

Vanessa Cristine Silva

**SUBSÍDIOS PARA A INSERÇÃO DO DESIGN COMO ESTRATÉGICA PARA  
AGREGAR VALOR AO RESÍDUO DE SIDERÚRGICAS:  
caso do pólo industrial do Alto Paraopeba, Vale do Aço e Zona da Mata, MG**

Belo Horizonte  
Escola de Arquitetura da UFMG  
2012

Vanessa Cristine Silva

**SUBSÍDIOS PARA A INSERÇÃO DO DESIGN COMO ESTRATÉGICA PARA  
AGREGAR VALOR AO RESÍDUO DE SIDERÚRGICAS:  
caso do pólo industrial do Alto Paraopeba, Vale do Aço e Zona da Mata, MG**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Franco Pereira.

Belo Horizonte  
Escola de Arquitetura da UFMG  
2012

#### FICHA CATALOGRÁFICA

S586s

Silva, Vanessa Cristine.

Subsídios para a inserção do design como estratégia para agregar valor ao resíduo de siderúrgicas [manuscrito] : caso do pólo industrial do Alto Paraopeba, Vale do Aço e Zona da Mata, MG / Vanessa Cristine Silva. - 2012.

140f. : il.

Orientador: Andréa Franco Pereira.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Resíduos industriais - Reaproveitamento. 2. Desenho industrial. 3. Inovações tecnológicas. 4. Siderurgia. 5. Aço – indústria. 6. Desenvolvimento sustentável. I. Pereira, Andréa Franco. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 628.44



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE ARQUITETURA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO.

Monografia intitulada “Subsídios para a inserção do design como estratégica para agregar valor ao resíduo de siderúrgicas: caso do pólo industrial do Alto Paraopeba, Vale do Aço e Zona da Mata, MG”, de autoria da pós-graduanda Vanessa Cristine Silva, como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído, defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Franco Pereira. UFMG - Orientadora

---

Prof. Dr. Eduardo Cabaleiro Cortizo. UFMG

Belo Horizonte, 16 dezembro de 2011.

*Ao único ser sublime que me ensinou o maior valor estratégico da vida – “o amor incondicional”, a minha mãe Magda (in memoriam).*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Poderia dizer que tive a sorte de conviver com pessoas incríveis que estiveram sempre presentes nos momentos mais difíceis, sempre me fortalecendo e encorajando. Menciono algumas pessoas, que sem sua orientação não teria realizado esse desafio.*

*Agradeço a Deus, primeiramente, por toda minha existência.*

*O meu agradecimento eterno a minha mãe.*

*A minha família, meu pai e meu irmão. Pela tolerância de minhas ausências nos finais de semana, concentrada no meu laptop.*

*A minha querida Tia Marília, por todo carinho e força.*

*Agradeço aos colegas da pós-graduação por compartilhar o conhecimento durante o curso e pelo proveitoso convívio.*

*A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Franco pela orientação e pelo meu crescimento profissional e pessoal.*

*A Ana Maria secretária do curso pela atenção e dedicação.*

*Agradeço a amiga Maria Aparecida Antão por todo apoio e confiança.*

*A Sônia Maulais pelos seus ensinamentos, e pelo constante incentivo.*

*Agradeço a Marina Barbosa, analista ambiental da Gerdau Açominas pelo total apoio.*

*Ao amigo Cristian pela força e por me ajudar na escolha do curso.*

*A Lilian Frederico, coordenadora do Germinar Gerdau Açominas pelo entusiasmo e motivação durante todo o trabalho.*

*A todos os amigos meus sinceros agradecimentos.*

“A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado enquanto a imaginação envolve o mundo inteiro [...]” Albert Einstein

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é inserir o design no reaproveitamento de resíduos de siderúrgicas, na busca de uma inovação tecnológica para agregar valor ao subproduto gerado. Para uma melhor compreensão deste estudo é apresentada uma pesquisa bibliográfica sobre a problemática dos resíduos, e das possibilidades de se subsidiar a metodologia do design como estratégia no desenvolvimento de novos produtos. Na pesquisa são apresentados estudos sobre a indústria siderúrgica, especificamente nas regiões do Alto Paraopeba, Vale do Aço e Zona da Mata, em Minas Gerais, que são o foco na elaboração do estudo de caso, considerando sua larga geração de resíduos observados nas fases de fabricação do aço. Percebe-se que são realizados grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento, trazendo importantes frutos para as empresas, e que dentro do conceito de desenvolvimento sustentável, existe uma preocupação fortemente das usinas na definição de alternativas ambientalmente amigáveis, dos resíduos gerados nos seus processos siderúrgicos. No final uma análise das empresas do setor, mostra os procedimentos adotados no que se refere ao reaproveitamento do resíduo dentro dos processos produtivos procurando gerar um retorno financeiro positivo. Em todas as condições estudadas não foi observada a presença do design dentro do redesign de subprodutos gerados de resíduos siderúrgicos. Diante disso, o presente estudo permitiu vislumbrar a possibilidade de pesquisas futuras, abrangendo outras utilizações de aplicação dos resíduos pesquisados. Esses estudos seriam uma grande contribuição ao meio ambiente, no que tange a redução da poluição e dos recursos naturais.

Palavras-chave: Reaproveitamento de resíduos. Design. Inovação tecnológica.

## ABSTRATY

The objective of this work is to enter the design in the reuse of waste steel, in search of a technological innovation to add value to by-product generated. For a better understanding of this study is presented a bibliographical research on the issue of waste, and the possibilities to support the design methodology like a strategy to develop new products. In research studies are presented on the steel industry, specifically in the Upper Paraopeba, Steel Valley and Zona da Mata, Minas Gerais, which are the focus in developing the case study, considering its wide waste generation observed in phases manufacture of steel. Realize that they are made large investments in research and development, bringing important results for the companies, and that within the context of sustainable development, there is a strong concern of the plants in the definition of environmentally friendly alternatives, waste generated in their steelmaking processes. In a final analysis of companies in the industry, shows the procedures followed in regard to the reuse of waste within the processes seeking to generate a positive financial return. In all conditions studied was not observed in the presence of design in the redesign of by-products generated from waste steel. Then, the present study allowed to glimpse the possibility of future research, including other uses of application of waste surveyed. These studies would be a great contribution to the environment, regarding the reduction of pollution and natural resources.

