



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS PONTA GROSSA

DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PPGEP

JOSÉ ROBERTO OKIDA

**ESTUDO PARA MINIMIZAÇÃO E
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE
FUNDIÇÃO**

PONTA GROSSA

DEZEMBRO - 2006

José Roberto Okida

**ESTUDO PARA MINIMIZAÇÃO E
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE
FUNDIÇÃO**

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 - 2006



**Universidade Tecnológica federal do Paraná –
Campus Ponta Grossa
Departamento de Pós-Graduação
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



TERMO DE APROVAÇÃO

Título de Dissertação Nº. 44

**ESTUDO PARA MINIMIZAÇÃO E REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE
FUNDIÇÃO**

Por

José Roberto Okida

Esta dissertação foi apresentada às 09 horas do dia 14 de dezembro de 2006 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em **Gestão Industrial**, linha de pesquisa **Gestão da Produção e Manutenção**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Adilson Luiz Chinelatto, Dr (UEPG)

**Adriana Scoton Antonio Chinelatto,
Dra (UEPG)**

Magda Lauri Gomes Leite, Dra (UTFPR)

**Ivanir Luiz de Oliveira, Dr (UTFPR)
*Orientador***

Visto do Coordenador:

**KAZUO HATAKEYAMA (UTFPR)
Coordenador do PPGEP**

Nada teria conseguido sem as bênçãos de Deus, que pôs em meu caminho meus pais, minha esposa, meus filhos, e amigos. Dedico este trabalho a esses que compartilham da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e amigo pelo seu apoio, sua dedicação, conselhos e sugestões sem o qual este trabalho não seria realizado.

Aos meus colegas, pela compreensão.

As empresas que abriram suas portas e participaram deste trabalho.

A Karina, João, Fernando, Rafael, Adriana, Ana Maria, Silvia.

À instituição que me permitiu a realização de mais esta etapa no aprendizado.

Aos professores do Departamento de Pós-Graduação.

RESUMO

Os primeiros resíduos não causavam grandes impactos ao ambiente, por serem a maioria de origem orgânica. Com a industrialização e o crescimento da população aumentaram o volume e os tipos gerados, provocando impactos ambientais, sociais e econômicos. A fim de reverter este quadro diversos conceitos e métodos têm sido propostos e aplicados, entre eles pode-se citar a Produção Mais Limpa e o Método Zeri. A Produção Mais Limpa aplicada às empresas procura, preventivamente, diminuir o volume e a toxicidade de seus resíduos e o Método Zeri através de conglomerados de empresas o aproveitamento total desta potencial matéria prima. Neste sentido, avaliou-se o aproveitamento da areia de moldagem de 5 fundições na cidade de Ponta Grossa – PR. Para atingir este objetivo procurou-se (i) conhecer a realidade do setor de fundição da cidade de Ponta Grossa – PR; (ii) Identificar e quantificar os resíduos sólidos de fundição no município de Ponta Grossa; (iii) confirmar resíduos de areia de moldagem como o resíduo que apresenta maior volume gerado e maiores problemas no seu reaproveitamento; (iv) analisar o reaproveitamento interno da areia de moldagem (v) desenvolver um instrumento de coleta de dados. Chegou-se a conclusão que existe ociosidade nas fundições de Ponta Grossa e é viável economicamente a regeneração das areias possibilitando a geração de novas empresas.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Fundição, Areias de moldagem.

ABSTRACT

The first residues did not cause great impact on the environment, for being the majority of organic origin. With the industrialization and the growth of the population the generated volume and types have been increased, provoking environment, social and economic impact. In order to reverse this aspect diverse, concepts and methods have been considered and applied, among them it can be cited the Cleanest Production and the Zeri Method. The Cleanest Production applied to the companies, tries preventively to diminish the volume and the toxicity of its residues and the Zeri Method through conglomerates of companies, the total exploitation of that potential raw material. In that direction, the exploitation of molding sand of 5 foundries industries in the city of Ponta Grossa - PR was evaluated. To reach that objective it was tried (i) to know the reality of the foundry sector of the city of Ponta Grossa; (II) to identify and to quantify the solid residues of casting in the city of Ponta Grossa; (III) to confirm molding sand residues as the residue that presents the greatest generated volume and the biggest problems in its reutilization (IV) to analyze the internal reutilization of the molding sand (v) to develop an instrument of collection of data. The conclusion is there is idleness in the castings of Ponta Grossa and is economically, the regeneration of sands is viable, making it possible the generation of new companies.

Keywords: Solid Wastes, Foundry, Sand molding

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Origem dos resíduos.....	26
Figura 2: Gases no processo areia a verde, cold box, furânico e fenólico.....	38
Figura 3: Produção de fundidos no Brasil entre Janeiro e Setembro 2005	39
Figura 4: Regiões do molde preenchidas por areias de faceamento e de enchimento.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção regional de fundidos no Brasil entre janeiro e setembro de 2005	39
Tabela 2: Produção Brasileira de Fundidos.....	40
Tabela 3: N° de pessoal empregado em fundições em fevereiro e março de 2006.	41
Tabela 4: Projeção da demanda nacional de fundidos.....	41
Tabela 5: Classificação do porte das empresas	52
Tabela 6: Consumo de energia estimado em fundições de Ferro.....	54
Tabela 7: Cidades identificadas na região dos campos gerais.....	57
Tabela 8: Classificação das empresas pesquisadas pelo número de funcionários...	60
Tabela 9: Quantidades dos fornos de fusão nas empresas participantes	65
Tabela 10: Capacidade de produção por tipos de fornos nas empresas participantes.....	65
Tabela 11: Capacidade de produção, produção média e ociosidade dos fornos de fusão.....	66
Tabela 12: Quantidade vazadas de metais nos processos em areia verde e areias ligadas quimicamente.....	66
Tabela 13: Insumos	68
Tabela 14: Resíduos dos processos de moldagem e macharia	70
Tabela 15: Quantidade de resíduos gerados segundo areia verde e areia ligada quimicamente	71
Tabela 16. Resíduos de areia por metal vazado	71
Tabela 17: Quantidade de finos de areias	72
Tabela 18: Quantidade de insumos para areia de moldagem e macharia.....	73
Tabela 19: Percentagem de areias recuperadas pelas empresas	74
Tabela 20: Aproveitamento da areia verde pela empresa W.....	75
Tabela 21: Consumo unitário da areia de moldagem (kg de areia/kg de metal).....	75
Tabela 22: Consumo de areia de moldagem nos processos de areia verde e areia ligada quimicamente.....	76
Tabela 23: Quantidade de areia recuperada	76
Tabela 24: Resultados da simulação para o processo de regeneração de areias ...	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferenças entre Produção Mais Limpa e Emissões Zero	37
Quadro 2: Processos de moldagem e materiais do molde	44
Quadro 3: Comparações entre as diversas alternativas para o gerenciamento de areia de moldagem	50
Quadro 4: Empresas que possuem o processo de fundição.....	58
Quadro 5: Localização e produtos das empresas participantes.....	61
Quadro 6: Procedência de alguns insumos utilizado nas fundições pesquisadas em Ponta Grossa	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIFA	- Associação Brasileira das Indústria de Fundição
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	- Antes de Cristo
CETESB	- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CMMAD	- Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
IPARDES	- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
MIT	- Instituto de Tecnologia de Massachussets
NBR	- Norma Brasileira
ONU	- Organização das Nações Unidas
P+L	- Produção Mais Limpa
UNEP	- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNIDO	- Organização das Nações Unidas pelo Desenvolvimento Industrial
UNU	- Universidade das Nações Unidas
US EPA	- Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
SEBRAE	- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
ZERI	- Iniciativas para a Pesquisa em Emissões Zero

LISTA DE SÍMBOLOS

ρ	Densidade
v	Volume
m	Massa
PO	Percentagem ociosa
OC	Ociosidade
CPN	Capacidade de produção nominal
PM	Produção média
AC	Areia consumida
QVM	Quantidade vazada de metal
f	Fator de consumo médio de areia por kg de metal
t	Tonelada
Kg	Quilograma

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

SUMÁRIO

1	Introdução	16
1.1	Contextualização	16
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	Justificativa	18
1.4	Limitação da Pesquisa	19
1.5	Estrutura da Dissertação	19
2	Referencial Teórico	21
2.1	Meio Ambiente	21
2.2	Desenvolvimento Sustentável	21
2.2.1	Desenvolvimento Sustentável e Recursos ambientais	24
2.2.2	Críticas ao Desenvolvimento Sustentável	25
2.3	Resíduos	25
2.3.1	Definições de Resíduos	25
2.3.2	Classificação dos Resíduos	27
2.3.3	Atividades para Redução da Geração de Resíduos	28
2.3.3.1	Reduzir a Geração	28
2.3.3.1.1	Reutilização	29
2.3.3.1.2	Reciclagem	29
2.3.4	Tratamento de Resíduos	31
2.3.5	Disposição	32
2.4	Desenvolvimento Sustentável e Metodologias Ambientais	32

2.4.1	Produção Mais Limpa (P+L)	33
2.4.2	Método Zeri	34
2.4.3	Comparação entre P+L e ZERI	36
2.5	Fundição	37
2.5.1	Aspectos para a Sustentabilidade das Fundições	38
2.5.2	O Processo de Fundição	41
2.5.2.1	Moldes	42
2.5.2.1.1	Moldes em Areia	42
2.5.2.1.2	Componentes da Areia de Moldagem	45
2.5.2.2	Vazamento	46
2.5.2.3	Desmoldagem	46
2.5.3	Diminuição dos Excedentes de Areia	46
2.5.3.1	Reutilização Interna: Recuperação e Regeneração	47
2.5.3.2	Reutilização Externa das Areias de Moldagem	48
3	Materiais e Métodos	51
3.1	Empresas Estudadas	51
3.2	Localização Geográfica das Empresas	52
3.3	Elaboração e Aplicação do Instrumento de Pesquisa	52
3.3.1	Questionário Exploratório	53
3.3.2	Questionário Complementar	55
4	Resultados e Discussões	57
4.1	Delimitação da Região de Estudo	57
4.2	Levantamento das Empresas de Fundição na Região dos Campos Gerais	57
4.3	Empresas Participantes da Pesquisa	60
4.4	Instrumento de Coleta de Dados	61
4.4.1	Questionário Exploratório Aplicado	62
4.4.2	Questionário Complementar Aplicado	63
4.5	Resultado da Coleta de Dados	64
4.5.1	Caracterização dos Processos Produtivos com Base nos Equipamentos de Fusão	64
4.5.2	Estudo das Entradas e Saídas	67
4.5.2.1	Levantamento da Geração de Resíduos	69
4.5.2.2	Análise do Aproveitamento Interno das Areias de Moldagem	73
4.5.2.3	Aspectos de Viabilidade Econômica de Regeneração de Areias de Moldagem	77
4.5.2.4	Aspectos de Prevenção à Geração em Atividades Realizadas pelas Empresas	78
4.5.2.5	Aproveitamento Externo das Areias de Moldagem	79
4.5.2.6	Descarte das Areias de Moldagem	79
5	Conclusões e Recomendações	81
5.1	Sugestões para Trabalhos Futuros	82
6	Referências	83

APÊNDICE A – EMPRESAS DO SETOR METAL MECÂNICO NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS	90
APÊNDICE B – MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS DE FUNDIÇÃO	94
APÊNDICE C: COORDENADAS UTILIZADAS PARA ELABORAÇÃO DO MAPA MOSTRANDO EMPRESAS DE FUNDIÇÃO	95
APÊNDICE D1 - CARTA IMAGEM: EMPRESAS HUBNER, CAMPOS GERAIS (ATUAL HUBNER – UNIDADE IMPAR) E FUNDIBEM	96
APÊNDICE D2 – CARTA IMAGEM: FUNDIÇÃO WAIGA	97
APÊNDICE D3 - CARTA IMAGEM: METALÚRGICA SANTA CECÍLIA	98
APÊNDICE D4 – CARTA IMAGEM: FUNDIÇÃO FUMPAMA E METALÚRGICA SCHIFFER	99
APÊNDICE E1 – QUESTIONÁRIO EXPLORATÓRIO	100
APÊNDICE E2 – QUESTIONÁRIO COMPLEMENTAR	107
APÊNDICE F – INSUMOS	134
ANEXO A - FATOR DE MULTIPLICAÇÃO	137

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A publicação do Instituto de Tecnologia de Massachussetes (MIT) “Os Limites do crescimento” (The Limits of Growth) apontava, para o aumento da população, da poluição e o esgotamento de recursos (ORTEGA, 2004). Esses fatos provocaram inúmeros encontros entre os países onde se debatia sua gravidade e a busca por soluções. Nesta linha foram importantes, entre outros, a conferência de Estocolmo em 1972 onde Maurice Strong introduz o conceito de eco-desenvolvimento, a criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) pela Assembléia Geral das Nações Unidas em 1983, o relatório de Brundtland em 1987 que trouxe os conceitos para desenvolvimento sustentável e a Conferência das Nações Unidas para a meio ambiente (ECO 92) realizada no Brasil (BARBIERI, 2003).

Apesar de surgirem divergências sobre a influência do homem no meio ambiente, cada vez mais se evidencia os problemas ambientais decorrentes de suas atividades. O efeito estufa causado pelo dióxido de carbono resultante da queima de combustíveis fósseis (FOLADORI, 2001) e as quantidades de resíduos que são gerados anualmente são exemplos disto. Uma estimativa é que nos países industrializados como os Estados Unidos se produzem mais de 700 Kg /hab.ano de resíduos. No Brasil o valor médio, nas cidades mais populosas, é da ordem de 180 Kg/hab.ano (BIDONE, 1999).

Segundo Marinho (2001) “Os processos produtivos, com seus benefícios e males, se espalham por todo o globo e, se mantidos os atuais procedimentos, as últimas áreas ainda relativamente preservadas logo serão atingidas”. Entretanto, um crescimento zero das indústrias para minimizar a crise ambiental, como afirmado pelo Clube de Roma, é inviável com a lógica do sistema capitalista, tendo por resultado uma paralisia do sistema produtivo (LUCA, 2001). Valle (2002) ressalta que:

Impedir a geração de resíduos mediante a proibição de produzir ou de consumir é, no entanto, uma alternativa quase sempre falsa, que conduz a outros tipos de problemas: pobreza, desemprego e deslocamento da produção para outras regiões.

O que se coloca às indústrias é a busca de novas tecnologias, a racionalização na utilização de recursos eliminando ou reduzindo perdas, fugas, o aperfeiçoamento do sistema produtivo (eco-eficiência) e sua integração interna e externa para efetivar as transformações necessárias ao atual ambiente de negócios (MARQUES, 1995; VALLE, 2002).

Neste contexto se apresenta para as empresas diversos métodos de gerenciamento, como o da Produção Mais Limpa (P+L) (UNEP, 2003a) que propõem mudanças graduais no produto, processo e serviços que preventivamente diminua a quantidade e a toxicidade dos resíduos gerados, e o método Zeri (PAULI, 1999), que de maneira sistêmica e regionalizada propõe o aproveitamento total da matéria prima, onde os resíduos são considerados insumos para outros produtos em um conglomerado de empresas.

Estima-se que no Brasil, em 1998 foi gerado aproximadamente um milhão de toneladas em excedentes de areias de moldagem (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999). Excedentes que podem ser classificados, segundo a NBR 10004:2000 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000), como perigosos ou não perigosos, dependendo do tipo e da quantidade de substâncias presentes que causam problemas econômicos e ambientais para a empresa. A redução da geração e a reutilização (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999) tem sido a forma com que fundições têm procurado para gerenciar estes resíduos. Neste sentido a existência de fundições na cidade de Ponta Grossa – PR motivou a pesquisa para obter resposta a seguinte pergunta: “Qual o cenário para a implantação de empresas que possam utilizar os excedentes de areias de moldagem na região dos Campos Gerais e como as empresas estão procedendo para gerenciar tais resíduos?”.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

A pesquisa teve como objetivo geral avaliar o aproveitamento das areias de moldagem das Fundições de Ponta Grossa à luz dos conceitos de Produção Mais Limpa e Método Zeri.

1.2.2 Objetivos específicos

- (i) Conhecer a realidade do setor de fundição de Ponta Grossa – PR.
- (ii) Identificar e quantificar os resíduos sólidos de fundição em Ponta Grossa – PR.
- (iii) Confirmar se resíduos de areias de moldagem apresentam maior volume gerado e maior problemas de reaproveitamento.
- (iv) Analisar o reaproveitamento interno da areia de moldagem.
- (v) Propor um instrumento de pesquisa para coleta de dados com vista ao aproveitamento de resíduos de fundição.

1.3 Justificativa

O descarte de resíduos sólidos em aterros industriais torna-se uma opção que afeta a sustentabilidade do sistema. Este problema se agrava quando é inadequadamente descartado.

As restrições e ameaças ambientais podem ser transformadas em oportunidades. O reaproveitamento interno ou a venda de resíduos para outras empresas, o desenvolvimento de tecnologias mais limpas ao meio ambiente com vantagens competitivas, a venda de patentes, o desenvolvimento de novos produtos, a geração de novos materiais e outras atividades estão dentro deste contexto (DONAIRE, 1999).

Segundo Valle (2002):

Aderir a produção Mais limpa não significa dizer que as instalações de uma indústria já existente tenham de ser inteiramente substituídas e sucateadas. Modificações localizadas, introduzidas em alguns setores críticos das instalações, são soluções quase sempre suficientes para a maioria das indústrias já implantadas. A busca pela otimização do uso das matérias primas já permite, por si, reduzir a massa de resíduos gerados, com maior eficiência no processo e nas técnicas de produção empregadas.

As fundições possuem um alto potencial poluidor gerando toneladas de resíduos mensalmente, apesar de contribuir na reciclagem de sucatas metálicas. O aproveitamento de resíduos, principalmente os oriundos de fontes não renováveis, torna-se elemento estratégico para a competitividade e a permanência da empresa no mercado.

A reutilização de resíduos por outras empresas (Método Zeri) pressupõe a existência dessa matéria prima. Entretanto existe a possibilidade de diminuição na quantidade dessas quando aplicado à produção mais limpa. Neste sentido o trabalho se justifica pela elaboração de um instrumento de coleta de dados que possa fornecer informações que auxiliem na tomadas de decisão quanto à implantação ou não de novas empresas.

1.4 Limitação da pesquisa

A pesquisa limitou-se ao estudo dos resíduos sólidos industriais provenientes das areias de moldagem em fundições localizadas na cidade de Ponta Grossa - PR e restringiu-se aos dados disponíveis e fornecidos pelas indústrias.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação foi estruturada da seguinte forma:

Capítulo 1 – Neste capítulo apresenta-se a contextualização envolvendo aspectos problemáticos dos resíduos, as conseqüências para as indústrias e a colocação inicial de alguns métodos para estabelecer as bases para a definição do problema,

da definição do tema, os objetivos gerais e específicos alcançados, os argumentos para justificativa do trabalho e a limitação do tema escolhido.

Capítulo 2 – Referente ao embasamento teórico, traz as definições de diversos autores e a adotada, os métodos de Produção Mais Limpa (P+L) e Zeri detalhados, as alternativas no trato dos resíduos, as fundições e as areias de moldagem .

Capítulo 3 - Apresenta o método utilizado na pesquisa a fim de alcançar os objetivos propostos.

Capítulo 4 – Mostra os resultados da pesquisa e discussões. .

Capítulo 5 – Conclusões sobre a pesquisa, os objetivos alcançados e sugestões para possíveis trabalhos.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Meio Ambiente

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) “Meio Ambiente é a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações”. Segundo Grott (2003) meio ambiente tem um conceito “vasto e amplo de interação dos elementos naturais, artificiais e culturais que deve proporcionar condições saudáveis de vida em todas as suas formas”. Para Milaré (apud Grott, 2003) ambiente é tudo aquilo que circula e condiciona a vida humana, enquanto Leite (2000) afirma que “qualquer que seja o conceito a se adotar, o meio ambiente engloba, o homem e a natureza, com todos os seus elementos”. Portanto existem várias definições sobre o meio ambiente. No presente trabalho adotou-se a definição preconizada pelo Lei 6938/82 da Política Nacional do Meio Ambiente (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1981) sendo o meio ambiente definido como “o conjunto de condições, leis, influências e intervenções de ordem física, químico e biológico que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

2.2 Desenvolvimento Sustentável

Em 1941 (MILARÉ apud Grott, 2003) foi constituído um Tribunal Arbitral para decidir uma controvérsia entre o governo dos Estados Unidos e do Canadá. Gases fortes e a poluição gerada por uma empresa de fundição localizada no Canadá estavam prejudicando a agricultura e a saúde dos moradores de uma cidade localizada em Washington, Estados Unidos. Este caso é anterior a ONU, criada em São Francisco da Califórnia em 1945, e também não havia a Corte Internacional de justiça. Na época existia a Liga internacional das Nações, sendo que a Corte Permanente de Justiça Internacional não possuía o poder de coação entre os países, isto afetaria a soberania dos mesmos. O tribunal declarou responsabilidade

do Canadá de acordo com os princípios de Direito Internacional no qual nenhum estado tem o direito de permitir que em seu território seja utilizado qualquer meio de produção que possa causar danos através de vapores a outro país, propriedades ou pessoas nele instaladas, quando o caso é de conseqüências sérias e o dano é evidente. Esta polêmica teve repercussão internacional, culminando em discussão na conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, realizadas em 1972 conhecidas como convenção de Estocolmo (GROTT, 2003).

Em 1971 numa reunião preparatória para a conferência de Estocolmo realizada em Fournex, na Suíça, foram identificados os principais problemas relacionados ao ambiente e o desenvolvimento. Tanto teses malthusianas, apontando para o esgotamento dos recursos naturais e a incapacidade do progresso técnico científico quanto as cornucopianas confiando na capacidade ilimitada de superação dos problemas de escassez em decorrência dos ajustes tecnológicos foram rejeitadas (SACHS apud BARBIERI, 2003).

