

## **CAPÍTULO 3**

### **AÇO**

#### **3.1 Características:**

O mercado de reciclagem de sucatas de aço está bastante consolidado, pelo fato da indústria siderúrgica necessitar da sucata para a fabricação de um novo aço. Isto se confirma pelo fato de que pelo menos 60% do aço mundial ser produzido a partir da sucata. Em 2002, as siderúrgicas brasileiras consumiram cerca de 5 milhões de toneladas de aço, sendo que em 2003 foram produzidas cerca de 700 mil toneladas de folhas metálicas para a fabricação de embalagens de aço, levando a conclusão que o país tem a capacidade instalada de absorver 100% da sucata de embalagens de aço. O mercado de embalagens de aço movimentava cerca de R\$ 20 bilhões, representando 6% do mercado de embalagens.

Tabela 3.1 – Percentagem da utilização de aço como embalagem

| <b>Setor Industrial</b> | <b>Quantidade</b> |
|-------------------------|-------------------|
| Óleos comestíveis       | 64%               |
| Leite em pó             | 62%               |
| Leite condensado        | 83%               |
| Tintas e vernizes       | 89%               |
| Vegetais                | 81%               |
| Extrato de tomate       | 67%               |
| Molho de tomate         | 66%               |

Fonte: CEMPRE

As latas de aço são produzidas a partir de chapas metálicas conhecidas como folha de flandres, tendo como características principais resistência mecânica e opacidade. A chapa é composta de ferro e uma pequena quantidade de estanho (0,20%), ou cromo (0,007%), que garantem a embalagem uma proteção de até 2 anos para a oxidação e a decomposição de alimentos. Depois de reciclado o aço pode retornar ao mercado consumidor, como carrocerias de carro, vergalhões para a construção civil, utensílios domésticos ou embalagens. No Brasil, são consumidos cerca de 1 milhão de toneladas de latas de aço por ano, os equivalentes a 4 quilos por habitante. Nos Estados Unidos, o consumo anual é de 10 quilos por habitante / ano.

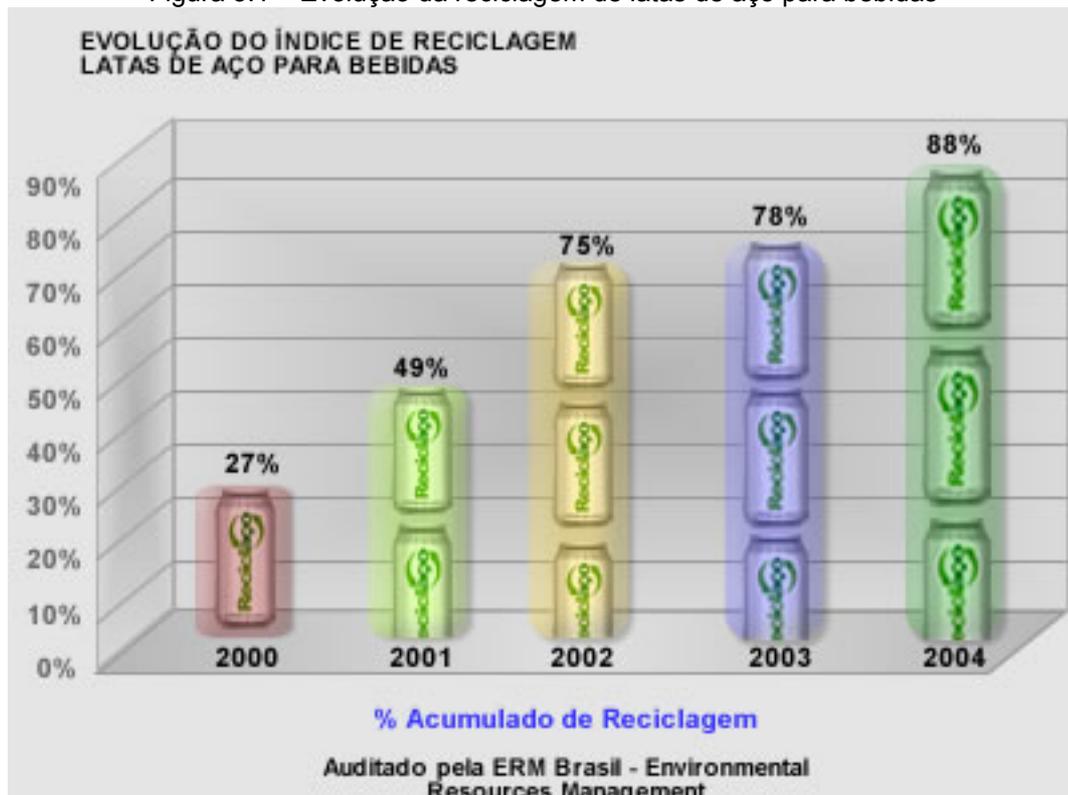
Nos Estados Unidos, a lata hoje é 40% mais leve que em 1970, graças a avanços tecnológicos de solda e dobra do metal. A quantidade de estanho caiu de 9,5 g/m<sup>2</sup> em 1975, para 5 g/m<sup>2</sup> em 1997, representando também uma redução de 40% na utilização deste material. No Brasil, as latas produzidas possuem espessuras que variam de 0,14 a 0,38 milímetros.

