



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS PONTA GROSSA

DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PPGEP

ADRIANA GRESIELLY FABRINI DINIZ

**ELEVAÇÃO DA RENTABILIDADE E
PRODUTIVIDADE EM FUNDIÇÕES DE ALUMÍNIO
SECUNDÁRIO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

PONTA GROSSA

DEZEMBRO - 2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ADRIANA GRESIELLY FABRINI DINIZ

**ELEVAÇÃO DA RENTABILIDADE E
PRODUTIVIDADE EM FUNDIÇÕES DE ALUMÍNIO
SECUNDÁRIO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Industrial, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus Ponta Grossa, da UTFPR.

Orientador: Prof. Ivanir Luiz de Oliveira, Dr.

PONTA GROSSA

DEZEMBRO - 2007

A meus pais Suely e Claudio e meu
marido Ageu.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares que sempre estiveram juntos de mim, apoiando e incentivando meus estudos.

Ao meu marido, que compreendeu e suportou os momentos de ausência.

Ao meu orientador professor Dr. Ivanir Luiz de Oliveira que me guiou e norteou meus passos nesta pesquisa.

À empresa Suprametal Indústria e Comércio de Artefatos de Alumínio por ceder seus dados e processos para realização da pesquisa.

Ao professor Dr. Emerson Martins Hilgemberg, que auxiliou nas análises e discussões estatísticas.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus de Ponta Grossa, pela estrutura disponível.

À Fundação Araucária pelo financiamento à pesquisa.

Aos meus colegas e professores pelo incentivo e companheirismo. Especialmente à: Ivana, Gilberto, Maurício e Barrozo.

“Se fui capaz de ver mais longe foi apenas
porque eu estava apoiado sobre ombros
de gigantes”

(Isaac Newton)

RESUMO

A indústria de reciclagem de alumínio tem se expandido exigindo das ferramentas gerenciais adaptações a este novo segmento de mercado. Para o setor de fundição, o gerenciamento das matérias-primas é fundamental para a sua sustentabilidade, alguns aspectos críticos estão relacionados à logística, disponibilidade, custos e qualidade das fontes secundárias de alumínio. Este gerenciamento está relacionado com a produtividade e rentabilidade do processo de fundição, pois influencia diretamente nas perdas de processo. Através do levantamento de informações sobre o processo produtivo de uma empresa, de pequeno porte, do ramo de fundição de alumínio secundário, foram levantados dados que auxiliaram na determinação do atual cenário organizacional em termos de produtividade, custos e geração de resíduos sólidos. Com base no conceito da Produção mais Limpa, analisou-se o uso de matérias-primas e as possibilidades técnicas e financeiras de migração para ações mais complexas visando elevação da eficiência do processo. Como indicadores da eficiência, foram utilizadas as variáveis de geração de resíduos sólidos, tipos e quantidades de matérias-primas secundárias. O estudo baseou-se em 214 corridas produtivas da liga ASTM B319,1 em forno à indução. Análises estatísticas sobre 11 fontes de alumínio indicaram correlação com a geração de resíduos sólidos apenas com 2 matérias-primas. Tal resultado indicou a necessidade de analisar o processo de forma abrangente. Com base nos conceitos da Produção mais Limpa, apontou-se um método para identificação dos níveis de ações gerenciais de processo e um procedimento de análise técnica e financeira para implantação de ações mais complexas. Finalmente, foram sugeridas ações de melhorias contínuas visando a sustentabilidade do setor de fundição do alumínio secundário.

Palavras-chave: Fundição de alumínio secundário, Produção mais Limpa, Resíduos Sólidos, Custos de processamento.

ABSTRACT

The aluminum recycling industry has been growing and demanding adaptations of some management tools to this new segment of the market. Concerning the foundry stage, the management of raw materials is fundamental for the sustainability of this sector, some critical aspects are related to the logistics, availability, costs and quality of secondary sources of aluminum. This management is related to the productivity and profitability of the foundry process, because it has a direct influence in the losses of the process. By researching information concerning the production process of a small industry in the segment of foundry, some data has been acquired, which has aided in the determination of the current organizational scenario in terms of productivity, costs and generation of solid residue. Based on the concept of Cleaner Production, the use of raw materials and the technical and financial possibilities of migration to more complex actions aiming the increase of efficiency of the process have been analyzed. The variables of generation of solid residue, type and quantity of secondary raw material have been used as efficiency indicators. The study was based on 214 productive chains of the ASTM B319.1 blend in an induction oven. Statistical analyses about 11 sources of aluminum indicated correlation with the generation of solid residue in only 2 raw materials. Such result indicated the necessity of analyzing the process in broad terms. Based on the concepts of Cleaner Production, a method has been pointed out in order to identify the levels of managing actions of the process and a procedure of technical and financial analysis for implementing actions of continuous improvement aiming the sustainability of the secondary aluminum foundry sector.

Key words: Secondary aluminum foundry, Cleaner Production, Solid Residue, Processing Costs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tabela de classificação de sucatas de alumínio	22
Figura 2 – Etapas para implementação da PmaisL - CNTL	27
Figura 3 – Etapas para implementação da PmaisL - CEBDS.....	27
Figura 4 - Etapas para implementação da PmaisL – UNIDO/UNEP.....	28
Figura 5 – Oportunidades de PmaisL.....	28
Figura 6 – Fluxograma do processo.....	39
Figura 7 – Armazenagem das matérias-primas.....	40
Figura 8 – Pesagem das matérias-primas.....	40
Figura 9 – Procedimento de alimentação do forno de fusão.....	41
Figura 10 – Extração de amostra para análise	41
Figura 11 – Amostra para análise	42
Figura 12 – Procedimento de análise	43
Figura 13 – Lingotamento do metal líquido.....	43
Figura 14 – Lingotes de alumínio.....	44
Figura 15 – Fluxograma qualitativo global de entradas e saídas do processo produtivo da liga secundária - ASTM B319.1	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química da liga ASTM 319.1 segundo NBR 13180/1994	33
Tabela 2 – Dados primários de produção.....	46
Tabela 3 – Custo de matéria-prima por mês.....	47
Tabela 4 – Fatores da sessão resposta.....	50
Tabela 5 – Sessão de regressão logística	51
Tabela 6 – Teste de verificação da validade do modelo	52
Tabela 7 – Limites de composição química - latas.....	53
Tabela 8 - Limites de composição química - panela	53
Tabela 9 - Eficiência das matérias-primas – dados levantados	55
Tabela 10 - Avaliação econômica – dados levantados	55
Tabela 11 - Eficiência das matérias-primas – nível 2	57
Tabela 12 - Avaliação econômica – nível 2	60
Tabela 13 – Comparativo do custo total de produção – níveis 3 e 2	61
Tabela 14 - Formulário de coleta de dados	76
Tabela 15 – Modelo de planilha para tabulação dos dados	77
Tabela 16 – Modelo dados primários de produção	78
Tabela 17 – Modelo Custo de matéria-prima por mês.....	78
Tabela 18 – Modelo eficiência das matérias-primas – dados levantados	79
Tabela 19 – Modelo avaliação econômica – dados levantados	79
Tabela 20 – Modelo eficiências das matérias-primas – nível 2.....	80
Tabela 21 – Modelo avaliação econômica – nível 2	80
Tabela 22 – Modelo comparativo do custo total de produção – níveis 3 e 2	81
Tabela 23 – Tabulação dos dados – liga ASTM B319.1	86
Tabela 24 – Organização dos dados para análise estatística	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção x percentual de resíduos sólidos.....	46
Gráfico 2 – Produção x percentual de latas	48
Gráfico 3 – Percentual de latas x percentual de resíduos sólidos.....	49
Gráfico 4 – Percentual de panelas x percentual de resíduos sólidos.....	50
Gráfico 5 – Custo de processamento (Cp) – nível 3 x nível 2	59
Gráfico 6 – Percentual de pistão x percentual de resíduo sólido	92
Gráfico 7 – Percentual de panela x percentual de resíduo sólido	92
Gráfico 8 - Percentual de cabeçote x percentual de resíduo sólido.....	93
Gráfico 9 - Percentual de laminado x percentual de resíduo sólido	93
Gráfico 10 - Percentual de perfil x percentual de resíduo sólido	94
Gráfico 11 - Percentual de cabos x percentual de resíduo sólido.....	94
Gráfico 12 - Percentual de refusão x percentual de resíduo sólido.....	95
Gráfico 13 - Percentual de alumínio mole x percentual de resíduo sólido.....	95
Gráfico 14 - Percentual de alumínio duro x percentual de resíduo sólido.....	96
Gráfico 15 - Percentual de placas x percentual de resíduo sólido.....	96

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Modelo de probabilidade linear	30
Equação 2 – Modelo de probabilidade logit.....	31
Equação 3 – Modelo de probabilidade probit.....	31
Equação 4 – Teste Hosmer-Lemshow	32
Equação 5 – Teste Pearson	32
Equação 6 – Fórmula para cálculo da eficiência das matérias-primas	54
Equação 7 – Custo de Processamento.....	57
Equação 8 – Relação entre o custo de processamento e a capacidade do forno de fundição	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
	Infinito
ABAL	Associação Brasileira do Alumínio
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio
Ar	Argônio
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BN	Nitreto de Boro
Ca	Cálcio
Calr	Custo do alumínio retido
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileira para Desenvolvimento Sustentável
Cf	Capacidade do forno de fundição
Cmp	Custo das matérias-primas
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CP	Custo de processamento
Cup	Custo unitário de processo
Gwh	Gigawatts
Hz	Hertz
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISRI	Institute of Scrap Recycling Industries
Kg	Quilograma
kW	Kilowatt
MCT	Ministério de Ciências e Tecnologia
MG	Minas Gerais
Mg	Magnésio
MP	Matéria-prima
°C	Graus Celsius
ONG	Organização não Governamental

P	Teste de hipóteses
Palr	Peso do alumínio retido
P_i	Probabilidade
PmailL	Produção mais Limpa
R	Rendimento
R\$	Reais
R^2	Coeficiente de determinação
Rc	Reciclabilidade
S. A.	Sociedade Anônima
SAE	Society of Automobile Engineers
SiC	Carbeto de Silício
TPM	Manutenção Preventiva Total
TQM	Gerenciamento da Qualidade Total
UNEP	<i>United Nation Environmental Program</i>
UNIDO	<i>United National Industrial Development Organization</i>
UNU	<i>United Nations University</i>
X_i	Variável preditora
ZERI	<i>Zero Emission Research Initiative</i>
Z_i	Variável aleatória
	Parâmetros
	Variável
i	Erro

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE EQUAÇÕES

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Tema	15
1.2	Delimitação da Pesquisa	15
1.3	Objetivos	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivo Específico	16
1.4	Justificativa	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Vantagens do Alumínio	19
2.2	O Processo Produtivo do Alumínio Secundário	20
2.3	Resíduos Sólidos Oriundos do Processo Produtivo do Alumínio Secundário	23
2.3.1	Fatores que afetam a formação de escórias	24
2.4	Produção mais Limpa	25
2.5	Modelos de Regressão com Variáveis Binárias	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1	Classificação da Pesquisa	33
3.2	Objeto de Pesquisa	33
3.3	Local de Pesquisa	34
3.4	Processo Produtivo Pesquisado	34
3.5	Matrizes para Avaliação dos Dados	35
3.6	Instrumento para Coleta de Dados	35
3.7	Tabulação dos Dados	36
3.8	Tratamento Estatístico dos Dados	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1	Detalhamento do Processo	39
4.2	Análises de Entradas e Saídas de Materiais	44
4.3	Análise Estatística	50
4.4	Análise para o Gerenciamento de Resíduos	54
4.5	Comentários Finais	62

5	CONCLUSÃO	64
6	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	66
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A – ENTREVISTA	71
	APÊNDICE B – PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CARGA	73
	APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS	75
	APÊNDICE D – MODELO DE PLANILHA PARA TABULAÇÃO DOS DADOS	77
	APÊNDICE E – MODELO DE MATRIZES PARA AVALIAÇÃO DA PMAISL	78
	APÊNDICE F – TABULAÇÃO DOS DADOS	82
	APÊNDICE G – ORGANIZAÇÃO DOS DADOS PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA	87
	APÊNDICE H – PERCENTUAL DE MATÉRIAS-PRIMAS X PERCENTUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - GRÁFICOS	92

1 INTRODUÇÃO

A partir dos anos 90, com a globalização alcançando seu pico, as inovações tecnológicas em franca expansão e alterações nas legislações, houve uma elevação, por parte das empresas, na consciência ambiental, o que permitiu o aperfeiçoamento e desenvolvimento de normas e ferramentas de gestão ambiental, destacam-se a série ISO (*International Organization for Standardization*) 14.000, Avaliações do Ciclo de Vida, Produção Limpa (PL), Produção mais Limpa (PmaisL), Ecologia Industrial, *Zero Emission Research Initiative* - Zeri, entre outros,

Porém, não se pode negar que a falta de conhecimento, recursos ou consciência, muitas vezes excluem empresas de agregarem às suas rotinas iniciativas e ações voltadas à preservação e sustentabilidade ambiental. Para estes casos, foram desenvolvidos artifícios, como legislações, tratados, acordos e convenções nacionais ou internacionalmente fixadas, a fim de pressionar as empresas a buscarem formas de minimização dos impactos ambientais causados por seus processos produtivos. Estes artifícios também se perpetuaram mais rapidamente a partir dos anos 90, principalmente após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente realizado no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro em 1992. Em contrapartida, algumas organizações tratam as questões ambientais como diferencial competitivo e agregação de valor aos seus produtos ou serviços.

Estratégias de gerenciamento ambiental agregam valor aos produtos, pois elevam a produtividade das organizações através da otimização do processo produtivo, desenvolvimento de produtos ambientalmente sustentáveis ou com matérias-primas recicladas e a redução, eliminação ou reaproveitamento dos resíduos gerados.

A produção de alumínio a partir de fontes secundárias opera com custos elevados devido a fatores como: logística, disponibilidade, custos e qualidade das matérias-primas. Onde os produtos concorrem diretamente com grandes grupos produtores de alumínio primário. Isto poderia explicar os atuais níveis de reciclagem de aproximadamente 37% no Brasil. (ABAL, 2004, a).

A dificuldade para os pequenos produtores é ainda maior, pois são dependentes de fornecedores, na maioria dos casos, sem o preparo adequado para atendimento das necessidades de qualidade e quantidades de matérias-primas.

Para a alteração deste cenário, são necessárias pesquisas tecnológicas e gerenciais que apontem para elevação da rentabilidade e sustentabilidade do processo.

Neste sentido, esta pesquisa analisou o processo de gerenciamento dos resíduos sólidos em uma indústria de fundição de alumínio secundário de pequeno porte, na sua fase de transformação térmica.

No capítulo 1 estabelecem-se os objetivos e a justificativa. No capítulo 2 foi levantado o referencial teórico acerca dos assuntos e instrumento de análise dos dados. A metodologia, determinação do instrumento de coleta de dados e descrição do processo produtivo analisado encontram-se no capítulo 3. Os resultados e discussões da pesquisa estão no capítulo 4. Por fim constam a conclusão e sugestão para trabalhos futuros.

1.1 Tema

O tema estudado na presente pesquisa é o processo produtivo do alumínio secundário (reciclado).

1.2 Delimitação da Pesquisa

A presente pesquisa se delimitou em estudar o processo produtivo do alumínio secundário na fase de sua transformação térmica, a fim de compreender o processo de geração dos resíduos sólidos e assim propor alterações no processo que conduzam à melhoria no desempenho ambiental e financeiro das indústrias de fundição.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar o processo de transformação do alumínio secundário, através do conceito de PmaisL propondo uma metodologia de redução na geração de resíduos sólidos de processo e melhoria da rentabilidade e produtividade.

1.3.2 Objetivo Específico

- Avaliar o efeito das matérias-primas sobre as perdas de processo;
- Determinar o nível de eficiência das matérias-primas através do conceito de PmaisL;
- Analisar a viabilidade técnicas e financeiras de implantação de reciclagem interna segundo o conceito da PmaisL e;
- Identificar ações de melhorias contínuas para o setor de fundição de alumínio secundário.

1.4 Justificativa

No Brasil, a entidade que representa o setor de fundição de alumínio junto ao governo e à comunidade, denomina-se Associação Brasileiro do Alumínio - ABAL. Atualmente estão associadas 69 empresas, representando 100% dos produtos de alumínio primário, 80% das empresas transformadoras de alumínio, além de empresas consumidoras de produtos de alumínio, fornecedores de insumos, prestadores de serviços e comerciantes.

Dentre seus principais objetivos estão: difusão da aplicação do alumínio, incentivo à novas aplicações, solidarização dos interesses econômicos do setor, servir de fonte estatísticas segura e oficial referente a indústria do alumínio em geral, entre outras.

Segundo esta entidade (ABAL, 2005, i), o Brasil tem a terceira maior reserva de bauxita do mundo, na ordem de 2,5 bilhões de toneladas, ficando atrás somente da Austrália e Guiné e o sexto produtor mundial de alumínio primário, com produção da ordem de 1,2 milhão de toneladas, procedido por Estados Unidos, Rússia, Canadá, China e Austrália. Além da região amazônica, este minério pode ser encontrado no sudeste do Brasil, na região de Poços de Caldas (MG) e Cataguases (MG).

A bauxita contém de 35% a 55% de óxido de alumínio. Para a fabricação de uma tonelada de alumínio, são necessárias aproximadamente quatro toneladas de bauxita e 16.000 kWh de energia.

A concorrência existente na extração de bauxita no mercado brasileiro é do tipo oligopolístico. As principais empresas formadoras deste mercado são: Alcan
PPGEP – Gestão da Produção e Manutenção (2007)

Alumínio do Brasil Ltda, Alcoa Alumínio S.A., Companhia Brasileira de Alumínio e Mineração Rio do Norte S.A. (ABAL, 2005, i).

Segundo Diniz (2007), com as reservas naturais descobertas e mantendo-se a extração nos níveis de 2004, este minério se esgotaria dos solos brasileiros em aproximadamente um século.