Na década de 70 com a publicação do livro “Os limites do crescimento” pelo Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT), com o apoio do Clube de Roma, constataram-se a diminuição dos estoques dos recursos naturais, aumento da atividade de produção e da poluição (ORTEGA, 2004).

A conferência realizada em Estocolmo no ano de 1972 representou um avanço na negociação entre os países, constituindo um marco para a percepção dos problemas relacionados ao desenvolvimento e meio ambiente. Tal fato ocorreu apesar de divergências entre países não desenvolvidos e desenvolvidos, enquanto os desenvolvidos estavam preocupados com os problemas decorrentes de seu desenvolvimento associados com a poluição industrial e escassez de recursos energéticos, os não desenvolvidos estavam preocupados com a pobreza e a possibilidade de se desenvolverem nos moldes que conheciam até então (BARBIERI, 2003).

Segundo Wachhols (2004) “o ano de 1973 seria marcado pelo lançamento do conceito de eco-desenvolvimento, por Maurice Strong”. Traduzindo o desenvolvimento de um país ou região baseada em suas próprias potencialidades, portanto endógena, sem criar dependência externa. Tendo por finalidade responder a problemática dos objetivos sociais e econômicos e do desenvolvimento como

gestão economicamente prudente dos recursos do meio (SACHS apud MONTIBELLER-FILHO, 2001).

Os princípios do eco-desenvolvimento foram formulados por Ignacy Sachs. Segundo Strong (apud WACHHOLS, 2004) os caminhos do eco-desenvolvimento seriam seis:

- (i) Satisfação das necessidades básicas;
- (ii) Solidariedade com gerações futuras;
- (iii) Participação da população envolvida;
- (iv) Preservação dos recursos naturais e do meio ambiente;
- (v) Elaboração e um sistema social que garantisse emprego, segurança social e respeito a outras culturas e;
- (vi) Programas de educação.

Em 1983 foi criada pela Assembléia Geral da ONU, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), que foi presidida pela Primeira Ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland (BELLO, 1998). Do relatório “Nosso Futuro Comum” ou “Relatório de Brundtland” em 1987, emerge um dos grandes paradigmas o Desenvolvimento Sustentável, ou seja: “O desenvolvimento que responde as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”.

No Relatório de Brundlandt, segundo Boff (2004) projetou-se “o ideal do desenvolvimento sustentado”, definido como “um processo de mudança no qual a exploração de recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras”.

Montibeller-Filho (2001) analisando o Desenvolvimento Sustentável:

É desenvolvimento por que não se reduz a um simples crescimento quantitativo; pelo contrário faz intervir a qualidade das relações humanas com o ambiente natural, e a necessidade de conciliar a evolução dos valores socioculturais com a rejeição de todo o processo que leva a

deculturação. É sustentável por que deve responder a equidade intrageracional e à intergeracional.

Inerente ao desenvolvimento sustentável está a procura de respostas a diversos desafios para atingir seus objetivos. Entre eles segundo Barbieri (2003) pode-se citar:

Retomar o crescimento como condição necessária para erradicar a pobreza; mudar a qualidade do crescimento para torná-lo mais justo, equitativo e menos intensivo em matérias-primas e energia; atender às necessidades humanas essenciais de emprego, alimentação, energia, água e saneamento; manter um nível populacional sustentável; conservar e melhorar a base dos recursos; reorientar a tecnologia e administrar os riscos, e incluir o meio ambiente e a economia no processo decisório.

2.2.1 Desenvolvimento Sustentável e Recursos ambientais

Os recursos ambientais segundo a federal lei 9885/2000 são “... a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora”. Podem ser classificados como renováveis, quando são repostos por processos naturais tão rápido quanto é utilizado, e não renováveis quando são extraídos mais rapidamente do que é reabastecido (SILVA, 2003).

A exploração permanente do recurso renovável só é possível se restringir apenas ao incremento do período de tempo, preservando a base inicial de recursos. Para os recursos não renováveis a sustentabilidade será uma questão de tempo, os limites de suas fontes serão alcançados, caso se mantenha uma exploração continuada (BARBIERI, 2003). O desenvolvimento sustentável reconhece a necessidade do uso da tecnologia para desenvolver soluções a fim de conservação dos recursos disponíveis e que permitam renová-los à medida que sejam necessários a futuras gerações (VALLE, 2002).

Segundo Lustosa et al (2003) “muitas vezes os recursos naturais utilizados nos processos industriais são finitos, a utilização deve ser racional a fim de que o mesmo recurso possa servir para a produção atual e também para as gerações futuras – esse é o princípio do desenvolvimento sustentável”.

2.2.2 Críticas ao Desenvolvimento Sustentável

Algumas críticas são feitas em relação à aplicação prática do conceito de Desenvolvimento Sustentável. Entre estas segundo MONTIBELLER-FILHO (2001) citam-se:

- O princípio fundamental do ambientalismo que é a cooperação entre países, não se verifica quando prejudica os interesses de alguns, mesmo contrapondo-se a maioria. Fato verificado em fóruns internacionais nos quais países têm poderes de veto.
- O termo desenvolvimento sustentável é apropriado para eficiência empresarial, não levando em conta o princípio da eqüidade intrageracional (entre as gerações atuais); eqüidade intergeracional (com as gerações futuras) e eqüidade internacional.

Também acrescenta-se que o desenvolvimento/crescimento nunca deixa sua matriz econômica de aumento da produtividade, acumulação e inovação tecnológica (BOFF, 2004).

2.3 Resíduos

Com o início da atividade agrícola e da produção de ferramentas e armas, os restos de produção e os próprios objetos, seu descarte praticamente não causavam impactos ao ambiente por serem de origem natural. Com a mudança brusca na industrialização e o crescimento da população aumentou-se a quantidade gerada e os tipos de resíduos tanto os inertes quanto os perigosos, biodegradáveis ao não biodegradável, recalcitrantes ou xenobióticos (BIDONE, 1999), o que tem causado impactos ao ambiente.

2.3.1 Definições de Resíduos

Segundo Teixeira e Bidone (1999) “para definir lixo, ou resíduos sólidos, encontram-se dificuldades, pois existem diversas formas e pontos de vistas para fazê-lo, e em geral, são definidos com a preferência de cada um”.

No conceito apresentado por Formosinho (FORMOSINHO et al, 2000) identificamos os resíduos tendo origem ou como restos de um processo de produção ou como substâncias, produtos ou objetos que ficaram incapazes de utilização para os fins que foram produzidos (figura 1). Em ambos os casos pressupõem-se que o detentor tenha que se desfazer deles.

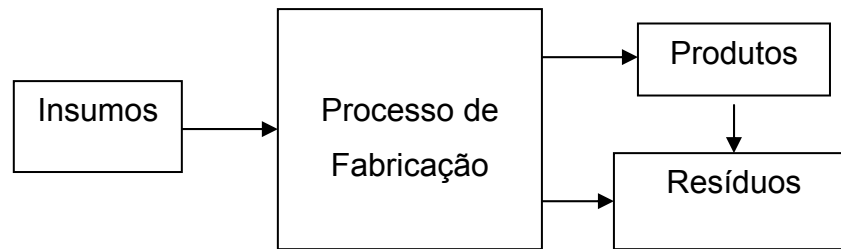


Figura 1. Origem dos resíduos.

Fonte: Baseado em Formosinho et al (2000)

Com relação aos produtos, Back (1983) destaca “representa uma característica peculiar de nossos tempos, de que os bens em uso envelhecem mais freqüentemente por causa da obsolescência técnica do que por causa da deterioração física”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) define resíduos sólidos relacionando com as atividades de origem:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle a poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Em relação a versão anterior, ABNT NBR 10004:1987, a definição de resíduos sólidos permaneceu a mesma. Esta definição segundo Teixeira (apud Teixeira e Bidone, 1999) “é muito ampla e equivoca-se ao incluir líquido juntamente com resíduos sólidos”.

Em função do valor agregado de cada material, resíduos sólidos são recursos que estão no lugar e na hora errada (TEIXEIRA E BIDONE, 1999).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) segundo Valle (2002) define resíduos como “algo que seu proprietário não mais deseja, em um dado momento e em determinado local, e que não tem valor de mercado”.

Segundo Valle (2002) “a poluição industrial é uma forma de desperdício e um indício de ineficiência dos processos produtivos utilizados. Resíduos industriais representam, na maioria dos casos perda de matéria prima e insumos”.

Neste trabalho adotou-se o conceito de resíduos sólidos como sendo recursos sólidos ou pastosos originados seja do processo de produção ou de restos de objetos, produtos, serviços que estão no lugar errado e na hora errada, que por motivos tecnológicos ou econômicos não estão sendo reaproveitados e quando descartados causam impactos ambientais, e socioeconômicos.

2.3.2 Classificação dos resíduos

Um dos aspectos do gerenciamento dos resíduos é a identificação da periculosidade e a toxicidade destes.

A norma NBR 10004:2004 (Associação Brasileira de Normas Técnicas,2004) classifica os resíduos em: (i) classe I, perigosos – aqueles que apresentam periculosidade com risco a saúde pública ou riscos ao meio ambiente, que apresentem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, nas condições em que estão estabelecidas na norma ou que estão relacionadas em tabelas contendo a relação de resíduos perigosos de fontes não específicas e a relação de resíduos perigosos de fontes específicas; (ii) classe II não perigosos, estes podendo ser:

- Classe II A (não-inertes) – aqueles que não se enquadram nas classificações classe I ou classe II B . Podem ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Classe II B, (inertes) – aqueles que quando tiverem uma amostra segundo norma NBR 10007 e solubilizados segundo norma NBR 10006 não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos

padrões de sustentabilidade da água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez dureza e sabor.

Diferentes classes de resíduos não devem ser misturadas a não ser com o fim de melhorar a segurança ou de valorização (FORMOSINHO et al, 2000).

2.3.3 Atividades para redução da geração de resíduos

2.3.3.1 Reduzir a geração

Pode-se reduzir a geração otimizando-se o processo, a operação ou modificando o projeto. Em casos extremos pode-se eliminar a geração através da prevenção, pela modificação de processos, adotando tecnologias limpas, substituindo matérias primas ou insumos (VALLE, 2002).

Segundo a Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (apud Matos, 2002) a redução de resíduos é a “diminuição tanto quanto possível de resíduos gerados, tratados, estocados ou dispostos. Inclui qualquer atividade redução na fonte ou reciclagem, nas quais o resíduo é submetido a operações que reduzam seu volume total ou sua toxicidade”.

A redução de resíduos possui uma estrutura de ação fundamentada na reciclagem sendo importante a não transferência do poluente de um meio para o outro e o atendimento às legislações ambientais (MATOS, 2002).

Autores como Matos e Organismos como a Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos incluem o reaproveitamento da matéria-prima como forma de redução da quantidade gerada. Neste sentido, baseando-se nos conceitos apresentados por Valle, Agencia de Proteção ambiental dos Estados Unidos, MATOS e a definição de resíduos adotada pelo autor, a redução de resíduos consiste na diminuição de sua geração em qualquer etapa do ciclo de vida, incluindo atividades para redução da fonte, modificações no projeto otimizações no processo que diminua o volume gerado e o reaproveitamento de matéria prima.

As atividades para o reaproveitamento de matéria prima evitando desperdício dos recursos não renováveis e também dos renováveis, e considerando-se que a condição de renovabilidade dos recursos renováveis depende do tempo de

renovação (SILVA, 2003), torna-se fundamental para aumentar a sustentabilidade do sistema.

2.3.3.1.1 Reutilização

A reutilização consiste no aproveitamento do produto ou parte, no mesmo ou em outro, a fim de cumprir funções idênticas ou similares (WMOAM apud MATOS, 2002).

O produto a ser reutilizado entra quase no final da cadeia produtiva, na montagem ou acabamento do produto. Entretanto a parte a ser reaproveitada deve estar em perfeito estado de conservação e praticamente pronta para ser novamente usada. Em partes de produtos, onde a segurança é importante, testes não destrutivo devem ser realizados para comprovar o estado de integridade do material selecionado. A reutilização de partes de produto é mais indicada para o cumprimento de funções "invisíveis" aos consumidores. Sendo difícil a reutilização de produtos ou peças sem uma necessidade mínima de processamento prévio, pode-se estipular que um material é classificado como reutilizado se o mesmo exigir um processamento cujo custo não ultrapasse a 15% do custo final do produto, obtido a partir de um processo de reciclagem ou recuperação (VALLE, 2002).

2.3.3.1.2 Reciclagem

O ato de reciclar segundo Valle (2002) é "...refazer o ciclo, permite retomar a origem, na forma de matérias primas, dos materiais que não se degradam facilmente e que podem ser reprocessados, mantendo suas características básicas."

A matéria prima pode ser reaproveitada ou para um mesmo tipo de produto ou diferente, o que Teixeira e Zanin (1999) classificam como reciclagem primária (reciclagem interna) e reciclagem secundária respectivamente.

A reciclagem proporciona economia de matéria prima, seu processamento geralmente exige menos insumos quando comparados ao processamento para obtenção de materiais originais, reduz a necessidade de espaços destinados a resíduos industriais (BELLO, 1998), a diminuição de custos de coleta e com aterros sanitários, conscientizam empregados (MAIMON, 1996), proporciona a geração de

renda e trabalho, principalmente numa escala que, em função das características de ocorrência e dispersão dos resíduos, favorece as micros e pequenas empresas ou mesmo a constituição de cooperativas. A baixa contaminação do material na reciclagem primária facilita os procedimentos necessários e ao mesmo tempo permite a obtenção de produtos com melhor qualidade. A reciclagem secundária proporciona a redução de impactos ambientais, sanitários e sociais, gerados tanto pelo lançamento indiscriminado de resíduos sólidos no ambiente, quanto pela implantação e operação de instalações destinadas ao seu tratamento e disposição final. A diminuição do consumo de matérias primas virgens, muitas não renováveis, cuja exploração gera impactos pode-se tornar cada vez mais difícil e cara. A reciclagem proporciona redução de custos de fabricação de alguns produtos, uma vez que o processamento de materiais recicláveis é geralmente menos dispendioso, sobretudo em termos energéticos (TEIXEIRA E ZANIN, 1999).

Entretanto a reciclagem também tem seus limites:

- (i) A complexidade e os custos envolvidos para sua coleta e seleção tornam certos produtos mais adequados que outros. O volume disponível deve ser compatível com os custos envolvidos (BELLO, 1998).
- (ii) Passo a passo perde-se a capacidade de reelaboração de produtos resultantes de materiais re-processados. Apresentando geralmente qualidade inferior ao da primeira transformação, presta-se aos reciclados usos considerados menos nobres e de menor valor (MONTIBELLER-FILHO, 2001).
- (iii) Um dos problemas técnicos à reciclagem é a contaminação por outros produtos principalmente dos que não são passíveis de remoção durante o pré-tratamento e as operações de processamento. Geralmente os resíduos heterogêneos são tecnicamente mais difíceis de reciclar. Igualmente uma reciclagem ou uma reutilização economicamente viável e segura para a saúde pública implica em uma não mistura de resíduos e sua utilização no mesmo setor de origem (FORMOSINHO et al, 2000).
- (iv) A reciclagem é um excelente método de poupança de recursos quando não for possível assegurar a reutilização dos produtos, ou evitar a produção de resíduo. Os limites estão relacionados a uma quantidade suficiente de

resíduos a reciclar, aos mecanismos de recolhimento e de transporte, as operações de processamento dos resíduos em materiais ou produtos úteis e a existência de um mercado para produtos reciclados (GASCOINE E OGILVIE apud FORMOSINHO ET AL, 2000).

2.3.4 Tratamento de resíduos

O tratamento de resíduos visa uma alteração nas suas características, neutralizando seus efeitos nocivos. Pode conduzir a uma valorização (abordagem de cunho econômico) dirigida para extrair valores materiais ou energéticos, que contribuem para diminuir os custos de tratamento e, em alguns casos, podem gerar receitas superiores a estes custos (VALLE, 2002).

O processo de tratamento como a incineração permite uma reciclagem de energia. Por sua vez é problemática uma vez que sua queima expelle partículas, fumaça e gases, inclusive cancerígenos (MONTIBELLER-FILHO, 2001). Muitos vêm na incineração uma forma de reduzir o volume de resíduos (VALLE, 2002).

Alguns resíduos podem ser tratados com a finalidade de recuperar substâncias ou parte destas a fim de serem reaproveitadas no processo produtivo. Como fator limitante está a questão econômica, para cobrir os custos do tratamento. O custo total do processo de recuperação, diminuído do preço de venda do produto recuperado somado ao custo de disposição final da fração remanescente e ao custo de transportes respectivos para o resíduo e para o material recuperado deve ser menor ou igual à somatória do custo de disposição final do resíduo total, não recuperado; do custo de transporte para o resíduo total e os custos adicionais de monitoramento e manutenção. No caso de um resíduo não tratado ter que ser disposto em um aterro não controlado, requer um armazenamento temporário em razão da sua toxicidade Deve-se reduzir ao mínimo a quantidade de material lixiviado. Os resíduos devem ser tanto quanto possíveis secos, estáveis, pouco solúveis, não voláteis. Se não atenderem a estes requisitos devem passar por processo de estabilização como aumentar o ph e secá-lo. É uma solução barata, se comparada com outros processos como a incineração, que oferece hoje confiabilidade (VALLE, 2002).

2.3.5 Disposição

A disposição em aterros é uma solução aceitável para resíduos estáveis, não perigosos, com baixo teor de umidade e que não contenham valores a recuperar. Os aterros modernos podem ser divididos em duas classes: os aterros sanitários, utilizados principalmente para os resíduos urbanos, e os industriais. Existindo os lixões e aterros clandestinos constituindo em focos de poluição e riscos a saúde pública. Seu monitoramento deve ser permanente (VALLE 2002).

Há limites com relação à disposição final do lixo como o problema do esgotamento da capacidade dos aterros e a dificuldade de encontrar novos locais. Além desses existe um problema de natureza social e subjetiva na qual ninguém quer ter um depósito de lixo na vizinhança (MONTIBELLER-FILHO, 2001).

2.4 Desenvolvimento Sustentável e Metodologias Ambientais

Posteriormente ao surgimento do relatório de Brundlandt foram propostos métodos de gerenciamento do processo produtivo tendo como objetivo o Desenvolvimento Sustentável. A abordagem fim de linha (end of pipe), na qual procurava-se corretivamente diminuir os efeitos da poluição através de processo de tratamentos que minimizassem impactos ao ambiente externo à fábrica, é substituída por abordagens preventivas de modo a reduzir a quantidade ou a toxicidade dos resíduos gerados. Alguns desses métodos são a Produção Mais Limpa (P+L), a Produção Limpa (PL), Método Zeri e Ecologia Industrial.

Um dos métodos utilizados para embasar a pesquisa foi a P+L por possibilitar identificar atividades, internamente nas empresas instaladas, que gradualmente diminuam o volume e a toxicidade dos resíduos. O outro método utilizado para pesquisa foi o Zeri por abranger atividades externas a empresa com busca no aproveitamento desta potencial matéria-prima. Nestes aspectos, tendo em vista que os conceitos de Produção Mais Limpa e o Método Zeri abrangem o escopo desta pesquisa, detalharemos estes conceitos.

2.4.1 Produção Mais Limpa (P+L)

A Produção Mais Limpa é um método proposto pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e pela Organização das Nações Unidas pelo desenvolvimento Industrial (UNIDO) para, segundo Salazar Filho(2002), “aumentar a eco-eficiência das organizações, exercer o conceito do Desenvolvimento Sustentável,...” . A eco-eficiência das organizações se apóia em uma tríade de premissas: rentabilidade econômica, atuação social justa e responsabilidade ambiental. O cumprimento destas premissas promove as condições necessárias para que estas organizações perdurem, em consonância com os requisitos do mercado e da sociedade em geral.

A UNEP (2003a) conceitua a Produção Mais Limpa (P+L) como sendo “a aplicação continuada de uma estratégia preventiva integrada aplicada a processos, produtos e serviços com vistas a reduzir os riscos para a saúde humana e ambiente e a conseguir benefícios econômicos para as empresas”.

A P+L utiliza técnicas para prevenir a geração de resíduos, efluentes e emissões. Sendo necessário o emprego de indicadores entre duas ou mais formas de produção para avaliar o desenvolvimento (MELLO E NASCIMENTO, 2002).

A P+L tem um caráter pró-ativo estimulando atitudes voluntárias, por parte das indústrias, para melhorar seus processos produtivos independente da necessidade de uma legislação que as obrigue. Diminui a necessidade de equipamentos de fim de linha. É a maneira mais eficaz, a longo prazo, para projetar e operar processos industriais e desenvolver e produzir produtos e serviços. Os custos dos desperdícios e das emissões, incluindo impactos negativos ambientais e da saúde, poderiam ser evitados ou minimizados (UNEP, 2003b).

Segundo Marinho e Kiperstock (2001) este método “... prioriza os esforços dentro de cada processo, isoladamente, colocando a reciclagem externa entre as últimas opções a considerar”.

Nos processos de produção a P+L busca a conservação de materiais, água e energia; a redução da toxicidade e quantidade das emissões na fonte e a eliminação de materiais tóxicos e perigosos. Nos produtos atua no ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima à eliminação, de modo a reduzir

impactos ambientais, à saúde e à segurança. Em serviços incorpora interesses ambientais, na elaboração de projetos e logística (UNEP, 2003c).

As tecnologias de produção mais limpa contemplam mudanças nos produtos e seus processos de produção para reduzir todo tipo de rejeitos antes que eles sejam criados. Essa é uma exigência decorrente da necessidade de ampliar a sustentabilidade dos ecossistemas através de novas práticas produtivas e mercadológicas que contemplem: redução da quantidade de insumos e, conseqüentemente, da geração de resíduos pela adoção de tecnologias de produto e processo mais eficientes, reutilização e reciclagem de materiais, ou seja, através do que se convencionou denominar de Política dos 3 erres, (OLIVEIRA FILHO, 2001).

A P+L induz inovação nas empresas, dando um passo em direção ao desenvolvimento econômico sustentado e competitivo, não apenas para elas, mas para toda a região que a abrangem (TEIXEIRA, 2000).