O aço é um dos mais antigos materiais que formam reciclados. No período do império romano, os soldados recolhiam as espadas, facas e escudos abandonados nas trincheiras e os encaminhavam para a fabricação de novas armas. Estima-se que a lata teria sido inventada a pedido de Napoleão Bonaparte, para que seus soldados pudessem levar alimentos para as guerras, sem problemas de conservação. Já outras teorias, afirmam que o alimento enlatado surgiu na

Inglaterra, em 1800. Nos Estados Unidos, os esforços pela coleta seletiva das latinhas começaram na década de 70.

No Brasil, foi criado em 1992 o Programa de Valorização da Embalagem Metálica (Prolata), com o objetivo de estimular o consumo, coleta e reciclagem desse material. Em 2003, com a criação da ABEAÇO - Associação Brasileira das Embalagens de Aço, as atividades do Prolata foram incorporadas às ações do Comitê de Meio Ambiente da ABEAÇO. Em 2002, duas iniciativas vieram somar os trabalhos Prolata / ABEAÇO, a primeira delas, Reciclaço, programa do Grupo CSN criada com o objetivo de estimular a coleta e reciclagem das embalagens de bebida em aço, e a segunda, o Programa CSN Embalagem de Aço e Meio Ambiente, que visa potencializar o critério ambiental das embalagens de aço através do desenvolvimento de pesquisas e projetos voltados à comunidade.

Figura 3.1 – Evolução da reciclagem de latas de aço para bebidas



Fonte: CSN

### 3.3 Processo de Reciclagem:

Dentre as vantagens da reciclagem da reciclagem do alumínio podem ser destacados:

- Diminuição do volume de lixo nos aterros sanitários;
- Menor agressão ao meio ambiente;
- Alternativa de renda para comunidades carentes;
- Adaptável a realidades de diferentes cidades (pequenas, médios e grandes);
- Não necessita de grandes investimentos;
- Estimula outros negócios como a produção de máquinas e equipamentos para prensagem, fundição de latas, cooperativas e centros de reciclagem.

O processo de reciclagem das embalagens de aço é bastante semelhante às de alumínio. O processo inicia-se pela coleta das latas, que é feito por postos de entrega voluntários (PEV'S) ou por catadores. Nesta etapa ocorre a limpeza das latas eliminando impurezas e separando-as de outros materiais como areia e material orgânico.

Figura 3.2 - Separador de metais não ferrosos (Corrente – Eddy)



Fonte: Imbras – Eriez

Em seguida as latas são prensadas e pesadas sendo levadas a um comprador intermediário ou até a empresa responsável pela fundição. Os fardos então são separados através de um desfardador e levados por uma correia transportadora até um moinho de facas. O material sofre uma nova separação eletromagnética a fim de garantir a pureza.

Em seguida a sucata são enviados a fornos elétricos ou a oxigênio aquecidos a uma temperatura de 1550 graus centígrados. Em empresas de grande porte, as sucatas são levadas até as aciarias para serem fundidas juntamente com o minério de ferro. Após atingir o seu ponto de fusão e chegar ao estado líquido fumegante o metal é levado ao processo de lingoteamento contínuo, sendo moldado em forma de tarugos. A quantidade de estão não prejudica o processo de reciclagem. Os tarugos sofrem então um processo de trefilação onde são transformados em novas chapas, arames, vergalhões e outros produtos.

O aço leva apenas cerca de um dia para ser reprocessado, sendo que ele pode ser reciclado infinitas vezes sem grandes perdas que comprometam a qualidade do produto final. Aciarias de médio porte equipadas com fornos elétricos processam a sucata por um custo inferior ao das siderúrgicas convencionais.