Sugere-se para a reversão deste quadro, a utilização do processo de reciclagem do alumínio primário. A prática da reciclagem apresenta-se como uma alternativa vantajosa financeira, social e ambientalmente. Financeiro, pois é economicamente mais viável do que a produção de alumínio primário no que tange aos gastos energéticos. Social, por abrir uma possibilidade de geração de renda para uma grande parcela da população brasileira que sobrevive da coleta e separação de materiais reciclados. Ambiental, pois o processo de fundição é mais “limpo” de emissões se comparado com a produção de alumínio primário.

Pesquisas acerca do processo produtivo do alumínio secundário são importantes, pois o rendimento deste tipo de processo impede as micro e pequenas indústria de competirem com indústrias de grande porte produtoras de alumínio primário. Gomes *et al* (2005) e ABAL (2007, g) apontam que 45% a 65% do volume de escória gerada pela indústria de alumínio secundário são compostas por alumínio metálico, ou seja, perdas diretas de rentabilidade e produtividades pelas indústrias.

As pesquisas atualmente estão concentradas na introdução desta escória a outros produtos na forma de matérias-primas de menor valor agregado, como cimento, argila expandida e fertilizantes. (JOHN, 1995; TAKAHASHI, 2006; PENA, 2007). Há também a possibilidade da eliminação dos resíduos durante o processo de fundição do alumínio, por meio da utilização de forno aquecido com plasma, tecnologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT, mas ainda não acessível para pequenos fundidores. Neste processo há o aquecimento do gás Argônio (Ar), que transforma a energia elétrica em energia térmica, não havendo necessidade da introdução de nenhum outro elemento. Este processo é isento de oxigênio e de sais fundentes, tornando-se uma tecnologia limpa. (CRUZ, 2004).

Pelos atuais métodos de fundição, a eliminação da geração de resíduos dos processos produtivos é impraticável devido principalmente à contaminação que as fontes de alumínio sofrem durante seu ciclo de vida principalmente na etapa de pós-consumo. Elementos como o cálcio, o óxido de alumínio, nitreto de boro e carbetos de silício não são adicionados no processo de transformação do alumínio primário, porém são detectados no momento da reciclagem, o que sustenta a hipótese de que contaminam o alumínio durante seu ciclo de vida. (MALE *et al* 2005)

Desta forma, verifica-se a necessidade de incentivar e financiar pesquisas desenvolvidas no sentido de maximizar a produtividade e reduzir as perdas durante o processo de transformação do alumínio secundário, pois a rentabilidade deste ramo produtivo está condicionada ao processo de geração de resíduos sólidos, o que inviabiliza os investimentos tecnológicos e inovadores. Além disso, este nicho de mercado se encontra em expansão, apresentando-se como aliado às questões ambientais e sociais fundamentais para a sustentabilidade do planeta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Vantagens do Alumínio

Segundo a ABAL, (2005, i) “é o material mais importante desta classe cujo desenvolvimento de produtos com custo competitivo e grande variedade de utilização resulta no êxito da aplicação. Dentre suas principais propriedades, pode-se citar: o baixo peso específico, a boa resistência à corrosão e a alta condutibilidade térmica e elétrica”.

O alumínio pode ser encontrado nas mais diversas formas e finalidades. Em utensílios domésticos, este metal é amplamente utilizado devido à sua leveza, resistência à corrosão, durabilidade e de fácil manutenção. Na linha branca, o alumínio (fundido, laminado ou extrudado) é utilizado na confecção de componentes, peças e detalhes. (ABAL, 2007, c)

Um segmento que apresenta crescente aplicação do alumínio é o automotivo e transportes. A ABAL (2007, l) apontou que no ano de 2006 todo o setor de transporte consumiu cerca de 160 mil toneladas de alumínio. Estimativas da Drucker Worldwide (2005) apontam que, em 2006, de todo alumínio utilizado no setor automotivo, 57% no mercado norte-americano e 63% no mercado japonês foram de alumínio reciclado. Na Europa este percentual é um pouco menor, cerca de 50%.

Esta crescente busca se deve ao fato do alumínio fornecer para estas indústrias devido à leveza do metal, velocidade com que pode ser usinado e o baixo custo do metal. Esta indústria utiliza o alumínio em forma de chapas, folhas, perfis, fundidos, pó de alumínio, entre outros, para compor e fabricar produtos como: furgões, carrocerias abertas, tanques rodoviários, vagões ferroviários, carrocerias de ônibus, além dos componentes automotivos. (ABAL, 2007, b)

As características de leveza, versatilidade, resistência, durabilidade, acabamento perfeito e função decorativa, deram ao alumínio lugar de destaque na indústria da construção civil. Metal tradicionalmente utilizado em esquadrias e telhas, o alumínio tornou-se uma tendência na arquitetura como opção para revestimentos internos e de fachadas, peças de acabamento, divisórias, caixilharia, forros, entre

outras. Devido principalmente à sua facilidade de manutenção, a utilização do alumínio reflete diretamente na estimativa de custos das obras. (ABAL, 2007, d)

Todas as características citadas anteriormente rederam ao alumínio um papel de destaque também na indústria de embalagens, fomentando assim as empresas produtoras de laminados e folhas de alumínio. Embalagens de produtos farmacêuticos, de higiene e limpeza, de bebidas e de alimentos são os grandes mercados consumidores deste tipo de alumínio. (ABAL, 2007, e)

As propriedades físicas de condutibilidade elétrica e leveza garantiram ao alumínio a inserção em mais um mercado, o de transmissões de energia. Com uma das menores taxas de desperdício de eletricidade, o alumínio é amplamente utilizado pelas empresas na forma de vergalhões e arame, submetido a processos de extrusão, trefilação e revestimento. (ABAL, 2007, f)

Outras utilizações também podem ser dadas ao alumínio, como na indústria química, ferro-ligas, mineração, explosivos, refratários, pigmentos, combustíveis sólidos para foguetes, resinas “epoxy”, soldas exotérmicas, botijões de gás, medicamentos antiácidos, abrasivos, placas de automóveis, entre diversas outras. (ABAL, 2007, f)

Iniciativas de reciclagem do alumínio primário garantem à sociedade benefícios sociais, ambientais e financeiros que serão tratados no próximo tópico.

2.2 O Processo Produtivo do Alumínio Secundário

As fontes de alumínio secundário derivam-se de duas vertentes: o alumínio de origem industrial que representa 12% da sucata total que é formado por retalhos gerados dentro das próprias fábricas e por usuários que reprocessam o alumínio. E o alumínio pós-consumo, que corresponde a materiais consumidos e que chegaram ao final de sua vida útil. (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT, 1993).

O Brasil é líder mundial na reciclagem de latas de alumínio, em 2006, 94,4% retornou ao mercado na forma de matéria-prima para novos produtos. Este percentual representa um total de 139,1 mil toneladas. (ABAL, 2007, h)

O custo de produção de um lingote de alumínio secundário é aproximadamente 80% menor que a produção de um lingote de alumínio primário, a produção de um

lingote de alumínio secundário representa 5% do gasto energético da produção de um lingote de alumínio primário, a cada tonelada de alumínio reciclado aproximadamente quatro toneladas de bauxita são poupadas da extração e o elevado valor do alumínio serve de fonte de renda extra para aqueles que se dispõem a coletá-lo (MCT, 1993). O reprocessamento garante uma elevação na capacidade dos aterros sanitários além de estimular a consciência ecológica e incentivar a reciclagem de outros materiais. (ABAL, 2004, a)

Para se avaliar o impacto social da reciclagem, vale ressaltar que o volume de latas de alumínio reciclado em 2004 significou uma injeção de R\$ 450 milhões na economia nacional através da compra, pelas indústrias, das latas usadas e coletadas pelos catadores.

O total de reciclagem daquele ano (270 mil toneladas) se traduziu em uma economia de aproximadamente 3.900 GWh/ano, ou seja, 1% de toda a energia elétrica gerada no país. De toda sucata de alumínio produzida anualmente, o Brasil recicla cerca de 37%, um bom desempenho comparado com os níveis mundiais que são de aproximadamente 32% (ABAL, 2004, a).

Industrialmente as fontes de alumínio são classificadas seguindo as necessidades de cada organização. A ABAL (2006, j) adota a classificação recomendada pelo *Institute of Scrap Recycling Industries* (ISRI), conforme Tabela 1.

Tipo	Descrição
Bloco	Blocos de alumínio isentos de contaminantes (ferro e outros), com teor de 2% de óleos e/ou lubrificantes.
Borra	Escória com teores variáveis de alumínio e percentual de recuperação a ser estabelecido entre vendedor e comprador.
Cabo com alma de aço	Retalhos de cabos de alumínio não ligados, usados, com alma de aço.
Cavaco	Cavacos de alumínio de qualquer tipo de liga, com teor máximo de 5% de umidade/óleo, isentos de contaminantes (ferros e outros).
Perfil	Retalhos de perfis sem pintura
Chaparia	Retalhos de chapas e folhas, pintadas ou não, com teor máximo de 3% de impurezas (graxas, óleos, parafusos, rebites etc.); chapas usadas de ônibus e baús, pintadas ou não; tubos aerossol (sem cabeças); antenas limpas de TV; cadeiras de praia limpas (isentas de plástico, rebites e parafusos).
Chaparia mista	Forros, chapas decorativas e persianas limpas (sem corrosões ou outras impurezas).
Chapas <i>off-set</i>	Chapas litográficas soltas, novas ou usadas, da série 1000 e/ou 3000, isentas de papel, plástico e outras impurezas.
Estamparia branca	Retalhos de chapas e folhas, sem pintura e outros contaminantes (graxas, óleos, parafusos, rebites etc.) gerados em atividades industriais.
Latas prensadas	Latas e alumínio usadas decoradas, prensadas com densidade entre 400kg/m ³ , com fardos paletizados ou amarrados em lotes de 1.500kg, em média, com espaço para movimentação por empilhadeira, teor máximo de 2,5% de impurezas, contaminantes e umidade.
Latas soltas ou enfardadas	Latas de alumínio usadas decoradas, soltas ou enfardadas em prensa de baixa densidade (até 100 kg/m ³), com teor máximo de 2,5% de impurezas, contaminantes e umidade.
Panela	Panelas e demais utensílios domésticos (“alumínio mole”), isentos de cabos – baquelita, madeira etc. – e de ferro – parafusos, rebites etc.
Perfil branco	Retalhos de perfis sem pintura ou anodizados, soltos ou prensados, isentos de contaminantes (ferro, graxa, óleo e rebites).
Perfis mistos	Retalhos de perfis pintados, soltos ou prensados, com teor máximo de 2% de contaminantes (ferro, graxa, óleo e rebites).
Pistões	Pistões automotivos isentos de pinos, anéis e bielas de ferro, com teor máximo de 2% de óleos e/ou lubrificantes.
Radiador alumínio-alumínio	Radiadores de veículos automotores desmontados isentos de cobre, “cabeceiras” e outros contaminantes (ferro e plástico).
Radiador alumínio-cobre	Radiadores de veículos automotores desmontados isentos de “cabeceiras” e outros contaminantes (ferro e plástico).
Retalho industrial branco de chapa para latas	Retalho de produção industrial de latas e tampas para bebidas, soltos ou prensados, isentos de pinturas ou impurezas.
Telhas	Retalhos de telhas de alumínio, pintados em um ou em ambos os lados, isentos de parafusos ou rebites de ferro, revestimentos de espuma ou assemelhados.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (j). Tabela de classificação de sucatas de alumínio. 2º ed. São Paulo: Abal, 2006.

Figura 1 – Tabela de classificação de sucatas de alumínio

Estas sucatas são utilizadas pela indústria de fundição de alumínio secundário como matéria-prima para produção de diversos tipos de ligas secundárias, verifica-se que a Tabela 1 apresenta o percentual de impurezas e contaminantes presentes

em algumas fontes, porém este percentual muitas vezes não é considerado devido à dificuldade de se analisar quimicamente todas as matérias-primas adquiridas. São exemplos de contaminantes: umidade, óleos, tintas aderentes, elementos de liga, entre outras.

Para se demonstrar a contaminação que estes materiais sofrem durante seu processo de consumo, cita-se a presença do elemento químico cálcio (Ca) durante a fusão. Male *et al* (2005) afirma que não há a introdução deste elemento durante a fusão do alumínio primário, porém durante a fusão do alumínio secundário, este elemento está presente com teor de até 0,005%. Além do cálcio, outros elementos contaminantes podem ser encontrados: nitreto de boro (BN), carbeto de silício (SiC), entre outros. Por esta razão, testes laboratoriais são imprescindíveis, a fim de quantificar os elementos químicos presentes no metal líquido e identificar a necessidade de correção da liga pretendida.

Estes contaminantes além de alterarem o potencial de aplicação das ligas produzidas, elevam a possibilidade de perdas de processo.

2.3 Resíduos Sólidos Oriundos do Processo Produtivo do Alumínio Secundário

Os resíduos sólidos são classificados quanto às suas características físicas, químicas e origem, esta classificação se faz necessária para se definir sua classe e indicar a forma mais adequada para armazenagem ou destinação dos diferentes tipos de resíduos. Para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas possui a norma NBR 10.004/2004, que estabelece os níveis de periculosidade e as alternativas mais adequadas para destinação dos mesmos, podendo enquadrar-se em três classes:

- classe I: perigosos – apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especial, pois são classificados como: inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos;
- classe II A: não-inertes – não apresentam periculosidade, porém podem ter características como: combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água. Esta classe é composta basicamente pelos lixos domésticos;

- classe II B: inertes – estes resíduos não se degradam ou não se decompõe quando dispostos no solo. Quando estes resíduos são depositados na água, sua potabilidade não é comprometida.

A escória do alumínio é um resíduo industrial de classe I, pois os efeitos do alumínio no organismo humano vão desde anemia por deficiência de ferro à intoxicação crônica. (AMBIENTE BRASIL, 2007). Segundo a norma NBR 10.004/2004, os materiais classificados neste grupo devem ser tratados adequadamente e destinados em locais próprios. Para o recebimento deste tipo de resíduo, os aterros industriais devem conter mantas impermeáveis e camadas a fim de proteger o solo e a água da contaminação.

Segundo a ABAL (2007, h), a atividade de reciclagem do alumínio gera grandes quantidades de escória. Estimou-se que no ano de 2005, o Brasil tenha produzido aproximadamente 50.000 toneladas de escória, uma elevação de 25% em relação ao nível de 1996, que foi de aproximadamente 40.000 toneladas.

Durante o processo de fusão, há a exposição do metal líquido à temperatura do forno e também à atmosfera, esta combinação de fatores resulta em uma camada de óxido de alumínio (Al_2O_3) na superfície do banho. A composição química desta camada varia grandemente, pois depende basicamente da liga que está sendo produzida e da manipulação das matérias-primas necessárias para o processo, mas basicamente a escória é composta por: óxido de alumínio (25 a 30%), alumínio metálico (65 a 75%), carbeto de alumínio (2 e 3%), nitreto de alumínio (3 a 5%), óxido de ferro (0,5 a 2%) e óxido de silício (0,5 e 1,5%). (ABAL, 2007, g)

Verifica-se que o maior percentual presente na escória é de alumínio metálico. A fixação do alumínio metálico à escória se deve a diversos fatores que serão apresentados no item 2.2.1.

2.3.1 Fatores que afetam a formação de escórias

A escória é formada principalmente em função da oxidação do metal líquido. A espessura da camada depende fundamentalmente da temperatura em que se encontra o banho líquido. A temperatura ótima de fusão do alumínio oscila entre 700 e 750°C, maiores temperaturas tendem a elevar a espessura da camada de óxido de alumínio durante o processo de fundição. (ABAL, 2007, g)

Outro fator preponderante na geração de escória é a composição química do metal. A presença de magnésio (Mg) na liga de alumínio facilita a geração de escória, pois o magnésio é sensível à oxidação. (ABAL, 2007, g) Ou seja, quanto maior o percentual de magnésio presente em uma liga, maior será a perda de produtividade daquele processo. Um dos materiais recicláveis de alumínio que apresentam teores elevados de magnésio são as latas.

Segundo a ABAL (2007, g), a geração de resíduos sólidos na indústria de transformação do alumínio varia de 0,5 a 1,5% nos processos de fusão do alumínio primário e de 2,0 a 7,5% nos processos oriundos da transformação do alumínio secundário.

Um terceiro fator importante para as perdas de produtividade neste setor é a área da fonte a ser fundida. A oxidação ocorre em maior grau quanto maior for a relação área/peso do material, ou seja, quanto menor a espessura do material a ser fundido, maior será a sua oxidação naquele banho e conseqüentemente maior será a geração de resíduos. (ABAL, 2007, g)

Desta forma, um sistema de gerenciamento deve analisar as diversas variáveis que influenciam a eficiência do processo.

2.4 Produção mais Limpa

A PmaisL pode ser implantada pelas organizações como estratégia gerencial que permite obter crescimento econômico ao mesmo tempo em que são gerenciados os impactos ambientalmente negativos oriundos do processo produtivo. Esta afirmação é derivada do conceito da PmaisL lançada pela *United Nation Environmental Program* – UNEP em 1989.

Segundo a UNIDO (2004), a PmaisL pode ser utilizada em todos os processos produtivos para uso eficaz das matérias-primas, água e energia, conseqüentemente maximiza-se a produtividade organizacional e minimizam-se as emissões sólidas, líquidas e gasosas garantindo a sustentabilidade do processo produtivo.

O conceito de PmaisL pode ser definido da seguinte forma:

A Produção mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada, aplicada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eco-eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e o ambiente.

Aplica-se a:

- Processos de produção: conservação de matéria-prima e energia, eliminação de matérias-primas tóxicas e redução da quantidade e toxicidade de todos os resíduos e emissões;
- Produtos: redução dos impactos negativos ao longo do ciclo de vida dos produtos, desde a extração das matérias-primas até a disposição final;
- Serviços: incorporação dos conceitos ambientais no projeto e na distribuição dos serviços.

A Produção mais Limpa requer mudança de atitudes, gestão ambiental responsável, criação de políticas nacionais orientadas para o meio ambiente, e avaliação de opções tecnológicas. (apud MARINHO, 2001, p.43)

Para Diaz e Pires (2005), “a Produção mais Limpa objetiva preservar o meio ambiente, o consumidor e a comunidade, ao mesmo tempo em que busca o crescimento sustentável das organizações através da melhoria de sua eficiência, lucratividade e competitividade”.