Segundo Lemos (1998) “A adoção de produção mais Limpa (P+L) requer, por parte das empresas a constante realização de melhorias contínuas. Estas melhorias facilitam a geração de inovações. As inovações por sua vez, facilitam o alcance da competitividade”.

2.4.2 Método Zeri

O Zero Emissions Research Initiative (ZERI) foi lançado pela United Nations University (UNU) em 1994. Seu principal idealizador, Gunter Pauli, recebeu a incumbência de criar um plano de ação para implementar a Agenda 21 da UNU, voltado para envolver o setor empresarial no processo do desenvolvimento sustentável. Esquematizou as linhas mestras do Zeri como um programa de longo prazo, visando o estreitamento de parceria com o setor privado no esforço coletivo de eco-reestruturação, envolvendo a academia, o governo e a sociedade (BELLO, 1998).

O objetivo do método ZERI é encontrar modos de minimizar a necessidade de entradas (inputs) no processo principal e alcançar um nível máximo de saídas (outputs) ao se buscar um aproveitamento total (CAPRA, 2002).

Como fator econômico o Zeri propõe a utilização integral dos recursos que servem de matéria-prima e fonte de energia, ultrapassando o pressuposto de que os recursos naturais são limitados, que possam ser utilizados de maneira ilimitada. O Zeri traz a abordagem sistêmica para dentro do conjunto das atividades industriais. Contrapõe-se, assim, à visão linear tradicional da empresa, na qual o processo produtivo se resume em três estágios: insumo, processo e produto. Analisa o processo produtivo interligado e sugere políticas e estratégias de gestão do sistema econômico e social. O Zeri busca na ciência físico-biológica fundamentos para propor uma relação simbiótica, não parasitária, harmonizando as atividades econômicas com os ciclos naturais dos ecossistemas. Vai mais longe; vale-se do conhecimento científico para promover a consciência de que a atividade humana deve sintonizar-se com o ritmo de vida dos ecossistemas para tornar-se sustentável. Na prática, isso requer a reestruturação do conjunto das atividades econômicas, em particular da produção industrial, imitando os ciclos de vida existentes na natureza (BELLO, 1998).

O método Zeri utiliza os conceitos de entradas e saídas. No sentido em que saídas se transformam em entradas, Pauli (1999) estabelece 5 passos para implantar o Zeri:

1. Estabelecer modelos de aproveitamento total utilizando matrizes Input /Output.
2. Buscar de forma criativa valor agregado para os componentes não utilizados. Com base em saídas e entradas, toda vez que é gerado um novo resíduo, este é novamente inserido no ciclo econômico. Pode surgir mais de uma solução de uso para um dado resíduo. A metodologia Zeri estabelece as seguintes prioridades:
 - Avaliar o potencial para o valor agregado;
 - Estabelecer as necessidades de energia;
 - Determinar os investimentos de capital;

- Revisar as necessidades de espaços físicos;
 - Calcular as oportunidades de criação de postos de trabalhos.
3. Utilizar modelos de conglomerados industriais - de que forma atividades diferentes podem ser integradas em uma rede, ou em uma série de redes interligadas.
 4. Identificar avanços tecnológicos - no planejamento de um conglomerado de indústrias em um sistema pode estar faltando determinada tecnologia: ou não se tem conhecimento das tecnologias disponíveis, ou se faz necessária o desenvolvimento de novas tecnologias.
 5. Elaborar política – ajuste de política de acordo com as necessidades de elaboração do produto.

HÜEBLIN (2001) avaliando resíduos florestais concluiu que a metodologia Zeri não é apenas uma opção viável para o desenvolvimento sustentável, mas traz novas possibilidades de negócios através da agregação de valor.

2.4.3 Comparação entre P+L e ZERI

A P+L procura respectivamente reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos, internamente à empresa, reduzindo os efeitos dos antigos sistemas de produção. Baseia-se no estudo de entradas e saídas de processos para a diminuição gradual tanto na toxicidade quanto no volume dos resíduos.

O Método Zeri tem como objetivo final a produtividade total, onde os resíduos passam a ser matérias primas para outras empresas, agregando valor, formando-se assim conglomerados empresariais e gerando postos de trabalhos e renda para a população regional. Baseia-se no estudo de saídas e entradas de processos.

No Quadro 1 apresenta-se diferenças entre P+L e Emissões Zero

Quadro 1: Diferenças entre P+L e Emissões Zero (PAULI, 1999)

Produção mais limpa	Método Zeri
1. Reduzir, reutilizar e reciclar (foco interno)	Emissões Zero ou produtividade total (foco externo)
2. Reduzir os efeitos da velha ordem	Criar novas indústrias da nova ordem
3. Minimizar resíduos	Agregar valor aos resíduos
4. Reduzir custos	Gerar mais renda
5. Processo único	Conglomerados industriais
6. Concentra-se na questão do hic et nunc	Trata da demanda geral (análise sistêmica)
7. Processo baseado em entradas e saídas	Processo baseado em saídas e entradas
8. Linear	Complexo

2.5 Fundição

A indústria de fundição de ferro é a mais antiga do Brasil datando do final do século XVI (CALDEIRA, 2005). É um segmento da economia caracterizada pela produção de bens intermediários. Fornece produtos para indústrias de diversos segmentos como a automobilística, construção ferroviária e naval, bens de capital (principalmente máquinas e implementos agrícolas), de base como a siderúrgica (lingoteiras e cilíndricos), o setor de mineração e fabricação de cimento (corpos moedores e peças de desgaste) e ainda o de extração/refino de petróleo (válvula e outras peças) (FILHO E LIMA, 2000).

2.5.1 Aspectos para a sustentabilidade das fundições

A fundição é consumidora de enormes quantidades de insumos como areias, aditivos, água, tintas, etc. Segundo Leidel (Apud MATOS, 2002) “os poluentes gerados no processo de fundição são em sua maioria sólidos destacando-se dentre estes os resíduos de areia de moldagem; porém existem consideráveis quantidades de efluentes líquidos e gasosos”.

No Brasil a Lei 6.938/81 que “Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências” coloca em seu anexo VIII (acrescentado pela Lei 10.165 de 27.12.2000. DOU 28.12.2000) a atividade de produção de fundidos e aço com Pp/gu Aalto. (pp potencial de poluição gu grau de utilização). Estimativas indicavam em 1998 (vide item 1.2) uma geração anual de um milhão de toneladas de excedentes de areias de moldagem. Processos como areia a verde e areia com ligantes geram uma grande quantidade de gases (figura 2)

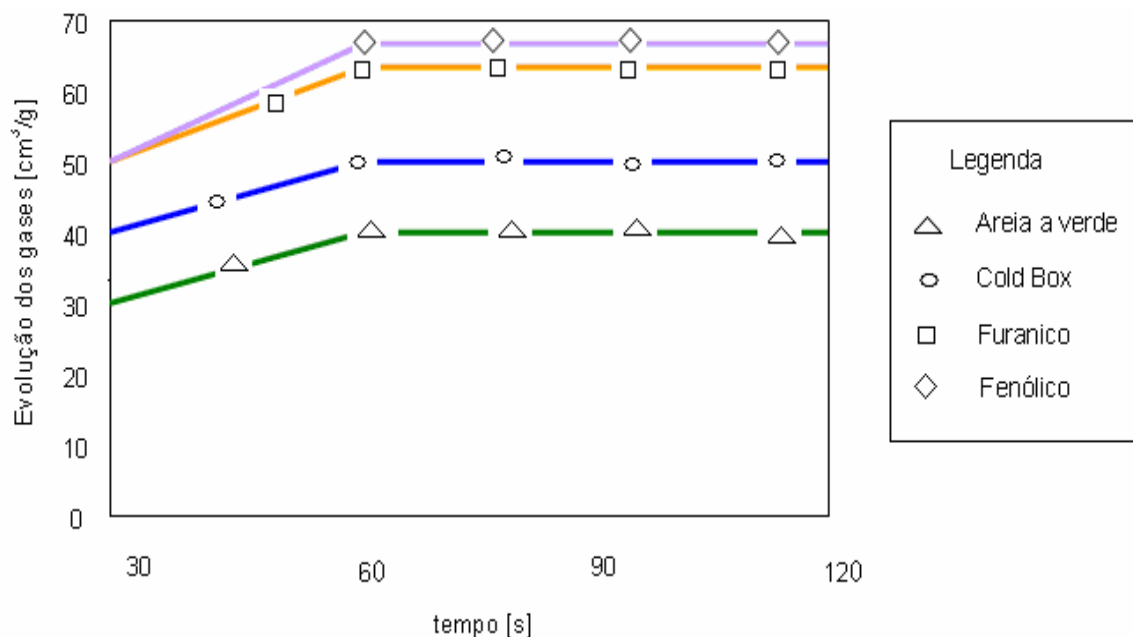


Figura 2: Gases gerados no processo em areia verde, cold box, furânico e fenólico.
Fonte: Adaptado de D'Elboux (2001)

Entretanto, cita Diehl (1998), a fundição “...contribui para a sociedade reciclando toda espécie de sucata metálica, transformando-a em bens de consumo e capital”.

A produção regional de fundidos no Brasil cresceu entre Janeiro e Setembro de 2005 (tabela 1) em relação ao mesmo período de 2004, totalizando 5,3 %. A

Tabela.1. Produção Regional de fundidos no Brasil entre Janeiro e Setembro de 2005

Período/ Região	SET/05	AGO/05	SET/04			Jan-Set/ 05	Jan-Set/04	
	A [t]	B [t]	C [t]	A/B [%}	A/C [%]	D [t]	E [t]	D/E [%]
1- Centro/Mg	63.282	68.654	56.964	-7,8	11,1	559.050	496.412	12,6
2- Norte/NE	6.931	7.261	4.722	-4,5	46,8	61.051	55.489	34,2
3- Rio de Janeiro	17.744	18.133	18.053	-2,1	1,7	153.538	169.912	-9,6
4- São Paulo	89.702	91.659	92.256	-2,1	-2,8	776.171	764.184	1,6
5- Sul	73.841	78.655	77.318	-6,1	-4,5	665.784	626.561	6,1
Total	251.500	264.372	249.313	-4,9	0,9	2.215.594	2.103.548	5,3

Fonte: ABIFA (2005)

região Sul responde por 30 % da produção o que a coloca em segundo lugar como produtor nacional conforme mostra a figura 3.

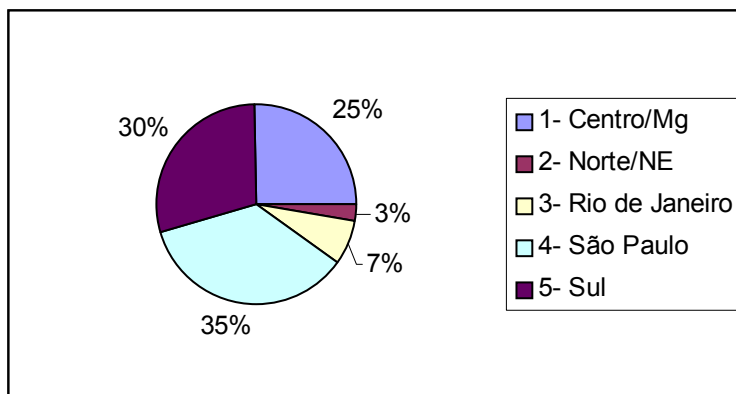


Figura 3: Produção de fundidos no Brasil entre Janeiro e Setembro 2005
Fonte: ABIFA (2005).

Observa-se que na tabela 2 a produção brasileira de fundidos teve um crescimento sendo que os materiais ferrosos (Ferro total+ aço total) foram os que mais cresceram, totalizando 42,4% .

Tabela 2. – Crescimento da Produção Brasileira de Fundidos

Período/Metal	SET/05 A [t]	AGO 05 B [t]	SET/04 C [t]	A/B [%]	A/C [%]	Jan-Set/05 D [t]	Jan-Set/04 E [t]	D/e [%]
1-Ferro total	204.241	216.109	208.776	-5,5	-2,2	1.623.981	1.770.808	3
2-Aço Total	27.946	26.375	19.967	-1,5	39,8	212.072	152.095	39,4
3- Não Ferrosos	19.313	19.888	20.550	-2,9	-6	179.541	180.645	-0,6
3.1- Cobre	1.450	1.518	1.636	-4,5	-11,4	14.103	15.071	-6,4
3.2- Zinco	748	748	536		39,6	5.595	4.987	12,2
3.3- Alumínio	16.740	17.373	17.973	-3,6	-6,9	156.355	156.971	-0,4
3.4- Magnésio	375	249	404	50,6	-7,4	3.488	3.616	-3,5
4- Total Geral	251.500	264.372	249.313	-4,9	0,9	2.215.594	2.103.548	5,3
5 - Produção por dia Ton/dia	11.976	11.494	11.872	4,2	0,9	11.661	11.071	5

Fonte: Abifa (2005)

A indústria de fundição empregou 58.607 em março de 2006 (tabela 3)

Uma projeção feita pela Abifa (2006a) com base no desempenho dos segmentos consumidores de peças fundidas (Tabela 4) indica um aumento na demanda de 26,3% (2010 em relação a 2005).

Tabela 3: Número de pessoal empregado em Fundições em fevereiro e março de 2006

Período	Mar/06 (A)	Fev/06	Mar/05	A/B %	A/C %
Região		(B)	(C)		
1 – centro/MG	10.590	10.585	10.643	0,0	0,5
2 – Norte/NE	1,232	1.232	1.130	0,0	9,0
3- Rio de Janeiro	4.380	4.346	4.254	0,8	3,0
4 – São Paulo	25.593	25.919	24.257	2,6	9,6
5 – Sul	16.812	16.618	16.767	1,2	0,3
6 - Total	58.607	58.700	57.051	1,5	4,5

Fonte: Abifa (2006b)

Tabela 4: Projeção da demanda Nacional de fundidos

	Real	Projeções				
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
produção [mil ton]	2969	3120	3300	3500	3600	3750
capacidade instalada [mil ton]	3400	3400	3400	3400	3400	3400

Fonte: ABIFA (2006a)

2.5.2 O processo de fundição

A conformação de metais no estado líquido denomina-se de fundição. Consiste em vaziar material em um molde a fim de obter, após a solidificação, uma peça. Podem ter diversas formas e acabamentos sem grandes limitações de tamanho ou complexidade, pesando algumas gramas até mais de 200 toneladas (SILVA, 19 --?).

As fusões dos metais são realizadas em fornos do tipo cubilô, elétrico a arco, elétrico a indução, elétrico a resistência, gás e óleo.

Têm-se como operações básicas de processo de fundição (SCHEUNEMANN, 2005) as etapas:

- Projeto e confecção do molde;
- Confecção dos moldes e machos;
- Fusão e vazamento do metal líquido para dentro dos moldes;
- Desmoldagem e acabamento da peça fundida.

2.5.2.1 Moldes

Para a confecção dos moldes utilizam-se de modelos com o formato da peça (formando as faces internas das peças) e machos responsáveis por furos e reentrâncias. Os modelos podem ser confeccionados em diversos materiais como madeira, alumínio, plástico, isopor, etc.

Os moldes surgiram cerca de 4500 anos AC, o metal era fundido em moldes de pedra (SIEGEL, 1972). Atualmente são utilizados caixas de moldagem e machos podendo ser permanentes utilizando-se metais (coquilhas); semi permanentes utilizando-se a grafita, cerâmica refratária cozida, gesso, vidro, entre outros; e os moldes que após a confecção das peças são descartados como os confeccionados em areia, ligantes ou aglomerantes e aditivos. Conforme o escopo da pesquisa será detalhado os moldes confeccionados em areia.

2.5.2.1.1 Moldes em areia

A areia de moldação segundo Silva (19 - - ?) é "...material de moldagem que tenha como base um agregado mineral (areia base) ligantes ou aglomerantes os mais variados, podendo, inclusive, prescindir de ligante."

As areias de moldagem podem ser naturais, quando encontradas na natureza com as propriedades exigidas, sintéticas quando misturadas com areias lavadas e argilas selecionadas e semi-sintéticas obtidas a partir de areias naturais nas quais se adicionam elementos para corrigir suas propriedades (SIEGEL, 1972).

Na confecção dos moldes em areias podem ser utilizados dois tipos diferentes de areias aquelas que irão ter contato direto com a peça (areias de faceamento) e aquelas areias que completarão o molde (areias de enchimento) como pode ser observado na figura 4. A areia de enchimento não precisa ter a qualidade elevada como a areia de faceamento (SILVA, 19 - -?). Sendo que os requisitos básicos (Scheunemam, 2005) para um desempenho satisfatório das areias de fundição são:

- Possuir estabilidade dimensional e térmica a elevadas temperaturas;
- Possuir tamanho e formato de partículas adequadas;
- Ser quimicamente inerte a metais fundidos;
- Não ser facilmente molhada por metais fundidos;
- Não conter elementos voláteis que produzam gás no aquecimento;
- Ser disponível em grandes quantidades e preços razoáveis;
- Possuir pureza e pH de acordo com os requisitos dos sistemas ligantes;
- Ser compatível com os atuais e novos ligantes químicos à medida que são desenvolvidos.

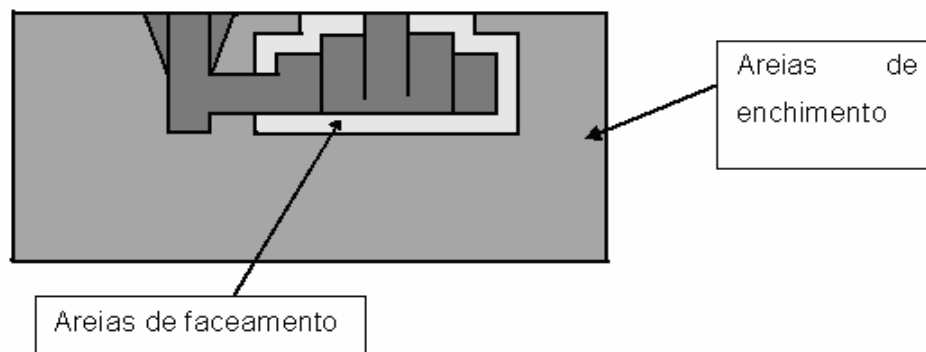


Figura 4: Regiões do molde preenchidas por areias de faceamento e de enchimento

Fonte: Baseado em Silva (19 - -?).

Considerando o sistema ligante adotado, a indústria de fundição distingue dois tipos genéricos principais de areias de moldagem/macharia: a “areia verde” e a “areia ligada quimicamente”. A fabricação dos mesmos é feita por dois processos

distintos: o primeiro utiliza areia, bentonita e pó de carvão; e o segundo processo utiliza areia, resina fenólica e pó de carvão (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999). O macho é moldado em areia base refratária. Para melhorar o acabamento interno o macho pode sofrer um tratamento superficial, por exemplo, uma tinta a base de Zirconita e álcool (SCHEUNEMANN, 2005). No quadro 2 pode-se observar os processos e materiais do molde.

Quadro 2: Processos de Moldagem e materiais do molde

Processo	Material do molde
Moldagem em areia a verde	composta basicamente de areia silicosa, argila e água
Chamote	misturas a base de argilas refratárias silico-aluminosas calcinadas, com tijolos refratário (silico-aluminoso) moídos, nos quais se adiciona argila refratária plástica, introduzindo-se areia a fim de conseguir um molde mais compacto.
Moldagem em areia cimento	mistura de areia silicosa lavada, contendo cimento Portland e água, com secagem ao ar.
Moldagem em areia de macho	a areia empregada é a de macho, a base de óleos de macho, de linhaça e de outros óleos secativos, com adições de elementos orgânicos e bentonita. Estes moldes podem ser pintados
Moldagem pelo processo CO ₂	a areia utilizada consiste basicamente numa mistura de areia lavada e de aglomerante na base de silicato de sódio. Terminado o molde, provoca-se uma passagem de CO ₂ através do molde, reagindo com o silicato de sódio, produz sílica gel, carbonato de sódio e água, endurecendo o molde em um curto espaço de tempo.
Moldagem em casca (Shell molding)	mistura de areia aglomerada com resina sintética polimerizável a quente, na qual são confeccionados moldes em forma de casca.
Cold Box	A areia é misturada com resinas e um catalisador que é introduzido sob a forma de vapor através da areia aglomerada e moldada para produzir uma cura rápida.
Processo de investimento (cera perdida)	O processo consiste basicamente em um modelo, geralmente cera ou termoplástico, que são investidos em uma lama de material refratário como gesso, pó de sílica, pó de zirconia, pó de chamote. Variantes do processo de investimento foram desenvolvidos, utilizam-se materiais tais como mercúrio congelado, sais solúveis, fáceis de serem removidos do molde para vazamento
Fundição centrífuga	Fundição tanto em moldes permanentes como em moldes de areia, em casca ou investimento.

Fonte: Adaptado de SIEGUEL (1972) e LENCINA 2004

Procura-se otimizar a quantidade de areia de moldagem utilizada para a fusão de metais. Para esta otimização emprega-se a relação entre a quantidade de areia de moldagem pela quantidade de metal vazado. A quantidade de areia de moldagem por metal vazado deve ser de 3:1, somando-se os pesos dos moldes e dos machos. Abaixo desta relação as altas temperaturas durante o vazamento promovem em grande parte a gaseificação da resina, similar ao que ocorre na recuperação térmica (D'ELBOUX, 2001). A relação depende do tipo de peça a ser fundida. Para a montagem do molde, dependendo do tipo de peça, o índice de consumo da areia varia entre 800 a 1000 kg para cada peça de 1000 Kg (SHEUNEMANN,2005). Na Alemanha esse índice é de 500Kg de areia para cada 1000 Kg de peça produzidas (CETESB, 2006).

2.5.2.1.2 Componentes da areia de moldagem

Os principais componentes das areias de moldagem são: areias base, aglomerantes e aditivos. Para o caso das areias a verde, em que se utilizam argilas como aglomerantes, surge um quarto componente importante que é água (SILVA, 19 --,?).