Keywords: Reuse of waste. Design. Technological Innovation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Diagrama esquemático da estrutura da monografia em capítulos.....	24
FIGURA 2 Comparativo entre a indústria da construção civil e a automobilística.....	34
FIGURA 3 Etapas do processo de reciclagem de entulho da Usina do Estoril BH/ MG. a) Recebimento do entulho; b) “Pilhas” de entulho recebido; c) Triagem manual para homogeneização; d) “Pilhas” de material homogeneizado e pronto para britagem; e) Colocação de material a ser reciclado no alimentador vibratório; f) Britador de impacto e transportador de correia. ....	35
FIGURA 4 Bauhaus.....	41
FIGURA 5 Thinking out of the box.....	44
FIGURA 6 Mapa Mental: O Poder do Design Thinking .....	47
FIGURA 7 Representação esquemática de produção primitiva do ferro.....	56
FIGURA 8 Quadrilátero ferrífero.....	63
FIGURA 9 Representação esquemática do alto forno .....	65
FIGURA 10 Representação das transformações que ocorrem dentro do alto forno .	66
FIGURA 11 Representações esquemáticas das instalações e da máquina de lingotamento contínuo e aspecto geral do corte de placas e dos produtos produzidos. ....	67
FIGURA 12 Fluxo Simplificado da Produção Siderúrgica .....	68
FIGURA 13 Esquema de produção de uma usina semi-integrada.....	69
FIGURA 14 Aeroporto Saint-Exupery, Lyon, França. Arquiteto: S. Calatrava.....	81
FIGURA 15 Centro Pompidou, de Renzo Piano & Richard Rogers (Paris). (1977)...	81
FIGURA 16 O 30 St Mary Axe, também conhecido como Gherkin, Londres. Arquiteto Norman Foster .....	82
FIGURA 17 Ponte Ironbridge, em Coalbrookdale, de Abraham Darby Inglaterra (1779).....	84
FIGURA 18 Transporte ferroviário.....	84
FIGURA 19 Protótipo automóvel .....	84
FIGURA 20 Esquema do coletor de pó de balão para limpeza do gás de top do alto-forno .....	87
FIGURA 21 Lama de aciaria .....	89

FIGURA 22 Sistema de limpeza do Alto Forno .....	89
FIGURA 23 Vazamento do ferro-gusa evidenciando-se a retenção mecânica de escória. Escoamento da escória da casa de corrida para os potes de escória .....	90
FIGURA 24 Briquetes de carepa fabricados e suas dimensões.....	94
FIGURA 25 Carepa oleosa (à esquerda) e lama oleosa (à direita) nos depósitos de resíduos industriais da V&M.....	95
FIGURA 26 Carepas na superfície e eliminadas do tarugo de aço. ....	95
FIGURA 27 Depósito de escória de aciaria, enquanto aguarda o processo de reciclagem .....	98
FIGURA 28 Foto do despejo da escória em um local utilizado como depósito .....	99
FIGURA 29 Planta ArcelorMittal - Juiz de fora MG .....	101
FIGURA 30 Altos fornos destinados à produção de gusa em Juiz de Fora .....	105
FIGURA 31 Piso intertravado – solução sustentável para combater enchente .....	106
FIGURA 32 Preparação dos bloquetes .....	107
FIGURA 33 Maturação dos bloquetes.....	106
FIGURA 34 Preparação da base e sub-base.....	106
FIGURA 35 Assentamento dos bloquetes.....	106
FIGURA 36 Tipos de modelos bloquetes confeccionados .....	107
FIGURA 37 Planta unidade siderúrgica - Gerdau Açominas.....	109
FIGURA 38 Área de redução - integrada Gerdau Açominas.....	109
FIGURA 39 Pátio de segregação de resíduos .....	110
FIGURA 40 Foto baia de carepa da laminação.....	111
FIGURA 41 Foto estoque sucata metálica .....	114
FIGURA 42 Gabião – concreto siderúrgico .....	115
FIGURA 43 Lastro ferroviário.....	117
FIGURA 44 Estrada imperial que liga Ouro Branco a Ouro Preto em Minas Gerais Escória utilizada da Açominas.....	117
FIGURA 45 Leito de resfriamento – tubos com costura V&M .....	118
FIGURA 46 Laminação de tubos com resíduo carepa V&M, .....	119

FIGURA 47 Destinação sustentável dos resíduos e co-produtos.....	120
FIGURA 48 Tijolos fabricados -pó de coletor .....	122
FIGURA 49 Vista Usina Ipatinga .....	123
FIGURA 50 Aciaria, convertedor usina Ipatinga.....	126
FIGURA 51 Processo de patente da vitrocerâmica - Nova aplicação para escória de aciaria.....	128

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Método de design .....	52
TABELA 2 Produtores independentes de ferro-gusa em Minas Gerais .....	64
TABELA 3 Produção Mundial de Aço Bruto .....	74
TABELA 4 Produção de Aço Bruto da América Latina.....	75
TABELA 5 Produção Siderúrgica Brasileira .....	76
TABELA 6 Distribuição Regional da Produção.....	77
TABELA 7 Vendas Mercado Externo (Usinas).....	78
TABELA 8 Vendas Mercado Interno .....	79
TABELA 9 Peso total de resíduos .....	102
TABELA 10 Uso de Materiais Recicláveis – ArcelorMittal Aços Longos JF/MG ES	104
TABELA 11 Destinação dos resíduos processo de laminação.....	111
TABELA 12 Destinação dos resíduos processo aciaria .....	112
TABELA 13 Destinação dos resíduos processo Alto Forno .....	113
TABELA 14 Destinação dos resíduos .....	121
TABELA 15 Reciclagem e destinação dos resíduos. ....	124

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Destino do ferro-gusa brasileiro para o mercado externo (2005) .....	59
GRÁFICO 2 Evolução da Produção Mundial do Aço Líquido Milhões Ton. ....	73
GRÁFICO 3 Evolução da produção mundial de aço ao longo do século 20 .....	74
GRÁFICO 4 Impactos ambientais correspondentes aos dois processos de produção de aço .....	80

## LISTAS E ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.c	antes de cristo
ASTM	American Society for testing and materials
BF / CFF	Bobinas e chapas finas laminadas a frio
BQ / CFQ	Bobinas e chapas finas laminadas a quente
BSME	By Products Sales, Marketing and Excellence
C	Carbono
CaO	Cálcio
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEA	Clube de Participação Acionária dos Empregados da Açominas
CEFET / SC	Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
CEI	Comunidade de Estados Independentes
cm	centímetro
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
CO	monóxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COSIPA	Companhia Siderúrgica Paulista
CP	Cimento Porthand
Cr	cromo
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CST	Companhia Siderúrgica de Tubarão
DER / MG	Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais
DNIT	Departamento Nacional de Infra-estrutura
EAF	Electric arc furnace
EG	Electrolytic Galvanized
EHSM	Environmental Health and Security Management
E	Espessura
ES	Espírito Santo
EUA	Estados Unidos da América