A PmaisL não é uma ferramenta a ser implantada, mas uma meta a ser atingida utilizando-se de ações como: melhoria no processo produtivo, substituição de matérias-primas, investimentos em tecnologias limpas, redesenho de produtos, reciclagem de resíduos. Para tanto, utiliza-se como base metodologias gerenciais amplamente difundidas como: Manutenção Preventiva Total – TPM, 5S, *Kaisen*, Gerenciamento da Qualidade Total – TQM, *housekeeping*, entre outros.

Para Elias e Guimarães (2003), “a Produção mais Limpa é uma prática completa em termos de opção para otimização dos processos produtivos e melhoria contínua dos mesmos, pois englobam os pontos que levam a esse fim, como: qualidade, planejamento, segurança, meio ambiente, *design*, saúde ocupacional e eficiência”.

Não há um método único para implementação da PmaisL. O Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL (2003), propõe uma seqüência de etapas a serem cumpridas na implementação da PmaisL, conforme Figura 2.

Etapas	Atividades
Planejamento e Organização	<ul style="list-style-type: none"> - Obter comprometimento e envolvimento da alta direção; - Estabelecer a equipe do projeto; - Estabelecer a abrangência da PmaisL e; - Identificar barreiras e soluções.
Pré-Avaliação e Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver o fluxograma do processo; - Avaliar as entradas e saídas e; - Selecionar o foco da avaliação da PmaisL.
Avaliação de PmaisL	<ul style="list-style-type: none"> - Originar um balanço material e de energia; - Conduzir uma avaliação de PmaisL; - Gerar opções de PmaisL e; - Selecionar opções de PmaisL.
Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação preliminar; - Avaliação técnica; - Avaliação econômica; - Avaliação ambiental e; - Selecionar as opções a serem implementadas.
Implementação de Plano de Opções e Plano de Continuidade	<ul style="list-style-type: none"> - Preparar plano de implementação de PmaisL; - Implementação das opções de PmaisL; - Monitorar e avaliar e; - Sustentar atividades de PmaisL.

Figura 2 – Etapas para implementação da PmaisL - CNTL

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS (2002) sugere outra metodologia em seu Guia de PmaisL, conforme Figura 3.

Comprometimento da direção da empresa
Sensibilização dos funcionários
Formação do Ecotime
Apresentação da metodologia
Pré-avaliação
Elaboração de fluxogramas
Tabelas quantitativas
Definição de indicadores
Avaliação dos dados coletados
Barreiras
Seleção do foco de avaliação e priorização
Balanços de massa e de energia
Avaliação das causas de geração de resíduos
Geração de opção de PmaisL
Avaliação técnica, ambiental e econômica
Seleção de opções
Plano de monitoramento e continuidade

Figura 3 – Etapas para implementação da PmaisL - CEBDS

Segundo UNIDO/UNEP, as ações a serem tomadas para implementação da PmaisL estão na Figura 4 (apud LEMOS, 1998).

Tomada de decisão, por parte dos gestores, de que uma ação precisar ser empreendida
Formação da equipe de projeto
Discussão do programa com os trabalhadores e supervisores
Documentação dos principais processos a serem estudados
Planejamento e organização
Pré-avaliação
Avaliação
Estudo de Viabilidade
Implementação

Figura 4 - Etapas para implementação da PmaisL – UNIDO/UNEP

Apesar das três abordagens possuírem diferentes métodos de implementação da PmaisL, há um ponto de convergência, situado na indicação das oportunidades de aprimoramento, onde o processo produtivo é analisado segundo as oportunidades de redução ou reutilização dos resíduos gerados. A Figura 5 estabelece o fluxograma de ações que podem ser implantadas pelas empresas no processo de gerenciamento da produção.

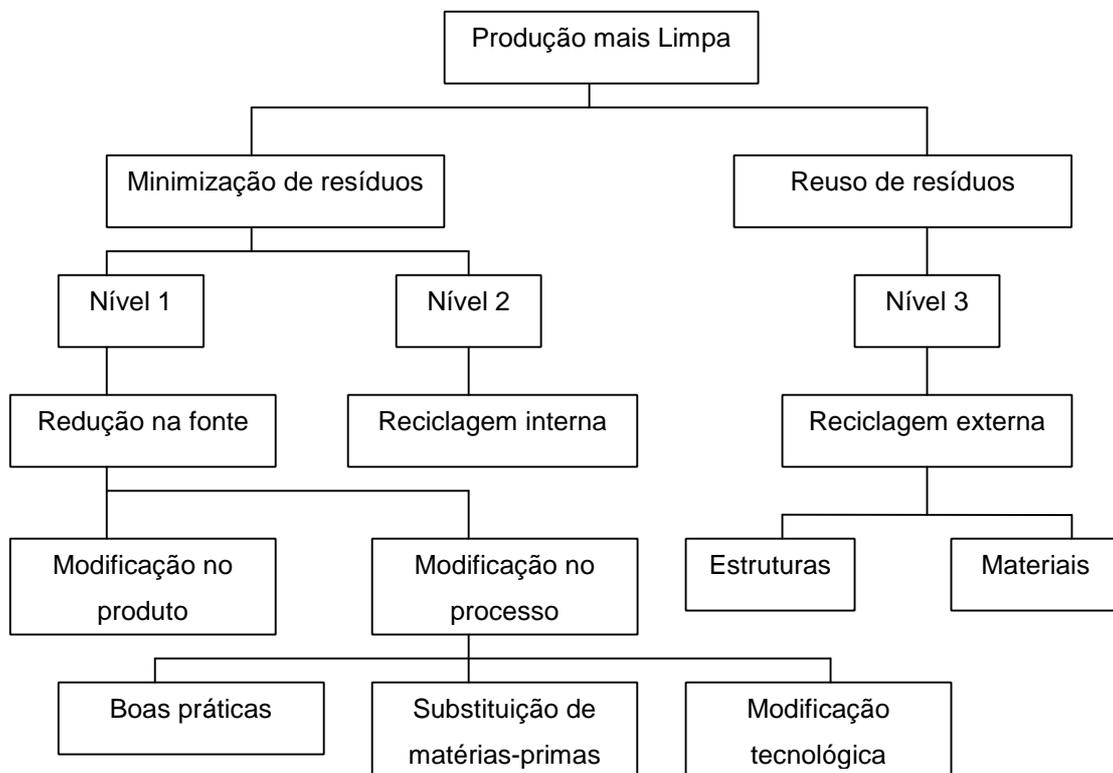


Figura 5 – Oportunidades de PmaisL

Fonte: Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL (2003), UNIDO/UNEP (apud LEMOS, 1998) e CEBDS (2002).

O nível 1 de PmaisL, é o que inclui ações mais complexas objetivando minimizar as emissões sólidas, líquidas e gasosas do processo produtivo na fonte.

Este nível inclui ações que vão desde modificações no produto até alterações do processo. Para tanto, podem ser utilizadas técnicas de boas praticas de fabricação, substituição de matérias-primas e modificações tecnológicas. (CNTL, 2003)

O nível 2 também é composto por ações complexas e objetiva a minimização de resíduos através da reciclagem interna, ou seja, todo resíduos oriundo do processo produtivo é reprocessado internamente. Ou no processo produtivo já existente ou como matéria-prima para novos produtos dentro da própria empresa. (CNTL, 2003)

E o nível 3 apresenta a oportunidade de reuso dos resíduos através da reciclagem externa. Neste nível, os materiais são comercializados para terceiros que os reciclarão ou os utilizarão como matérias-primas para novos produtos. (CNTL, 2003)

Estes três níveis de PmaisL norteiam as empresas que objetivam reutilizar ou minimizar a geração de resíduos sólidos de seus processos. Cabendo análises econômicas, financeiras e ambientais entorno de cada uma delas a fim de identificar em que nível a empresa se encontra e as ações que devem ser tomadas para se alcançar níveis mais elevados de eficiência do processo. (CNTL, 2003)

2.5 Modelos de Regressão com Variáveis Binárias

Quando as variáveis do processo são de natureza qualitativa como sexo, raça, cor, religião e devem ser incluídas no modelo, pois podem ter influências significativas no resultado do processo, podem ser utilizados os Modelos de Regressão com Variáveis Binárias.

Na literatura, este tipo de variável é denominada variável nominal, pois representam a presença ou ausência de determinada característica. Desta forma, a quantificação desta variável assume dois valores, 0 e 1, onde segundo Gujarati (2006, p. 241) “o 1 indicando a presença desse atributo e o 0 indicando sua ausência”. A partir da quantificação das variáveis nominais, elas passam a ser denominadas como variáveis binárias.

Hill (2003, p. 427), afirma “esses modelos estatísticos são úteis em qualquer problema econômico em que um agente deva escolher uma dentre duas alternativas”.

Tendo como objetivo encontrar a probabilidade de um indivíduo tomar determinada decisão em detrimento de outra. Desta forma, segundo Gujarati (2006, p. 470), “nosso objetivo é encontrar a probabilidade de que algo aconteça”.

Pindyck e Rubinfeld (2004, p. 344) acrescentam que “desejamos encontrar a relação entre um conjunto de atributos descrevendo um indivíduo e a probabilidade de que o indivíduo faça dada escolha”.

Gujarati (2006) afirma que há três abordagens diferentes para formular um modelo estatístico com variáveis binárias:

O primeiro deles, denominado Modelo de Probabilidade Linear, é formulado exatamente como uma regressão linear típica, contudo, as variáveis são expressas de forma binárias, conforme Equação 1.

$$P_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i$$

Equação 1 – Modelo de probabilidade linear

Onde:

P_i é a probabilidade de ocorrência de um fenômeno;

X_i é o i -ésimo valor da variável preditora;

α e β são os parâmetros e;

ε_i é o termo do erro aleatório

Os principais problemas envolvidos com a utilização deste modelo estão na possível ausência de normalidade dos termos de erro (ε_i), a impossibilidade de satisfazer $0 < P_i < 1$ e quando o valor de R^2 como medida de qualidade do ajustamento é questionável.

O segundo modelo possível é aquele denominado Logit. Utilizado quando a probabilidade de ocorrência varia de $-\infty$ para $+\infty$, ou seja, segundo Gujarati (2006, p. 481), “embora as probabilidades se situem (por necessidade) entre 0 e 1, os logits não são submetidos a essa restrição”. Além disso, “enquanto o modelo de

probabilidade linear pressupõe uma relação linear entre P_i e X_i , o modelo Logit pressupõe que o logaritmo da razão de chances se relaciona linearmente com X_i ”.

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004, p. 354), o “modelo logit se baseia na função de probabilidade logística acumulada e é especificado conforme Equação 2.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta X_i)}}$$

Equação 2 – Modelo de probabilidade logit

Onde:

P_i é a probabilidade de ocorrência de um fenômeno;

X_i é o i -ésimo valor da variável preditora;

α e β são os parâmetros e;

ε_i é o termo do erro aleatório

E o terceiro modelo possível é denominado Probit, formulado com as mesmas características do Logit, porém neste utiliza a função logística acumulada e aquele utiliza função normal acumulada padronizada. O modelo Probit é expressão pela Equação 3

$$P_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Z_i} e^{-s^2/2} ds$$

Equação 3 – Modelo de probabilidade probit

Onde:

P_i é a probabilidade de ocorrência de um fenômeno;

Z_i é uma variável aleatória com distribuição normal e;

e é o número natural ou neperiano.

Para testar o ajustamento dos modelos de probabilidade Logit e Probit, alguns programas estatísticos, geram automaticamente testes que auxiliam o pesquisador na verificação da qualidade do ajustamento dos dados ao modelo escolhido. Estes testes são denominados: *Hosmer-Lemshov* e *Pearson*.

Os valores calculados no teste Hosmer-Lemshow são obtidos através da seguinte equação:

$$G_{HL}^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j(1 - E_j/n_j)}$$

Equação 4 – Teste Hosmer-Lemshow

Onde:

n = número de observações no j grupo;

$O_j = \sum_i y_{ij}$ = número de casos observados no j grupo e;

$E_i = \sum_i p_{ij}$ = número de casos esperados no j grupo.

E os valores calculados no teste Pearson são obtidos através da seguinte equação:

$$X_{n-1}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Equação 5 – Teste Pearson

Onde:

O_i = uma frequência observada;

E_i = uma frequência teoricamente esperada e;

n = número de eventos.

A observação cuidadosa do ajustamento dos dados ao modelo pretendido é fator crítico para obtenção de resultados que se assemelham muito com a realidade que se pretende pesquisar ou retrata de forma matematicamente aceitável o perfil de uma população.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa que se desenvolveu, quanto a sua natureza foi aplicada, que segundo Menezes e Silva (2001, p. 20), “objetiva gerar conhecimento para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos”.

Quanto à abordagem do problema, foi quantitativo. Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa é explicativa. Quanto ao procedimento técnico, trata-se de uma pesquisa experimental. As evidências/instrumentos de coleta e análise de dados utilizados foram: observação direta, entrevista não estruturada, formulário e modelo estatístico.

3.2 Objeto de Pesquisa

O objeto que norteou a pesquisa, a confecção do instrumento de coleta de dados, o apontamento do modelo estatístico para interpretação dos dados, as análises e discussões acerca dos resultados obtidos, foi o resíduo sólido gerado pelas indústrias do setor a partir do processamento da liga ASTM B319.1, equivalente a liga SAE 329, sob a forma de lingotes. Este resíduo foi escolhido para o estudo por representar diretamente o nível gerencial do processo produtivo, servindo como indicador tanto para qualificar quanto para apontar possíveis melhorias de processo.

A composição química da liga estudada, segundo a norma NBR 13180/1994 pode ser visto na Tabela 1. Esta liga foi escolhida por ser amplamente utilizada pela indústria incluindo a automobilística, é possível de ser obtida por materiais recicláveis, porém apresenta menor preço de mercado, o que exige um elevado controle de processo e de matérias-primas a fim de maximizar sua produtividade.

Silício %	Ferro %	Cobre %	Manganês %	Magnésio %	Níquel %	Zinco %	Titânio %	Outros %
5,5 a 6,5	1	3 a 4	0,5 a 0,8	0,1 a 0,5	0,5	1	0,25	0,5

Tabela 1 – Composição química da liga ASTM 319.1 segundo NBR 13180/1994

3.3 Local de Pesquisa

A pesquisa foi realizada numa empresa de base tecnológica no ramo de fundição de alumínio secundário atualmente incubada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Unidade de Ponta Grossa. O local foi escolhido devido ao cunho tecnológico empregado no processo produtivo, por operar com estoque zero, o que garante uma melhor tomada e análise dos resultados com base no monitoramento de entradas e saídas do processo e por representar a realidade do setor, pois operar com a tecnologia, materiais e procedimentos similares àqueles encontrados em outras regiões ou estados brasileiros.

A facilidade na disponibilidade dos dados coletados, tanto de produção quanto financeiros, foi decisiva na escolha do local de pesquisa. Outro fator importante foi a qualidade dos dados tendo em vista o equipamento de fusão utiliza tecnologia moderna capaz de fornecer informações seguras e completas de cada lote produzido. Estes fatores foram determinantes na escolha do local da pesquisa por fornecer informações relevantes ao setor de fundição.

Com isto, foi possível levantar importantes informações como a produtividade, rentabilidade, a eficiência do processo e a influência da sazonalidade, dos tipos de matérias-primas e dos procedimentos de produção sobre esses fatores.

3.4 Processo Produtivo Pesquisado

O processo de fundição dos lingotes ocorreu num forno elétrico à indução de 100 kW e 3.000Hz, com capacidade aproximada de 40kg de alumínio por corrida ou 48,5 kg/hora.

Durante o processo de transformação foram realizadas análises químicas a fim de se alcançar a liga pretendida, o equipamento utilizado foi GNR Metal Lab 75/80J. Para todas as análises realizadas foram emitidos relatórios técnicos a fim de atestar a qualidade da liga.

Para a preparação das cargas de fusão, foi utilizada uma planilha do Microsoft Office Excel de “cálculo de carga” constando as principais matérias-primas secundárias, suas composições químicas, os principais elementos de liga, aditivos e impurezas. Vide apêndice B.

A partir da disponibilidade de estoque, para cada corrida, lançaram-se na planilha os percentuais (em peso) de matérias-primas para se alcançar a composição química desejada. Gerava-se então uma ordem de produção para separação e pesagem dos materiais a serem fundidos.

Realizada a fusão, novamente utilizava-se a planilha de “cálculo de carga” para efetuar a correção da liga em produção.

Nos casos em que havia necessidade de correção, identificava-se qual a fonte de alumínio que continha o elemento químico faltante e a adicionava ao banho. Após sua completa fusão, novo procedimento de análise era efetuado a fim de verificar se a liga pretendida foi alcançada. Neste caso, o metal líquido estava pronto para ser lingotado.

A caracterização do processo produtivo foi realizada a partir da observação direta do pesquisador e de entrevista com o Gerente Administrativo da empresa pesquisada (apêndice A).

3.5 Matrizes para Avaliação dos Dados

Para a análise do processo produtivo houve a necessidade de levantamentos mais detalhados das entradas e saídas do processo, desta forma, desenvolveram-se matrizes (apêndice E) baseadas no conceito de PmaisL.

Através do levantamento apresentado (vide item 2.3), não há uma metodologia única para aplicação da PmaisL desta forma, os instrumentos de análise de dados foram adaptados às necessidades do presente trabalho.

3.6 Instrumento para Coleta de Dados

Para a coleta de dados foi utilizado formulário (apêndice C) único que englobou as fases de transformação do alumínio secundário e objetivou o levantamento de dados referente às entradas e saídas do processo. Este formulário foi aplicado para cada corrida produtiva entre os meses de Junho de 2006 e Abril de 2007.

Neste formulário constam os seguintes dados: as datas das coletas de dados, os números das corridas, a liga produzida, horário de ligamento/desligamento do forno e da bomba de resfriamento, o horário de início e término de carregamento do

forno com as fontes de alumínio secundário e as temperaturas durante o vazamento do metal líquido.

Foram descritos também, para cada carga, os tipos e quantidades de fontes de alumínio secundário, elementos de liga e escorificantes. Além disso, foi medido o volume de resíduos sólidos oriundo do processo.

Os resíduos sólidos são oriundos de duas vertentes, a primeira, denominada escória de cobertura, é extraída durante do processo de fusão da superfície do metal líquido e a segunda, denominada escória de limpeza do cadinho, é aquela retirada do forno após o processo de lingotamento. Para fins desta pesquisa, foi considerado o total dos resíduos sólidos gerados, ou seja, oriundos das duas vertentes.