(i) Areia base

A areia base é o componente refratário de uma areia de moldação, no caso da sílica é proveniente da desintegração de rochas quartzosas, que foram pela natureza desintegradas, classificadas e depositadas em dunas, praias e depósitos sedimentares. naturalmente, as águas e os ventos tendem a arrastar as partículas mais finas com forças regulares, permitindo que se encontre nas praias e dunas areias com granulometria mais ou menos uniformes.

(ii) Aglomerantes

Os ligantes ou aglomerantes são utilizado para dar coesão, plasticidade e resistência suficiente aos moldes de fundição. Podem ser naturais como bentonita, óleos minerais, vegetais e animal (SILVA, 19 --,?) ou sintéticas tal como: resinas fenólicas, furânicas, uréia-formalaldeido. Os machos e moldes preparados com estas resinas necessitam um tempo para alcançarem o endurecimento necessário.

(iii) Aditivos

Os aditivos são produtos adicionados à areia para conferir à mesma uma certa suplementação de propriedades, de maneira que ela se preste melhor ao uso em fundição. Entretanto, não existem aditivos específicos que modifiquem apenas uma determinada propriedade ou característica da areia. Na realidade, todo aditivo tem efeitos colaterais e estes podem ser benéficos ou não.

2.5.2.2 Vazamento

Após a montagem do molde com o macho é vertido o metal líquido que permanece até a solidificação. O vazamento da peça pode ser feito sob pressão, a vácuo, por centrifugação ou gravidade (SCHEUNEMANN, 2005).

2.5.2.3 Desmoldagem

Após a solidificação, o molde é desagregado (desmoldagem) e a peça metálica é separada da areia, que retorna quase integralmente para ser repreparada e destinada à confecção de novos moldes. A areia para a moldagem é quase totalmente proveniente da reciclagem interna, a qual inclui parte da areia que constituía os machos. No entanto, a atual tecnologia de confecção de machos requer areias excepcionalmente limpa, empregando-se, para essa finalidade, areia nova. Essa entrada de areia nova na fundição gera o chamado excedente de areia. Para manter constante a quantidade total de areia em processamento na fundição, é necessário descartar regularmente uma quantidade de areia usada equivalente à quantidade de areia nova comprada (SCHEUNEMANN, 2005).

2.5.3 Diminuição dos excedentes de areia

Segundo a COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE DA ABIFA (1999) as fundições têm procurado os seguintes caminhos para atender as exigências ambientais:

- (i) Aprimoramento dos processos de moldagem e macharia e dos métodos de descarte de gerenciamento visando uma menor geração de descartes.
- (ii) Desenvolvimento de processos econômicos de regeneração das areias usadas que permitam sua reutilização no próprio processo de fundição.

- (iii) Desenvolvimento de usos alternativos para seus resíduos.
- (iv) Desenvolvimento de novos ligantes e processos de moldagem e macharia, tendentes a reduzir a carga poluente dos descartes.
- (v) Determinação da efetiva nocividade dos resíduos descartada em relação ao meio ambiente.

2.5.3.1 Reutilização interna: recuperação e regeneração

Na empresas de fundições é utilizado o termo regeneração e recuperação para reuso interno das areias nos processos de moldagem. Entretanto há uma diferença no emprego dos termos.

A recuperação refere-se ao conjunto de operações que promovem o acondicionamento da areia resultante da desmoldagem para reutilização no próprio processo que a gerou. As operações consistem na remoção de materiais metálicos e torrões e o resfriamento da areia, entretanto não reduzem substancialmente os teores de resinas curadas ou de argilas, carvões e outros aditivos termicamente degradados no processo de fundição. Isto será conseguido através de diluição com areia nova. O excesso varia entre 2% a 5%, dependendo da velocidade de resfriamento e da quantidade de areia de macho por tonelada de metal líquido nos moldes (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE da ABIFA ,1999).

A regeneração é o tratamento realizado na areia usada a fim de remover das superfícies dos grãos os aglomerantes, aditivos e os produtos de decomposição, assim como resíduos metálicos, reconduzindo-a o mais próximo da areia nova (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE da ABIFA ,1999). De acordo com Scheunemann (2005) uma areia é considerada regenerada quando pode substituir a areia nova em qualquer das situações em que se usa areia nova na fundição, isto é:

- a) fabricação de machos (aglomeração com ligantes químicos);
- b) fabricação de moldes com areia ligada quimicamente ou não ligada;
- c) diluição do sistema de areia verde.

A regeneração de uma dada areia usada consiste de uma seqüência de tratamentos específicos ou operações unitárias. Portanto a regeneração deve compreender as seguintes etapas (SCHEUNEMANN,2005):

- 1ª etapa: desagregação de torrões e grumos, ou seja, liberação dos grãos individuais da areia, etapa sempre necessária; em muitos casos corresponde aproximadamente ao que se definiu anteriormente como recuperação.
- 2ª etapa: remoção dos resíduos metálicos, seja na forma de óxidos, seja na forma de gotas.
- 3ª etapa: limpeza superficial dos grãos, ou seja, remoção dos resíduos de aglomerantes, aditivos e seus produtos de decomposição aderidos aos grãos.
- 4ª etapa: classificação da areia regenerada, de modo a restabelecer a granulometria desejada.

Adequadamente regeneradas, as areias usadas podem apresentar propriedades até melhores que as areias novas, tais como progressivo arredondamento de grãos e aumento da parcela de sílica transformada em variedades alotrópicas com menor expansibilidade térmica (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999). A resistência à flexão em areias 100% recuperadas pode ser maior do que areias novas (POLZIN e TILCH, 2004). Há um potencial considerável a ser explorado na otimização da receita do aglomerante. Em relação a viabilidade econômica, esta é influenciada pelas condições periféricas relativas à disposição das areias usadas nas fundições (SPIILNER, 2001).

Na regeneração térmica, a calcinação pode ser utilizada para a remoção da matéria orgânica contida na areia, restringindo a sua temperatura a 450°C. Os calcinadores empregados em fundição são da ordem de 700°C. Independente do calcinador, caso a temperatura não alcance 900°C por alguns segundos, as emissões gasosas terão que passar por um pós combustor para ser liberadas com segurança ao meio ambiente (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE da ABIFA, 1999).

A decomposição de resinas como fenólica ocorre em uma faixa de temperatura, entre 200°C (início do processo) e 600°C (término) (PASKOCIMAS, Apud REDE DE TECNOLOGIA DA BAHIA, 2006).

2.5.3.2 Reutilização externa das areias de moldagem

São estimados em dezenas de toneladas os passivos de areias quando se analisa o conjunto de empresas de fundição. A destinação para o uso alternativo

tende a ser a única solução viável, considerando o consumo atual de areia nova. Absorver os passivos, totalmente nos processos das fundições, na forma de areia regenerada consumiria vários anos (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999).

Segundo Marques (1995)

“Em novas tecnologias vale a chamada “Lei de Say: muitas vezes a oferta cria a própria demanda”. Dessa forma, a empresa deve procurar métodos mais criativos para suas análises, quebrando referenciais e paradigmas. Perguntas do tipo “O que você deseja? Como podemos melhorar?” Levam a respostas tradicionais, enquanto que outras como:” Onde podemos usar? O que falta ser inventado para...?” Levam a outras visões”.

Neste sentido tem-se procurado diversas formas de aproveitamento do excedente de areias de fundição como:

- (i) Substituição ao agregado fino em concretos de baixa resistência, em pavimentação asfáltica como fonte de sílica para a fabricação do cimento Portland e na confecção de artefatos de concreto (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999).
- (ii) Na construção de pavimentos asfálticos (MROUEH, ESKOLA E LAINE-YLIJOKI, 2001).
- (iii) A reutilização dos finos do ciclone, alto teor de bentonita, na camada de aterros industriais (GLELISSEN, 2003).

Quanto a tomada de decisão do gerenciamento dos descartes de areia de moldagem a ABIFA (COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE da ABIFA, 1999) analisa três possibilidades quanto a custos, riscos legais e temporalidade. O quadro 3 resume esta análise.

Quadro 3: Comparações entre as diversas alternativas para gerenciamento de areia de moldagem

Alternativas Fatores	Disposição em aterros	Regeneração	Reuso
Investimento	~zero	Alto	médio
Custo operacional	alto	médio	baixo
Consumo de areia nova	alto	Baixo	alto
Tecnologias	existente	Existente	a desenvolver
Problema resolvido	não: adia	sim: geração atual	sim
Riscos legais	sim	Não	depende
O processo de fundição	não é afetado	Melhora	não é afetado
Tendências de custos	crescente	Estável	Estável

Fonte: Comissão do Meio Ambiente da ABIFA (1999)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A região de estudo foi a região dos Campos Gerais – Paraná. A caracterização de uma região pode ser adotada atendendo a objetivos e interesses como critérios econômicos, políticos, históricos, geográficos e áreas de influência de determinado setor (UEPG, 2004). Neste sentido para a delimitação das cidades pertencentes aos Campos Gerais foi adotada os critérios da Universidade Estadual de Ponta Grossa por envolveram critérios econômicos, políticos, geográficos. A região dos Campos Gerais tem um parque metalúrgico em crescimento, que além de apresentar diversas empresas no setor de fundição está prevista a construção de uma siderúrgica, o que a coloca em destaque no cenário nacional.

3.1 Empresas estudadas

O setor escolhido foi o de fundição por apresentar baixo desempenho ambiental e pelo potencial como reciclador de materiais (vide Capítulo 2, item 2.5.1). Inicialmente pesquisou-se as empresas metalúrgicas da região dos Campos Gerais onde levantou-se os seguintes dados: (i) identificação da empresa, (ii) localização, (iii) se possuíam algum processo de fusão de metais. Para a identificação das empresas utilizou-se de instrumentos de busca eletrônica, pesquisas em catálogos, edições da Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP) e de revistas especializadas do setor de Fundição. Pesquisaram-se as empresas metalúrgicas pelo fato de que algumas empresas poderiam ter o processo de fusão de metais mesmo não sendo seu principal processo.

Após a identificação das empresas que eram fundidoras ou possuem processo de fusão, estabeleceu-se contato com as mesmas convidando-as a participarem da pesquisa. Sete empresas inicialmente concordaram em participar do estudo que foram denominadas neste estudo de T, X, W, Y, Z, M e N. Entretanto as empresas M e N, posteriormente, recusaram-se a responder o questionário.

Dos critérios existentes para a caracterização do porte das empresas envolvidas, adotou-se a definição do Sistema SEBRAE em função do nº de empregados (tabela 5).

Tabela 5: Classificação do porte das empresas segundo o nº de empregados

	Indústria	Comércio/serviço
Microempresa	Até 19	Até 9
Pequena empresa	20 a 99	10 a 49
Média empresa	100 a 499	50 a 99

Fonte: Sebrae (apud INDEZEICHAK, 2005)

3.2 Localização Geográfica das Empresas

No sentido de determinar com precisão a localização das empresas, com base nos endereços das mesmas, foi realizado uma pesquisa de campo para determinar as coordenadas geográficas de cada uma através de um aparelho GPS de navegação marca ETREX VISTA de precisão 8m em utm (Universal transversa de Mercator).

Em seguida, com base nos arquivos contendo o mapa da cidade de Ponta Grossa e os dados da localização geográfica das empresas, foi elaborado um mapa apresentando as fundições, suas vias de acesso e vizinhanças.

3.3 Elaboração e aplicação do instrumento de pesquisa

As bases para a elaboração do questionário foram os métodos de P+L e Método Zeri. As perguntas continham questões abertas e fechadas (LAKATOS e MARCONI, 2001).

A coleta de dados envolveu duas etapas:

1. Envio de um questionário exploratório cujo objetivo foi realizar o levantamento inicial de dados da empresa e;

2. Envio de um questionário complementar cujo objetivo foi detalhar as informações do questionário exploratório para uma melhor avaliação.

A validação dos questionários se deu pela pesquisa de campo, através do preenchimento pelas empresas.

3.3.1 Questionário Exploratório

Este questionário foi dividido em duas partes. A primeira parte destinou-se a obtenção de informações que pudessem propiciar uma avaliação qualitativa das características relativas aos processos de fabricação da empresa e que identificam a empresa. Esta etapa iniciou-se com a identificação da empresa, localizando seu endereço, levantando sua carga horária semanal, as ligas metálicas trabalhadas, sua produção média mensal (base em 12 meses) e tipos e quantidades de fornos existentes com a respectiva capacidade nominal de produção. Neste caso, foram considerados apenas os fornos utilizados para fusão de metais desconsiderando, por exemplo, fornos de tratamentos térmicos.

Determinou-se a ociosidade dos fornos diminuindo-se a capacidade instalada de fusão diminuindo-se da produção média. Com isto esperava-se estimar o potencial de crescimento da produção e apontar tendência para os resíduos da areia de moldagem. O potencial de crescimento foi obtido através da percentagem ociosa dos fornos (equação 2)

$$OC = CPN - PM \quad \text{Eq. 1}$$

$$PO [\%] = (CPN - PM) / CPN \times 100 \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

OC = Ociosidade dos fornos

CPN = Capacidade de Produção Nominal

PM = produção média [kg/h]

PO = percentagem ociosa [%]

Outro aspecto foi analisar a racionalização da energia utilizada. A energia utilizada na forma de eletricidade diminui a geração de gases e particulados (VALLE, 2002)

O consumo de energia estimada em fundições de ferro pode ser observado na tabela 6.

Tabela 6: Consumo de energia estimada em fundições de Ferro

Equipamento	Consumo de energia [KWh/t]
Forno cubilô	1.724
Forno a indução	1.374
Forno a arco voltaico	1.900

Fonte: Fonderi Fondeur d'aujourd'hui (apud Dötsch, 2005)

Na segunda parte do questionário exploratório foram levantadas informações detalhadas sobre tipos, quantidades, origem da matéria-prima, custos de insumos (entradas) e resíduos sólidos (saídas) gerados nos processos de fundição. Para os resíduos sólidos identificou-se a destinação dada a estes para determinar o tipo de resíduo com maior volume descartado.

A determinação de entradas teve por objetivo avaliar a participação da região de Ponta Grossa no fornecimento de matérias-primas e através das saídas e estimar a eficiência dos processos de recuperação/regeneração de areias conforme apregoa a P+L (vide item 2.4.1). Os tipos, quantidades e custos dos insumos foram tabulados e agrupados em: (i) areias base, (ii) aglomerantes, (iii) aditivos, (iv) catalisadores, (v) tintas para machos, (vi) massa refratária, (viii) materiais metálicos e demais insumos.

Para determinar a eficiência do processo de recuperação/regeneração foi utilizada a areia de moldagem consumida nos processos de areia a verde e areia ligada quimicamente, utilizando-se da equação 3

$AC = QVM \times f$	Eq.3
---------------------	------

Onde AC - Areia consumida [t/mês]

QVM – Quantidade vazada de metal [t/mês]

f – fator de consumo médio de areia por kg de metal (Kg de areia por Kg de metal)

Somaram-se as areias consumidas no processo de areia a verde e no processo de areia ligada quimicamente, diminuindo-se dos resíduos de ambos os processos. A quantidade de areia economizada pelo processo de reutilização interna foi obtida diminuindo-se este resultado dos dados dos insumos (fornecidos pelas empresas) para a areia de moldagem.

Outra informação importante para a P+L diz respeito ao grau de toxicidade do resíduo. Tal determinação foi feita pela norma ABNT 10004:2000 como perigosas, inertes e não inertes indicando potenciais de melhorias nas matérias primas.

A empresa X informou a quantidade de tintas em litros/mês. Para utilizar a mesma base de referência determinou-se um fator de multiplicação (vide anexo A), ou seja, o peso em Kg correspondente a 1l de tintas para machos. Para determinar esta relação de utilizou-se a equação 4.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Eq.4}$$

Onde m = massa e v= volume

3.3.2 Questionário Complementar

Para a elaboração do questionário complementar estabeleceram-se as diretrizes de aprofundar as informações do questionário exploratório relativo aos resíduos com maior volume gerado.

Com base na produção mais limpa, procurou-se identificar nas empresas aquelas iniciativas que levavam à redução da quantidade ou toxicidade dos resíduos gerados. Como foi visto no item 2.4.1, a P+L tem também em seus

objetivos a redução de custos. Com isto procurou-se identificar economia tanto nos descartes quanto na aquisição de matérias-primas. Para isto foram inseridas perguntas no questionário sobre os investimentos em equipamentos de regeneração de areias, as modificações de projetos de moldes e produtos e as modificações de processos.

Com base no Método Zeri esperava-se determinar tendências na geração dos resíduos, especialmente as areias de moldagem, uma vez que para o método é importante entender a disponibilidade de matérias-primas já que propõem um aproveitamento total das mesmas em conglomerados industriais. Para isto inseriram-se no questionário indagações a respeito da quantificação, reaproveitamento externo dos excedentes de areias, co-processamento e parcerias com instituições de pesquisas tecnológicas.

Quanto a reutilização externa à empresa procurou-se levantar o preço de venda para quantificar a valoração da areia de moldagem e empresas que utilizavam esta matéria-prima. Respostas negativas implicavam na identificação das barreiras para a reutilização, uma vez que a literatura sugere uma gama de alternativas no reaproveitamento das areias de moldagem (vide item 2.5.3.2). Esta questão também permitiu a identificação de inovações potenciais e a geração de empresas sustentáveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Delimitação da Região de Estudo

A região definida para o início do estudo foi a dos Campos Gerais, devido a questões geográficas, econômicas e políticas. Do levantamento das cidades existentes nesta região chegou-se aos resultados da tabela 7 com 25 municípios.

Tabela 7: Cidades identificadas na região dos Campos Gerais.

Nº	Cidade	População	Nº	Cidade	População
1	Arapoti	23.835	14	Palmeira	30.856
2	Balsa Nova	10.155	15	Piraí do Sul	21.656
3	Campo do Tenente	6.331	16	Ponta Grossa	273.469
4	Campo Largo	92.713	17	Porto Amazonas	4.233
5	Cândido de Abreu	18.775	18	Rio Negro	28.636
6	Carambei	14.864	19	Reserva	23.955
7	Castro	63.546	20	São José da Boa Vista	6.981
8	Imbaú	9.474	21	Sengés	17.776
9	Ipiranga	13.301	22	Teixeira Soares	8.192
10	Ivaí	11.891	23	Telêmaco Borba	61.115
11	Jaguariaiva	30.737	24	Tibagi	18.471
12	Lapa	41.777	25	Ventania	7.914
13	Ortigueira	25.180			

Fonte: Adaptado de UEPG, IBGE (apud Guia Quatro,2004)

4.2 Levantamento das Empresas de Fundição na Região dos Campos Gerais

Conforme descrito no item 3.1 identificou-se 55 empresas do setor metal-mecânico (apêndice A) nos Campos Gerais Paraná. Sendo que destas 08 empresas possuem processo de fundição e são apresentadas no quadro 4.

Quadro 4: Empresas que possuem o processo de fundição.

Nº	Empresa	Cidade	Principais produtos
1	Fundibem	Ponta Grossa	Produção de peças fundidas de Fe e Aço
2	Fundição Hübner LTDA	Ponta Grossa	Peças para o setor automotivo
3	Fundição Muricy LTDA (ITESA)	Palmeira	Produção de peças fundidas de metais não-ferrosos e suas ligas. Acessórios em Al fundido
4	Fundição Funpama	Ponta Grossa	Produção de peças em ferro-fundido
5	G C Waiga	Ponta Grossa	Produção de peças fundidas ferro e alumínio. Peças para máquinas agrícolas e material fundido
6	Metalúrgica Santa Cecília S/A	Ponta Grossa	Produção de peças fundidas de metais não ferrosos e suas ligas.
7	Metalúrgica Schiffer S/A	Ponta Grossa	Produção de peças fundidas, fabricação máquinas e equipamentos de uso geral, inclusive fabricação de cabines, carrocerias e reboques para caminhão, implementos rodoviários e máquinas para ferraria
8	Empresa Hubner Unidade Impar	Ponta Grossa	Produção de peças em ferro fundido

No período da coleta de dados as principais fundições da região dos Campos Gerais concentravam-se na cidade de Ponta Grossa - PR, somente uma no município de Palmeiras. Este fato levou a redução da região de pesquisa á cidade de Ponta Grossa.

A cidade de Ponta Grossa apresenta como vantagens a posição geográfica e logística, situada próximos ao porto de Paranaguá, ao Aeroporto Internacional de São José dos Pinhais e de Curitiba (capital do Estado). O acesso a Curitiba é realizado por pista dupla através da BR 277 assim como a Paranaguá. Conta com um entroncamento ferroviário. Fatores estes que propiciaram a instalação de diversas empresas como a Tetra Pak (produtor de embalagens cartonadas), cervejaria Kaiser e Masisa do Brasil (MDF). No município estão instaladas diversas empresas dos setores industriais e agroindustriais. O setor metal-mecânico adquire importância com a atividade de metalurgia e usinagem de Metais, com mais de 30 indústrias lideradas pela empresa Hubner Fundições e Siderurgia (IPARDES, 2004).

O levantamento geográfico das empresas (vide capítulo 3 item 3.2) encontra-se no apêndice C com as devidas coordenadas.

Pode-se observar pelo mapa do apêndice B que a maior parte das empresas pesquisadas (quadro 4) localizam-se nos limites urbanos do Município.

Através da escala indicada na carta imagem (vide apêndice D1) obtém-se que a distância entre as Fundições Hubner, Hubner Unidade Impar é de aproximadamente 400 metros e que a distância entre as fundições Hubner e Fundibem é de aproximadamente 200 metros. Esta proximidade entre as fundições possibilitaria uma facilidade logística em caso de parcerias, a citar na construção de aterros industriais, em terrenos vazios observados também na carta imagem. Além disso a proximidade favorece a transferência de Know-how (PORTER, apud PROENÇA, 1995). O mesmo acontece entre as fundições Funpama e Metalúrgica Schiffer que estão separadas a uma distância de aproximadamente 750 metros (apêndice D4). Observa-se também as fundições Hubner, Hubner Unidade Impar, Fundibem e a fundição Waiga (vide apêndice D2) situa-se à margem ou a uma distância inferior a 250m da estrada estadual PR 151. Circunvizinhando estão instaladas empresas do setor metal mecânicas residências e terrenos vazios. A fundição Funpama e a Metalúrgica Schiffer situam-se á margem da BR 373. Esta proximidade possibilita uma facilidade de escoamento de uma possível matéria prima tanto em direção a outros estados como São Paulo quanto internamente como o norte do estado e Curitiba.