FeO	Óxido de ferro
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hematita
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Magnetita
H	altura
HEA	Fornos de arco elétrico das aciarias
HDG	Hot Dipped Galvanized
IABr	Instituto do Aço do Brasil
IBS	Instituto Brasileiro de Siderurgia
ICSID	Conciul Design of Societies of Industriale Design
ILAFA	Instituto Latinoamericano de Ferro e Aço
IPR	Instituto de Pesquisa Rodoviária
ISO 9001	Internacional Organization for Stander Stanclardization – Qualidade
ISO 14001	Internacional Organization for Stander Stanclardization – Meio Ambiente
JF	Juiz de Fora
Kg	Quilo
L	Largura
LCG	Laminador de chapas grossas
LD-Linz	Donawitz
LDG	Lama grossa de aciaria
LTQ	Laminador de tiras á quente
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MT	metros
MgO	Óxido de magnésio
MG	Minas Gerais
MME	Ministério das Minas e Energia
Mm	milímetro
NBR	Norma Brasileira
Ni	níquel
ONU	Organização das Nações Unidas
PMGA	Prêmio Mineiro de Gestão Ambiental
RCC	Resíduos de Construção Civil
RJ	Rio de Janeiro
SAP	Business Management Software Solutions, Applications and Services

SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas
SIDERBRÁS	Siderurgia Brasileira S.A.
SINDEFER	Sindicato das Indústrias Metalúrgicas e de Material Elétrico do Estado do Espírito Santo
SINDUSCOM / MG	Sindicato da Indústria da Construção Civil de Minas Gerais.
SLG	Sistema de lavagem de gás
SLU	Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte
T	Tonelada
Ton.	Tonelada
UF	Unidade Federal
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
Unid.	Unidade
USIMINAS	Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais
VMB	Vallourec Mannesman do Brasil
WSA	World Steel Association

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
1.1 Relevância do problema .....	20
1.2 Justificativa do tema .....	21
1.3 Objeto de estudo .....	21
1.4 Objetivos .....	21
1.4.1 Geral.....	21
1.4.2 Específicos .....	22
1.5 Metodologia - Pesquisa bibliográfica .....	22
1.6 Limitações da pesquisa .....	23
1.7 Fluxograma Estrutura da Monografia.....	24
<b>2 RESÍDUOS.....</b>	<b>25</b>
2.1 Problema resíduo .....	25
2.2 Conceito e classificação do resíduo.....	26
2.2.1 Quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente .....	26
2.2.2 Quanto à natureza ou origem.....	27
2.2.3 Gerenciamento do resíduo .....	27
2.3 Resíduo doméstico .....	28
2.3.1 Tratamento e/ou Disposição Final.....	28
2.4 Resíduo industrial .....	29
2.5 Resíduo de construção civil.....	32
2.5.1 Conceito e classificação do resíduo .....	32
2.5.2 Tratamento .....	34
2.6 Legislação ambiental .....	34
2.6.1 Lei de crimes ambientais disposto no manual integrado. ....	37
2.6.2 Documentos de Referência Conforme disposto no manual integrado. ....	37
2.6.3 Normas técnicas aplicáveis .....	38
2.7 3R'S. ....	37
<b>3 DESIGN - ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>40</b>
3.1 Design .....	40
3.1.1 Breve Histórico .....	41
3.1.2 A importância do design na inovação.....	41
3.2 Design do produto .....	42
3.3 Design estratégico .....	43
3.3.1 O design como estratégia da empresa.....	43
3.3.2 Design Thinking.....	44
3.3.3 Gestão do design .....	48
3.3.4 Design Management .....	48
3.3.5 Design Process .....	49
3.4 Metodologia do design .....	49
3.5 Método de Design - Solução de Problemas -.....	51
<b>4 SIDERURGIA.....</b>	<b>55</b>
4.1 A indústria siderúrgica mundial.....	55
4.2 A indústria siderúrgica brasileira .....	58

<b>4.3 A indústria siderúrgica em Minas Gerais .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4 Processo siderúrgico - cadeia produtiva do aço .....</b>	<b>64</b>
4.4.1 Integradas .....	68
4.4.2 Semi-integradas .....	69
4.4.3 Não-integradas .....	70
<b>4.5 Tipos de aço .....</b>	<b>70</b>
<b>4.6 Produção .....</b>	<b>73</b>
4.6.1 Mundial .....	73
4.6.2 Brasileira .....	75
4.6.3 Mercado Externo .....	77
4.6.4 Mercado Interno .....	78
4.6.5 Análise de desempenho do impacto ambiental .....	79
<b>4.7 Uso dos produtos fabricados: Aplicação .....</b>	<b>80</b>
4.7.1 Construção civil .....	80
4.7.2 Histórico da construção em aço .....	82
4.7.3 Transportes .....	84
4.7.4 Utilidades Domésticas .....	85
4.7.5 Embalagens .....	85
<b>4.8 Resíduos .....</b>	<b>85</b>
4.8.1 Pó de Alto Forno .....	86
4.8.2 Pó de Aciaria .....	87
4.8.3 Lama de Aciaria .....	88
4.8.4 Lama de Alto Forno .....	89
4.8.5 Sucata Metálica .....	90
4.8.6 Carepa .....	93
4.8.7 Escória de Alto Forno .....	95
4.8.8 Escória de Aciaria .....	97
<b>5 ESTUDO DE CASO NO SETOR SIDERÚRGICO .....</b>	<b>100</b>
<b>5.1 Arcelor Mittal .....</b>	<b>100</b>
5.1.1 Destinação do resíduo .....	101
5.1.2 Co-produtos .....	102
5.1.3 Reutilização .....	103
5.1.4 Reciclagem .....	103
5.1.5 Inovação Tecnológica: CASE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	104
<b>5.1.5.1 Projetos Internos .....</b>	<b>104</b>
<b>5.1.5.2 Projetos externos .....</b>	<b>105</b>
<b>5.2 Gerdau Açominas .....</b>	<b>108</b>
5.2.1 Destinação do resíduo .....	110
5.2.2 Co-produtos .....	110
5.2.3 Reutilização .....	112
5.2.4 Reciclagem .....	114
5.2.5 Inovação Tecnológica: CASE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	114
<b>5.2.5.1 Projetos internos .....</b>	<b>114</b>
<b>5.2.5.2 Projetos externos .....</b>	<b>117</b>
<b>5.3 Vallorec Mannesman .....</b>	<b>118</b>
5.3.1 Destinação do resíduo .....	118
5.3.2 Co-produtos .....	119
5.3.3 Reutilização .....	119