Reservou-se um espaço para observações, pois qualquer fato que alterasse a análise dos dados e a confiabilidade dos resultados deveria ser anotado para posterior análise e relato.

3.7 Tabulação dos Dados

A coleta de dados para a realização da pesquisa foi feita entre os meses de Junho de 2006 e Abril de 2007 totalizando 78 dias de coletas de dados e 214 corridas.

No final de cada semana de coleta de dados, as informações foram transcritas para planilhas do Microsoft Office Excel 2003, conforme apêndice C, seguindo exatamente o modelo do formulário para coleta dos dados, ou seja, uma planilha para cada dia de coleta.

Após a coleta e tabulação dos dados, gerou-se uma matriz, conforme apêndice D, contendo as quantidades das fontes de alumínio com a identificação da corrida.

Para aplicar o modelo estatístico (item 3.8) aos dados coletados e tabulados, houve a necessidade de efetuar uma nova organização destes dados, conforme apêndice G.

Como foi evidenciado no item 2.4, o tipo de resposta dada por este modelo econométrico indica se uma determinada fonte de alumínio secundário afeta ou não a geração de escória acima da média imposta. Neste caso, os dados previamente tabulados no apêndice F foram reorganizados e assumiram valores binários de 0 e 1

no apêndice G. Onde o número 0 foi atribuído àquelas células que não foram utilizadas na corrida produtiva. E o número 1 foi atribuído às células que possuíam algum valor numérico, ou seja, as fontes de alumínio secundário que, independentemente da quantidade, foram acrescentadas em cada corrida produtiva.

Somente após esta reorganização os dados puderam ser utilizados para aplicação do modelo estatístico escolhido.

3.8 Tratamento Estatístico dos Dados

Em uma empresa de transformação de alumínio secundário há diversas variáveis que afetam na geração de escória durante o processo produtivo. O tempo de fundição, a temperatura média de fundição, o tipo de forno a ser utilizado, o fator humano envolvido no processo, a composição das cargas e o tipo de fonte de alumínio utilizado. Nesta pesquisa, foram pesquisadas quais fontes de alumínio secundário pressionam a geração de escória acima do volume médio estabelecido.

O percentual médio de geração de escória fixado para análise dos dados foi de 7%. Para o estabelecimento deste percentual foi utilizado o *Guia Técnico do Alumínio: Geração e tratamento de escória* (ABAL, 2007,b) que aponta perdas entre 0,5% e 1,5% nos processos de fusão do alumínio primário e entre 2,0% e 7,5% nos processos oriundos da transformação do alumínio secundário.

O instrumento utilizado para análise dos dados foi o Modelo de Regressão com Variáveis Binárias segundo a abordagem de formulação Probit. Este modelo econométrico auxilia na tomada de decisão, pois a resposta da análise indica a maior probabilidade de ocorrência de um evento.

Duas foram as razões que levaram a escolha deste modelo para a análise dos dados. O primeiro, se deve às restrições quanto à observabilidade dos dados, pois as composições de cargas utilizadas não foram quantitativamente suficientes para o uso de outros modelos estatísticos de análises multivariadas. Ou seja, apesar de um grande número de corridas, suas composições variaram entre si, o que é uma realidade para o setor de fundição onde podem ser utilizadas diversas fontes de matérias-primas no processo.

O segundo fator que propiciou a utilização desse modelo foi o bom ajustamento de dados verificado através dos testes de ajuste de serão apresentados no item 4.2.

Dentre as variáveis que afetam a geração de resíduos sólidos, as fontes de alumínio secundário foram aquelas avaliadas neste trabalho. Neste sentido, o modelo *Probit* auxiliou na determinação de quanto cada uma das fonte de alumínio secundário afetou na geração de escórias acima do percentual médio estabelecido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Detalhamento do Processo

Conforme visto nos itens 2.1 e 3.5, houve a necessidade do levantamento detalhado do processo.

A Figura 6, representa o fluxo das matérias-primas do processo produtivo utilizado para obtenção da liga ASTM B319.1 foco desta pesquisa.

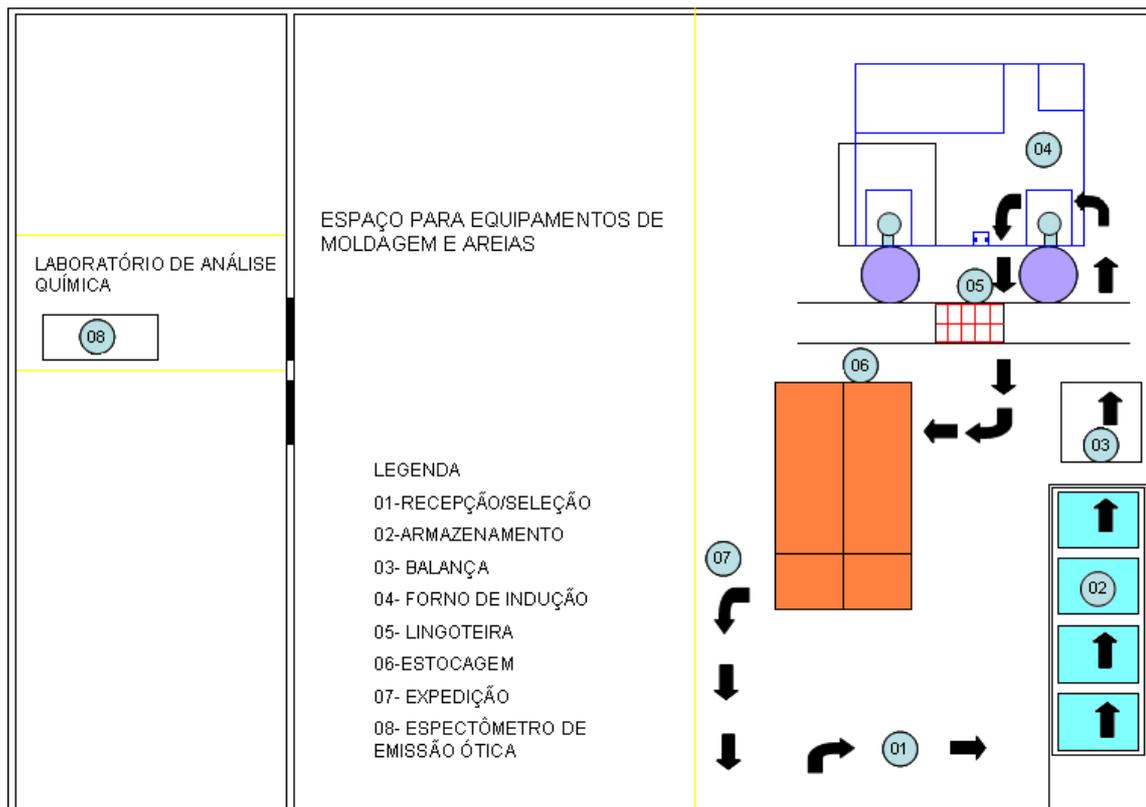


Figura 6 – Fluxograma do processo

Após a chegada das matérias-primas na empresa, a primeira ação a ser tomada é o recebimento através de formulário onde são preenchidos dados como: nome do fornecedor, data, tipos de matéria-prima e quantidade. Este formulário é utilizado para controle dos estoques.

Concomitantemente ao recebimento é procedida a pesagem dos materiais a fim de efetuar o pagamento dos fornecedores. Efetua-se então a separação dos materiais através de suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, este

procedimento exclui os materiais inapropriados para o processo produtivo. Os materiais são então armazenados em local apropriado para que não ocorram misturas entre os materiais ou contaminação dos mesmos. Conforme Figura 7.



Figura 7 – Armazenagem das matérias-primas

As matérias-primas ficam armazenadas até a definição da liga a ser produzida, a partir deste momento, uma ordem de fabricação é emitida, nela contam as quantidades necessárias de matérias-primas para cada corrida produtiva. Com este documento em mãos, procede-se uma nova pesagem dos materiais que comporão a carga de fundição. A Figura 8 apresenta o momento da pesagem das matérias-primas que alimentarão o forno de fundição.



Figura 8 – Pesagem das matérias-primas

Seguindo um procedimento pré-estabelecido pela empresa os materiais são introduzindo no forno para serem fundidos. A Figura 9 apresenta este procedimento.



Figura 9 – Procedimento de alimentação do forno de fusão

Após o abastecimento do forno e completa fusão dos materiais, retira-se uma pequena amostra do metal líquido (Figura 10 e figura 11) que será submetido à análise para verificação da composição química da amostra.



Figura 10 – Extração de amostra para análise



Figura 11 – Amostra para análise

O equipamento (figura 12) efetua a análise química (figura 13) da amostra e envia o resultado ao computador que o confronta com as propriedades químicas requeridas pela norma e informa a necessidade de correção da liga em processamento.



Figura 12 – Procedimento de análise

Caso ocorra a necessidade de correção, a planilha de “composição de carga”, apêndice H, indica a quantidade de matéria-prima que deverá ser acrescida ao metal líquido. Após este procedimento, uma nova amostra é retirada para análise, em caso de aprovação, procede-se a escorificação e lingotamento do metal líquido (figura 13).

**Figura 13 – Lingotamento do metal líquido**

Aguarda-se o resfriamento dos lingotes (figura 14), que são pesados e estocados para posterior entrega da produção aos clientes.



Figura 14 – Lingotes de alumínio

4.2 Análises de Entradas e Saídas de Materiais

A Figura 15 apresenta o fluxograma qualitativo global onde são representados os principais insumos, o processo de produção da liga secundária ASTM B319.1 e as saídas oriundas do mesmo.

Entradas	Processo	Saídas
Pistão Panela Cabeçote Laminado Perfil Cabo Lata Material de Refusão Alumínio Mole Alumínio Duro Placa Magnésio Silício Cobre Fluxo Energia elétrica Água	Fundição	Escória de fundição Efluentes líquidos Emissões gasosas Material refratário Matérias-primas refugadas Ligas fora de especificações Perda de metal líquido Perdas térmicas



Lingotes de alumínio

Figura 15 – Fluxograma qualitativo global de entradas e saídas do processo produtivo da liga secundária - ASTM B319.1

A Figura 15 demonstra os principais materiais secundários levantados a partir da disponibilidade do mercado na ocasião da pesquisa e utilizados ao longo do trabalho. Com exceção do cobre, adquirido também como sucata, os elementos de liga magnésio e silício, foram comprados de empresas especializadas. Quanto ao fluxo, utilizado na limpeza do banho também foi adquirido no mercado.

Para o processamento destas matérias-primas e obtenção dos lingotes de alumínio, foi utilizado forno elétrico a indução, o que justifica a presença da energia elétrica e água como insumos.

Cabe lembrar que para a obtenção de uma mesma liga podem ser utilizadas diversas composições de materiais secundários. A escolha do material que será utilizado depende da sazonalidade do mercado.

Durante a realização da pesquisa foram levantadas potenciais saídas conforme demonstradas na Figura 15. No caso da água, sua utilização ocorreu apenas nos sistema de refrigeração e suas perdas se davam por evaporação não impactando significativamente tanto ambiental quanto financeiramente. Desta forma, durante a coleta de dados apenas os resíduos sólidos foram considerados significativos.

Os dados quantitativos referentes aos custos, produção, geração de resíduos sólidos e preços, como visto no item 3.4, foram levantados em entrevista (apêndice A), a fim de se traçar um perfil econômico e desta forma identificar a eficiência do processo ao longo do período compreendido pela pesquisa.

A Tabela 2 representa a matriz de dados primários de produção, onde foram detalhadas as quantidades da liga ASTM B319.1 produzidas no período pesquisado, as respectivas quantidades e percentuais de resíduos sólidos gerados. Estimou-se o custo fixo unitário de cada processo produtivo (cup) em R\$3,50. Para o caso do gerenciamento dos resíduos sólidos, três alternativas podem ser consideradas, reciclagem interna, externa ou disposição final. Neste sentido, levantaram-se os custos para disposição final de R\$0,60/kg de escória e reciclagem externa, em R\$0,80/kg de escória, por empresas licenciadas para estes serviços.

Meses	Produção-kg	Resíduos-kg	Resíduos-%
	A	B	C
Jun/06	663,48	77,83	11,73
Jul/06	686,54	72,86	10,61
Ago/06	955,00	140,23	13,18
Set/06	1.524,26	204,34	13,41
Out/06	1.442,46	259,33	17,98
Nov/06	1.920,66	339,61	17,68
Dez/06	436,44	37,22	8,53
Jan/07	662,94	62,68	9,45
Fev/07	551,3	87,78	15,92
Mar/07	510,44	121,9	23,88
Abr/07	400,98	48,9	11,09

Tabela 2 – Dados primários de produção

Com base na Tabela 2, plotando-se os dados da produção (A) com os percentuais de resíduos gerados (C) observa-se, no Gráfico 1, que o aumento da produção tende a elevar o percentual de geração de resíduos sólidos. Uma possível explicação para este comportamento pode estar no tipo e na quantidade de matéria-prima utilizada no processo.

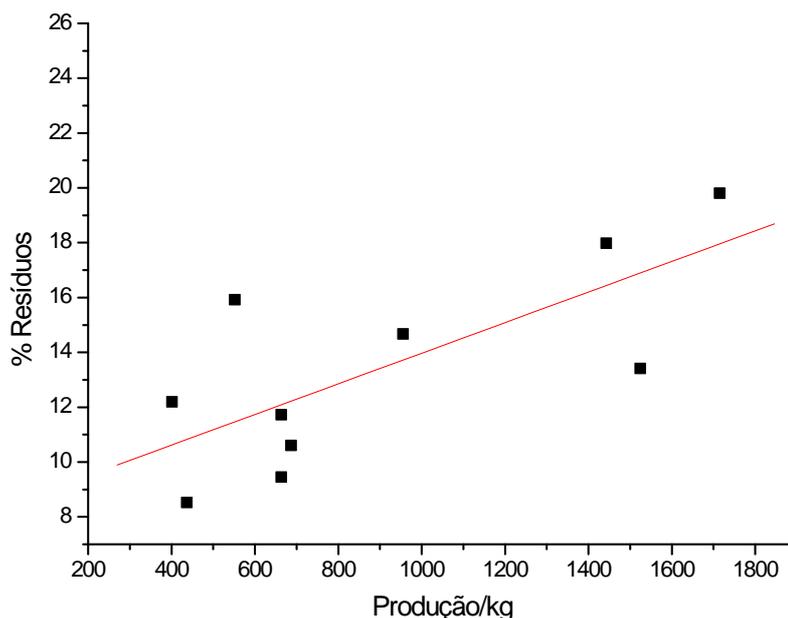


Gráfico 1 – Produção x percentual de resíduos sólidos

Para identificar quais as fontes poderiam influenciar o comportamento expresso no Gráfico 1, foram levantadas as quantidades de matérias-primas adquiridas durante os meses pesquisados, conforme Tabela 3. Estes dados também foram utilizados para as análises financeiras e estatísticas para as análises e discussões seguintes.

Materiais	Custo unitário R\$	Jun/06	Jul/06	Ago/06	Set/06	Out/06	Nov/06	Dez/06	Jan/07	Fev/07	Mar/07	Abr/07
Pistão-kg	3,5	162,68	120,77	212,94	247,75	545,44	134,76	86,9	0	0	0	0
Panela-kg	4,8	245,88	133,95	301,71	59,81	331,7	259,96	14,04	0	9,96	38,7	0
Cabeçote-kg	3,5	362,46	135,44	167,12	29,2	47,02	0	0	0	0	0	0
Laminado-kg	1,0	0	0	0	726,32	299,82	137,84	100,64	437,06	341,08	80,2	233,36
Perfil-kg	5,2	0	15,76	20,86	0	48,94	5,6	0	0	0	0	0
Cabo-kg	3,5	0	4,52	0	19,3	43,08	0	0	5,48	0	13,02	0
Lata-kg	3,5	0	71,11	154,6	148,55	354,48	371,92	22,06	37,16	55,82	150,84	60,58
Refusão-kg	0	0	246,67	157,31	130,66	111,4	157,28	94,98	87,94	13,75	146,28	5,68
Al. Mole-kg	4,2	0	86,84	136,84	32,8	147,88	103,3	40,32	39,68	56,23	48,48	35,28
Al. Duro-kg	3,5	13,94	0	0	0	170,78	862,64	121,52	97,66	157,56	178,82	94,2
Placa-kg	4,2	0	22,82	0	324,8	26,18	65,78	0	22,7	0	0	0
Magnésio-kg	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silício-kg	4,6	1,32	1,05	4,86	55,26	30,92	34,1	2,18	24,18	15,16	6,7	18,76
Cobre-kg	13	14,68	9,83	24,19	54,58	55,2	46,74	11,35	21,05	19,7	14,14	12,24
Fluxo-kg	2,88	3,92	2,92	4,8	7,26	7,6	2,6	0	1,2	0	0	0
Total-kg (D)		804,88	851,68	1185,23	1836,29	2220,44	2182,52	493,99	774,11	669,26	677,18	460,1
Custo Médio-R\$ (Cmp)		4,07	3,77	4,16	2,95	3,70	3,78	3,14	2,27	2,59	3,38	2,57

Tabela 3 – Custo de matéria-prima por mês

A partir deste levantamento, construíram-se gráficos de dispersão a fim de analisar a relação entre o volume de produção (A) e o percentual de cada matéria-prima utilizadas nos meses pesquisados (Tabela 3).

De todas as fontes analisadas, a única que indicou relação direta pelo aumento da produção foram as latas. Este resultado pode ser visto no Gráfico 2. Esta tendência pode ser explicada pela disponibilidade desta matéria-prima no mercado.

Ou seja, havendo a necessidade de elevar a produção repentinamente, o material com as melhores condições de aquisição são as latas.