A Metalúrgica Santa Cecília está localizada dentro de bairro residencial (apêndice D4), porém com fácil acesso a rodovia BR 277.

No apêndice B estão as coordenadas que foram utilizadas para a elaboração do mapa e das cartas imagem das fundições na cidade de Ponta Grossa Paraná.

4.3 Empresas Participantes da Pesquisa

Originalmente 7 empresas concordaram em participar da pesquisa porém duas não responderam o questionário sendo assim excluídas do levantamento.

A tabela 8 indica o porte das empresas que participaram.

Tabela 8: Classificação das empresas pesquisadas pelo número de funcionários

Empresas pesquisadas	N° de funcionários	Porte da empresa
X	381	Média empresa
Y	153	Média empresa
Z	20	Pequena empresa
W	152	Média empresa
T	157	Média empresa

Das 5 empresas participantes da pesquisa (quadro 5) três tem na fundição sua principal atividade. Conforme item 3.2 as cinco empresas serão denominadas no trabalho como X, Y, Z, T e W. Pode-se observar pelo quadro 5 que seus principais produtos são peças em ferro fundido cinzento e nodular, peças em aço ABNT 1020 e 1045 e ligas de alumínio e cobre.

Quadro 5: Localização e produtos das empresas participantes da pesquisa.

Nº	Empresa	Cidade	Metais com que trabalha	Descrição
1	X	Ponta Grossa	Ferro fundido cinzento e nodular	Produção de peças fundidas de Fe e Aço, destinada principalmente ao setor automotivo
2	Y	Ponta Grossa	Ferro fundido cinzento e nodular	Produção de peças em ferro fundido, destinadas ao setor automotivo
3	Z	Ponta Grossa	Ferro Fundido Cinzento e Nodular	Produção de peças em ferro-fundido
4	W	Ponta Grossa	Ferro fundido cinzento e nodular, aço 1020 e 1045, bronze	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para caminhão, Fabricação de peças para o setor automotivo, entre outras
5	T	Ponta Grossa	Alumínio, Cobre	Peças fundidas em Al, Cobre, destinadas ao setor automotivo

4.4 Instrumento de coleta de dados

Conforme foi visto no capítulo 3, item 3.3 as bases para a elaboração do questionário foram os métodos de Produção Mais Limpa e Método Zeri. Foram realizadas diversas visitas para que o questionário atingisse o formato final. Foram feitos 4 versões e a medida que surgiam dificuldades no preenchimento pelas indústrias, quando do retorno destes, estas questões foram aperfeiçoadas para que o seu preenchimento fosse realizado de maneira correta. O questionário apesar de complexo quanto ao conteúdo suas questões permitam que as respostas fossem dadas de maneira objetiva.

O questionário, conforme visto no item 3.3, foi dividido em duas partes, um exploratório (apêndice E1) e outro complementar (apêndice E2). A primeira parte exploratória permitiu rapidamente identificar, entre os resíduos gerados pela fundição, aquele de maior quantidade gerada e a de maior dificuldade de

aproveitamento. Também contribui para conhecer a realidade do setor de fundição através dos tipos de fornos dos insumos (custos e origem)

O questionário complementar aprofundou-se quanto a questão dos resíduos de areia permitindo uma quantificação das areias a verde e ligadas quimicamente especificando o processos e classificação quanto a toxicidade, fator importante na questão do gerenciamento por questões ambientais, e econômicas e técnicas. Permitiu a obtenção de dados a respeito de atividades de gerenciamento tanto internas na empresa como recuperação, regeneração, mudanças no processo e/ou projeto para a diminuição da geração de resíduos quanto externas no como reaproveitamento por outras empresas e o descarte em aterros. Destaca-se que a relação areia/metal vazado possibilita quantificar a quantidade de areia circulante no processo fator importante que identifica a quantidade de areia nova que entra no processo, uma vez que existe estoque de areia por algumas empresas.

Tais instrumentos foram validados pela pesquisa, e mostram-se plenamente aplicáveis ao setor de fundição em geral. Nos itens a seguir comenta-se sobre os resultados da aplicação destes questionários.

4.4.1 Questionário Exploratório Aplicado

O questionário exploratório foi elaborado com a finalidade de realizar o levantamento inicial de dados. Como elemento pré-textual do questionário exploratório as instruções para o seu preenchimento. O questionário exploratório foi dividido em duas partes. A quantidade de funcionários caracterizou o porte das empresas (vide item 3.1).

A segunda parte são questões relativas aos fornos de fusão (vide apêndice E1 item 2). A capacidade nominal comparada com a produção média indicou a ociosidade do setor.

Os itens relacionados aos insumos permitem avaliar o efeito da distância de fornecedores e custos de transporte. O levantamento dos custos também identifica o montante economizado com areia base nova quando comparados a areia reutilizada.

As informações a respeito da quantidade destinada a aterros (apêndice E 1, item 4) confirmam a previsão de que os resíduos da areia de moldagem são os de maior quantidade gerada nas fundições.

4.4.2 Questionário Complementar Aplicado

O questionário complementar determina os tipos de moldes e machos.

As condições de entrada (item 3 do apêndice E1) da areia pode ser comparada com as saídas, conforme apregoa a P+ L.

Identifica-se a composição das areias de moldagem e macharia (apêndice E2 item 5) utilizadas pelas empresas. Através desta informação pode-se de forma preventiva fazer uma abordagem para não contaminação da areia verde classe IIA.

A quantidade vazada de metal por processo de moldagem e o consumo de areia/Kg de metal fornece a efetiva quantidade de areia de moldagem que circulava nos processos tanto de areia verde quanto nas areias quimicamente ligadas em comparação a simples análise das entradas de areias novas.

No Apêndice E2 item 6 determinou-se a quantidade de resíduos resultantes do sistema de limpeza e de finos gerados no processo de moldagem e macharia. Neste item identificou-se a questão de reaproveitamento desses finos e seus descartes em aterros.

Com o item 7 do questionário complementar (apêndice E2) identifica-se empresas que possuem atividades de recuperação e regeneração de areias oriundas do processo de moldagem e macharia, os custos e investimentos e a descrição do processo.

No item 8 do apêndice E2 determinou-se as atividades de prevenção conforme apregoa a P+L. Tanto as atividades de redução do volume e da toxicidade aplicadas no processo e no projeto, como os resultados obtidos e os custos referentes a esta atividade.

Determinou-se também se os excedentes das areias estavam sendo reaproveitadas externamente (método Zeri) ou sendo descartada em aterros. Para o reaproveitamento externo procurou-se identificar o tipo de areia aproveitada, a

quantidade, o preço de venda e a finalidade com que os consumidores a estavam utilizando. No caso do não reaproveitamento externo, quais os motivos que levaram a desistência desta alternativa.

Com relação aos aterros procurou-se determinar os custos, se as empresas realizavam algum tratamento e a forma de tratá-lo e também avaliar os procedimentos utilizados.

O questionário complementar possibilitou identificar se a empresa tem parcerias, se há política de treinamento, desenvolvimento de novas tecnologias para utilização de seus resíduos da areia de moldagem conforme apregoa o método Zeri

Algumas empresas não forneceram dados como insumos, resíduos, parcerias, fato que não prejudicou a pesquisa devido ser suficiente as respostas das outras empresas pesquisadas.

4.5 Resultado da Coleta de Dados

Como foi visto no item 4.3, das 5 empresas participantes, 4 são de porte médio e uma de pequeno porte. No quadro 5Da tabela 12 pode ser visto que das 5 participantes 4 tem como seus principais produtos os materiais ferrosos enquanto apenas a empresa T emprega os materiais não ferrosos. Com base nas respostas dos questionários exploratório e complementar obteve-se os resultados comentados a seguir.

4.5.1 Caracterização dos processos produtivos com base nos equipamentos de fusão

Os tipos e quantidade de fornos de produção são mostrados na tabela 9, enquanto a capacidade dos mesmos é mostrada na tabela 10. Os fornos de indução são os que apresentam maior capacidade instalada, a seguir vem cubilô, a óleo, a resistência e por último o forno a gás. Os fornos elétricos representam aproximadamente 79,7 % da capacidade nominal, contra 20,3% dos que utilizam combustível de origem fóssil.

Tabela 9 – Quantidades dos fornos de fusão nas empresas pesquisadas

Empresas Tipos de fornos	X Quantidade [nº]	Y Quantidade [nº]	Z Quantidade [nº]	W Quantidade [nº]	T Quantidade [nº]
Fornos de indução	3	2	--	2	3
gás	--	--	--	1	--
cubilô	--	--	--	1	--
Óleo	--	--	2	--	--

Tabela 10: Capacidade de produção nominal por tipos de fornos nas empresas participantes.

Fornos empresas	Indução Capacidade Produção Nominal [Kg/h]	Óleo Capacidade Produção Nominal [Kg/h]	Gás Capacidade Produção Nominal [Kg/h]	Cubilô Capacidade Produção Nominal [Kg/h]	Resistência Capacidade Produção Nominal [Kg/h]
X	6 430	--	--	--	--
Y	6 000	--	--	--	--
Z	--	900	--	--	--
W	850	--	50*	2500	--
T	375*	--	--	--	100*
Total Parcial	13 655	900	50	2500	100
TOTAL	17 205				

- para ligas não ferrosas

A produção média levantada, no período da pesquisa, pode ser visto na tabela 11 por tipo de forno.

Tabela 11: Capacidade de produção nominal, produção média e ociosidade dos fornos de fusão

Tipos de Fornos	Capacidade de Produção Nominal [Kg/h]	Produção Média [Kg/h]	Ociosidade [Kg/h]
Indução	13 655	3010,1	10644,9
Resistência	100	18,8	81,2
Cubilô	2500	0	2500
Óleo	900	250	650
Gás	50	4,5	95,5
TOTAL	17.205	3283,4	13921,6

Com base nestes resultados e utilizando a equação 2 chegamos a uma ociosidade de 80,9% da capacidade instalada.

Como foi vista na tabela 4, o crescimento estimado para a demanda por materiais fundidos no Brasil é da ordem 26% até 2010. O que indica um grande potencial de crescimento para as fundições dos Campos Gerais.

Na tabela 12 apresenta-se a quantidade média de metais vazados nos processos em areia a verde e areia ligada quimicamente. A maior quantidade

Tabela 12: Quantidades vazadas de metais nos processos em areia a verde e areia ligada quimicamente

Empresas	X	Y	Z	T	W
Quantidades vazadas de metais nos processos					
Areia verde [t/mês]	575,9	308,0	34,0	52,6	--
Areia ligada [t/mês]	130,0	108,7	0,6	17,4*	18,0
Totais [t/mês]	705,9	416,7	34,6	70,0	18,0

Obs: * Das 17,4t/mês 8,4t/mês são de processo Shell.

vazada é pelo processo em areia a verde com 76,5 % do total.

4.5.2 Estudo das Entradas e Saídas

Na segunda parte do questionário exploratório foram levantadas informações detalhadas sobre tipos e quantidades de insumos (entradas) e resíduos sólidos (saídas) gerados nos processos de fundição. Os dados dos insumos utilizados pelas empresas foram coletados pelo questionário do apêndice E1, item 3 e agrupados na tabela 13. Um detalhamento dos resultados por empresa encontra-se no apêndice F.

- Areias Base (Apêndice F - item 1): Este material é o de maior consumo com aproximadamente 1400 t/mês . As areias de sílica se destacam com 99,13% das areias consumidas pelas fundições X,Y,Z,W e T.
- Aglomerantes (Apêndice F - itens 2, 3 e 4): A quantidade de aglomerantes consumidas é de aproximadamente 129 t/mês, sendo que 72,5 % (93.284 kg/mês) de argilas e os outros 27,5 % (35.328) de resinas sintéticas. Será visto adiante que aproximadamente 50% dos excedentes de areia são provenientes do processo em areia a verde.
- Aditivos (Apêndice F - itens 5,6 e 7): A quantidade de aditivos consumidos é de aproximadamente 40,3 ton/mês. O aditivo de maior consumo é o pó de carvão com 38 t/mês (94,3%) .
- Catalisador (Apêndice F - itens 8 e 9) : São consumidos aproximadamente 1,5 t/mês de catalisador.
- Tintas (item 10): Aproximadamente 2,9 toneladas mensais de tintas são utilizadas em pinturas de macho. Porém não se observou aplicações em moldes.
- Massa refratária (Apêndice F - item 11): As empresas adquirem uma média mensal de 15,0 toneladas.
- Materiais Metálicos (Apêndice F - itens 12,13,14,15): Seu consumo foi de aproximadamente 1.112,8 ton/mês, sendo 53,9 % de sucatas.

- Demais Insumos (Apêndice F – itens 16,17,18,19,20,21): Os demais insumos como inoculantes, nodularizantes, tintas para peças, rebolos, disco de corte somam aproximadamente 8,9 toneladas que corresponde a 0,33% da quantidade total dos insumos levantados.

Tabela 13: Insumos

Insumos	Quantidade [t/mês]
Areias Base	1.362,31
Aglomerantes	128,61
Aditivos	40,27
Catalisadores	1,52
Tintas para machos	2,89
Massa Refratária	15,02
Materiais Metálicos	1.112,80
Demais Insumos	8,87
Total	2.672,31

Os insumos utilizados pelas fundições são na sua maioria provenientes dos estados de Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Paraíba.

Aproximadamente 99,2% das areias base que são utilizadas pelas fundições X e Y provem dos municípios de Descalvado e Analândia, localizadas no estado de São Paulo. Aproximadamente 95,9 % das areias base são consumidas pelas fundições X e Y. Os custos provenientes das cidades de Descalvado e Analândia é 118% maior do que a areia do município. As cidades de Analândia e Descalvado situam-se a uma distância aproximada de 804 Km de Ponta Grossa (Guia Quatro Rodas, 2004).

O transporte da areia base de Analândia e Descalvado para Ponta Grossa corresponde a 64,8 % do custo total da areia base enquanto o custo de transporte local corresponde a aproximadamente 25 % do custo total da areia base. O transporte é realizado através de caminhões. O preço da areia base da região de

Ponta Grossa é aproximadamente 55 % menor que São Paulo, excluindo-se o transporte. Nota-se que apesar dos custos, a maior parte das areias utilizadas vem de outro estado. Tal opção talvez seja pela qualidade das areias base adquirida. Tal fato é importante para potencializar futuras aplicações para areias usadas e regeneradas.

Do preenchimento do questionário levantou-se que são consumidos aproximadamente 93 toneladas de aglomerantes (argilas) que provêm da Paraíba e da Argentina. As argilas importadas somam 20,2 t/mês correspondendo a 21,7 % do total da argila. No Quadro 6 apresenta-se alguns fornecedores para os outros insumos utilizados.

Quadro 6 : Procedência de alguns insumos utilizados pelas fundições pesquisadas em Ponta Grossa - PR

Insumos	Cidades
Resinas	Rio Claro (SP)
Sucatas	Ponta Grossa, São José dos Pinhais (PR)
Massas Refratárias	Joinville (SC), Poá (SC)
Ferro Gusa	Contagem (MG)
Inoculante	Joinville (SC)
Tintas para Machos	Americana (SP), Itaquaquetuba (SP)
Disco de Corte	Curitiba (PR)

4.5.2.1 Levantamento da Geração de resíduos

A partir do levantamento de dados do questionário exploratório obteve-se o resultado apresentado na tabela 14 que mostra a quantidade média mensal dos diversos tipos de resíduos gerados pela empresas pesquisadas. Pode-se observar que o resíduo de maior quantidade é a areia de moldagem com 68,8% (1745,05 t/mês), seguido dos resíduos metálicos de corte de canais com 21,48% , estes são refundidos pelas empresas pesquisadas. No caso da rebarbação de peças é

comum a terceirização, possivelmente este seja o motivo da proporção desses resíduos serem menores em relação aos demais, apenas 2,11%. Os refratários e escórias são descartados em aterros aproximadamente 193,20 t/mês.

Considerando que os resíduos de areias de moldagem tem uma densidade média de 1,425 t/m³ (D'ÉLBOUX, 2001), o volume de resíduos gerados pelas empresas X,Y,Z,W e T somariam anualmente 29.804 m³. Como referência, um caminhão típico de caçamba transportando 6 m³ de materiais seriam necessários 4.968 fretes anualmente com custos aos fundidores.

Tabela : 14 Resíduos dos processos de moldagem e macharia.

empresa \ Resíduo	X	Y	Z	W	T	Total	[%]
Areia [t/mês]	1192,32	487,48	24,6	35,6	5,05	1745,05	68,80
Rebarbação [t/mês]	13,73	39,72	0,1	0,01	--	53,57	2,11
Corte de canais[t/mês]	500	--	17	10	18	545	21,48
Refratários[t/mês]	8,70	8,51	1,5	100	0,28	119,00	4,69
Escórias[t/mês]	36,80	36,98	ni	0,4	ni	74,20	2,92
Total [t/mês]	1751,55	569,69	43,2	146,1	23,33	2536,81	100

ni – não informaram

A tabela 15 apresenta a quantidade de resíduos gerados por empresas segundo a classificação de areia a verde e areia ligada quimicamente. Enquanto que a quantidade de resíduos provenientes da areia verde, corresponde a 50,16% a de resíduos ligados corresponde a 49,84% do total. Os resíduos de areia a verde são classificados como classe II A não inerte (ABNT 10004) . No questionário foi verificado que algumas empresas tem classificado resíduos ligados quimicamente como Classe IIA e outras como Classe I. Tal fato poderia ser explicado pela mistura de resíduos de areias levando a diluições. Verificou-se que a empresa T não

seleciona os resíduos gerados que são armazenadas no pátio e em tambores antes do envio aos aterros.

Tabela 15: Quantidade de resíduos por empresas segundo a classificação areia verde e areia ligada quimicamente

Empresas	Resíduos		
	Areia Verde [t/mês]	Areia Ligada [t/mês]	Total [t/mês]
X	523,00	669,32	1192,32
Y	303,90	183,58	487,48
Z	24	0,6	24,6
W	23,8	11,8	35,6
T	-	5,05	5,05
Total [t/mês]	874,7	870,35	1745,05

Considerando os dados das tabelas 12 e 15 pode-se obter a relação da quantidade de resíduos de areias de moldagem por metal vazado (tabela 16).

Tabela 16: Resíduos de areia por metal vazado

Empresas	X	Y	Z	W	T
Resíduo de areia/metal					
Areia verde [Kg] / metal vazado [kg]	0,91	0,99	0,70	0,45	--
Areia ligada quimicamente [Kg] / metal vazado [Kg]	5,15	1,69	1	0,6	0,28

Verifica-se que com exceção da empresa T, pois não utiliza areia a verde, que em todas as empresas a relação entre resíduos por peso de metal vazado é menor nos processos de areia verde em comparação a areia ligada. Tal fato é importante por que indica o maior desempenho ambiental a favor das areias a verde.

A quantidade de finos de areia são apresentadas na tabela 17. Verificou-se que tais finos não são atualmente aproveitados na região. Porém, na Europa estes resíduos são reaproveitados como aglomerantes em aterros (vide item 2.5.3.2), há portanto um potencial de agregação de valor a este material, cabendo um estudo mais aprofundado em relação a este respeito.

Tabela 17: Quantidade de finos de areias

Empresas	Finos de areia [t/mês]
X	8,12
Y	12,06
Z	NR
W	ND
T	0,05
Total	20,23

ND- não disponível

NR- não respondeu

Quanto as entradas (tabela 18) e saídas (tabela 15 e 17) de materiais uma comparação entre a entrada de areias e a saída dos resíduos gerados na empresa X verifica-se que a quantidade destes últimos é maior do que os primeiros. Tal fato

Tabela 18: Quantidade de insumos para moldagem e macharia

Empresas	Areias Base [kg/mês]	Aglomerantes [kg/mês]	Aditivos [kg/mês]	Catalisadores [kg/mês]
X	782.548	67.069	22.563	682,8
Y	544.770	54.319	16.853,5	838,9
Z	22.500	--	--	--
W	30.000	5.225	1.113	--
T	50.000	2.000	--	--

pode ser explicado por(i) estoque, a empresa não compra a mesma quantidade que sai e no final de ano há mais entrada de areias do que saída. (ii) utilização de insumos da empresa Y.

Verifica-se que na literatura existe um potencial de aplicação tanto dos resíduos oriundos dos processos em areia a verde como o do processo da areia ligada. Pode-se citar a utilização em artefatos da construção civil como blocos, telhas, e o encapsulamento em asfalto. Outro procedimento que vem de encontro a P+L é a de modificar o processo pela substituição da areia ligada pela areia a verde (UNEP, 2003 a).

4.5.2.2 Análise do aproveitamento interno das areias de moldagem

Pode ser visto na tabela 19, a percentagem de areia a verde recuperada pela empresa X é de 97,8 %. Os 2,2% restantes são de areia nova (1,0% de areia base, 0,8% bentonita sódica e 0,4% de pó de carvão). No processo cura a frio (pep set) onde é utilizada resina fenólica (parte I 0,5% e parte II 0,5 %) e 40% de catalisador, existe uma recuperação de 70% da areia. Para a fabricação de machos no processo Cold Box são utilizados resinas fenólicas (0,5%) e Isocianato (0,5%), que não é atualmente recuperada ou regenerada.