Figura 3.3 – Montagem de um forno para fundição de metais



Fonte: Reciclaço

### 3.4 Aspectos econômicos da reciclagem do aço:

Os preços dos materiais recicláveis praticados no Brasil variam segundo as cidades onde são realizadas as atividades de reciclagem. Na Tabela a seguir apresentam-se os preços praticados em 2004 para os materiais recicláveis.

Tabela 2.3 – Valor de revenda de latas de alumínio

| <b>CIDADES</b>      | <b>Valor das latas de alumínio (R\$ / t)</b> | <b>Valor das latas de alumínio (R\$ /Kgt)</b> |
|---------------------|--|---|
| Brasília - DF       | 100,00                                       | 0,10  |
| Farroupilha – RS    | 50,00  | 0,05  |
| Itabira - MG        | 370,00                                       | 0,37  |
| Jundiaí – SP        | 220,00                                       | 0,22  |
| Larvas – MG         | 170,00                                       | 0,17  |
| Nova Odessa – SP    | 300,00                                       | 0,30  |
| S. B. do Campo – SP | 350,00                                       | 0,35  |
| S. J. dos Campos    | 454,00                                       | 0,45  |
| Salvador - BA       | 454,00                                       | 0,35  |
| Santo André – SP    | 350,00                                       | 0,35  |
| Santos – SP         | 150,00                                       | 0,15  |
| São Paulo - SP      | 350,00                                       | 0,35  |
| Vitória –ES         | 97,00  | 0,97  |
| <b>Media</b>        | <b>262,69</b>                                | <b>0,26</b>                                   |

Fonte :CEMPRE

O custo final da produção de latas de aço sofre influência de diversas variáveis desde da compra da matéria-prima, até custos de mão de obra e revestimentos. Abaixo segue uma tabela com estimativa do custo de produção de latas de aço estanho, no mercado nacional.

Tabela 3.2 – Estimativa de custo da produção de latas de alumínio

| <b>Discriminação</b>            | <b>Valor (US\$ / Mil latas)</b> |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Metal                           | 24,79                           |
| Revestimento                    | 3,98                            |
| Utilidades                      | 2,87                            |
| Suprimentos                     | 2,50                            |
| Mão de Obra                     | 1,85                            |
| Total dos custos variáveis      | 35,99                           |
| Demais custos                   | 0,68                            |
| Depreciação                     | 2,07                            |
| Diversos custos fixos           | 0,83                            |
| Total dos custos fixos          | 3,58                            |
| Custos variáveis + custos fixos | 39,57                           |
| Custos com perdas               | 1,54                            |
| Recuperação da sucata           | (0,74)                          |
| <b>Custo total</b>              | <b>40,37</b>                    |

Fonte: MBM - Metal Bulletin Monthly

## **CAPÍTULO 4**

### **CONCLUSÃO:**

Este trabalho se propunha a discutir experiências de Reciclagem de metais em municípios brasileiros de pequeno, médio e grande porte, tendo sido estabelecido que municípios de pequeno porte são aqueles cuja população não ultrapasse cem mil habitantes. Já os de médio porte possuem até quinhentos mil habitantes e os de grande porte acima de quinhentos mil habitantes.

Foram discutidos alguns aspectos do processo de reciclagem de metais, enfocando informações que permitam ao leitor contextualizar a realidade discutida. O trabalho permite que se abstraia as grandezas envolvidas na coleta, enfardamento, fundição e fabricação das chapas metálicas para embalagens, de modo a determinar custos e vantagens envolvidos na implantação de pequenas centrais de industrialização da sucata metálica presente no lixo.

A realização do trabalho foi muito oportuna, uma vez que ampliou o leque de conhecimento dos alunos a respeito de um tema em bastante ascensão, podendo representar para o engenheiro ou pequeno empreendedor um campo bastante amplo para atuação.