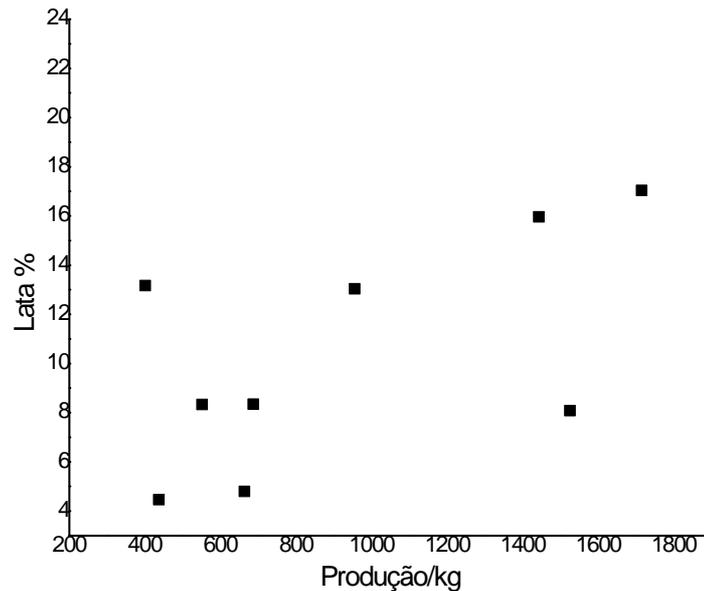


Gráfico 2 – Produção x percentual de latas

A fim de aprofundar o estudo acerca da influência deste material sobre as perdas, foram elaborados gráficos (Apêndice H) relacionando o percentual de resíduo sólido (C) gerado com os percentuais de todas as fontes de alumínio utilizadas durante os meses de pesquisa. Verificou-se que as latas foram as que apresentaram relacionamento estreito com a geração de escória, conforme o Gráfico 3.

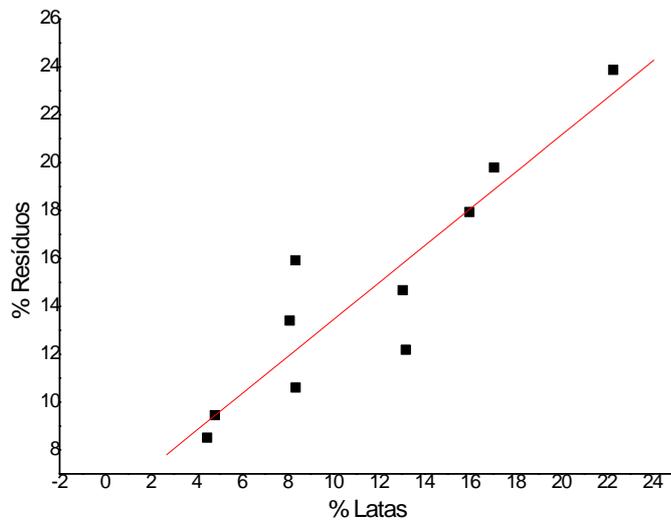


Gráfico 3 – Percentual de latas x percentual de resíduos sólidos

Através do Gráfico 3 observa-se que as latas possuem relação direta com o percentual de resíduos sólidos gerados.

Outra fonte que apresentou influência sobre o percentual de resíduos sólidos gerado é a panela onde para altos teores na carga a relação com as perdas foi inversamente proporcional conforme verifica-se no Gráfico 4.

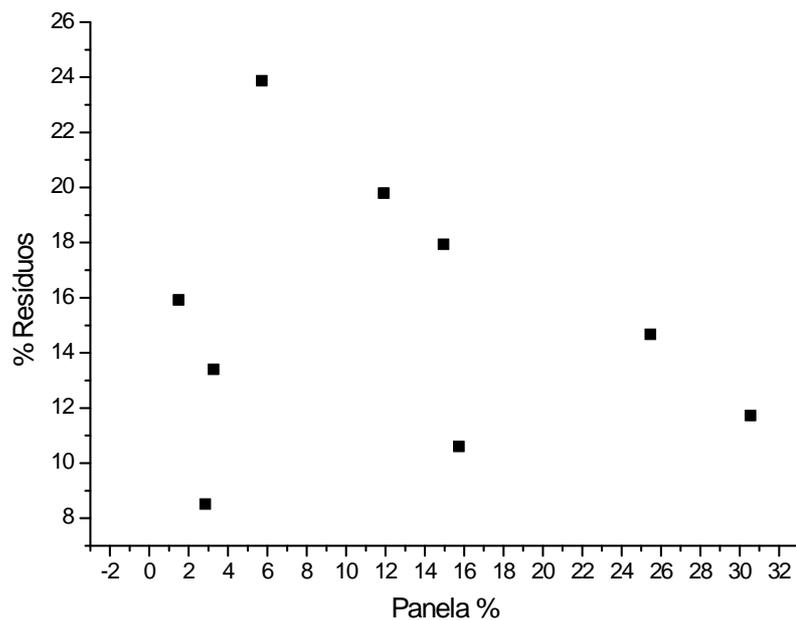


Gráfico 4 – Percentual de painéis x percentual de resíduos sólidos

A partir destas verificações buscou-se uma ferramenta para verificar estatisticamente a influência das matérias-primas na geração de resíduos.

4.3 Análise Estatística

Conforme item 3.7, após a coleta e tabulação dos dados, gerou-se uma matriz, conforme apêndice D. Para aplicar o modelo estatístico houve a necessidade de efetuar uma nova organização destes dados, conforme apêndice G.

A ferramenta estatística utilizada foi o Modelo de Regressão com Variáveis Binárias e o processamento dos dados foi realizado com auxílio do programa computacional *Minitab Statistical Software 15*.

Após o lançamento dos dados o sistema emite um relatório contendo as seguintes informações: “*Response Information*”, que indica as quantidades de corridas onde a geração de resíduos sólidos é superior e inferior à média estabelecida atribuindo valores (*Value*) binários de 0 e 1; “*Logistic Regression Table*”, onde são apresentados os cálculos do teste P e a probabilidade de ocorrência de resíduos sólidos acima da média para cada tipo de matéria-prima utilizada e os testes “*Goodness-of-Fit Tests*” que indicam o ajustamento do modelo aos dados coletados.

A Tabela 4 apresenta os resultados fornecidos pelo sistema para a sessão “*Response Information*”.

Response Information		
Variable	Value	Count
Escória/%	1	183 (Event)
	0	31
	Total	214

Tabela 4 – Fatores da sessão resposta

O modelo identificou 183 corridas cuja geração de resíduos sólidos esteve acima da média estabelecida de 7% e 31 corridas com geração de escória abaixo desta média, representados na Tabela 4 pelos números 1 e 0 respectivamente. Como o maior número de corridas (183) está associado a geração de resíduos

sólidos acima da média o sistema indicou o *Value 1* como o evento a ser considerado para as análises posteriores.

Após a determinação do evento, iniciou-se a análise das fontes de alumínio secundário que diretamente influenciam a geração de resíduos sólidos. Para tanto foi utilizada a sessão “*Logistic Regression Table*”, apresentada na Tabela 5.

Logistic Regression Table								
Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds	95% CI		
					Ratio	Lower	Upper	
Constant	0,333643	0,714091	0,47	0,640				
Pistão/kg	-0,0990596	0,516283	-0,19	0,848	0,91	0,33	2,49	
Panela/kg	1,32461	0,571081	2,32	0,020	3,76	1,23	11,52	
Cabeçote/kg	-0,212415	0,710507	-0,30	0,765	0,81	0,20	3,25	
Perfil/kg	-0,403049	1,25792	-0,32	0,749	0,67	0,06	7,87	
Cabo/kg	1,58849	1,46862	1,08	0,279	4,90	0,28	87,09	
Lata/kg	2,03805	0,503094	4,05	0,000	7,68	2,86	20,58	
Refusão/kg	-1,04597	0,559506	-1,87	0,062	0,35	0,12	1,05	
Placa/kg	0,160147	0,660092	0,24	0,808	1,17	0,32	4,28	
Al. Mole/kg	-0,480053	0,564418	-0,85	0,395	0,62	0,20	1,87	
Al. Duro/kg	-0,745579	0,562624	-1,33	0,185	0,47	0,16	1,43	
Laminado/kg	0,928573	0,553391	1,68	0,093	2,53	0,86	7,49	

Tabela 5 – Sessão de regressão logística

Segundo Penha (2002) os valores calculados em P testa a hipótese de uma variável estar sendo influenciada por outra, ou seja, quando estes valores forem inferior ao nível de significância, determinado pelo pesquisador, aceita-se a hipótese de haver relacionamento entre as variáveis.

Neste estudo, o nível de significância estabelecido foi de 0,05 (5%). Observa-se na Tabela 5, que as fontes de alumínio secundário que obtiveram valores de P inferiores ao nível de significância foram: Panela e Lata, com respectivamente 0,02 e 0,00. Ou seja, pode-se afirmar estatisticamente que as fontes de alumínio secundário que pressionam a geração de resíduos sólidos acima da média de 7% (evento) são as latas e as panelas.

Cabe lembrar que o modelo estatístico utilizado analisa o efeito da presença de determinada fonte de alumínio na geração de resíduos sólidos não considerando as quantidades relativas de cada fonte.

Após determinadas as fontes de alumínio secundário que afetam na geração de escória acima da média, identificou-se a probabilidade de ocorrência para cada uma das duas fontes. Este percentual é fornecido pelo modelo através do cálculo do “*odds ratio*”. Segundo Penha (2002, p. 3), a “*odds ratio*” “permite conhecer quais chances um evento tem para acontecer”.

Observa-se que a adição de painelas eleva em 3,76 vezes as chances de ocorrerem formação de escória acima da média de 7% e a para as latas as chances são de 7,68 vezes.

Para verificar a confiabilidade destes resultados foi analisada a sessão “*Goodness-of-fit-tests*” onde constam os testes Pearson e Hosmer-Lemeshow que testam a hipótese de não haver ajuste do modelo aos dados amostrais, ou seja, se P for inferior ao nível de significância aceita-se a hipótese de não haver um bom ajuste de dados. (PENHA, 2002)

A Tabela 6 apresenta os valores determinados pelo sistema para a sessão “*Goodness-of-Fit Tests*”.

Goodness-of-Fit Tests			
Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	88,8185	79	0,211
Hosmer-Lemeshow	2,9226	8	0,939

Tabela 6 – Teste de verificação da validade do modelo

Os valores calculados de P apresentaram-se acima do nível de significância, desta forma, rejeita-se a hipótese de não haver ajuste do modelo aos dados coletados.

Para a matéria-prima denominada latas, a influência na geração de escória é bastante significativa e confirma os resultados do Gráfico 3.

Este resultado pode estar associado a diversos fatores tais como: composição química, espessura, contaminantes, presença de tintas, forma de carregamento do forno e demais parâmetros da fusão.

A composição química das latas pode ser vista na Tabela 7.

Nome Comercial	ASTM	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Ga	V	Outros	
												cada	total
Lata	5043	0,4	0,7	0,05- 0,35	0,7- 1,2	0,7- 1,3	0,05	0,25	0,1	0,05	0,05	0,05	0,15

Tabela 7 – Limites de composição química - latas

Observa-se que o teor de magnésio é elevado, o que pode favorecer a oxidação das ligas de alumínio e conseqüentemente o volume de resíduos sólidos.

Outra matéria-prima indicada pela análise estatística que apontou uma relação direta com a geração de resíduos sólidos foi a “panela”. No entanto comercialmente este material é identificado como nobre, pois apresenta na sua fabricação, uma composição química com baixos elementos de liga minimizando a oxidação e com isto reduzindo a formação de escória. Os limites de composição química das panelas pode ser visto na Tabela 8.

Nome Comercial	ASTM	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al	Outros	
										cada	total
Panela	1050A	0,2	0,25	0,03	0,03	0,03	0,07	0,03	99,5	0,03	-

Tabela 8 - Limites de composição química - panela

Esta contradição pode ser verificada comparando-se o resultado do modelo estatístico com o Gráfico 4 no qual se verifica uma tendência da redução da escória com percentuais de utilização de panelas acima de 10%, como o esperado. A explicação para isto pode estar no fato do modelo estatístico não levar em consideração o percentual da matéria-prima, mas apenas a sua presença na carga.

Deste modo, sugere-se a utilização controlada das latas e uma elevação do percentual de utilização de panela para níveis acima de 10% a fim de promover elevação na produtividade. No entanto a alteração da composição das cargas deve considerar a disponibilidade e custos de materiais

Observou-se que dos onze materiais pesquisados, somente dois mostraram correlação com a geração de resíduos sólidos. Ou seja, exceto pelas latas e panelas, as outras matérias-primas utilizadas no processo não mostraram correlação

entre as fontes de alumínio secundário e a geração de resíduos acima de uma média, tanto pelo modelo estatístico quanto pelos gráficos de dispersão.

A geração de escória é resultante de uma combinação de fatores como: temperatura, tempo de fusão, composição da liga a ser obtida, procedimento de fundição, tipo de forno, fontes energéticas e composição de carga. Neste trabalho, foi utilizado o fator “composição de carga” devido a sua importância econômica, ambiental, social no ciclo de vida do alumínio e sua forte influência na geração de resíduos sólidos.

A fim de complementar as análises acima e para auxiliar nas tomadas de decisões para o gerenciamento ambiental utilizou-se dos conceitos da PmaisL para avaliar ações através dos dados coletados, analisar as possibilidades técnicas e financeiras de migração para ações mais complexas e sugerir ações de melhoria contínua.

4.4 Análise para o Gerenciamento de Resíduos

Objetivando identificar ações para o gerenciamento dos resíduos sólidos, foram utilizados os dados das Tabela 2 e Tabela 3 para o desenvolvimento da Tabela 9 e Tabela 10. Para a Tabela 9 calculou-se a eficiência das matérias-primas através da Equação 6.

$$E = (A / F) * 100$$

Equação 6 – Fórmula para cálculo da eficiência das matérias-primas

Onde;

E – Eficiência das matérias-primas (Tabela 9)

A – Produção-kg (Tabela 2)

D – Total das matérias-primas-kg (Tabela 3)

Meses	Eficiência MP %
	$E=(A/D) * 100$
jun/06	82,43
jul/06	80,61
ago/06	89,75
set/06	83,01
out/06	64,96
nov/06	88,00
dez/06	88,35
jan/07	85,64
fev/07	82,37
mar/07	75,38
abr/07	87,15

Tabela 9 - Eficiência das matérias-primas – dados levantados

Na Tabela 9 avaliou-se os aspectos econômicos do processo considerando as matérias-primas, reciclagem externa, o custo de processamento e custo total de produção.

	Custo Total de MP-R\$	Ganho com a reciclagem externa-R\$	Custo de Processamento-R\$	Custo total de Produção-R\$
	$F=D * Cmp$	$G=B * 0,80$	$Cp=Cup+Cmp$	$H=A * Cp - G$
jun/06	3275,86	62,26	7,57	4960,28
jul/06	3210,83	58,29	7,27	4932,86
ago/06	4930,56	112,18	7,66	7203,12
set/06	5417,06	163,47	6,45	9668,01
out/06	8215,63	207,46	7,2	10178,25
nov/06	8249,93	271,69	7,28	12210,16
dez/06	1551,13	29,78	6,64	2868,18
jan/07	1757,23	50,14	5,77	3775,02
fev/07	1733,38	70,22	6,09	3287,2
mar/07	2288,87	97,52	6,88	3414,31
abr/07	1182,46	39,12	6,07	2394,83

Tabela 10 - Avaliação econômica – dados levantados

Para se determinar o custo total investido pela empresa para aquisição das matérias-primas (F) nos meses pesquisados, multiplicou-se o volume total das matérias-primas compradas (D) pelo seu respectivo custo médio (Cmp). O ganho obtido pela empresa com a comercialização dos resíduos para reciclagem externa (G) foi calculado através da multiplicação da quantidade total de resíduos sólidos gerados pela empresa (B) pelo seu respectivo valor de venda (R\$0,80/kg).

No custo de processamento (C_p) estão inclusos os custos médios das matérias-primas mais o custo unitário de processo (C_{up}). Desta forma, o custo total de produção (H) é resultado da multiplicação do volume de produção (A) pelo custo de processamento menos o ganho obtido com a reciclagem externa.

Analisando os resultados obtidos através dos conceitos levantados no item 2.4 verifica-se que as ações tomadas pela empresa para gerir seus resíduos sólidos estão direcionados à reciclagem externa, para a PmaisL a empresa está classificada como pertencente ao nível 3, ou seja, a totalidade das escórias geradas são comercializadas, sem processamento, para empresa licenciada.

A partir desta verificação, novas análises foram desenvolvidas objetivando identificar a viabilidade técnica e econômica para a migração do sistema de gestão dos resíduos sólidos empregados para níveis mais complexos e desta forma obter elevação de produção e rentabilidade.

Avaliou-se a migração do nível 3 para o nível 2. Neste, as ações para o gerenciamento dos resíduos sólidos envolve maior planejamento, organização e controle, onde as emissões são recicladas ou reutilizadas dentro da própria empresa.

Para esta análise, inicialmente houve a necessidade de avaliar tecnicamente o resíduo produzido. No sentido da reutilização e empregando as mesmas técnicas de produção de ligas, realizou-se um ensaio de fusão das escórias obtendo-se um percentual de 65% do peso da mesma em alumínio metálico.

Este percentual foi utilizado como indicador para calcular o potencial de reciclagem interna e eficiência das matérias-primas conforme Tabela 11.

Meses	Reciclagem interna-kg	Eficiência MP-%
	I=B*0,65	J=((A+I)/D)*100
jun/06	50,59	88,72
jul/06	47,36	86,17
ago/06	91,15	88,27
set/06	132,82	90,24
out/06	168,56	72,55
nov/06	220,75	88,67
dez/06	24,19	93,25
jan/07	40,74	90,9
fev/07	57,06	90,9
mar/07	79,24	87,08
abr/07	31,79	94,06

Tabela 11 - Eficiência das matérias-primas – nível 2

Através da Tabela 11 verifica-se que há possibilidades técnicas para a empresa realizar com a reciclagem interna dos resíduos sólidos uma elevação da média de eficiência das matérias-primas em aproximadamente 6,58%.