5.3.4 Reciclagem.....	120
5.3.5 Inovação Tecnológica: CASE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	121
<b>5.3.5.1 Projetos internos .....</b>	<b>121</b>
<b>5.3.5.2 Projetos Externos.....</b>	<b>122</b>
<b>5.4 Usiminas .....</b>	<b>123</b>
5.4.1 Destinação do resíduo.....	124
5.4.2 Co-produtos.....	124
5.4.3 Reutilização.....	125
5.4.4 Reciclagem.....	126
5.4.5 Inovação Tecnológica: CASE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	126
<b>5.4.5.1 Projetos Internos .....</b>	<b>127</b>
<b>5.4.5.2 Projetos externos .....</b>	<b>127</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>129</b>
<b>6.1 Considerações Finais .....</b>	<b>129</b>
<b>6.2 Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>129</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>131</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Relevância do problema

A imaginação é a força propulsora da inovação, talvez este seja uma das motivações por ter escolhido o tema, ou pelo questionamento da grande geração de resíduos provenientes das usinas siderúrgicas, principalmente na região do então chamado quadrilátero ferrífero no Estado de Minas Gerais. E o que mais impressiona é que na maioria das vezes esses resíduos são depositados em pátios abertos nas indústrias ou reutilizados em aplicações que não agregam valor nenhum aos mesmos, como exemplo na pavimentação. Em se tratando de “*desenvolvimento sustentável*”, termo de diversas definições entre as quais do “*desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações*”; observa-se desde 1980, o interesse das empresas em reaproveitar seus resíduos, visando buscar permanentemente uma alternativa estratégica de consumo, permitindo também maior beneficiamento do material ao ser utilizado, colaborando na redução de custos e aumento da lucratividade.

O aproveitamento, total ou parcial, de rejeitos constitui vantagens que coloca o fabricante em uma posição fortemente competitiva no mercado, devido não apenas à questão econômica, como também à oportunidade de veiculação deste princípio como marketing ecológico (ALVES apud SILVA, 2006).

O presente trabalho teve como finalidade contribuir para uma melhor compreensão do reaproveitamento do resíduo como elemento de desenvolvimento de novos produtos. Dentro desse contexto a pesquisa apresenta um referencial teórico em torno dos modelos de design, de modo a dar subsídios para a inserção do designer para agregar valor ao reaproveitamento dos resíduos, onde a criatividade surge como elemento de ligação entre as ciências, na busca da competitividade e do desenvolvimento sustentável.

## **1.2 Justificativa do tema**

Verificar outras possibilidades de aplicação do design como recurso estratégico das empresas viabilizando novas perspectivas de melhoria nos resíduos siderúrgicos gerados, justificando o papel do design como protagonista de uma nova concepção de produto. O processo produtivo em qualquer âmbito industrial gera uma quantidade muito grande de resíduos. Para tanto os problemas com a destinação final desses resíduos podem ser minimizados com a inserção do design nos processos, possibilitando a utilização do redesign de peças e componentes para ser reciclados, de forma a diminuir a quantidade deste resíduo no meio ambiente, e alcançar parâmetros de sustentabilidade.

## **1.3 Objeto de estudo**

Compreender o problema do resíduo siderúrgico, incluindo sua produção e destino final, para vislumbrar seu reaproveitamento como matéria-prima para uso de novos produtos. Será identificado dentro dos parâmetros ambientais, o reaproveitamento de resíduos como elemento alternativo como contribuição para o desenvolvimento sustentável.

## **1.4 Objetivos**

Conforme Michel citado por Ramos (2007), o objetivo de uma pesquisa é o propósito da pesquisa, o que se pretende provar, demonstrar com o trabalho, o alvo a ser atingido, aonde se quer chegar com a pesquisa.

Com base no exposto pela autora acima, os objetivos que nortearam este trabalho foram:

### *1.4.1 Geral*

Identificar os aspectos de reaproveitamento de resíduos a ser priorizado no sentido de fazer com que a sociedade compreenda melhor as possibilidades de design como elemento alternativo.

### 1.4.2 Específicos

- a. Tratar o design como agente estratégico de desenvolvimento de novos produtos a partir destes resíduos apresentando vários tipos de estudo de caso.
- b. Pesquisar sobre a inovação tecnológica no reaproveitamento do resíduo siderúrgico.
- c. Investigar a aplicabilidade dos resíduos a partir dos processos gerados pelas usinas.

## 1.5 Metodologia - Pesquisa bibliográfica

Para alcançar tais objetivos, do tema proposto, a monografia utilizou métodos qualitativos, a saber: pesquisa bibliográfica, entrevistas e duas visitas a campo. A pesquisa bibliográfica foi realizada através de livros, relatórios técnicos, páginas virtuais, dissertações acadêmicas, e periódicos científicos. Cabe ressaltar que a autora, dentro de suas atividades profissionais, também visitou duas usinas siderúrgicas no pólo industrial das regiões citadas no Estado de Minas Gerais.

Este estudo está organizado em cinco capítulos. Primeiramente foi descrita uma breve apresentação do assunto abordado e suas considerações, destacando os objetivos e a estrutura da monografia.

O capítulo 2, o referencial teórico destacando a problemática, os tipos e formas de tratamento dos resíduos dentro das considerações e abordagens dos autores. O estudo servirá de referência para os tomadores de decisão, no intuito de elaborar ações corretas para a destinação final dos resíduos.

O capítulo 3 o objetivo é apresentar ao leitor a atualização de conceitos, metodologias e práticas da utilização do design como diferencial estratégico, e entender o significado de sua intervenção nos processos de identificação de problemas, atribuindo à tecnologia e a arte, as idéias e objetos, o produto e o consumo, a cultura e o comércio que são feitos para as pessoas, buscando a sustentabilidade, competitividade e qualidade global.

O capítulo 4, o assunto abordado será sobre siderurgia, trata-se neste tópico de aprofundamento de estudo do processo siderúrgico para a consolidação da pesquisa proposta. O capítulo expõe um breve histórico da siderurgia e apresenta sua produção mundial e brasileira bem como seus produtos e aplicações, e também os resíduos de siderúrgicas propostos na pesquisa. A intenção deste capítulo é atualizar o leitor no estado da arte do assunto e ajudar a capacitá-lo para discutir e questionar.