Tabela 19 : Percentagem de areia recuperada pelas empresas

Empresas	Recuperação [%]			
	Areia a verde	Areia ligada quimicamente Cura a frio	Cold box	CO ₂
Empresa X	97,8	70	0	
Empresa Y		80		
Empresa Z	0			
Empresa W	90	70		50
Empresa T		92		

Na empresa X os torrões resultantes do processo cura a frio são reutilizados como material de enchimento da caixa de moldagem, não sendo realizado nenhum tratamento para seu reaproveitamento. Este tipo de reaproveitamento possibilita economia de matéria-prima tanto de ligantes como de areias, uma vez que entra na fase final do processo (conforme item 2.4.3.1.1)

A empresa Y recupera 80% da areia no processo cura a frio, utilizando processo mecânico. No entanto foi observado que a parte descartada é devida a problemas de armazenagem, eliminação de finos e pelo excedente devido a adição de areia nova.

A empresa W recupera 90% da areia a verde. Parte desta matéria prima é reaproveitada para outros processos, a exemplo do processo CO₂ e processo cura frio. A participação dessa areia nos processos pode ser vista na tabela 20. Apesar dessas aplicações serem positivas após três corridas, a areia utilizada é descartada. Outro aspecto observado na empresa W é o reaproveitamento das areias shell na confecção de machos no processo CO₂. A empresa recupera 60 % areia shell.

Tabela 20: Aproveitamento da areia verde pela empresa W

Insumos moldagem	Areia Verde [%]	Areia base + aglomerantes [%]	Areia de retorno do próprio processo [%]
CO ₂	20	30	50
Cura a frio	10	20	70

A empresa T substituiu a resina fenólica no processo cura a frio por resina furânica passando de 70% para 92% na recuperação da areia. Segundo D'Elboux (2001) a mudança de processo fenólico para processo furânico é mais fácil de desmoldar, soltando-se sem dificuldades dos grãos de areia após a atritagem, o que facilita na sua recuperação, além de diminuir a concentração de impurezas na superfície do grão de areia, fator importante que contribui para a redução dos gases (vide figura 5) principalmente se levar em consideração que as empresas estão em uma região com uma grande concentração de pessoas.

Observa-se que se a empresa X reutilizasse 97,8 % na recirculação no processo de areia a verde deveria estar recirculando 23,77 mil t/mês (considerando uma geração de resíduos de areia verde conforme tabela 18) o que daria uma relação Kg de areia nova de moldagem /kg de metal de 41,28. Tal fato decorre que 97,8 % da areia recuperada é areia que complementa a caixa de moldagem e não 97,8 % de areias sendo reutilizadas ciclicamente. A tabela 21 indica o consumo de areia de moldagem das empresas pesquisadas.

Tabela 21: Consumo unitário de areia de moldagem (Kg de areia/kg de metal)

Consumo Empresas	Relação Kg areia/ Kg de metal (areia verde)	Relação Kg areia/ Kg de metal (areias ligadas)
X	3,5	6
Y	3,5	4,0
Z	0,71	1,0
W	2,7	2,7
T	--	8

A tabela 22 apresenta consumo de areias de moldagem para os processos de areia a verde e areia ligada quimicamente..

Tabela 22: Consumo de areias de moldagem nos processos de areia a verde e areia ligada quimicamente.

Empresa	Consumo mensal de areia verde [t/mês]	Resíduos De areia verde [t/mês]	Consumo mensal de Areias Ligadas quimicamente [t/mês]	Resíduos de areias ligadas quimicamente [t/mês]
X	1872	523,00	782,4	669,32
Y	1001	303,90	434,8	183,58
Z	24	24	0,6	0,6
W	142	23,8	46,06	11,8
T		-	144	5,05

A tabela 23 mostra a quantidade de areia que retorna ao processo pelas empresas.

Tabela 23: Quantidade de areia de retorno

Empresa	Areia circulante [t/mês]	Areia de retorno [t/mês]	Resíduos [t/mês]
X	2.654,4	590	1192,32
Y	1.435,9	330	487,48
Z	24,6	0	24,6
W	188,06	36,3	25,6
T	144	138,95	5,05

Considerando que o preço da areia base é de R\$89,00 por tonelada para as empresas X e Y e de R\$40,00 por tonelada para as empresas W e T, isto significa uma economia mensal aproximada de R\$ 52.510,00 para a empresa X, R\$

29.370,00 para a empresa Y, R\$ 1.452,00 para empresa W e R\$ 5.558,00 para a empresa T . Verifica-se que apesar da quantidade de areia que retorna um grande volume de excedentes é descartado

4.5.2.3 Aspectos de viabilidade econômica de regeneração de areias de moldagem

Na tabela 27 é apresentado uma simulação para estimar provável lucro num empreendimento de regeneração de areias de moldagem. Neste caso toma-se como base as informações de regeneração de areias cold box e aplica-se aos resultados do presente trabalho. Considera-se ainda que uma empresa hipotética revendesse as areias base regenerada nos mesmos preços da areia nova.

Na simulação consideraram-se os custos diretos, ou seja, não foram considerados capital de giro, licenciamentos e investimentos em construção civil, aluguéis e demais custos indiretos. Os investimentos foram feitos com capital próprio. Para determinar os impostos foi considerado como uma empresa de pequeno porte com relação à receita bruta acumulada dentro do ano calendário. A tabela 24 demonstra o resultado para investimentos para obtenção de 512 t/mês de areia base regenerada. O lucro obtido seria de R\$25.287,68 por mês. Vê-se que

Tabela 24: Resultados da simulação para o processo de regeneração de areias

Quantidade considerada de areia a ser tratada/mês	640 toneladas
Receita bruta: Venda areia base regenerada considerando rendimento de 80% no processo. ou seja, 512 t/mês.	
	R\$ 89,00/t
Despesas:	
Investimentos (amortização em 5 anos) [R\$/t.mês]	20,83
Custos variáveis (manutenção mão de obra, energia, insumos) [R\$/t.mês]	12,91
Impostos* (6,6%)	5,87
Lucro = Receita Bruta × (1-Imposto) - Despesas [R\$/t.mês]	49,39

Fonte: Dados com base na Ecosands (2006) e Cardoso (2006).

nestas condições é viável o empreendimento considerando que a quantidade de resíduos somente de areias ligadas é de 870,35 t/mês (vide tabela 15), tem-se ainda uma margem de matérias primas de 230,35 t/mês. No entanto tais dados são referenciais e cabe uma análise mais aprofundada.

4.5.2.4 Aspectos de prevenção à geração em atividades realizadas pelas empresas

A empresa X substituiu o processo de moldagem de uma peça que era realizado no processo Cura a Frio (pepset) para o processo em Areia a Verde. Mantendo-se uma relação de 2,8 Kg de areia por Kg de metal implicou na diminuição o volume de areia ligada quimicamente .

No processo Shell Molding para a fabricação de machos, em cada etapa do processo havia necessidade de espaço para estocagem o que provocava manuseio excessivo ocasionando refugos, e também por validade vencida. Com a implantação de um transportador de esteira onde é feito a montagem, o acabamento e a pintura evitou-se qualquer transporte com carrinhos durante este processo, evitando o risco de refugos por quebra. Eliminaram-se as áreas de estocagem de machos nas etapas de produção. O fluxo é contínuo e ocorre somente estocagem final. Um dos valores que foram mensuráveis foi a diminuição do número de funcionários, que produziu uma economia anual de R\$ 64 000, 00.

A empresa Y modificou a caixa de moldagem de modo a diminuir a quantidade de areia de moldagem obtendo-se uma redução de 0,220 Kg de areia para cada Kg de metal vazado, o que representou uma economia de 16,5 toneladas na fabricação de um lote de peças. Na tabela 16 observa-se a relação consumo de areia/metálico das empresas Z, T e W o valor está dentro dos limites máximos recomendados por D`Elboux (3 kg de areia/kg de metal) entretanto é maior do que na Alemanha (vide item 2.5.2.1.1) que chega a 0,2 Kg de areia por Kg de metal vazado. Para as empresas X e Y o valor está mais alto do que o máximo recomendado, indicando possibilidades de melhorias.

A empresa W está desenvolvendo destorroador, peneiras hexagonais e ímãs mais potentes, fato importante uma vez que proporciona desenvolvimento de novas habilidades e inovações.

Outras empresas não informaram modificações no processo ou projeto.

4.5.2.5 Aproveitamento externo das areias de moldagem

As empresas X, Y E W têm procurado alternativas externas para reaproveitarem seus resíduos. Para tanto vêm buscando parcerias para pesquisa, treinamento e reaproveitamento das areias, devido ao alto custo de aterros.

A empresa X deixou de co-processar parte de seus resíduos devido aos custos (R\$ 85,00/t). Para aumentar a quantidade de areia co-processada há necessidade da substituição dos atuais equipamentos que possuem baixa eficiência para esse tipo de matéria-prima. A empresa X aponta como dificuldades questões de logísticas e a aprovação nos órgãos ambientais.

A empresa Y tem realizado testes com a utilização dos excedentes da areia verde na fabricação de cerâmica vermelha, na utilização em asfalto e em blocos de concreto. Na utilização em cerâmica vermelha obteve-se bons resultados, entretanto altos investimentos teriam que ser realizados na olaria devido aos finos que danificam os equipamentos. A viabilidade também depende da quantidade de resíduos que será utilizado nas misturas. A utilização de areias em asfalto tem apresentado bons resultados, mas não foi implementado. Segundo BONET (2002) a incorporação de resíduos de areia de fundição ao asfalto de concreto betuminoso usinado a quente é viável tecnicamente e ambientalmente.

Para a utilização em bloco de concreto a empresa Y diz que possui baixa resistência, quebrando-se facilmente. A baixa resistência é devido a granulometria que é menor do que a areia convencional, apresenta uma área superficial maior necessitando de mais cimento para manter a mesma resistência mecânica. A trabalhabilidade também diminui devido a presença das argilas, o que implica num maior consumo de água (ARMANGE et al, 2005).

4.5.2.6 Descarte das areias de moldagem

O descarte em aterros industriais na cidade de Curitiba gera custo de R\$ 118,00 por tonelada de areia, dos quais R\$ 23,00 são de transporte. O descarte em

aterros, se for mantido a quantidade de metal vazado e os procedimentos de moldagem, para cada tonelada que é descartada a mesma quantidade de areia nova deve ser reposta, o que implica no alto consumo desta matéria-prima.

A empresa X tem projeto para construção de aterro industrial classe II que diminuiriam os custos em aproximadamente 52,6%, desconsiderando transporte.

Na empresa W, a areia a verde é armazenada no pátio enquanto que as areias ligadas são destinadas a aterros controlados. A separação é um procedimento adequado para evitar o aumento de volume contaminado.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Resíduos sólidos são recursos sólidos ou pastosos originados seja do processo de produção ou de restos de objetos, produtos, serviços que estão no lugar errado e na hora errada, que por motivos tecnológicos ou econômicos não estão sendo reaproveitados e quando descartados causam impactos ambientais, e socioeconômicos.

A divisão entre questionário exploratório e questionário complementar serve de modelo para que outro tipo de resíduos possa ser aprofundado quanto a questão do seu reaproveitamento..

As fundições pesquisadas são de pequeno e médio porte. Há uma capacidade de fusão ociosa nas fundições pesquisadas que possibilita crescimento de 80,9 % em Ponta Grossa.

As empresas X, Y , W e T utilizam fornos de indução para seus processos de fusão que corresponde a 79,32 % da capacidade nominal das empresas pesquisadas implicando na dependência de energia elétrica.

Parte dos insumos provém de outros estados e de outros países, apesar dos custos serem maiores e da existência de fornecedores estaduais. Cabendo investigar os motivos, porém se demonstra a necessidade de se desenvolver fornecedores locais.

As fundições empregam moldagem em areia a verde e areia ligada quimicamente quase nas mesmas proporções, o que possibilita um estudo para diminuição da toxicidade.

A tendência em Ponta Grossa é a utilização dos resíduos internamente, no mesmo processo ou em outro, modificando processos e projetos de moldes, entretanto os atuais processos de recuperação de areia ainda são insuficientes para diminuir drasticamente os excedentes das areias de moldagem, o que possibilita seu

uso em outros produtos por outras empresas de outros setores ou no mesmo setor por outras fundições.

A concentração das fundições, a vinda de uma Siderúrgica para a cidade de Ponta Grossa, as Universidades, Faculdades, Senai e pesquisas na área de fundição entre outros, indicam a possibilidade do estabelecimento de um arranjo produtivo local.

A grande quantidade de resíduos de areia de moldagem gerado (1735 t/mês equivale a areia das empresas Y e Z.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Identificar as características das areias de moldagens nos aterros industriais a fim de analisar a viabilidade de seu reaproveitamento.

Analisar os motivos da ociosidade das fundições em Ponta Grossa.

REFERÊNCIAS

ABIFA. **Anuário Abifa 2006**, São Paulo. 2006a.

ABIFA. **Índices de mercado**: pessoal empregado. Disponível em < http://www.abifa.org.br/indices_de_mercado_do.php?id=7 >. Acesso em 01 de junho de 2006 b.

ABIFA. Disponível em < http://www.abifa.org.br/indices_prd_regional.asp >. Acesso em 16 de dezembro de 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001:2004

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

ARMANGE, Luciana Cristina et al. Utilização de areia residual para uso em argamassa. **Revista Matéria** nº1 v 10, 2005

BACK, N.elson. **Metodologia de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983

BARBIERI, J.C. **Desenvolvimento e meio ambiente**: As estratégias de mudanças da agenda 21. 6ª ed. Petrópolis: Vozes, 2003.

BELLO, Célia Vieira Vitali. **Zeri**: uma proposta para o desenvolvimento sustentável, com enfoque na qualidade ambiental voltada ao setor industrial. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -. Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. Disponível em < <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/bello/#A> >. Acesso em 24 out. de 2004.

BOFF, L. **Ecologia**: grito da terra grito dos pobres. Rio de Janeiro: Sextante, 2004.

BIDONE, F.R.A. **Metodologia e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: ABES (Associação de Engenharia Sanitária e Ambiental). 1999.

BONET, Ivan Hideraldo. **Valorização do Resíduo areia de fundição (RAF)**: incorporação nas massas asfálticas do tipo CBUQ. 2002. Dissertação (Mestrado em

Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.

CALDEIRA, Jorge. **O primeiro fundidor do Brasil**. Revista fundição e Serviços. Aranda Editora.. Ano 15 nº14 fevereiro de 2005.

CAPRA, F. **As conexões ocultas**: Ciência para uma vida sustentável Tradução Marcelo Brandão Cipolla, 2ª ed. São Paulo, Ed. Cultrix 2002.

CARDOSO, Ana Lúcia F.C. **Simples**: como aplicar a legislação na prática do dia a dia. Rio de Janeiro: COAD. 2006.

CETESB. **Reuso da areia de fundição e reciclagem dos resíduos da recuperação**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/producao_limpa/casos/caso23.pdf> . Acesso em 28 fevereiro de 2006. 2003.

_____. **Casos de sucesso**. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/producao_limpa/casos/caso01.pdf>. Acesso em 31 de maio de 2006 b.

COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE DA ABIFA. **Manual de Regeneração e Reuso de Areias de Fundição**. São Paulo: ABIFA. 1999.

CONAMA. **Lei 6938**. Obtido em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em 14 de nov de 2006

D'ÉLBOUX, Francisco Augusto. A diminuição do descarte de areias de fundição. **Revista FS Fundição e serviços**. São Paulo. Out- 2001.

DIEHL, Marlos Dias. **Planejamento da regeneração de areias de fundição**. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. São Paulo Brasil. Metalurgia e Materiais volume 54 nº 475. Abril de 98.

DÖTSCH, V.E. Fornos elétricos para fusão, espera e vazamento. **Revista Fundição e serviços**. Out-2005

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

FILHO, Arlindo Villaschi; LIMA, Eliene dos Santos. **Arranjo produtivo metalmecânica/Es**. Disponível em <http://scholar.google.com/scholar?hl=em&lr=&q=cache:Ur0ghdV_nzAJ:www.finep.gov.br/estudos/arquivos/arranjos/arranjos>

14_eemm_es.pdf + aproveitamento+de+areias+de+fundi%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em 20 de out de 2005

FOLADORI, G. **Limites do desenvolvimento Sustentável**. Tradução Marise Manoel. Campinas: Editora da Unicamp, 2001.

FORMOSINHO et al. **Parecer Relativo ao Tratamento de Resíduos Industriais Perigosos**. 2000. Disponível em <<http://paginas.fe.up.pt/~jotace/cci/Relatorio/Rcom.pdf>>. Acesso em 20 de outubro.

GLELLISSEN, H. Redução da areia verde reduz custos das fundições. **Revista FS Fundação e serviços**. São Paulo. ano 13 nº124 abr 2003

GUIA QUATRO RODAS. **Rodoviário: Todas as cidades do Brasil**. São Paulo: Ed Abril. 2004.

GROTT, J.M. **Meio ambiente do Trabalho: prevenção a Salvaguarda do trabalhador**. Curitiba:Juruá, 2003.

HÜEBLIN, H.J. **Modelo para a aplicação da metodologia Zeri**: Sistema de aproveitamento integral da biomassa de árvores de reflorestamento. 2001. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em tecnologia, CEFET-PR, Curitiba. Disponível em < www.ppgte.cefetpr.br/dissertações/2002/hans.pdf>. Acesso em: 19 abr.2003.

INDEZEICHAK, Vilmar. **Análise do controle estatístico da produção**: empresa de pequeno porte. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) . Programa de pós graduação em Engenharia de Produção. UTFPR. Ponta Grossa.

IPARDES. **Leituras geográficas**: Mesorregião Centro-Oriental paranaense. 2004. Disponível em <http://www.ipardes.gov.br/pdf/leituras_regionais/leituras_reg_mesocentro_oriental_pdf> . Acesso em 01 de junho de 2006

LAKATOS, E.M; MARCONI, M. de A. **Fundamentos da Metodologia Científica**, 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2001

BRASIL. **Lei 9985**. Obtido em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm .>. Acesso em 19 de outubro de 2003.

LEITE, J.R.M. **Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial**. São Paulo: Revista dos tribunais, 2000.

LEMOS, Ângela Denise da Cunha. **A produção Mais Limpa Como geradora de Inovação e competitividade: o caso da fazenda Cerro do Tigre.**1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de administração). Programa de Pós-Graduação em Administração, UFRS. Porto Alegre.

LENCINA, Diovani Castold. **Fabricação rápida de ferramentas produzidas por esteleografia e recobertas com níquel-fósforo depositadas por eletroless-com:** .Estudo de caso em moldagem de plástico por injeção e fundição em areia aglomerada por resinas do tipo caixa fria,2004 .Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de pós-graduação em Engenharia de Mecânica, UFSC, Florianópolis.

LUCA, Francisco Javier de. **Modelo de Cluster Eco-industrial de desenvolvimento regional: o pólo da mineração de carvão no sul de Santa Catarina.** 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de produção). Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

LUSTOSA. M.C. et al. **Política Ambiental. In Economia do Meio ambiente: Teoria e Prática.**Rio de Janeiro: Elsevier,2003.

MAIMON, Dalia. **Passaporte Verde: Gerência ambiental e competitividade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

MARINHO, Maerbal Bittencourt. **Novas relações do sistema produtivo/meio ambiente: do controle à prevenção da poluição.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. UFBA. Salvador. http://www.teclim.ufba.br/curso/monografias/novas/Dissertacao_Maerbal.pdf. Acesso em 10 de set de 2005.

MARINHO, M. & KIPERSTOK, Asher (2001) - **Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional.** Obtido em <http://www.sei.ba.gov.br/publicacoes/bahia_analise/analise_dados/pdf/popambient_2/pag_271.pdf>. Acesso em 11 de maio de 2005.

MARQUES, G. L. A reengenharia de Processo de negócios in: **Manufatura Integrada por computador: Sistemas integrados de Produção: Estratégia, Organização, Tecnologia e Recursos Humanos.** Rio de Janeiro: Campus, 1995.

- MATOS, Stelvia Vigolvin. **Alternativas de minimização de resíduos na indústria de fundição**. FS Fundição e Serviços, São Paulo, ano 13, nº 115. julho. 2002.
- MELLO, M.C.A.de.; NASCIMENTO, L. P. **Produção Mais Limpa: Um Impulso para a Inovação e a Obtenção de Vantagens Competitivas**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, .XXII, 2002. Anais...Curitiba: ENEGEP ,2002 . 1CD.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **LEI Nº 6.938, DE 31.08.81** <http://www.mct.gov.br/legis/leis/6938_81.htm>. Acesso em 10 de junho de 2005.
- MONTIBELLER-FILHO, Gilberto. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Florianópolis: Ed da UFSC, 2001.
- MROUEH, Ulla-Maija; ESKOLA ,Paula; LAINE-YLIJOKI Jutta. **Life-cycle impacts of the use of industrial by-products in road and earth construction**. Waste Management, nº 21. Issue 3, junho de 2001. Disponível em: <WWW.SCIENCEDIRECT.COM>. Acesso em 11 set de 2004.
- OLIVEIRA FILHO, Francisco Adones de. **Aplicação do conceito de Produção Limpa: estudo em uma empresa metalúrgica do setor de transformação do alumínio**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de pós graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. Disponível em <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/3923.pdf>>. Acesso em 15 de out de 2004
- ORTEGA, E. **Análise emergética** : uma ferramenta para quantificar a sustentabilidade dos agro ecossistemas. Disponível em <[http:// www.oestadoacre.com. Br /Artigo/08_08artigo.htm](http://www.oestadoacre.com.Br/Artigo/08_08artigo.htm) >. Acesso em 20 de set de 2004
- PAULI, G. **UPSIZING**: como gerar mais renda criar mais postos de trábalo e eliminar a poluição Tradução Andréa Caleffi, 3ª ed. Porto Alegre: Fundação Zeri Brasil/L&PM, 1999.
- POLZIN, H. E; TILCH, W. **Recuperação mecânica da areia aglomerada pelo processo de silicato de sódio**. Revista fundição e Serviços. Aranda Editora. Ano 15 nº150 junho de 2005.