Porém, o material oriundo da recuperação da escória não é um produto final, mas sim uma matéria-prima que poderá ser reintroduzida no processo. Desta forma, os custos de processamento da *enésima* corrida produtiva (C_p) podem ser calculados pela soma de dois componentes: custo do processamento da sucata (C_{ps}) e o custo do alumínio recuperado ($Calr$) da escória da corrida anterior. Conforme Equação 7.

$$C_p = C_{ps} + Calr$$

Equação 7 – Custo de Processamento

Onde:

$$C_{ps} = [(C_f - Palr_n)R(C_{mp} + C_{up})]$$

$$Calr = [(Palr_n)(3C_{up} + C_{mp})]$$

sendo:

$$Palr_n = C_f\Psi(1 - \Psi)$$

$$\Psi = (1 - R)R_c$$

C_p = custo de processamento

C_f = capacidade do forno

R = rendimento do processo

R_c = reciclabilidade

C_{mp} = custo das matérias-primas-kg

C_{up} = custo unitário de processo-kg

Desenvolvendo a Equação 7 obtém-se a Equação 8

$$\frac{C_p}{C_f} = a\Psi^2 - a\Psi + b$$

Equação 8 – Relação entre o custo de processamento e a capacidade do forno de fundição

Sendo:

$$a = [(R - 1)C_{mp} + (R - 3)C_{up}]$$

$$b = R(C_{mp} + C_{up})$$

Para o desenvolvimento da Equação 7 e Equação 8 considerou-se máximo o rendimento de fusão dos lingotes secundários, pois seu percentual de perda é insignificante em relação às sucatas. Estudos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT objetivando avaliar o índice de produção a partir de lingotes, com uso de forno à plasma, obtiveram um percentual de 97,5% de rendimento. (BRENDER e CRUZ, 2005).

Desta forma, a adição de lingotes secundários na composição da carga influencia diretamente nos custos de produção e na elevação da produtividade com redução da geração de escórias.

A influência da adição de lingotes secundários nos custos de produção está indicada no Gráfico 5 onde constam os custos de processamento (C_p) dos níveis 3 e 2. Onde no nível 3 a escória gerada é integralmente comercialização, por R\$0,80/kg

para a reciclagem externa e no nível 2 é reprocessada internamente, com índice de reciclabilidade de 0,65 e compõe a carga como matéria-prima de alto rendimento.

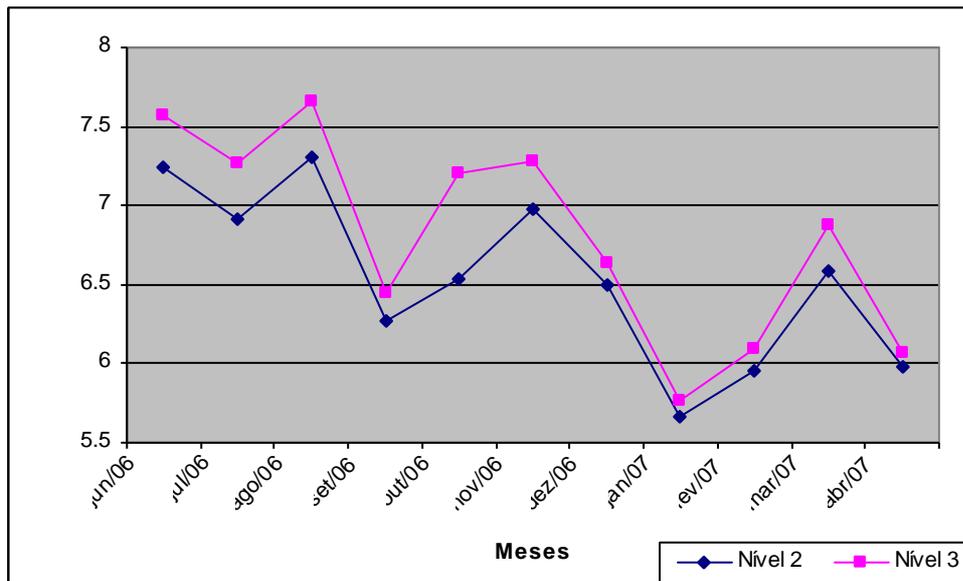


Gráfico 5 – Custo de processamento (Cp) – nível 3 x nível 2

Ou seja, simulando que nos meses pesquisados a empresa reciclasse internamente seus resíduos sólidos e os adicionasse a composição de carga como lingote secundário, os custos de processo seriam, em todos os meses, mais reduzidos se comparados ao nível 3.

A partir destes percentuais realizou-se a avaliação econômica dos custos de produção neste nível, conforme Tabela 12.

	Custo de Processamento (Cp)-kg	Subproduto reciclagem interna-kg	Custo total transporte e disposição-R\$	Custo total de Produção-R\$
	K	L=B*0,35	M=L*0,60	N=((A+I)*K)+M
Jun/06	7,24	27,24	16,34	5186,21
Jul/06	6,91	25,5	15,3	5086,55
ago/06	7,31	49,08	29,45	7676,8
set/06	6,27	71,52	42,91	10432,8
out/06	6,53	90,77	54,46	10574,42
nov/06	6,98	118,86	71,32	13579,64
dez/06	6,5	13,03	7,82	3001,91
Jan/07	5,66	21,94	13,16	3995,99
Fev/07	5,95	30,72	18,43	3638,18
mar/07	6,59	42,67	25,6	3911,59
abr/07	5,98	17,12	10,27	2598,23

Tabela 12 - Avaliação econômica – nível 2

Quanto ao subproduto gerado da reciclagem interna (L), apresenta baixo valor agregado, pois o volume de alumínio contido foi retirado a partir da reciclagem interna, devendo ser destinado às empresas licenciadas para sua disposição final.

Para se determinar o custo total empregado pela empresa no nível 2 foram somadas a produção e o material oriunda da reciclagem interna, multiplicados pelo custo de processamento (Cp), calculado através da Equação 8 proposta, somado com o custo de transporte e disposição de resíduos.

Uma comparação dos custos de processamento entre os níveis 3 e 2, pode ser vista na Tabela 13.

	Custo de Processamento-kg	Custo de Processamento-kg	Redução (%)
	Nível 3	Nível 2	
jun/06	7,57	7,24	4,36
jul/06	7,27	6,91	4,95
ago/06	7,66	7,31	4,57
set/06	6,45	6,27	2,79
out/06	7,20	6,53	9,31
nov/06	7,28	6,98	4,12
dez/06	6,64	6,50	2,11
jan/07	5,77	5,66	1,91
fev/07	6,09	5,95	2,30
mar/07	6,88	6,59	4,22
abr/07	6,07	5,98	1,48

Tabela 13 – Comparativo do custo total de produção – níveis 3 e 2

A migração do nível 3 para o nível 2 representa uma redução dos custos médios de processamento em 3,83%. Conforme demonstrado através da Tabela 11, esta migração traduz uma elevação da eficiência das matérias-primas em 6,58%, desta forma, há viabilidade financeira para migração do nível 3 para o nível 2.

Observa-se que a migração do nível 3 para o nível 2 representa apenas a alteração em uma parte do processo, ou seja, reintroduzindo o alumínio reciclado da escória no processo. No entanto, tipo e custo de matérias-primas, custo unitário de processo, rendimento de processo, reciclabilidade, tempo de fundição, consumo energético, armazenagem, procedimentos de fusão, são algumas variáveis determinantes no custo global de processamento, cabendo ações sistêmicas de melhorias contínuas.

A PmaisL, em seu nível 1 de atuação, indica ações de boas práticas, substituição de matérias-primas, alteração no projeto dos produtos e modificações tecnológicas nos processos, objetivando o aperfeiçoamento contínuo dos processos.

Como resultados obtidos com a aplicação dos instrumentos de coleta de dados, foram observados alguns itens de potenciais de melhorias para o setor de fundição de alumínio secundário.

Uma das ações de melhoria contínua que impactaria diretamente no desempenho organizacional seria a implantação de um sistema gerencial priorizando a política de aquisição, separação e tratamento das fontes de alumínio secundário

utilizadas como matérias-primas, pois neste segmento estão concentradas as principais variáveis que influenciam na geração de resíduos sólidos.

Para auxiliar as empresas no gerenciamento de suas matérias-primas, o desenvolvimento de padrões de aquisição obrigaria nos fornecedores a agregar valor ao seu negócio através do fornecimento de matéria-prima em qualidade e quantidade.

Criar um procedimento de fusão com base nas matérias-primas disponíveis impactando diretamente nos rendimentos do processo, pois o tempo de fundição é uma das variáveis que afetam a geração de resíduos de fundição, desta forma, a formulação de um procedimento embasado em conhecimentos técnicos reduziria significativamente o tempo total de fusão.

Conforme evidenciado nesta pesquisa, um dos fatores que afetam a geração de resíduos sólidos de fundição é a presença de componentes nos tratamentos de superfície e pintura dos materiais o que elevam os níveis de oxidação do alumínio. Desta forma, estabelecer protocolos de intenção junto as empresa daquele segmento visando eliminação ou substituição daqueles componentes impactaria diretamente na qualidade de alguns tipos de matérias-primas.

Através desta pesquisa verificou-se que os investimentos do setor de reciclados em tecnologias para elevar o rendimento de materiais secundários com alta contaminação e conjugados são incipientes. Desta forma, sugere-se a reversão deste cenário objetivando maximizar o grau de reciclabilidade dos materiais e consequentemente elevar o rendimentos dos processos.

Além de ações técnicas o estabelecimento de metas voluntárias de desenvolvimento sustentável também impactaria diretamente no desempenho da organização, em relação aos seus ativos intangíveis tais como: credibilidade, imagem, reputação e competência.

4.5 Comentários Finais

Para o desenvolvimento desta pesquisa houve a necessidade de investigar o setor de fundição de alumínio secundário sob vários aspectos. O conhecimento

adquirido a partir desta investigação possibilitou verificar que este setor industrial é promissor devido principalmente ao seu caráter ambiental, embora incipiente em questões práticas, como: legislação tributária específica para o setor, políticas e investimentos governamentais para incentivo à reciclagem, parceria governo/empresários para aprimoramento do setor, parceria empresários/fornecedores para o desenvolvimento de matérias-primas com a qualidade e quantidade necessárias para um bom rendimento de processo.

O setor de fundição de alumínio secundário coloca-se entre duas realidades comerciais. De um lado as vendas, onde seus produtos concorrem diretamente com materiais primários oriundos de grandes grupos empresariais determinantes da lógica do mercado. E de outro, o fornecimento de matérias-primas, que está centralizado em um grande número de empresas com baixo nível gerencial.

Esta divergência de realidades também foi verificada na empresa pesquisada, onde identificou-se grandes dificuldades de gerenciamento de custos de processo devido à disponibilidade das matérias-primas. São necessários grandes esforços na formulação de cargas para alcançar a composição química normatizada com os menores custos. Outro problema causado pela disponibilidade das matérias-primas refere-se aos investimentos empresariais, pois devido ao descontrole do valor que será destinado por período para aquisição de matérias-primas, o planejamento de investimentos fica comprometido.

Verificou-se que, apesar dos materiais serem adquiridos por tipo, estes eram entregues em lotes fechados, misturados os diversos tipos de fontes, ocorrendo, em muitos casos, contaminação entre eles, o que se despendia muito tempo no processo de seleção, pois se trata de um processo rigorosamente executado, o que onera e não exclui a possibilidade de perdas de processo.

5 CONCLUSÃO

No desenvolvimento desta pesquisa foram analisadas 11 fontes de alumínio secundário utilizadas como matérias-primas em 214 corridas produtivas.

Na pesquisa, verificou-se que apenas as fontes de alumínio denominadas latas e painelas possuem influência na geração de resíduos sólidos. Para o universo de dados coletados as outras fontes de alumínio pesquisadas não apresentaram a mesma correlação.

Para a fonte denominada latas, o relacionamento positivo com as perdas de processo foi detectado tanto nos gráficos de dispersão quanto no modelo estatístico de Regressão com Variáveis Binárias. Os gráficos apresentaram correlação direta entre a utilização das latas e a elevação das perdas de processo e o modelo estatístico apontou que a probabilidade desta ocorrência é de 7,68.

Para as painelas, o modelo estatístico apontou correlação positiva com as perdas de processo, porém, a análise dos gráficos de dispersão indicou uma tendência de retração na geração de escória com a adição de painelas em níveis superiores a 10%. Esta divergência encontrada nas painelas pode ser explicada, pois o modelo estatístico considera somente a presença desta fonte de alumínio no processo e não sua proporção.

Na implementação de ações a fim de minimizar a geração de resíduos sólidos, sugere-se a utilização controlada de latas e a adição de painelas em níveis superiores a 10%.

Os tipos de matérias-primas utilizadas no processo são apenas um de uma combinação de fatores que influenciam na geração de resíduos sólidos. Desta forma, objetivando complementar as análises acima e auxiliar nas tomadas de decisões para o gerenciamento ambiental utilizou-se os conceitos da PmaisL para avaliar ações através dos dados coletados, analisar as possibilidades técnicas e financeiras de migração para ações mais complexas e sugerir ações de melhoria contínua.

Inicialmente levantaram-se os dados primários de produção, onde verificou-se que o percentual médio de escórias geradas foi de 14,38%, o custo de transporte e

disposição final dos resíduos foi determinado através de cotação com empresas licenciadas à R\$ 0,60/kg e o preço de venda dos resíduos é de R\$0,80/kg.

Partindo destes dados verificou-se que atualmente a empresa atua no nível 3 de PmaisL onde a totalidade dos resíduos sólidos gerados é comercializada para empresa licenciada para reciclagem externa. No período pesquisado, o nível médio de eficiência das matérias-primas foi de 81,68% e o custo médio de processamento foi de R\$ 6,81/kg.

A partir desta análise avaliaram-se as possibilidades técnicas e financeiras para a empresa migrar para ações mais complexas de gerenciamento ambiental, o nível 2 de PmaisL.

Na avaliação técnica realizada concluiu-se que há possibilidades para migração com ganhos de produtividade na ordem de 6,58%, através da recuperação de 65% do alumínio metálico contido nas escórias, sem grandes alterações tecnológicas.

Mostrou-se que há possibilidade financeira de migração para o nível 2. Para isto, foi calculado o custo de processamento através de uma expressão que apontou uma redução de 3,83% em relação ao nível 3.

Do levantamento realizado sugeriram-se ações políticas, tecnológicas e gerenciais de melhorias contínuas para elevar o índice de reciclagem de alumínio para níveis superiores aos atuais 37%.

Os passos utilizados nesta pesquisa de: coleta, organização e tratamento dos dados, avaliação qualitativa através de modelagem estatística (Modelo de Regressão com Variáveis Binárias), avaliação quantitativa (Gráficos de Dispersão), avaliação da eficiência das matérias-primas e determinação dos custos unitários de processamento; validam uma metodologia a ser utilizada em setores com características semelhantes ao pesquisado.

6 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A elaboração desta pesquisa abrirá caminho para de novas pesquisas tanto nas áreas de gestão ambiental através da PmaisL, quanto na utilização de modelos estatísticos para o aprimoramento de processos produtivos.

Uma das dificuldades encontradas pelas empresas de fundição de alumínio secundário atualmente está na disponibilidade das matérias-primas, desta forma, sugerem-se pesquisas que aponte a viabilidade financeira de estocagem de materiais em períodos de grandes ofertas a fim de fugir das oscilações drásticas de sazonalidade.

Outras pesquisas neste sentido poderiam indicar a forma estruturalmente mais correta para as empresas do ramo de fundição de alumínio secundário desenvolver seus próprios fornecedores e desta forma garantir matérias-primas com preço, qualidade e quantidade contratadas.

REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. **Metais pesados**. Disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=./residuos/artigos/metais.html>>. Acesso: 11 de Setembro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos – classificações**. NBR 10004 segunda edição. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ligas de alumínio em lingotes para fundição**. NBR 13180 – Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (a). **Alumínio para Futuras Gerações: o alumínio nos transportes**, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (b). **Aplicação: automotivo e transportes**. Disponível em <<http://www.abal.org.br/aplicacoes/autotrans.asp>>. Acesso em 11 de Setembro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (c). **Aplicações: bens de consumo**. Disponível em <<http://www.abal.org.br/aplicacoes/bens.asp>>. Acesso: 11 de Setembro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (d). **Aplicações: construção civil**. Disponível em <<http://www.abal.org.br/aplicacoes/ccivil.asp>>. Acesso: 11 de Setembro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (e). **Aplicações: Embalagens**. Disponível em <<http://www.abal.org.br/aplicacoes/embalagens.asp>>. Acesso: 11 de Setembro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (f). **Aplicações: outros setores**. Disponível em <<http://www.abal.org.br/aplicacoes/outros.asp>>. Acesso: 11 de Setembro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (g). **Guia Técnico do Alumínio: geração e tratamento de escória**: vol. 11 – São Paulo, 2007. 80p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (h). **Reciclagem: no Brasil**. Disponível em: < <http://www.abal.org.br/reciclagem/brasil.asp>>. Acesso em: 08 de Outubro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (i). **Relatório de Sustentabilidade da Indústria do Alumínio**. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (j). **Tabela de classificação de sucatas de alumínio**. 2º ed. São Paulo: Abal, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (l). Aluauto – Boletim Eletrônico do Centro de Informações Automotivo e de Transportes da ABAL. Número 12. **Mundo Automotivo**. Disponível em <http://www.abal.org.br/aluauto/ed12/mundoautomotivo2.asp>. Acesso em 16 de Janeiro de 2007.

BENDER, O. W. CRUZ, A. C. da. **Reciclagem do alumínio pelo uso de forno plasma: forno piloto IPT**. II Congresso Internacional do Alumínio, São Paulo, SP Brasil. Anais, Agosto, 2005.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira**. Campinas, 1993. 129p.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS SENAI-RS/UNIDO/INEP. **Implementação de programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre, 2003. 42p.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – **Guia da produção mais limpa: faça você mesmo**. 2002.

CRUZ, A. C. **Plasma torna a reciclagem de alumínio mais barata**. Agência Estado, 2004.

DIAZ, C. A. P. PIRES, S. R. I. **Produção mais limpa: integrando meio ambiente e produtividade**. RACRE – Rev. Adm. CREUPI, Espírito Santo do Pinhal – SP, v. 05, n. 09, jan/dez. 2005.

DINIZ, A, G, F. **Previsão de esgotamento das reservas naturais de bauxita devido a extração indiscriminada deste minério**. III Congresso Internacional do Alumínio, São Paulo, SP Brasil. Anais, Maio, 2007.

DRUCKER WORLDWIDE. **Aluminum Content for Light Non Commercial Vehicles to be Assembled in North America, Japan and the European Union in 2006**, Ducker Worldwide, 2005.