As embalagens metálicas são tratadas aqui em detrimento das demais sucatas de metais devido a seu maior desenvolvimento tecnológico e seu envolvimento mais direto com as populações carentes. A pesquisa que resultou neste trabalho tende mostrar que a embalagem de alumínio tem uma maior valorização diante da feita com folha de flandres, sendo que esta última está cada vez mais em desuso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### a) Páginas de Internet:

- [www.cempre.com.br](http://www.cempre.com.br)
- [www.tomralatasa.com.br](http://www.tomralatasa.com.br)
- [www.reciclaveis.com.br](http://www.reciclaveis.com.br)
- [www.csn.com.br](http://www.csn.com.br)
- [www.abal.com.br](http://www.abal.com.br)
- [www.abre.org.br](http://www.abre.org.br)
- [www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br)
- [www.bndes.gov.br](http://www.bndes.gov.br)

### b) Publicações:

- JARDIM, N.S. et al. Lixo Municipal: **manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 1995. 278p.
- **Norma de apresentação de monografia**: Curso de Especialização em Engenharia de Gás Natural, Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal da Bahia, 2001.

## ANEXOS

### LISTA DE FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS PARA RECICLAGEM:

#### 1- Prensas:

| EMPRESA  | ENDEREÇO   | E-MAIL/ SITE   | TELEFONES                           |
|--|--|--|-------------------------------------|
| SABIAÇO –Industria e Comércio LTDA                       | Av. Via Expressa<br>859 –Água Branca,<br>Contagem –MG<br>Cep: 32370-480                |  | (31)3353-4198<br>FAX: (31)3353-4189 |
| Carneiro e Lessa Ind. e Com. E<br>Manutenção de Maquinas | Av. Lorenço Beloli<br>700 Galpão 4 –<br>Osasco,SP<br>Cep: 06268-110                    |  | TELEFAX: (11) 3686-3322             |
| EMBASID PRENSAS  | Rua do Reno, 381-<br>São Paulo SP<br>CEP:04284-070                                     | <a href="mailto:fabiano@embasid.com.br">fabiano@embasid.com.br</a><br><a href="http://www.embasid.com.br">www.embasid.com.br</a>                     | (11)6168-2409<br>(11) 8221-9956     |
| Ability Equipamentos                                     | Rua Frederico<br>Amadeu Covolan,<br>281, Santa Barbara<br>D'Oeste SP<br>CEP: 13456-132 | <a href="http://www.ability.ind.br">www.ability.ind.br</a><br><a href="mailto:ability.ind@terra.com.br">ability.ind@terra.com.br</a>                 | Fone /Fax : 55(19)<br>3405-         |
| JBC Artefatos<br>Metalúrgicos LTDA                       |  | <a href="http://www.industriajbc.com.br">www.industriajbc.com.br</a><br><a href="mailto:contato@industriaibc.com.br">contato@industriaibc.com.br</a> |                                     |
| A Rose & Fielder Lift<br>System                          | Rua Tito Capinan<br>40H-São Paulo SP<br>CEP: 08062-270                                 | <a href="http://www.rosefiedler.com.br">http://www.rosefiedler.com.br</a><br><a href="mailto:rose@rosefiedler.com.br">rose@rosefiedler.com.br</a>    | Fone (11) 6148-0773                 |

**2- Moinhos:**

| EMPRESA                      | ENDEREÇO  | E-MAIL/ SITE  | TELEFONES                |
|------------------------------|---|---|--------------------------|
| Ability Equipamentos         | Rua Frederico Amadeu Covolan, 281, Santa Barbara D'Oeste SP<br>CEP: 13456-132 | <a href="http://www.ability.ind.br">www.ability.ind.br</a><br>ability.ind@terra.com.br  | Fone /Fax : 55(19) 3405- |
| A Rose & Fielder Lift System | Rua Tito Capinan 40H-São Paulo SP<br>CEP: 08062-270                           | <a href="http://www.rosefiedler.com.br">http://www.rosefiedler.com.br</a><br><a href="mailto:rose@rosefiedler.com.br">rose@rosefiedler.com.br</a> | (11) 6148-0773           |
| ATT Trituração               | Rua Policarpo Magalhães Viotti 600<br>Belo Horizonte MG<br><br>CEP: 31365-300 | <a href="http://www.aattsemlimite.hpg.com.br/">http://www.aattsemlimite.hpg.com.br/</a>   | (31) 3476-4644           |
| Rone Ind. e Com. De Maquinas | Rua Robert Bosch-205 Osasco SP<br>CEP:06278-310                               | <a href="http://www.rone.com.br/">http://www.rone.com.br/</a><br><a href="mailto:moinhos@rone.com.br">moinhos@rone.com.br</a>                     | +55(11) 3601-3449        |
| Netzsch do Brasil            | Rua Hermann Weege-2383 Pomerode SC<br>CEP:89107-000                           | <a href="http://www.netzsch.com.br/">http://www.netzsch.com.br/</a><br><a href="mailto:info@ndb-netzsch.com.br">info@ndb-netzsch.com.br</a>       | (47) 387-8222            |