- PROENÇA, Adriano. Estratégia, Reengenharia e Integração. In: PROENÇA et al. **Manufatura Integrada por Computador**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- REDE DE TECNOLOGIA DA BAHIA. **Resposta técnica**. Disponível em. <<http://sbtr.ibict.br/upload/sbtr2837.pdf?PHPSESSID=cd82aed14e5c34b2ba67a88e94878275>>. Acesso em 31 de maio de 2006.
- SALAZAR FILHO, Homero de Oliveira. **Aplicação da metodologia de produção mais limpa através dos círculos de controle da qualidade – cqq** em uma indústria do setor metal mecânico-estudo de caso. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis. Disponível em <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/6335.pdf>> .
- SCHEUNEMANN, Ricardo. **Regeneração de areia de fundição através de tratamento químico via processo fenton**. Disponível em <www2.enq.ufsc.br/teses/m130.pdf>. Acesso em 28 fev. de 2005.
- SIEGEL, Miguel. **Curso de Fundição**. São Paulo: ABM. 1972
- SILVA, Luiz César Ituassu. **Fundição**. Universidade Federal de Ouro Preto, [19--?]
- SILVA, M. A. R. Economia dos Recursos Naturais in: **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- SPIILNER, A. **Projeto viabiliza a regeneração de areia de silicato de sódio/dióxido de carbono**. Fundição e Serviços. Jan. 2001.
- TEIXEIRA, Eglé Novaes. **Resíduos sólidos: minimização e reaproveitamento energético**. 2000.
- TEIXEIRA, E.N.; BIDONE, F.R.A. Conceitos Básicos. In: **Metodologia e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro : ABES (Associação de engenharia Sanitária e Ambiental). 1999.
- TEIXEIRA, B.A .N ; ZANIN, M. Reciclagem e reutilização de embalagens in: **Metodologia e Técnicas de minimização, Reciclagens e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- UEPG. **Dicionário Histórico dos Campos Gerais**. Disponível em <<http://www.uepg.br/dicion/index.html>> . Acesso em 18 de nov de 2004

UNEP **Declaração Internacional sobre Produção Mais Limpa**. Disponível em <<http://www.uneptie.org/pc/cp/declaration/Pdfs/portuguese.pdf> >. Acesso em: 20 maio 2003a.

UNEP . Disponível em < <http://www.uneptie.org/pc/pc/tools/cleanerproduction.>>. Acesso em 20-maio-2003b.

UNEP. Key elements. Disponível em <[www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home . htm](http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm) >. Acesso em: 19 abr. 2003c.

VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade Ambiental: ISO 14 000**. São Paulo: SENAC, 2002.

WACHHOLS, F.D. **Barometro de Gestão Ambiental em empresas do estado do Paraná – Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. URB.

APÊNDICE A – EMPRESAS DO SETOR METAL MECÂNICO NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS

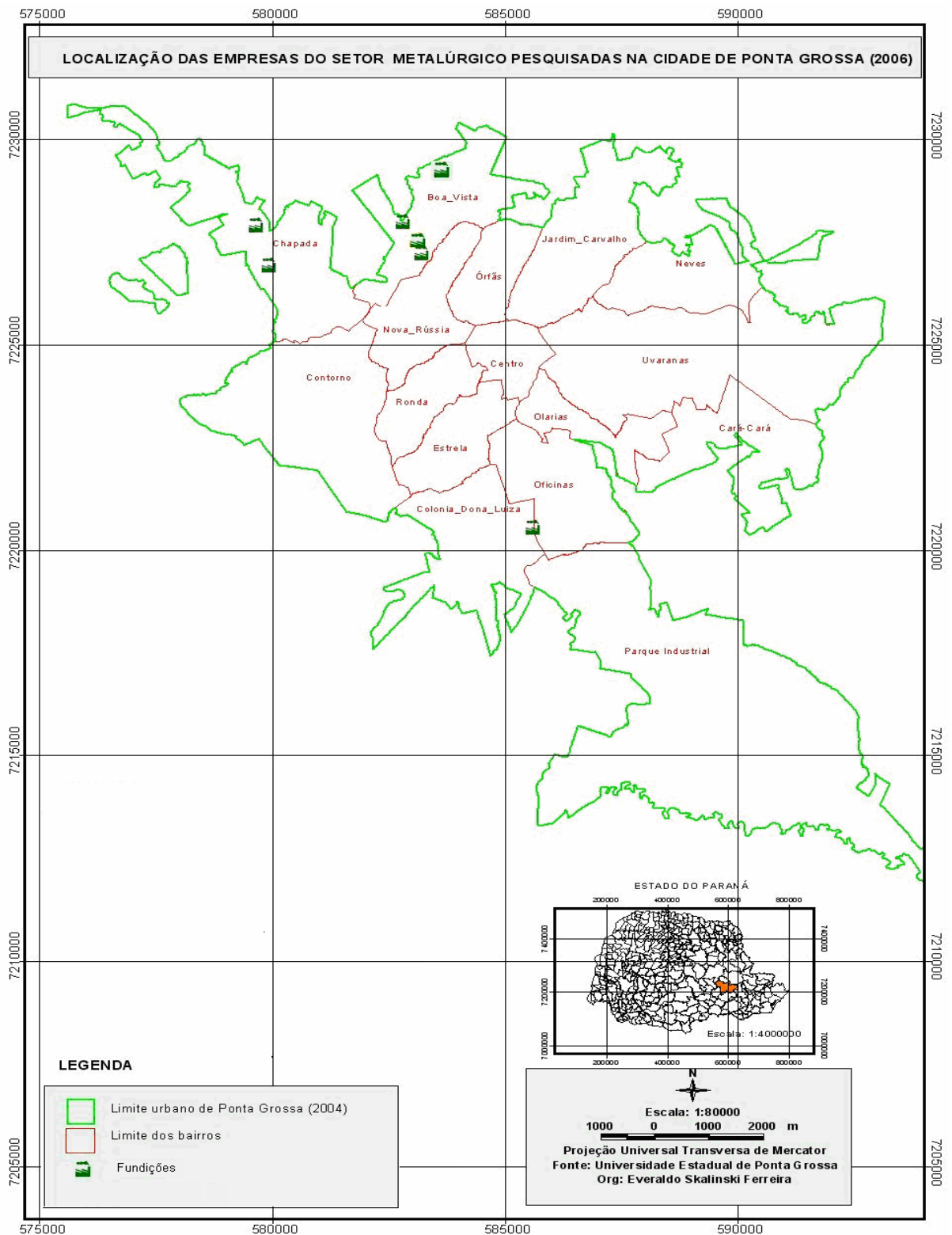
Nº	Empresa	Localização
1	Alumínio Genial Ltda	Campo Largo
2	Alumínio Guarany Ltda	Campo Largo
3	Bigorna Indústria Metalúrgica Ltda	Ponta Grossa
4	Fundibem Fundição e Usinagem de Metais LTDA	Ponta Grossa
5	Fundição Hübner LTDA	Ponta Grossa
6	Fundição Impar	Ponta Grossa
7	Fundição Muricy (ITESA)	Palmeira
8	Fundição Sunpama	Ponta Grossa
9	G C Waiga e Implementos Agrícolas	Ponta Grossa
10	Imsulpar Indústria Metalúrgica Sul Paraná LTDA	Ponta Grossa
11	Inca Indústria Metalúrgica LTDA	Ponta Grossa

12	Ind Schwarz S/A	Ponta Grossa
13	Industant do Brasil	nd
14	Indústria de Maquinas Agrícolas Goolstart LTDA	Carambei
15	Indústria de Móveis de Aço RCH LTDA	Ponta Grossa
16	Indústria Metalúrgica Iner Ltda	Telêmaco Borba
17	Indústria Metalúrgica Moria	Carambei
18	Indústria Metalúrgica Rio Pequeno	Piraí do Sul
19	Ippel Equipamentos Ltda	Piraí do Sul
20	Metalprin Indústria Metalúrgica LTDA	nd
21	Metalsilva Indústria e Comércio Metalúrgica de Componentes Automotivos LTDA	nd
22	Metalúrgica Antunes LTDA	Ponta Grossa
23	Metalúrgica Balena LTDA	Ponta Grossa
24	Metalúrgica Bobbofer	Ponta Grossa
25	Metalúrgica e Montagens Industriais Metalpél	nd
26	Metalúrgica Edwvirgs	Ponta Grossa
27	Metalúrgica Ferreira LTDA	nd

28	Metalúrgica Glive LTDA	nd
29	Metalúrgica Gobbo LTDA	Ponta Grossa
30	Metalúrgica Graboski	Ponta Grossa
31	Metalúrgica Hilgemberg LTDA	Ponta Grossa
32	Metalúrgica Industrial Bosch LTDA	Lapa
33	Metalúrgica Laub LTDA	Ponta Grossa
34	Metalúrgica Mercosul	nd
35	Metalúrgica Metalpark LTDA	Ponta Grossa
36	Metalúrgica Metaltel	Ponta Grossa
37	Metalúrgica Monte Alegre LTDA	nd
38	Metalúrgica Pitanguí Ltda	Ponta Grossa
39	Metalúrgica Ponta Grossa	Ponta Grossa
40	Metalúrgica San Rafael Ltda.	nd
41	metalúrgica Santa Cecília S/A	Ponta Grossa /
42	Metalúrgica Santo Expedito	nd
43	Metalúrgica Schiffer S/A (máquinas e peças)	Ponta Grossa
44	Metalúrgica Schiffer S/A (carrocerias)	Ponta Grossa
45	Metalúrgica Schuebel Ltda	nd
46	Metalúrgica Schwab Ltda	Ponta Grossa
47	Metalúrgica Sooma Industrial e Comercio Metalúrgica de Ltda	Ponta Grossa / PR
48	Metalúrgica Thor LTDA	Ponta Grossa

49	Metalúrgica Woiczak Ltda	nd
50	Metalúrgica Zenker LTDA	Rio Negro
51	Profarol Indústria metalúrgica LTDA	Ponta Grossa
52	Tecmon Fabricação de Equipamentos e Montagens Industriais	Ponta Grossa
53	W3 Indústria metalúrgica LTDA	Ponta Grossa
54	Watanabe Máquinas Agrícola Indústria e Comércio LTDA	Castro /info@watanabe.com.br
55	Funditec Fundição e modelação industrial Ltda	Ponta Grossa

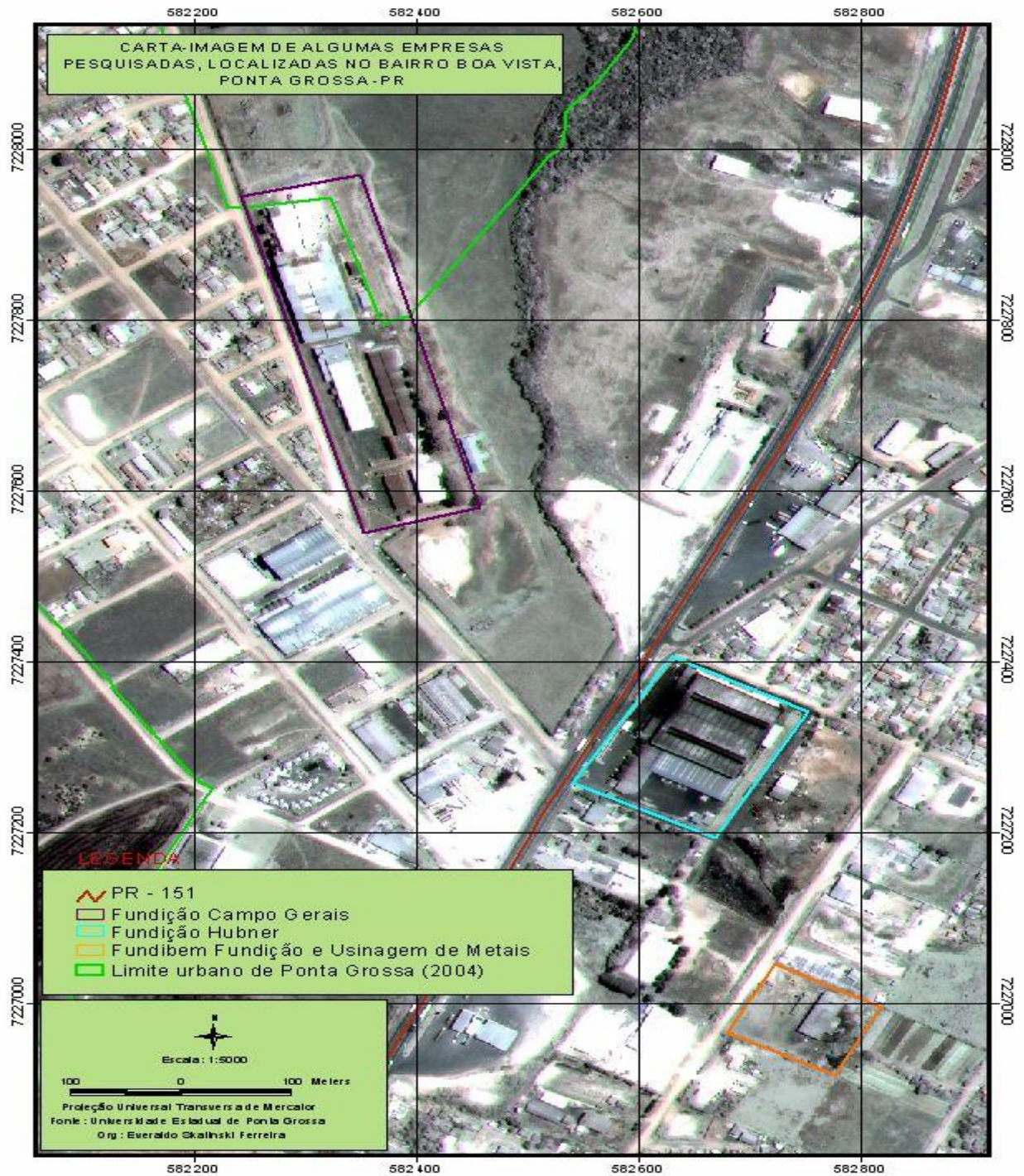
APÊNDICE B – MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS DE FUNDIÇÃO



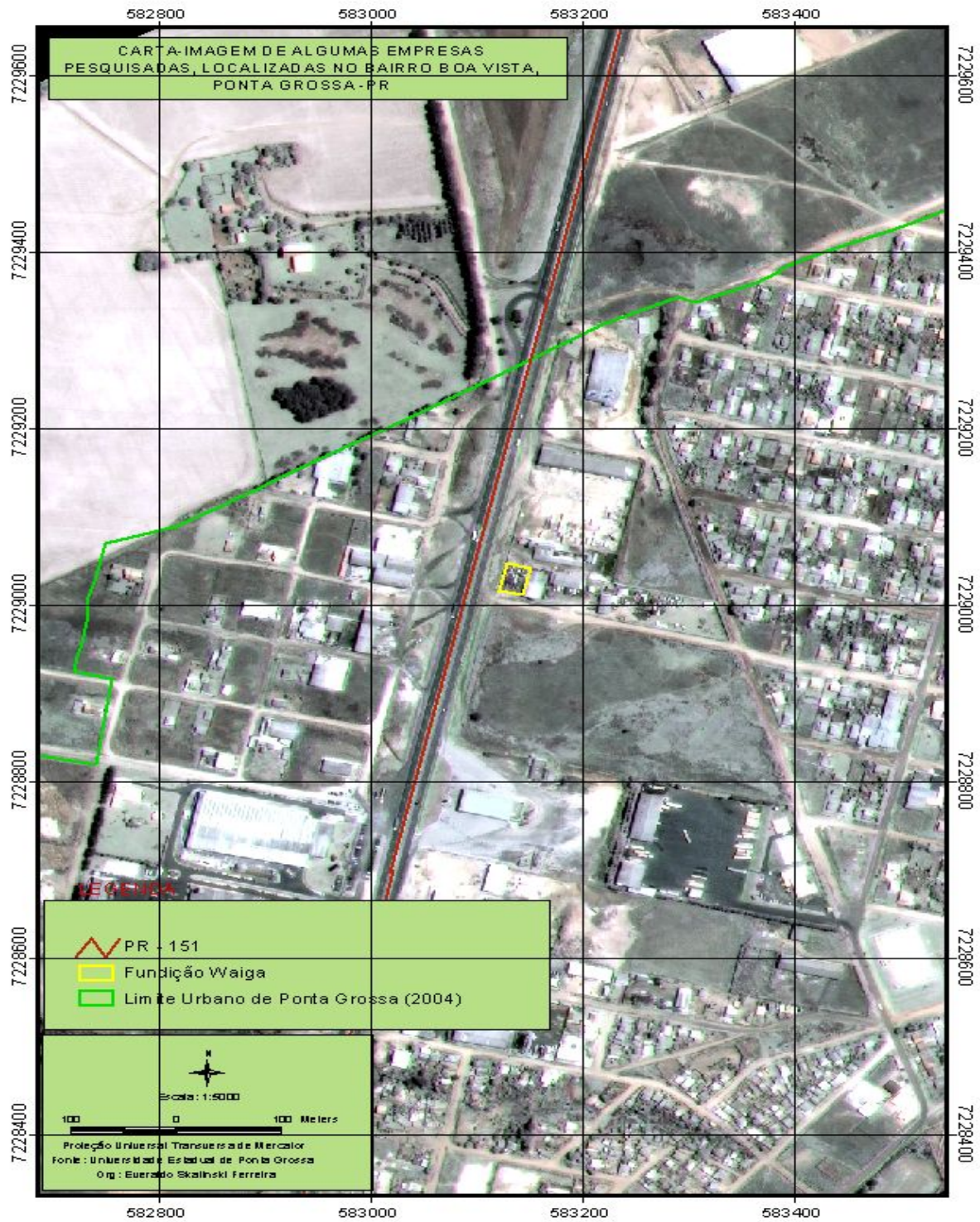
APÊNDICE C: COORDENADAS UTILIZADAS PARA ELABORAÇÃO DO MAPA MOSTRANDO EMPRESAS DE FUNDIÇÃO

EMPRESA	X	Y	ELEVAÇÃO
Fundição Hubner	582543	7227254	952
Fundição Hubner, unidade Impar	583365	7227555	942
Fundição Funpama	579588	7226705	945
Fundição Waiga	583126	7226063	921
Metalurgica Santa Cecilia	585212	7220409	902
Fundibem Fundição e Usinagem de Metais	582714	7227029	937
Metalúrgica Schiffer	579414	7227651	938

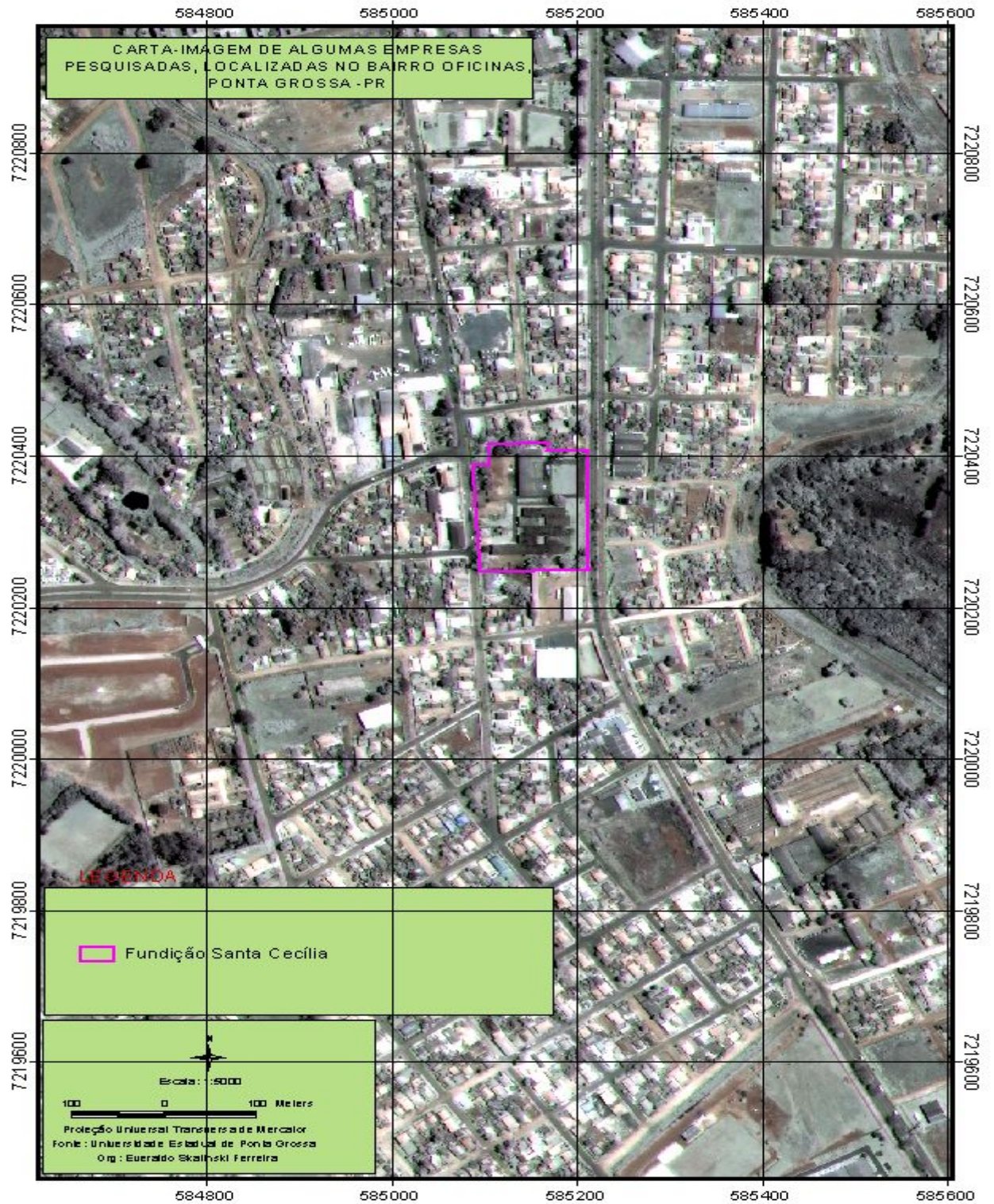
APENDICE D1 - CARTA IMAGEM: EMPRESAS HUBNER, CAMPOS GERAIS (ATUAL HUBNER – UNIDADE IMPAR) E FUNDIBEM