ELIAS, S. J. B. e GUIMARÃES, L. C. **Contribuição da produção enxuta para a obtenção da produção mais limpa**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Outro Preto, MG, Brasil. Anais, ABEPRO, outubro , 2003.

GÓMEZ, A., DE LIMA, N. B., TENÓRIO, J. S. **Comparação entre o método do padrão interno e o método de Rietveld para análise do teor de alumínio em uma drossa branca de alumínio**. Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalúrgica e Materiais, p. 2649. Belo Horizonte: 2005.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HILL, R. C. **Econometria**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

JOHN, V. M. **Cimento de escória ativada com silicatos de sódio**. 1995. 199p. Doutorado em Engenharia de Construção Civil – Universidade de São Paulo.

LE MOS, A. D. da C. **A Produção mais Limpa como geradora de inovação e competitividade: o caso da fazenda Cerro do Tigre**. 1998. 182p. Mestrado em Administração – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MALE, A.; ANTRELOWITSCH, H. & KRALY, A. **A Influência do Cálcio na Fusão de Alumínio Secundário**. Fundação e Serviços. São Paulo, Ago. 2005, p. 26-53.

MARINHO, M. e KIPERSTOK A. **Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional**. Bahia Análise & Dados. v.10, n.4, p.271-279, março 2001, Salvador – Ba.

MENEZES, E. M. e SILVA, E. L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3.Ed. rev. Atual. – Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

PENA, A. S. **Uso de escória na agricultura**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Disponível em <w.sbrt.ibict.br/upload/sbrt4786.pdf>. Acesso em 10 de Setembro de 2007.

PENHA, R. N. **Um Estudo sobre Regressão Logística Binária**. Universidade Federal de Itajubá – Engenharia de Produção – Trabalho de Formatura 2002.

PINDYCK, R. S. & RUBINFELD, D. L. **Econometria**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

TAKAHASHI, E. A. N. **Utilização da escória de alumínio na fabricação de argila expandida**. 2006. Mestrado em Engenharia de Materiais – Universidade de São Paulo.

APÊNDICE A – ENTREVISTA

Roteiro para entrevista – Data 01/09/2006

Nome completo: Fernando de Rocco

Cargo: Gerente Administrativo

Razão Social: Suprametal Indústria e Comércio de Artefatos de Alumínio Ltda

Endereço completo: Avenida Monteiro Lobato Km 04 s/n, CEP 84016-210 – Ponta Grossa - Pr

CNPJ: 07.383574/0001-35

Fundação: 02 de maio de 2005

Ramos de Atividade: metal mecânico especificamente na fundição de ligas não ferrosas

Missão e filosofia da empresa: “A missão da Suprametal é fornecer ligas de alumínio, a partir da reciclagem de materiais pós-consumo e pós-venda, buscando tecnologias limpas em seus processos produtivos para obtenção de produtos com qualidade e preços competitivos, atuando com responsabilidade ambiental e social”.

Com uma filosofia de trabalho voltada à responsabilidade social e ambiental, a empresa busca constantemente a aplicação de técnicas e tecnologias limpas em seu processo produtivo, garantindo qualidade e preços competitivos a seus produtos.

Tipo de forno utilizado: forno elétrico a indução

Equipamento utilizado para testes: espectrômetro de emissão óptica (GNR Metal Lab 75/80J)

Média de produtividade semanal: aproximadamente quatro toneladas/mês de lingotes de alumínio. Para cada corrida produtiva, o forno é abastecido com aproximadamente 50kg de material reciclável, ocorrendo aproximadamente 12% de perdas durante o processo, ao final de cada corrida há a produção de 43kg de alumínio em lingotes de 8kg.

Destinação para perdas: Sucatec em Curitiba, licenciada para esta atividade – destino desconhecido.

Descrição do processo produtivo: Para se alcançar a composição de materiais que alimentará o forno de fundição e resultará nas ligas ASTM B319.1, a empresa utiliza uma planilha do Microsoft Excel de “cálculo de carga” que consta o percentual dos elementos químicos: Alumínio (Al), Silício (Si), Ferro (Fe), Cobre (Cu), Magnésio (Mg), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Titânio (Ti), Vanádio (V), Chumbo (Pb), Estanho (Sn), Cálcio (Ca), Cádmiio (Cd), Cobalto (Co), Estrôncio (Sr), Fósforo (P) e Sódio (Na).

Este percentual é obtido através de análises químicas realizadas nas fontes de alumínio secundário utilizadas pela empresa, que são elas: pistão, panela, cabeçote, laminado, perfil, cabo, lata, material de refusão, alumínio mole, alumínio duro e placa.

Após a identificação destes percentuais, determina-se a quantidade, em kgs a ser utilizada de cada fonte de alumínio, automaticamente a planilha efetua o somatório dos elementos químicos que estarão presentes nesta composição e traça um paralelo com a exigência da norma para se obter a liga pretendida e também automaticamente a planilha informa a deficiência ou suficiência dos elementos químicos.

Esta planilha também é utilizada para correção de ligas durante do processo de fundição no momento da análise, o equipamento de análise mostra o percentual de cada elemento químico presente em uma amostra, neste momento o chefe de produção lança estes percentuais analisados no campo “liga 01 a corrigir espectro” e automaticamente a planilha aponta se há necessidade de correção da liga.

Caso haja necessidade de correção, identifica-se qual a fonte de alumínio que contenha o elemento químico faltante e a adiciona ao banho, após sua completa fundição é feito novo procedimento de análise, adicionando o resultado no campo “liga 02 a corrigir espectro”, novamente a planilha calcula se há necessidade de nova correção. Caso não haja necessidade de nova correção, o metal líquido está pronto para o vazamento.

APÊNDICE B – PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CARGA

SUCATAS-LIGA	%	KG	COMPOSIÇÃO RESULTANTE (%)																		
			Al	Si	Fe	Cu	Mg	Zn	Mn	Ni	Cr	Ti	V	Pb	Sn	Ca	Cd	Co	Sr	P	Na
LIGA A CORRIGIR 01		0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
LIGA A CORRIGIR 02		0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Perfil		0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Alumínio mole		0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Lata	10,00%	5,50	9,76%	0,01%	0,05%	0,01%	0,09%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pistão	35,00%	19,25	29,75%	4,04%	0,15%	0,33%	0,35%	0,02%	0,03%	0,29%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Panela	25,00%	13,75	24,92%	0,02%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Cabeçote	30,00%	16,50	25,98%	1,94%	0,21%	1,19%	0,03%	0,42%	0,08%	0,03%	0,01%	0,03%	0,03%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
Alumínio duro		0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Cabo		0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Placa		0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Laminado		0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Score	100,00%	55,00	90,41%	6,01%	0,44%	1,54%	0,48%	0,45%	0,19%	0,32%	0,02%	0,05%	0,03%	0,05%	0,00%	0,02%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%

RESUL	90,41%	6,00%	0,44%	1,53%	0,47%	0,45%	0,18%	0,31%	0,01%	0,04%	0,03%	0,04%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Al	Si	Fe	Cu	Mg	Zn	Mn	Ni	Cr	Ti	V	Pb	Sn	Ca	Cd	Co	Sr	P	Na
Al	90,41%																		
Si		-0,30%																	
Fe			0,00%																
Cu				1,66%															
Mg					0,00%														
Zn						0,00%													
Mn							0,00%												
Ni								0,00%											
Cr									0,00%										
Ti										0,00%									
V											0,00%								
Pb												0,00%							
Sn													0,00%						
Ca														0,00%					
Cd															0,00%				
Co																0,00%			
Sr																	0,00%		
P																		0,00%	
Na																			0,00%
Total		5,70%	0,44%	3,20%	0,47%	0,45%	0,18%	0,31%	0,01%	0,04%	0,03%	0,04%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Min.		5,50%		3,00%	0,10%														
Max.		6,50%	1,00%	4,00%	0,50%	1,00%	0,80%	0,50%	0,05%	0,25%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%

APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS

		Controle de Processo						
Data	Nº Corrida	1	2	3	4	5	6	7
Controle do consumo energético								
Liga produzida								
Ligamento da Bomba								
Desligamento da Bomba								
Ligamento do forno								
Desligamento do forno								
Início do carregamento								
Término do carregamento								
Hora de vazamento								
Tempo para análise								
Tempo de fusão								
Temperatura de vazamento °C								
Fontes de alumínio secundário								
Pistão-kg								
Panela-kg								
Cabeçote-kg								
Laminado-kg								
Perfil-kg								
Cabo-kg								
Lata-kg								
Material de Refusão-kg								
Alumínio mole-kg								
Alumínio duro-kg								
Placa-kg								
Materiais auxiliares								
Magnésio-kg								
Silício-kg								
Cobre-kg								
Fluxo-kg								

Produtividade							
Peso do lote-kg							
Peso da escória total-kg							
Outras perdas-kg							
% Perda							
%Produtividade							
Obs:							

Tabela 14 - Formulário de coleta de dados

APÊNDICE D – MODELO DE PLANILHA PARA TABULAÇÃO DOS DADOS

nº. Corrida	Escória-%	Pistão-kg	Panela-kg	Cabeçote-kg	Perfil-kg	Cabo-kg	Lata-kg	Refusão-kg	Placa-kg	Al. Mole-kg	Al. Duro-kg	Laminado-kg
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
...												
214												

Tabela 15 – Modelo de planilha para tabulação dos dados

APÊNDICE E – MODELO DE MATRIZES PARA AVALIAÇÃO DA PMAISL

Meses	Produção-kg	Resíduos-kg	Resíduos-%
	A	B	C
jun/06			
jul/06			
ago/06			
set/06			
out/06			
nov/06			
dez/06			
jan/07			
fev/07			
mar/07			
abr/07			

Tabela 16 – Modelo dados primários de produção

	Custo unitário (R\$)	Jun/06	Jul/06	Ago/06	Set/06	Out/06	Nov/06	Dez/06	Jan/07	Fev/07	Mar/07	Abr/07
Materiais												
Pistão												
Panela												
Cabeçote												
Laminado												
Perfil												
Cabo												
Lata												
Refusão												
Al. Mole												
Al. Duro												
Placa												
Magnésio												
Silício												
Cobre												
Fluxo												
Total/kg (D)												
Custo Médio (Cmp)												

Tabela 17 – Modelo Custo de matéria-prima por mês

Meses	Eficiência MP %
	$E=(A/D)* 100$
Jun/06	
Jul/06	
Ago/06	
Set/06	
Out/06	
Nov/06	
Dez/06	
Jan/07	
Fev/07	
Mar/07	
Abr/07	

Tabela 18 – Modelo eficiência das matérias-primas – dados levantados

	Custo Total de MP-R\$	Ganho com a reciclagem externa-R\$	Custo de Processamento-R\$	Custo total de Produção-R\$
	$F=D*Cmp$	$G=B*0,80$	$Cp=Cup+Cmp$	$H=A*Cp-G$
jun/06				
jul/06				
ago/06				
set/06				
out/06				
nov/06				
dez/06				
jan/07				
fev/07				
mar/07				
abr/07				

Tabela 19 – Modelo avaliação econômica – dados levantados

Meses	Reciclagem interna-kg	Eficiência MP-%
	I=B*0,65	J=((A+I)/D)*100
Jun/06		
Jul/06		
ago/06		
set/06		
out/06		
nov/06		
dez/06		
Jan/07		
Fev/07		
mar/07		
Abr/07		

Tabela 20 – Modelo eficiências das matérias-primas – nível 2

	Custo de Processamento (Cp)-kg	Subproduto reciclagem interna-kg	Custo total transporte e disposição-R\$	Custo total de Produção-R\$
	K	L=B*0,35	M=L*0,60	N=((A+I)*K)+M
Jun/06				
Jul/06				
ago/06				
set/06				
out/06				
nov/06				
dez/06				
Jan/07				
Fev/07				
mar/07				
Abr/07				

Tabela 21 – Modelo avaliação econômica – nível 2

	Custo de Processamento- kg	Custo de Processamento- kg	Redução (%)
	Nível 3	Nível 2	
jun/06			
jul/06			
ago/06			
set/06			
out/06			
nov/06			
dez/06			
jan/07			
fev/07			
mar/07			
abr/07			

Tabela 22 – Modelo comparativo do custo total de produção – níveis 3 e 2

APÊNDICE F – TABULAÇÃO DOS DADOS

nº. Corrida	Escória-%	Pistão-kg	Panela-kg	Cabeçote-kg	Perfil-kg	Cabo-kg	Lata-kg	Refusão-kg	Placa-kg	Al. Mole-kg	Al. Duro-kg	Laminado-kg
1	8,14	8,6	10,6	25,76								
2	9,85	8,5	9,75	25,4								
3	7,70	8,64	9,75	26,28								
4	7,34	8,64	9,76	26,58								
5	8,57	8,56	9,8	27,14								
6	8,66	8,6	9,6	26,28								
7	9,23	8,42	9,56	26,44								
8	8,47	8,64	9,48	26,76								
9	8,42	8,3	9,56	26,34								
11	11,11	18	27									
14	5,79	9,04	15,54	27,92								
15	8,87	9	13,5	23,5								
16	8,26	9	13,5	23,5								
17	13,23	4,56	17,98	22,5								
18	10,81	9,04	22	13,38								
19	26,08	9,14	21,5	15,68								
20	10,49	9,24	9,02	13,02								
21	8,93	25,68	8					25,68				
22	1,13							46,15				
23	3,95		4,58					41				
24	6,68	9	15,5					14,8		10,1		
25	14,13	4,5	9		9					22,5		
26	6,13	4,56		17,5			13,25			8,76		
27	5,44	3,9		17,44			12			8,92		
28	15,55	3,64	8,05	19,08			4,5			8,98		
29	14,82		4,5	16,62			14			15,48		
30	9,95	11,36	13,76				4,9			16		
31	7,69	11,25	16,25	24,26								
32	16,18	11,2	9,02				4,5					
33	9,11	11,34	9,02		6,76	4,52		20,8		12,1		
34	6,61	4,44	4,5	11			6,76	24,7				
35	3,72	6,62	11,76					22,72	4,66			
36	6,18	2,3	6,3				4,52	29,86	2,68			
37	13,14	6,4	13,5	16,52			4,84		9,42			
38	9,96	6,7	4,5				6,74	20,96	6,06			
42	6,89	8,96	15,18					20				
43	9,10	8,98	13,56				4,5			17,8		
45	7,91	4,06	6,74				6,78	16,44		11,98		
46	9,94	3,1	6,78				6,76	17,88		11,98		
47	9,40		9,02	12,58			6,74	16,96				
48	14,53		6,5	4,76			4,8	11,46				

50	14,96					7,22			37,56		
51	16,14		7,24			18			19,36		
52	7,82	3,8				10,38	11,24		14,48		
53	12,57		8,1			11,24	9,45		16,38		
55	13,29	9,6	9,06	11,08		10,9			4,5		
56	13,39	11,38	13,1	13,5		4,48			2,8		
57	5,88	15,82	13,56	13,5		2,34					
58	7,84	15,82	13,66	15,18							
59	8,59	13,44	13,07	13,96		4,46					
60	7,70		8,52	9,98		26,98					
61	6,82	9	8,56	9			18,58				
64	6,67	11,26	15,9			17,8					
66	10,21	11,96	12,68	15,72							
68	19,00	12,78	14,5	12,78		7					
69	18,30	14,88	12,44								
70	12,96	16,52	18,06	4,5		5,82					
71	15,88			13,45		13,52		18			
72	10,37	4,42					14,92	25,6			
73	10,46	6,7	6,74			5,84	16,84	9,02			
74	15,04	4,5	2,26			4,5	17,04	7,65			9
75	11,73	11,25	9			6,78	6,9	6,75			4,5
76	16,53	13,5		15,75				11,25			4,5
77	11,50	13,54				4,7		20,25			6,74
78	13,27	13,68				4,58		20,34			6,76
79	14,01	13,82				4,5		20,36			6,44
80	11,66	13,62	6,78			4,62		20,28			
81	12,17	13,66	6,76			4,5		20,27			
82	11,57	13,92	6,8			4,5		20,23			
83	12,93	13,42	7,76			4,5		20,27			
84	14,30	13,44	11,19			4,8		16,73			
85	7,30	4,46									40,22
86	5,67	4,5									40,28
87	11,73	4,44									40,06
88	5,50	4,56									40,52
89	8,09	4,22				2,64					37,86
90	7,39	4,48				2,7					38,58
91	9,18	4,34				2,25					38,28
92	13,14	4,54				2,26					38,26
93	17,09	4,76				2,28					38,26
94	17,68	4,52				2,26					38,46
95	13,28	7,5				4,5	3				33,5
96	11,33	13,76				4,62		27			
97	13,63	14,06				4,56		27			
98	13,55	5,28				2,32					38,16
99	20,47							15,75			27,62
100	13,93							18,05			27,38
102	14,27	2,66				9	6,74				27,64
103	11,69							45			
104	13,18	4,5				9,98	26,96				
105	13,68	0,52				8,98	9				26,82
106	10,61					1,32	9,1		6,84		28