**3- Fornos:**

| EMPRESA                                       | ENDEREÇO  | E-MAIL/ SITE  | TELEFONES                               |
|---|---|---|---|
| Aichelin Brasil Ltda                          | Avenida Vela Olímpica 450 – Sorocaba – SP           | <a href="mailto:irineu@aichelin.com.br">irineu@aichelin.com.br</a><br><a href="http://www.aichelin.com">http://www.aichelin.com</a>         | Tel:(15)2101-1188<br>Fax: (15)3325-4178 |
| Combustol Indústria E Comércio Ltda.          | Rua Coronel José Rufino Freire 453 - Sao Paulo – SP | <a href="mailto:rlino@combustol.com.br">rlino@combustol.com.br</a><br><a href="http://www.combustol.com.br">http://www.combustol.com.br</a> | Tel:(11)3906-3152<br>Fax:(11)3904-4285  |
| Engefor Engenharia Indústria E Comércio Ltda. | Estrada Sitio Do Cachoeira 120 - Sao Paulo - SP     | <a href="mailto:contratos@engefor.com.br">contratos@engefor.com.br</a><br><a href="http://www.engefor.com.br">http://www.engefor.com.br</a> | Tel:(11)3941-1215<br>Fax:(11)3943-3088  |

#### 4- Transportadores:

| EMPRESA  | ENDEREÇO   | E-MAIL/ SITE  | TELEFONES                              |
|--|--|---|--|
| Aquamec Equipamentos Ltda.                       | RUA VESPASIANO<br>95 - BLOCO B -<br>SAO PAULO - SP     | <a href="mailto:vendas.sistemas@aquamec-filsan.com.br">vendas.sistemas@aquamec-filsan.com.br</a><br><a href="http://www.aquamec-filsan.com.br">http://www.aquamec-filsan.com.br</a> | Tel:(11)3670-1800<br>Fax:(11)3872-8892 |
| Benecke Irmãos & Cia.Ltda.                       | RUA FRITZ<br>LORENZ 2170 –<br>TIMBO - SC               | <a href="mailto:kurt@benecke.com.br">kurt@benecke.com.br</a><br><a href="http://www.benecke.com.br">http://www.benecke.com.br</a>   | Tel:(47)382-2222<br>Fax:(47)382-2290   |
| Companhia Lilla De Máquinas Indústria E Comércio | RUA<br>CONSTANCIO<br>COLALILLO 477 –<br>GUARULHOS - SP | <a href="mailto:edson@lilla.com.br">edson@lilla.com.br</a><br><a href="http://www.lilla.com.br">http://www.lilla.com.br</a>   | Tel:(11)6422-7366<br>Fax:(11)6422-4747 |
| Daido Industrial E Comercial Ltda.               | AVENIDA<br>INDEPENDÊNCIA<br>3300 – TAUBATE -<br>SP     | <a href="mailto:daido@daido.com.br">daido@daido.com.br</a><br><a href="http://www.daido.com.br">http://www.daido.com.br</a>   | Tel:(12)3609-1212<br>Fax:(12)3609-1245 |
| Indústria E Comércio Barana Ltda.                | VIA<br>ANHANGUERA<br>KM 146 CP.126 –<br>LIMEIRA -SP    | <a href="mailto:barana@barana.com.br">barana@barana.com.br</a><br><a href="http://www.barana.com.br">http://www.barana.com.br</a>   | Tel:(19)3451-3922<br>Fax:(19)3451-3922 |
| Kepler Weber S/A.                                | AVENIDA<br>ANDARAÍ 566 -<br>PORTO ALEGRE -<br>RS       | <a href="mailto:adrianomallet@kepler.com.br">adrianomallet@kepler.com.br</a><br><a href="http://www.kepler.com.br">http://www.kepler.com.br</a>                                     | Tel:(51)3361-9600<br>Fax:(51)3341-9706 |