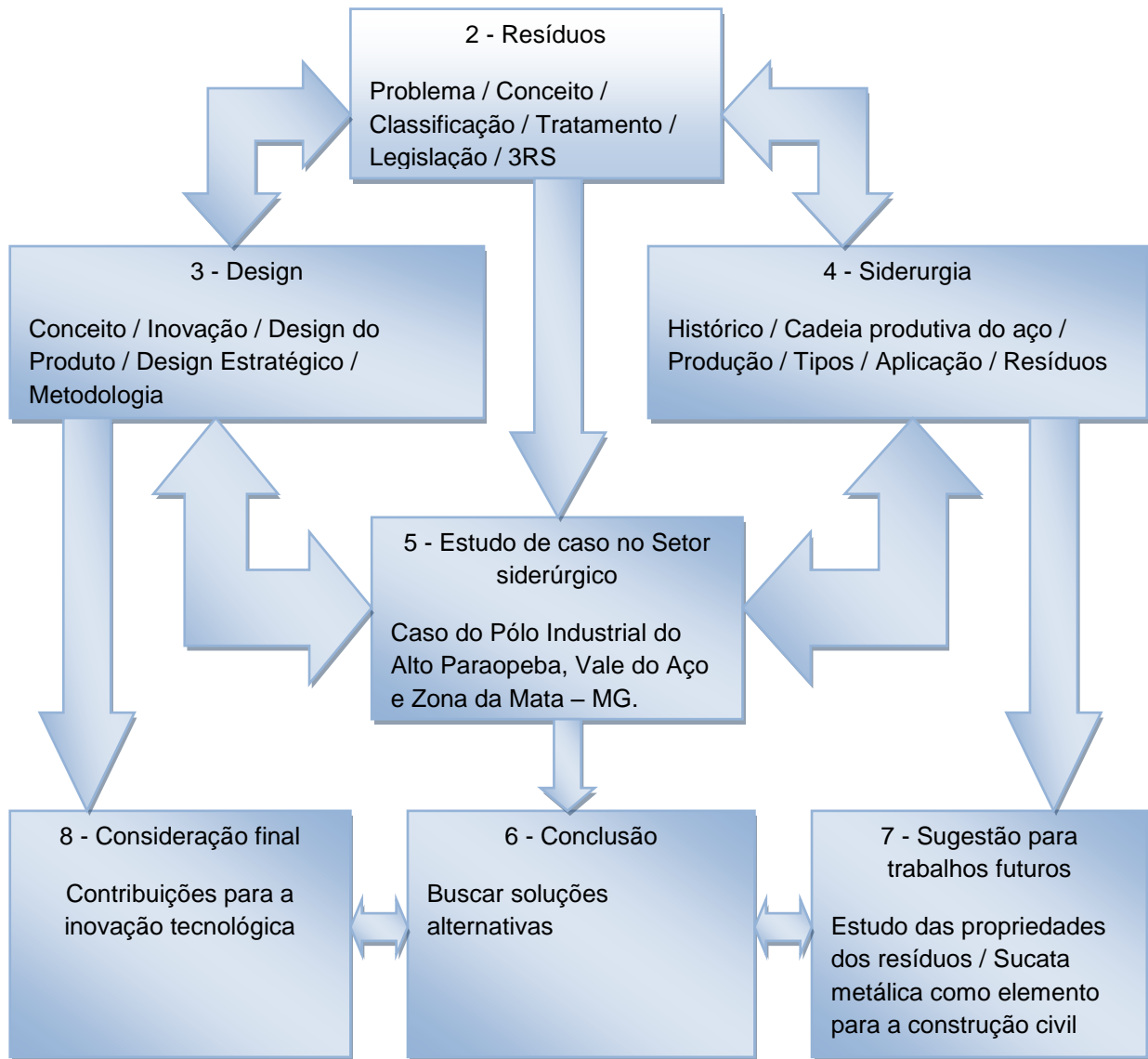
Para o capítulo 5, será apresentado o estudo de caso da pesquisa com quatro empresas localizadas nas regiões: Alto Paraopeba, Vale do Aço e Zona da Mata no estado de Minas Gerais, e finalmente apresentam-se as conclusões e as considerações finais. Apresenta, ainda, sugestões para pesquisas futuras, deixando claras as limitações do trabalho.

## **1.6 Limitações da pesquisa**

Toda a pesquisa referente às empresas analisadas foi através dos meios de comunicação de uso público disponíveis: Relatórios corporativos, site das empresas, matérias em jornais. Haja vista que muitas delas não fornecem dados quantitativos de produção, para o público externo. Para estes dados foram utilizados os sites do CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço) e IABr (Instituto do Aço do Brasil).

## 1.7 Fluxograma Estrutura da Monografia

Figura 1 - Diagrama esquemático da estrutura da monografia em capítulos



Fonte: Elaborado pela autora.

## 2 RESÍDUOS

Para uma melhor reflexão a respeito dos resíduos sólidos, será apresentado neste capítulo, o referencial teórico destacando a problemática, os tipos e formas de tratamento dos resíduos dentro das considerações e abordagens dos autores pesquisados. O estudo servirá de referência para os tomadores de decisão, no intuito de elaborar ações corretas para a destinação final dos resíduos.

### 2.1 Problema resíduo

Pode-se dizer que o homem tem a capacidade de atingir a natureza em grandes proporções. Percebe-se que a solução para enfrentarmos o problema do lixo depende de uma mudança de comportamento das pessoas. Será necessária uma formação consciente e participativa da população, e não uma doutrinação. Nesse sentido, a mudança de paradigma nos diversos segmentos da sociedade no que tange a questão ambiental, poderá ser uma grande ferramenta para garantir o desenvolvimento sustentável.

Na realidade com o crescimento acelerado das cidades, do consumo de produtos industrializados, e mais recentemente com o surgimento de produtos descartáveis, o aumento excessivo do lixo tornou-se um dos maiores problemas da sociedade. De fato, para a natureza e para as pessoas, os resíduos podem ser reciclados e parcialmente reutilizados, o que traz grandes benefícios às pessoas, como a proteção da saúde pública e a economia de recursos naturais. Bem como já dizia Lavoisier: *“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”*.