107	9,54					9			9		27,26
108	17,37		2,52			7			11		20
109	20,57		24,64			20,96					
110	21,67		24,3			20,1					
111	13,22	14,66	20,38	4,44		12,12					
112	13,34	9,94	10,08			10,38		9,98			9,98
113	13,04	10,18	10,3			10,04		10,02			10,22
114	12,47	10,4	9,88			12,12		6,18			14,34
122	14,72	12,62	22			15,5					
123	13,90	10	25,02			15,06					
125	19,18	14,34				13,9				22,34	
126	16,99					7,5		20,04	20,36		
128	11,94					7,04		19,84	20,54		
130	15,15	6,76				9,72		15,56	18,14		
132	15,59					9,58		7,92	27,78		
133	12,44								19,46		
136	9,91	5,14	11,54				16,74	18,26			
137	8,31	9,2	9				12,1				14,48
140	7,90	19,82	7,5			2,5					19,54
141	8,87	20,52	7,52			2,86					19,6
143	10,58	21,28	7,46			2,66					20,96
144	10,71	20,36	7,52			2,56					20,54
145	7,71	20,06	7,48			2,5					20,56
146	7,95	19,98	7,52			2,56					20,24
147	14,00	10,08				10			19,42	9,8	
148	7,57	11,92	7,56		10	5,08					15,12
149	10,72	14,54	17,52		5,24	7,04					4,9
150	11,48	18,06	22,92			9,86	3,16				
151	8,50	20,3	9,9		12,5	7,9					
152	10,67	20,16	10		15,34	7,54					
153	13,77	22,5	20,08			7,16					
154	12,28	24,5	10,92		13,78	5,54					
155	16,01	17	2,9		18,54	5,5			2,9		
156	22,97	19,08			11	19,56					
157	6,76		5,5		5,62	16,9	33		5,5		
158	13,24					11,4	25				
159	12,57	16,22		12,78		11,14		8,26		8,9	
160	13,53	16,22		12,8		11,28		8,26		8,36	
161	11,89	16,72		9,82		11,84		8,3		8,5	
162	13,00	13,64		7,18		11,3		8,28		11	
163	11,56	19,94				11,68		11,04		13,9	
164	13,56	19,54				11,7		11,02		13,94	
165	11,35	19,8				11,3		11,1		13,66	
166	11,39	18,46	5			7,5		10,36		10,84	
167	11,20	19,38	5,46			8,36		11,76		11,28	
168	14,13	19,02	5,12			8		10,94		11,12	
169	13,03	18,96	5,76			8,56		11,56		11,34	
170	12,46	19,46	5,5			8,32		11,76		11,92	
171	11,82	19,74	5,48			8,68		11,4		12,4	
172	13,44	19,74	5,6			8,32		11,14		11,3	
173	13,70		1,8			13,78			29,94	9,66	

174	17,01		8,32				16,46				31,18	
175	15,91		3,44				10,98	40,38				
176	13,43		6,18				9,06	40				
177	19,23		11,26				13				30,02	
178	10,91						8,18				40,7	6,14
179	9,46		13,9				5,76				19,14	17,64
180	17,58						16,22				30,06	8,56
181	13,34		11,22				11,28	16,66				17,08
182	11,33		11,12				11,74	16,68				16,78
183	27,19		13,68				13,65	19,56				8,02
184	21,97						13,75				32,32	8,54
185	12,79		13,26								30,88	11,06
187	15,29		8,28				14,1				33,08	
188	10,92		11,04					10			22,8	12,96
189	18,84						8,42	7,92			23,68	16,78
190	25,29						13,76	6,08			24,4	11,2
191	19,85						13,76				29,84	11,42
193	7,64		11,42				11,72				33,12	
194	8,05		11,3				11,76				33,1	
195	9,51		12				11,46				33,52	
197	6,27		0,92				7,33		8,26	5,38	33	
198	7,30						8,25		8,2	5,38	32,98	
199	9,43		1,78				8,54		6,48		33,02	
201	8,91								5,6		33,08	17,42
202	4,45								5,52		33,06	17,62
203	9,23						11,6		5,52		27,54	11,68
204	13,21	13,74	9,02							5,54	13,84	11,76
205	12,16	13,64					11,06			16,46	13,76	
206	12,16	13,74	5,02				11			10,98	13,7	
207	5,85	13,72								7,34	17,48	17,9
208	2,27							47,54				
209	1,56							47,44				
210	6,17	13,9									20,22	20,98
211	4,34	12,66									21,34	21,3
212	10,62	5,5									21,18	28,7
213	9,36											51,7
214	5,90											52,2
215	9,27											48,96
216	5,12											48,48
217	4,16											50,52
218	18,72							25,42				16,68
219	9,70							13,3				34,34
220	7,17							15	9,5			38,3
212	12,78					3,86		21,1				29,48
222	10,63						4,5			15,4	17,8	14,4
223	5,50					5,48		13,12		8,24	27,74	
224	5,45						14,5			16,04	24,48	
226	12,69						14,3		13,2		27,64	
227	11,45		14,72				10,98	13,75				17,14
228	13,95	2,78	14,7				11			11,05		16,52
230	9,24						5,54			11,14	27,1	11,2

231	4,76						5,52			11,6	27,26	11,5
234	6,91											52,42
235	12,02											53,4
236	10,06											53,9
238	12,18		3,64				11			5	28,6	11,88
239	24,27		9,5				16,52	35,52		8,5		
240	20,32		3				16,64	41,98		5,52		7,94
242	15,89		5,2				9,54				28,5	12,26
243	17,47						11,1				30,08	14,34
244	18,45						13,76				30,2	11,54
245	21,47						13,02	20,82			10,44	22,24
246	14,91		5				22	24,5				
247	14,46		8,32				12,04	23,46			11,5	
248	9,83									14,5		39,22
249	9,98						7,82			7,04		36,46
250	13,10						14,68					39,66
251	9,74						11,44			13,74	31,28	
252	11,16						26,64				11,22	18,58
253	3,27											49,56
254	10,95											49,88

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 23 – Tabulação dos dados – liga ASTM B319.1

APÊNDICE G – ORGANIZAÇÃO DOS DADOS PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA

Escória-kg	Pistão-kg	Panela-kg	Cabeçote-kg	Perfil-kg	Cabo-kg	Lata-kg	Refusão-kg	Placa-kg	Al. Mole-kg	Al. Duro-kg	Laminado-kg
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0
1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0

1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1

Tabela 24 – Organização dos dados para análise estatística

APÊNDICE H – PERCENTUAL DE MATÉRIAS-PRIMAS X PERCENTUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - GRÁFICOS

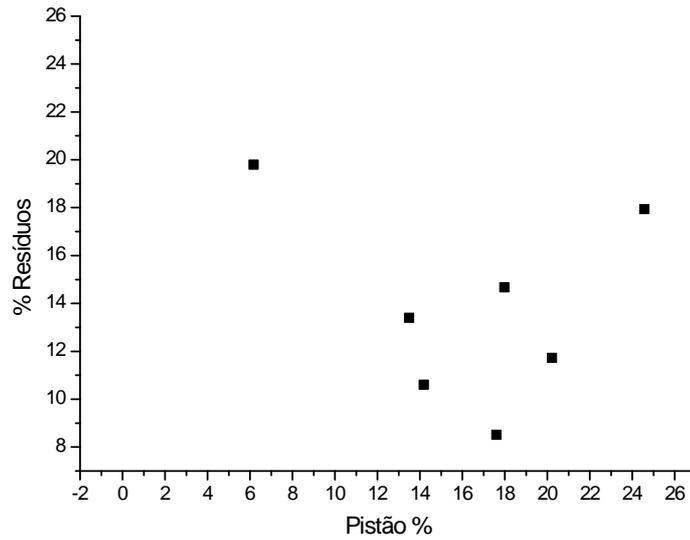


Gráfico 6 – Percentual de pistão x percentual de resíduo sólido

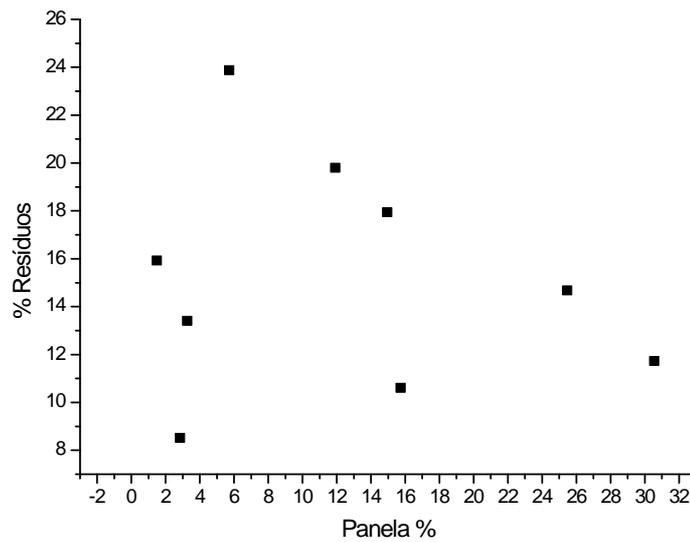


Gráfico 7 – Percentual de panela x percentual de resíduo sólido

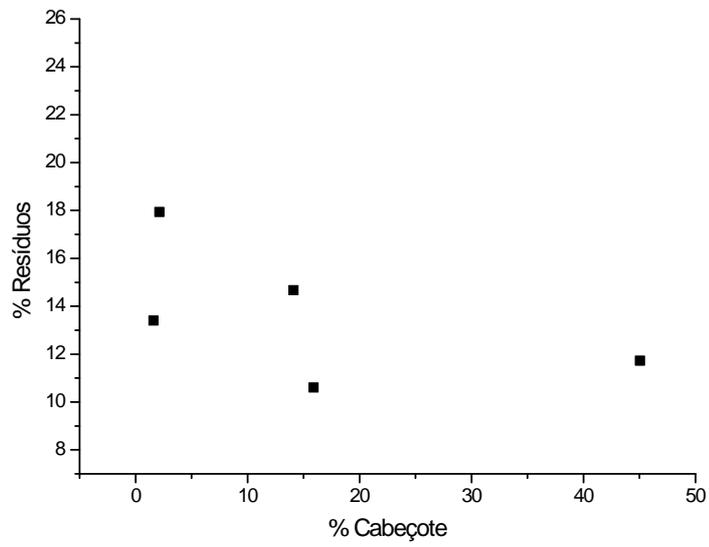


Gráfico 8 - Percentual de cabeçote x percentual de resíduo sólido

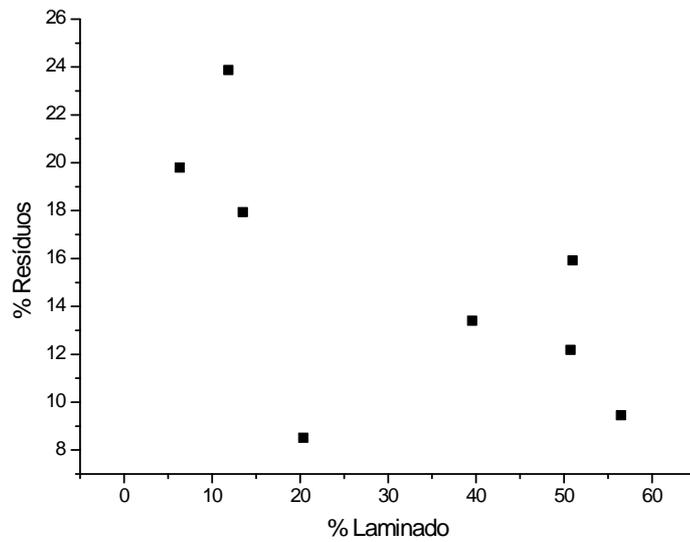


Gráfico 9 - Percentual de laminado x percentual de resíduo sólido

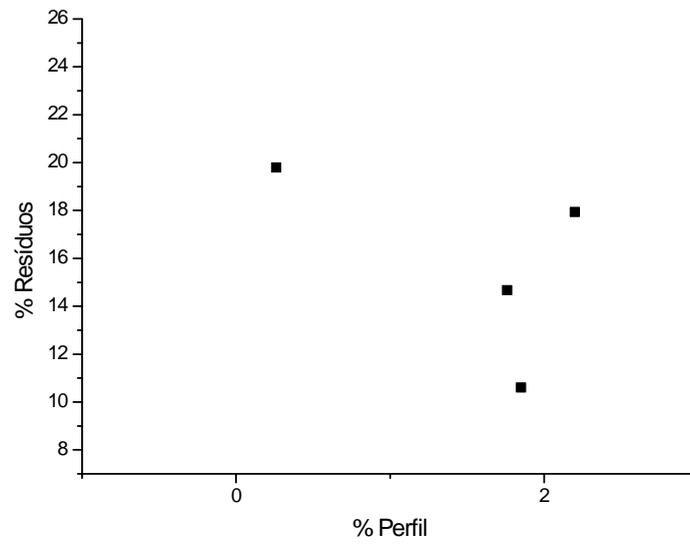


Gráfico 10 - Percentual de perfil x percentual de resíduo sólido

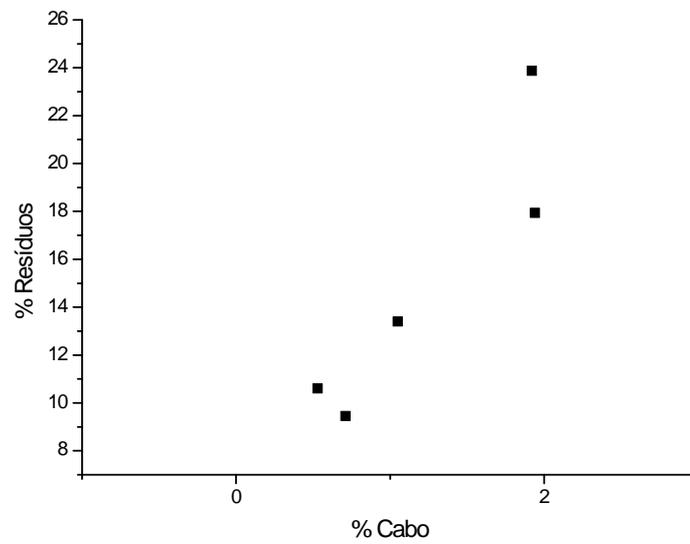


Gráfico 11 - Percentual de cabos x percentual de resíduo sólido

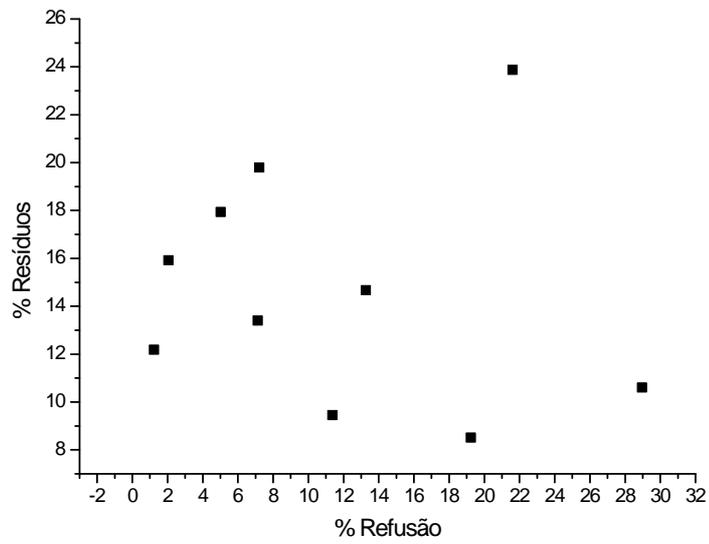


Gráfico 12 - Percentual de refusão x percentual de resíduo sólido

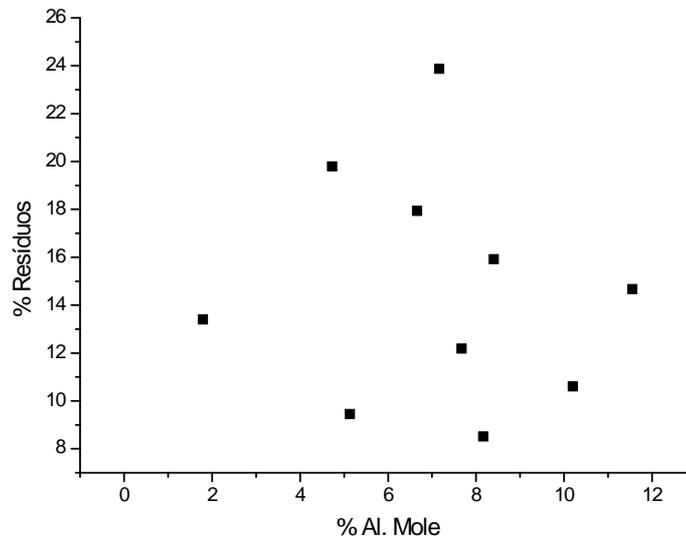


Gráfico 13 - Percentual de alumínio mole x percentual de resíduo sólido

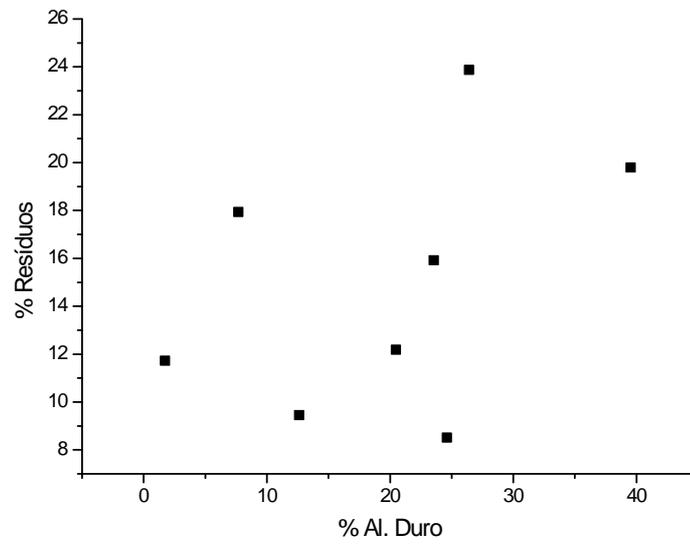


Gráfico 14 - Percentual de alumínio duro x percentual de resíduo sólido

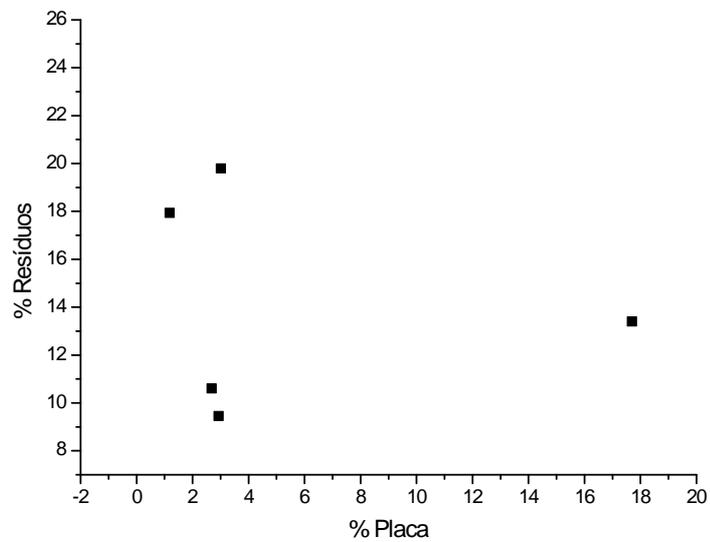


Gráfico 15 - Percentual de placas x percentual de resíduo sólido

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)