## 5 - Diversos:

| EMPRESA  | ENDEREÇO  | E-MAIL/ SITE   | TELEFONES                              |
|--|---|--|--|
| <b>Wortex Máq. e Equipamentos</b><br>Linha de Reciclagem para Materiais com Baixo Peso Volumétrico   | Rua Dr. Elton César 587<br>Campinas SP<br>CEP: 13082-490              | <a href="http://www.wortex.com.br">www.wortex.com.br</a><br><a href="mailto:wortex@dglnet.com.br">wortex@dglnet.com.br</a>                                 | (19) 3246-2555<br>Fax: (19) 3246-1498  |
| <b>Aeroar Ind. Mecânica Ltda</b><br>Equipamentos para controle de poluição e Ventilação industrial   | Rua Clélio Miola 36/A D. Indl.<br>Lages SC<br>CEP: 88514-500          | <a href="http://www.aeroar.com.br">www.aeroar.com.br</a>   | Fone /Fax: (49) 226-0322               |
| <b>Edra Eco Sistemas Ltda</b><br>Elaboração do projeto e construção do biofiltro   | Rod. SP191, km 87 Ipeúna SP<br>CEP:13537-000                          | <a href="http://www.edraecosistemas.com.br">www.edraecosistemas.com.br</a><br><a href="mailto:info@edraecosistemas.com.br">info@edraecosistemas.com.br</a> | (19) 3576-9394                         |
| <b>Jemp Equipos Industriais</b><br>Equipamentos para o tratamento e descarte de seus resíduos industriais  | Rod. Dom Gabriel P. B. Couto, Km 83,4<br>Cabreúva SP<br>CEP:13315-000 | <a href="http://www.jemp.com.br">www.jemp.com.br</a>   | +55(11) 4409-0200                      |
| <b>Metalmag Produtos Magnéticos Ltda</b><br>Eletroímã para carga   | RUA LAUZANE 244 - SAO PAULO - SP                                      | <a href="mailto:rosana@metalmag.com.br">rosana@metalmag.com.br</a><br><a href="http://www.metalmag.com.br">http://www.metalmag.com.br</a>                  | Tel:(11)5523-8400<br>Fax:(11)5686-4996 |
| <b>Inbras-Eriez</b><br><i>Detector-Separador de Metais utilizado em indústrias de reciclagem. Separador de Metais Não-Ferrosos (Corrente Eddy)</i> | Av. Prestes Maia 515 - Diadema SP<br>CEP: 09930-270                   | <a href="http://www.inbras.com.br">www.inbras.com.br</a><br><a href="mailto:inbras@inbras.com.br">inbras@inbras.com.br</a>                                 | (11) 4056-6644                         |

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
ENG 320 – TRANSPORTE MECÂNICO**

**– Sistema de processamento e  
equipamentos utilizados na reciclagem  
de metais –**

Latas de aço, alumínio e embalagens Tetra Pak

**Autores: Adson D’Almeida Monteiro  
Francisco José B. das Virgens**

**Orientador: Roberto Sacramento**

Trabalho apresentado à disciplina: Transporte Mecânico, no semestre de 2005.1.

Salvador - julho de 2005.  
BA - Brasil

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho a nossos pais e mestres que tanto contribuíram para a nossa formação moral, técnica e intelectual.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Professor Roberto Sacramento, que nos possibilitou a oportunidade de pesquisar e desenvolver este tema tão interessante e nos incentivou a aprofundá-lo de maneira mais coerente e condizente com a riqueza que a temática proporciona.

## **RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver a temática do processamento dos Resíduos Sólidos Urbanos sob o ponto de vista das experiências de sucesso em reciclagem de metais.

Inicialmente, são fornecidas algumas características do metal em estudo. Em seguida e destrinchado passo a passo as fases do processo de reciclagem, até o envio das chapas para a fabricação da embalagem. Logo depois e mostrado alguns dados financeiros sobre a circulação de recursos na reciclagem de metais, além da especificação do maquinário responsável e seus respectivos fornecedores.

## **ABSTRACT**

The present work has for objective to develop the thematic of the processing of the Urban Solid Residues under the point of view of the success experiences in recycle of metals.

Initially, some characteristics of the metal are supplied in study. Soon after and detailed step the step the phases of the reciclagem process, tie the shipping of the foils for the production of the packing. Therefore later and shown some given financeiros about the circulation of resources in the recycle of metals, besides the specification of the responsible machines and your respective vendors.

## **NOMENCLATURAS**

ABAL – Associação brasileira de alumínio

ABEAÇO - Associação Brasileira das Embalagens de Aço

CEMPRE – Compromisso empresarial para reciclagem

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional

PEV's – Postos de entrega voluntária

RECICLAÇO - Programa do Grupo CSN criada com o objetivo de estimular a coleta e reciclagem das embalagens de bebida em aço

TCGS – transportadores contínuos de granéis sólidos.