No Brasil, segundo o manual de gerenciamento integrado tem-se que menos de 1% do lixo é reciclado; a geração domiciliar desses resíduos é de aproximadamente 0,6kg/habitante/dia e mais 0,3kg/habitante/dia de resíduos de varrição, que são oriundos de limpeza de logradouros e entulhos. O Brasil é um dos campeões mundiais do desperdício, pois se joga fora materiais de construção, alimentos, energia e água. Além disso, do lixo que chega a ser coletado no país, 76% é disposto a céu aberto, o restante sendo destinado a aterros.

## 2.2 Conceito e classificação do resíduo

Segundo a norma brasileira NBR 10004, de 1987 resíduos sólidos são:

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 de 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 inviável em face à melhor tecnologia disponível. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987, p. 2).

São várias as maneiras de se classificar os lixos sólidos. As mais comuns são quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto à natureza ou origem:

### 2.2.1 Quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente

De acordo com a NBR 10.004/04 da ABNT de 09/1987, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

**Classe I - Perigosos**: são aqueles que, em função de suas características intrínsecas da inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

**Classe II - Não Perigosos**: são Classificados em:

Classe II A - Não Inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos de classe I - Perigosos ou de resíduos de classe II B - Inertes. Os resíduos da classe II A - Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Classe II B - Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007/04, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006/04, não tiverem nenhum de seus constituintes

solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

### 2.2.2 Quanto à natureza ou origem

A origem é o principal elemento para a caracterização dos lixos sólidos. Segundo este critério, os diferentes tipos de lixo podem ser agrupados em classes:

- a. Lixo doméstico ou residencial;
- b. Lixo comercial;
- c. Lixo público;
- d. Lixo domiciliar especial;
- e. Entulho de obras;
- f. Pilhas e Baterias;
- g. Lâmpadas Fluorescentes;
- h. Pneus;
- i. Lixo de fontes especiais;
- j. Lixo Industrial;
- k. Lixo radioativo;
- l. Lixo de portos, aeroportos e terminais rodoferroviários;
- m. Lixo Agrícola lixos de serviços de saúde.

### 2.2.3 Gerenciamento do resíduo

Conforme disposto no manual de gerenciamento urbano, toda a gestão de resíduos sólidos deverá ser integrada, ou seja, as ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que envolve a questão devem se processar de modo articulado, de modo que suas que as ações e operações envolvidas encontram-se interligadas entre si.

Um gerenciamento de resíduos deve começar com um levantamento de todas as entradas e saídas do processo produtivo:

- a. Preencher com fidelidade um inventário de todos os resíduos gerados pelo processo e em todo o ambiente empresarial.

- b. Criar procedimentos para coleta, tratamento, armazenamento e transporte de resíduos dentro da empresa.
- c. Definir bem a destinação a ser dada a cada tipo de resíduo.

## 2.3 Resíduo doméstico

Neste tópico a pesquisa apresenta os processos de coleta, tratamento e disposição dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSUD). Diante do estudo ao segregarmos os resíduos, estamos promovendo sua adequada destinação, em várias frentes de oportunidades, tais como: a reutilização; a reciclagem; a reciclagem; o melhor valor agregado ao material a ser reciclado; melhores condições de trabalho dos catadores; o aumento do tempo de vida dos aterros sanitários e menor impacto ambiental quando da disposição final dos rejeitos.

### 2.3.1 Tratamento e/ou Disposição Final

Como forma de tratamento dos resíduos sólidos urbanos, segundo a literatura pesquisada, pode-se citar:

- a. Incineração - é um processo de queima do lixo em unidades especialmente projetadas para este fim. O objetivo é efetuar a queima total, controlada do lixo. Assim transformando-o em material inerte, diminuindo o peso e o volume.
- b. Pirólise - consiste no processo de decomposição física e química da matéria orgânica do lixo ocorrido em altas temperaturas, em condições de ausência de oxigênio. Este processo não só objetiva a redução do volume do lixo orgânico, mas também a sua transformação em energia.
- c. Compostagem - dá-se o nome de compostagem ao processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal. Esse processo tem como resultado final um produto – composto orgânico, que pode ser aplicado ao solo sem ocasionar riscos ao meio ambiente.
- d. Coleta seletiva e reciclagem - é uma forma de ação mais recente que tem como objetivo o reaproveitamento ou transformação de materiais que em um

determinado momento, perderam seu valor como bem de consumo. A coleta seletiva pode ser entendida como uma estratégia de melhor conduzir os resíduos sólidos domiciliares, dos lixões e aterros sanitários para um processo de reutilização ou reciclagem. As suas quatro principais modalidades são: 1) porta-a-porta (ou doméstica); 2) postos de entrega voluntária; 3) postos de troca; 4) por catadores (segundo o manual integrado). Pode-se dizer que como norma os recipientes para a coleta seletiva são: 1) verde - para vidro; 2) azul - para papel; 3) vermelho - para plástico; 4) amarelo - para metais; 5) marrom - para orgânico; 6) preto - para madeira; 7) laranja - para perigosos; 8) branco - para ambulatoriais; 9) roxo - radioativos; 10) cinza - resíduo geral - não reciclável ou misturado, ou contaminação não possível a sua separação.

- e. Triagem - é o local onde se faz separação das diversas frações do resíduo. Este material é descarregado em carrinhos ou vagonetes e levado para as baias de recicláveis ou para o seu beneficiamento. O pátio de compostagem é a área onde a fração orgânica do lixo sofre decomposição microbiológica, transformando-se em compostos. Deve ser impermeabilizado e dotado de captação e drenagem que deverão ser destinados ao sistema de tratamento.

## 2.4 Resíduo industrial

Segundo as normas da ABNT, resíduos sólidos industriais são todos os resíduos no estado sólido ou semi-sólido resultantes das atividades industriais, incluindo lodos e determinados líquidos, cujas características tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água ou que exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável.

Os resíduos industriais constituem um problema ambiental e o seu gerenciamento deve ser conduzido de forma adequada, seja pela sua disposição final ou pela reciclagem. Os resíduos sólidos gerados no tratamento de efluentes da indústria de galvanização a fogo são classificados como Resíduo Não Inerte-Classe II A, segundo a classificação NBR-10.004 da ABNT.