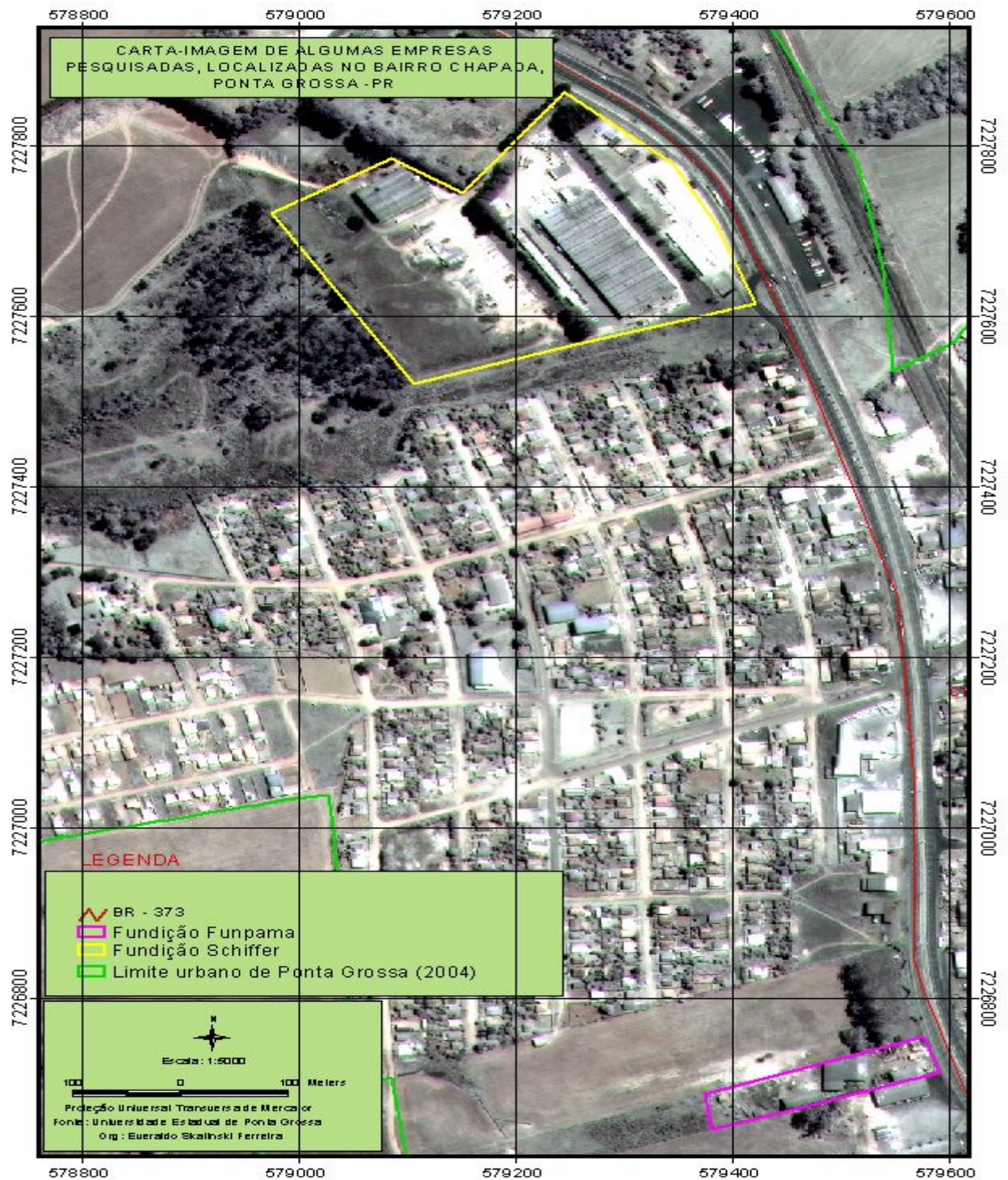
APÊNDICE D2 – CARTA IMAGEM: FUNDIÇÃO WAIGA



APENDICE D3 - CARTA IMAGEM: METALÚRGICA SANTA CECÍLIA



APENDICE D4 – CARTA IMAGEM: FUNDIÇÃO FUMPAMA E METALÚRGICA SCHIFFER



APÊNDICE E1 – QUESTIONÁRIO EXPLORATÓRIO

INSTRUÇÕES

1. Antes de iniciar o preenchimento leia com atenção todas as perguntas do tópico a ser respondido.
2. Em caso de dúvida da pergunta, anote na última página.
3. Dados complementares e sugestões devem ser anotados na última página do questionário, indicando o item correspondente.

1. IDENTIFICAÇÃO

Empresa:	
Endereço (Rua, Bairro, Cidade, Estado, País):	
Data de fundação: ___/___/___	CEP:
Nome do Funcionário: _____	Cargo:
Data da visita: ___/___/___	Hora da Visita:
Horário de Funcionamento:	Nº de Funcionários:
Nº de dias parada anualmente:	Quantidade vazada: t/mês
Capacidade de produção: t/mês	
Metais com que trabalha	Quantidade vazada [t/mês]

2. FORNOS

Tipo	Capacidade Nominal [Kg/h]	Quantidade [Kg/h]	Liga Preferencial	Produção Média [Kg/h]	Escória [Kg/h]	Consumo de Refratário [Kg/mês]

OBS:

PROCESSOS DE MOLDAGEM E MACHARIA

3. INSUMOS

Insumos		Quantidade [kg/mês]	Custo (matéria prima e transporte) [R\$/kg]	Frequência de chegada (ex. 1x por mês)	Quantidade destinada à moldagem ¹ ([Kg] , [%])	Quantidade destinada a macharia ¹ ([Kg] , [%])	Fornecedor(es) (empresa, cidade, estado, país)
Areias	Sílica						
	Cromita						
	Outros (especificar)						
Bentonitas	Sódica						
	Cálcica						
	Outros (especificar)						
Pó de madeira							

Resina Fenólica						
Resina Furânica						
Catalisadores						
CO ₂						
Tintas para Machos: _____ (especificar)						
Inoculante						
Nodularizante						
Escorificante						
Massa Refratária						
Ferro Gusa						

Sucata						
Discos de desbaste						
Disco de corte						
Rebolos						
Tintas para peças						
2						
2						

¹- Onde for aplicável

² - Favor completar com outros produtos utilizados no processo de fundição ou para acabamento das peças

4.RESÍDUOS

Tipos	Quantidade enviada a aterros [Kg/mês]	Quantidade reaproveitada internamente [Kg/mês]	Quantidade reaproveitada externamente [Kg/mês]
Rebarbação			
Corte de Canais			
Areias de moldagem			
Refratários			
Rebolos			
Escória			

5. Serviços realizado por terceiros?

() rebarbação _____ [Kg/mês] () outros _____ [Kg/mês]

APÊNDICE E2 – QUESTIONÁRIO COMPLEMENTAR

INSTRUÇÕES

1. Antes de iniciar o preenchimento leia com atenção todas as perguntas do tópico a ser respondido.
2. Em caso de dúvida da pergunta, anote na última página.
3. Dados complementares e sugestões devem ser anotados na última página do questionário, indicando o item correspondente.

1. IDENTIFICAÇÃO

Empresa: _____

Data: __ / __ / __

2. PROCESSO DE MOLDAGEM E MACHARIA

2.1 Molde: () Areia () Coquilha () Outros _____

2.1 Machos: () Areia () Coquilha () Outros _____

3. MODELOS

Tipos de Modelo: () Madeira, () Isopor (lost form), () outros _____

4. AREIAS

Descreva as condições da areia recebida (umidade, granulométrica, etc)

São realizados ensaios? Quais?

5. MOLDES E MACHOS EM AREIA

5.1 MOLDAGEM DE AREIA

Areia Verde (AV)	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () ___ – Cromita () ___ – Zirconita () ___ – Olivina () ___ – Chamote () ___</p> <p>Aglomerante [%]: Bentonita sódica ___ Outras (descrição): _____ _____</p> <p>Aditivos [%] : Pó de Carvão _____ Outros : _____</p> <p>Quantidade de moldes produzidos em AV [t/mês]: _____</p> <p>Produção de Fundidos no processo AV [t/mês]: _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>
CO₂	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () ___ – Cromita () ___ – Zirconita () ___ – Olivina () ___ – Chamote () ___</p> <p>Aglomerante [%]: Silicato de Sódio ___ - Outros (descrição): _____</p> <p>Quantidade de CO₂ : _____</p> <p>Quantidade de moldes produzidos de CO₂ [t/mês]: _____</p> <p>Produção de Fundidos no processo CO₂ [t/mês]: _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>

Cold Box (CB)	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () _____ – Cromita () _____ – Zirconita () _____ – Olivina () _____ – Chamote () _____</p> <p>Aglomerante [%]: Resina Fenólica _____ – Resina Furânica _____ – Outros: _____</p> <p>Quantidade de moldes produzidos de CB [t/mês]: _____</p> <p>Produção de Fundidos no processo CB[t/mês]: _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>
Shell (SH)	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () _____ – Cromita () _____ – Zirconita () _____ – Olivina () _____ – Chamote () _____</p> <p>Aglomerante [%]: Resina Fenólica _____ – Resina Furânica _____ - Outros _____</p> <p>Quantidade de moldes produzidos de SH [t/mês]: _____</p> <p>Produção de Fundidos no processo SH [t/mês]: _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>

Cura Frio	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () _____ – Cromita () _____ – Zirconita () _____ – Olivina () _____ – Chamote () _____</p> <p>Aglomerante [%]: Resina Fenólica _____ – Resina Furânica _____ -</p> <p>Outros: _____</p> <p>Adivos[%]: _____</p> <p>Quantidade de moldes produzidos de _____ [t/mês] : _____</p> <p>Produção de Fundidos no processo _____ [t/mês] : _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>
Outros:	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () _____ – Cromita () _____ - Outros : _____</p> <p>Aglomerante [%]: Resina Fenólica _____ – Resina Furânica _____ -</p> <p>Outros: _____</p> <p>Adivos[%]: _____</p> <p>Quantidade de moldes produzidas de _____ [t/mês] : _____</p> <p>Produção de Fundidos no processo _____ [t/mês] : _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>

5.2 MACHOS EM AREIA

Areia Verde (AV)	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () ____ – Cromita () ____ – Zirconita () ____ – Olivina () ____ – Chamote () ____</p> <p>Aglomerante [%]: Bentonita sódica ____ Outras (descrição): _____ _____</p> <p>Aditivos [%] : Pó de Carvão ____ Outros : _____</p> <p>Quantidade de machos produzidos em AV [t/mês]: _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>
CO₂	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () ____ – Cromita () ____ – Zirconita () ____ – Olivina () ____ – Chamote () ____</p> <p>Aglomerante [%]: Silicato de Sódio ____ - Outros (descrição): _____</p> <p>Quantidade de CO₂ : _____</p> <p>Quantidade de machos produzidos de CO₂ [t/mês]: _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>
Cold Box (CB)	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () ____ – Cromita () ____ – Zirconita () ____ – Olivina () ____ – Chamote () ____</p> <p>Aglomerante [%]: Resina Fenólica ____ – Resina Furânica ____ – Outros: _____</p> <p>Quantidade de machos produzidos de CB [t/mês]: _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>

Shell (SH)	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () _____ – Cromita () _____ – Zirconita () _____ – Olivina () _____ – Chamote () _____</p> <p>Aglomerante [%]: Resina Fenólica _____ – Resina Furânica _____ - Outros _____</p> <hr/> <p>Quantidade de machos produzidos de SH [t/mês]: _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>
Cura Frio	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () _____ – Cromita () _____ – Zirconita () _____ – Olivina () _____ – Chamote () _____</p> <p>Aglomerante [%]: Resina Fenólica _____ – Resina Furânica _____ - Outros: _____</p> <p>Adivos[%]: _____</p> <p>Quantidade de machos produzidos de _____ [t/mês] : _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>
Outros:	<p>Areia Base [t/mês]: Sílica () _____ – Cromita () _____ - Outros : _____</p> <p>Aglomerante [%]: Resina Fenólica _____ – Resina Furânica _____ - Outros: _____</p> <p>Adivos[%]: _____</p> <p>Quantidade de machos produzidos de _____ [t/mês] : _____</p> <p>Consumo: _____ Kg de areia / kg de metal vazado</p>

6. VARREÇÃO (LIMPEZA DE PÁTIO, MOLDAGEM, MACHARIA, ETC), FINOS

<p>Varreção (limpeza de pátio, moldagem, macharia, etc).</p>	<p>Qual a freqüência de coleta?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>Qual a quantidade coletada por mês?</p> <p>_____</p>
	<p>É realizada separação entre os finos coletados? SIM () – NÃO ()</p> <p>(SE SIM) Como é realizada a separação?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>Qual a quantidade coletada por mês _____</p>
	<p>Onde os finos são armazenados? _____</p>
	<p>Qual o destino dos finos coletados? _____</p>
	<p>Os finos coletados passam por alguma forma de tratamento e qual?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>_____</p>
	<p>_____</p>
	<p>_____</p>

Finos de areia de moldagem	Forma de coleta: Filtro de Manga () – Varreção () – Na desmoldagem () – Outras (especificar): _____
	Descrever o processo de coleta: _____ _____ _____
	Qual a frequência de coleta? _____
	Qual a quantidade coletada por mês? _____
	É realizada separação entre os finos coletados? SIM () – NÃO () (SE SIM) Como é realizada a separação? _____ _____ _____ _____
	Onde os finos são armazenados? _____
	Qual o destino dos finos coletados? _____
	Os finos coletados passam por alguma forma de tratamento e qual? _____ _____ _____ _____ _____ _____

Finos de areai de macharia	Forma de coleta: Filtro de Manga () – Varrição () – Na desmoldagem () – Outras (especificar): _____
	Descrever o processo de coleta: _____ _____ _____ _____ _____
	Qual a freqüência de coleta? _____
	Qual a quantidade coletada por mês? _____
	É realizada separação entre os finos coletados? SIM () – NÃO () (SE SIM) Como é realizada a separação? _____ _____ _____ _____
	Onde os finos são armazenados? _____
	Qual o destino dos finos coletados? _____ _____
	Os finos coletados passam por alguma forma de tratamento e qual? _____ _____ _____

7.RECUPERAÇÃO/ REGENERAÇÃO DE AREIAS

<p>A empresa recupera ou regenera areia</p> <p>() Sim () Não</p> <p>Se não por quê?</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 10px 0;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 10px 0;"/> <p>Se sim preencha os quadros abaixo:</p>

7.1 RECUPERAÇÃO/REGENERAÇÃO DE AREIAS DE MOLDAGEM

Areia Verde	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]: _____</p> <p>Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>
--------------------	--

Cold Box	<p>() Regeneração _____ [%] , Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>
CO₂	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>

SCHELL	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/> <p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>
Cura a frio	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/> <p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>

Outros	() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:
	_____ Custos [R\$]: _____
	Descrição do processo de regeneração:

	() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____
	Descrição de processo de recuperação:

7.2. RECUPERAÇÃO/ REGENERAÇÃO

Caso a empresa não separe areias de moldagem e macharia para recuperação/ regeneração responda o item 7.2.3

7.2.1 MOLDES EM AREIA

Areia Verde	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]: _____</p> <p>Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
Cold Box	<p>() Regeneração _____ [%] , Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

CO₂	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/> <p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$] _____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>
SCHELL	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/> <p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$] _____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>

Cura a frio	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>
Outros _____	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>

7.2.2 MACHOS EM AREIA

Areia Verde	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]: _____</p> <p>Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
Cold Box	<p>() Regeneração _____ [%] , Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

CO₂	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/> <p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$] _____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>
SCHELL	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/> <p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$] _____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>

Cura a frio	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>
Outros _____	<p>() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:</p> <hr/> <hr/> <p>_____ Custos [R\$]: _____</p> <p>Descrição do processo de regeneração:</p> <hr/> <hr/>
	<p>() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____</p> <p>Descrição de processo de recuperação:</p> <hr/> <hr/>

7.2.3 MOLDAGEM E MACHARIA

Especificar o tipo de moldes e machos;	() Regeneração _____ [%], Investimentos (máquinas, equipamentos, etc) [R\$]:
	_____ Custos [R\$]: _____
	Descrição do processo de regeneração:
	() Recuperação _____ [%], Custos [R\$]_____
	Descrição de processo de recuperação:

8. PREVENÇÃO/REDUÇÃO

A empresa procurou diminuir o volume de excedentes de areias gerados ou a toxicidade?

() Sim () Não

Se **não** por quê?

Se **sim** como:

() modificação no projeto dos moldes/produtos. Descrição (Especifique o tipo de areia, o objetivo (se diminuição de volume ou toxicidade), como, quando, custos,

etc) :

Resultados (quantidade.....):

() modificação processo. Descrição (Especifique o tipo de areia, se tem por objetivo diminuição de volume ou toxicidade, como, quando, custos, etc):

Resultados (quantidade.....):

Outros:

9. REAPROVEITAMENTO EXTERNO EXCESSO DA AREIA - DESCARTE

9.1 Reaproveitamento externo

Se a empresa fornece a areia para terceiros responda.

Qual empresa : _____

Quantidade [t/mês]?: () Areia verde _____[t/mês], () Cold Box _____ [t/mês],

CO₂ () _____[t/mês], outros : _____[t/mês]

Com que finalidade esta utiliza:

Preço de venda [R\$]: _____

Se não fornece areias para terceiros responda?

Já foi tentado?

() sim () não

Se a resposta for sim, quais os motivos que levaram a não utilização por terceiros (por exemplo, ineficiência do processo, falta de tecnologia, custos, etc)

9.2. Co-Processamento

A empresa co-processa os resíduos de areia?

() sim () não

Se sim responda:

Qual o tipo de areia, a quantidade, a empresa e os custos [R\$/ton] ?

Se não

Por quê?

9.3 Descarte

Se a empresa destina a aterros responda:

Qual a quantidade da areia de moldagem?

() Areia verde _____ [t/mês], () Cold Box _____ [t/mês],

CO₂ () _____ [t/mês], () _____

A empresa não separa os excedentes dos processos e descarta _____ [t/mês],

outros: _____ [t/mês]

Qual é a classificação da areia descartada (favor preencher as tabelas abaixo)?

Areia de moldagem

	Classificação	Norma de referencia	Empresa responsável pela classificação
Areia verde			
Cold Box			
Shell molding			
Outros			

Macharia

	Classificação	Norma de referencia	Empresa responsável pela classificação
Areia verde			
Cold Box			
Shell molding			
Outros			

Qual o custo (transporte, mão de obra, aterro) [R\$]: _____

A empresa realiza algum tratamento antes de enviar para aterros? () Sim () não

Se sim descreva: areia de qual processo, que tipo de tratamento é realizado , porque onde(empresa , cidade), qual (is) o(s) custo(s)?

11. PESQUISAS/PARCERIAS

1- A empresa realiza pesquisa com ou tem parcerias com Instituições/empresas no intuito de melhorar seu processo produtivo para prevenir a geração de resíduos ou seu aproveitamento?

() Sim () Não

Se a resposta do item 1 for **sim** responda os itens 4,5,6 e 7:

2 - Que empresa(s) /instituições(s) (cite também a localidade)?

3 -Em que (quais) área (s)? _____

Descreva? _____

4 - Quais foram os motivos que o levaram a realizar estas pesquisas:

5- Quais foram os resultados? _____

6 - Se a resposta do item 2 for **não**, por que (ex:custos, falta de incentivos,...)?

APÊNDICE F – INSUMOS

Insumos		X		Y		Z		T		W	
		Quant. [Kg/mês]	R\$/kg	Quant. [Kg/mês]	R\$/ Kg	Quant. [Kg/mês]	R\$/ Kg	Quant. [Kg/mês]	R\$/Kg	Quant.[Kg/ mês]	R\$/ Kg
1 – areias	Silica	774.080	0,089	542.195		23 250		30.000	0,038	5.000	0,04
	Shell	4.802,7		2.575							
	cromita	4386									
2- bentonitas	sódica	39.700	0,44	28.150		800		5.200	0,440		
	Importada (Argentina)	10.577	0,76	9.657,5							
3- Resina Fenólica	Resinas cura frio	10531	Parte I - 6,73 Parte II - 10,42	8748		60 l (ecolotec)		25	291		
	Resinas cold box	3261		3063							
4 -Resina Furânica		3.000	Parte I - 7,68 Parte II - 11,79	4.700						2.000	
5- Pó de carvão		20743	0,59	16260		400		665	0,410		

6- Dextrina		1727,5		480							
7- Grafite		95,8	1,15	113,5				468	1,87		
8- Catalisadores	Cura frio	154,1	24,1	381,6				2,12	49,36		
	Cold Box	528,1	9,36	457,3							
9-CO ₂						125		400	1,46		
10-Tintas p/ macho		1759,5	0,98	1000				Procote creme (sílica)65	4,3	50	
								zirconio 16	5,3		
11-Massa Refratária		7.357,5	1,87	7365,5		150		153 (?)	1,12	280	
									3,69		
12- Ferro Gusa [t/mês]		300.000	0,900	192.000				cinzento 6.460	0,65		
								nodular 6.416	0,65		
13- sucata		371.000	0,550	222.000				7,5			
14-Aluminio										7000	
15-Cobre										500	
16- Escorificante		1500	1,25					73kg	1		
17- nodularizante								399	3,90		

18 - inoculante	p/ Ferro cinzento	5000						171	4,26		
	P/ Ferro nodular							103	4,26		
19 - Pó anti escoria								100			
20-Tinta para peças		1130	7,96	1000				68 (para peças Fc)	4,3		
								26	5,3		
20 - Disco de corte								44,8	4,4/Pç	3,2	
21-rebolos						4 unidades/mês		8 unidades/mês			

ANEXO A: FATOR DE MULTIPLICAÇÃO

onde ρ = densidade

m = massa

v = volume

com as densidades : tintas para machos (fonte a empresa) = 1,725 g/cm³

tintas para peças = 1,13 g/cm³