De acordo com Brasil (2004) os métodos utilizados para o tratamento e disposição final de resíduos são:

- a. Remediação: empregado em casos de contaminação com poluentes orgânicos, hidrocarbonetos de petróleo e derivados, solventes clorados e metais pesados. O processo é constituído por três técnicas: 1- Biorremediação; introdução de ar e nutrientes no solo contaminado para o desenvolvimento de microorganismos. 2- Termorremediação; fornos de queima provocam a evaporação dos contaminantes voláteis no solo. 3- Lavagem dos solos.
- b. Encapsulamento: modificação das características e de manuseio dos resíduos, a fim de diminuir a área superficial para que possa ocorrer a transferência ou perda de poluentes, limitar a solubilidade ou desintoxicar quaisquer elementos perigosos para assim ser disposto em aterros.
- c. Autoclavação: esterilização dos resíduos na qual remove e/ou destrói todos os microorganismos presentes, vírus, bactérias. Utilizado no tratamento de resíduos hospitalares.
- d. Esterilização por microondas: processo de esterilização em forno com aquecimento por microondas. Após o resfriamento e moagem o resíduo é disposto em aterro sanitário
- e. Co-processamento: destruição térmica através de fornos de cimento, diferente das outras técnicas usa-se o resíduo como potencial energético e substituição de matéria-prima na indústria cimenteira. Devido as altas temperaturas a destruição do resíduo é total e não geram cinzas, uma vez que o material da queima é incorporado à matriz do *clínquer*, eliminando a disposição em aterros. Ressalta-se que não são todos os resíduos que podem ser co-processados.
- f. Reprocessamento: processo onde existe o reaproveitamento de subprodutos, oriundos de diversos processos produtivos. Esta técnica baseia-se na fusão de resíduos após reação química, fazendo com que os produtos obtidos sejam, geralmente, considerados materiais seguros na produção de matéria-prima para a fabricação de outros produtos.
- g. Reciclagem: aproveitamento dos detritos que eram considerados lixo e reutilizá-los no ciclo de produção de onde foram originados. São coletados, processados para serem utilizados como matéria-prima na manufatura de novos produtos.
- h. Landfarming: são sistemas de tratamento através das propriedades físicas e

químicas do solo, de intensa atividade microbiana existente neste meio, promovem a biodegradação, desintoxicação, a transformação e a imobilização dos constituintes dos resíduos tratados, minimizando os riscos de contaminação. Os resíduos são tratados com aplicação controlada incorporados na superfície ou no interior do horizonte superficial do solo, acompanhadas a práticas de manejo e monitoramento constantes.

- i. Aterro Classe I: destinam-se os resíduos considerados perigosos de alta periculosidade. Ex: cinzas de incineradores, resíduos inflamáveis, tóxicos e etc. O aterro é dotado de uma estrutura capaz de minimizar os riscos de contaminação do lençol freático, pois é operado com cobertura total a fim de Evitar a formação de percolado devido à incidência das águas pluviais e ainda possui um sistema de dupla impermeabilização com manta PEAD (polietileno de alta densidade), protegendo o solo e lençóis de águas subterrâneas. Deve-se estar em conformidade com a NBR-8418 e NBR-10157 que define as exigências quanto aos critérios de projeto, construção e operação de aterros industriais classe I.
- j. Aterro Classe II - A: abrange o destino de resíduos não perigosos e não inertes e também resíduos domiciliares. Os Aterros Classe II-A possuem as seguintes características: impermeabilização com argila e geomembrana de PEAD, sistema de drenagem e tratamento de efluentes líquidos e gasosos e completo programa de monitoramento ambiental.
- k. Aterro Classe II - B: destinam-se resíduos inertes. Devido à característica inerte dos resíduos dispostos, o Aterro Classe II-B dispensa a impermeabilização do solo. Esse aterro possui sistema de drenagem de águas pluviais e um programa de monitoramento ambiental que contempla o acompanhamento geotécnico (movimentação, recalque e deformação) do maciço de resíduos.
- l. Aterros controlados: esta forma de disposição produz, em geral, poluição localizada, pois similarmente ao aterro sanitário, a extensão da área de disposição é minimizada. Porém, geralmente não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem sistemas de tratamento de chorume ou de dispersão dos gases gerados.

## 2.5 Resíduo de construção civil

### 2.5.1 Conceito e classificação do resíduo

Conforme exposto na cartilha de Gerenciamento do Sinduscon/MG, define-se Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC), como:

Resíduos da Construção Civil (RCC): São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica e outros, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2007)

Estima-se que a geração de resíduos da construção civil, é de aproximadamente de 450 kg / habitante / ano, oscilando conforme a produção de cidade a cidade, e sua destinação é um grave problema às condições ambientais, como consequência para toda a sociedade. Mediante as considerações durante a pesquisa, os autores, demonstram que a construção civil é um grande gerador de resíduos e estes são produzidos em decorrência da excessiva perda de produção e do desperdício. De acordo com o manual de gestão ambiental de RCC, citado por Cruz citado por Novaes (2008), mediante um estudo feito por Skoyles (autor inglês que foca seus estudos na avaliação da incidência e natureza das perdas a partir de canteiro de obras), este demonstra que existem perdas diretas, definidas quando os materiais são destruídos, e perdas indiretas, quando os insumos ficam incorporados à construção, acarretando um acréscimo de custo.

Segundo a etapa do processo construtivo, ocorrem três tipos de perdas:

**1º grupo** - perdas ocorridas nas etapas de transporte externo, recebimento, estocagem e transporte interno;

**2º grupo** - perdas ocorridas na produção; e

**3º grupo** - perdas que podem ocorrer em qualquer etapa do processo, como vandalismo, extravio, acidente e substituição. Ainda de conformidade com Cruz citado por Novaes (2008, p.18): As perdas podem ser classificadas segundo a etapa onde se originam:

- a. Perdas originárias no projeto;
- b. Perdas originárias na fabricação e fornecimento de materiais;
- c. Perdas originárias na elaboração de orçamento;
- d. Perdas originárias na administração da empresa;
- e. Perdas originárias no setor de compras; e
- f. Perdas originárias no gerenciamento do empreendimento.

Classificação dos resíduos da construção civil:

- a. Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como os oriundos de: Pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem. Edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; Processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
- b. Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.
- c. Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos fabricados com gesso.
- d. Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos, amianto e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Figura 2 - Comparativo entre a indústria da construção civil e a automobilística



Fonte: Souza (2005. P.15).

### 2.5.2 Tratamento

A forma de tratamento dos resíduos da construção civil mais difundida é a segregação (ou "limpeza"), seguida de trituração e reutilização na própria indústria da construção civil.

O entulho reciclado pode ser usado como base e sub-base de rodovias, agregado graúdo na execução de estruturas de edifícios, em obras de arte de concreto armado e em peças pré-moldadas.

Figura 3 - Etapas do processo de reciclagem de entulho da Usina do Estoril BH/ MG.  
a) Recebimento do entulho; b) “Pilhas” de entulho recebido; c) Triagem manual para homogeneização; d) “Pilhas” de material homogeneizado e pronto para britagem; e) Colocação de material a ser reciclado no alimentador vibratório; f) Britador de impacto e transportador de correia



Fonte: Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, 2008.

## 2.6 Legislação ambiental

Garantir à qualidade de vida digna as futuras gerações será de responsabilidade de todos, entretanto respaldados pelas legislações específicas. Portanto conforme falado no início deste capítulo, a conscientização dos homens sobre os problemas ambientais são evidentes, e será importante a sua mudança de comportamento.

### 2.6.1 Lei de crimes ambientais

As instituições responsáveis pelos resíduos sólidos municipais e perigosos, no âmbito nacional, estadual e municipal, são determinadas através dos seguintes artigos da Constituição Federal (BRASIL, 1988), quais sejam incisos VI e IX do art. 23 – estabelece ser competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios protegerem o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas, bem como promover programas de construção de moradias e a melhoria do saneamento básico;

Incisos I e V do art. 30 - estabelecem como atribuição municipal legislar sobre assuntos de interesse local, especialmente quanto à organização dos seus serviços públicos, como é o caso da limpeza urbana;

Art. 225 - segundo o qual “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo às presentes e futuras gerações.”;

Como legislação infraconstitucional em caráter nacional pode-se mencionar:

Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 - “dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências”. Institui o princípio do “poluidor-pagador”. Significa que “cada gerador é responsável pela manipulação e destino final de seu resíduo” (BRASIL, 1981);

Lei nº 6.905 de 12 de fevereiro de 1998 - “Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.”:

Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora: Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa..... § 2º Se o crime:..... V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos: Pena - reclusão, de um a cinco anos.”

Art. 60. Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes:

Pena - detenção, de um a seis meses, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente. (BRASIL, 1998);

### 2.6.2 Documentos de Referência Conforme disposto no manual integrado.

- a. Lei Federal nº 6.938/81 - Estabelece a Política Nacional do Meio-Ambiente (BRASIL, 1981);
- b. Lei Federal nº 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998);
- c. Resolução CONAMA nº 275/01 - Estabelece o Código de Cores para os Resíduos (MINAS GERAIS, 2001);
- d. Resolução CONAMA nº 307/02 - Estabelece Diretrizes, Critérios e Procedimentos para a Gestão dos Resíduos da Construção Civil ((MINAS GERAIS, 2002);
- e. Resolução CONAMA nº 348/04 - Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, Incluindo o Amianto na Classe de Resíduos Perigosos (MINAS GERAIS, 2004);
- f. Lei Estadual nº 7.772, de 08 de Setembro de 1980 - Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 1980);
- g. Decreto Estadual nº 39424, de 05 de fevereiro de 1988 - Altera e consolida o Decreto, 21.228 de março de 1981, que regulamenta a lei nº 7.772 de 08 de setembro de 1980(MINAS GERAIS, 1988a);
- h. Lei Estadual nº 14.128 de 19 de Dezembro de 2001 - Dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais, DN COPAM nº 07, de 29 de setembro de 1981 (MINAS GERAIS, 2001);
- i. Lei Municipal nº 2.968, de 03 de Agosto de 1978 - Aprova o regulamento de limpeza urbana de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 1978);

- j. Lei Municipal nº 4.253 de 04 de Dezembro de 1985 - Dispõe sobre a Política de Proteção, do Controle e da Conservação do Meio Ambiente e da Melhoria da Qualidade de Vida no município de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 1985);
- k. Decreto Municipal nº 5.893, de 16 de Março de 1988 - Regulamenta a Lei Municipal nº 4.253 que dispõe sobre a política de proteção, do controle e da conservação do meio ambiente e da melhoria da qualidade de vida no município de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 1988b).

### 2.6.3 Normas Técnicas Aplicáveis

Algumas Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) discorrem sobre resíduos e embasam o gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil, conforme descritas abaixo:

- a. (NBR) 15112:2004 - resíduos da construção civil e resíduos volumosos – áreas de transbordo e triagem - diretrizes para projeto, implantação e operação.
- b. (NBR) 15113:2004 - resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - aterros - diretrizes para projeto, implantação e operação.
- c. (NBR) 15114:2004 - resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- d. (NBR) 15115:2004 - agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - execução de camadas de pavimentação – procedimentos.
- e. (NBR) 15116:2004 - agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - requisitos.
- f. (NBR) 13221:1994 - transporte terrestre de resíduos - procedimentos.
- g. (NBR) 10004:2004 - resíduos sólidos - classificação.

### 2.7 3 R'S

O manual de gerenciamento integrado sugere a implementação de um sistema de gestão ambiental de resíduos destacando o princípio dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar) como tripé da construção sustentável. A geração de resíduos sólidos deverá sofrer uma diminuição por meio da redução na fonte, da reutilização e da reciclagem. Esse conjunto de princípios possibilita a não geração e o não desperdício de resíduos e é comumente chamado de “conceito dos 3Rs”.

Pode-se dizer que ainda hoje: reduzir, reutilizar e reciclar; significa atitudes voluntárias de algumas pessoas, mas será ação indispensável como contribuição ao desenvolvimento sustentável.

**Reduzir:** a redução da geração de resíduos deve ser a primeira estratégia a ser adotada no gerenciamento de resíduos. Ações da racionalização do consumo, evitando ao máximo de produtos descartáveis, e o desperdício. Deve-se fazer o necessário para reduzir a produção de novos produtos.

**Reutilizar:** A reutilização é uma estratégia aplicável a vários materiais. O reuso varia com o tipo de material e onde o objeto será descartado.

**Reciclar:** A reciclagem é uma estratégia, que dentro dos 3r's deve ser aplicada quando não for possível a redução ou a reutilização dos resíduos. Sua etapa consiste na transformação dos resíduos em novos produtos ou matérias-primas.

Mesmo sabendo que está e prejudicar o ambiente, o homem continua a não valorizar os 3R's.

### 3 DESIGN - ESTADO DA ARTE

Neste capítulo o objetivo é apresentar ao leitor a atualização de conceitos, metodologias e práticas da utilização do design como diferencial estratégico, e entender o significado de sua intervenção nos processos de identificação de problemas, atribuindo à tecnologia e a arte, as idéias e objetos, o produto e o consumo, a cultura e o comércio que são feitos para as pessoas, buscando a sustentabilidade, competitividade e qualidade global. Neste trabalho não se pretende esgotar o assunto e nem haveria condições para isso, a intenção é de resumir superficialmente como é a atividade do designer na sua área de atuação.

#### 3.1 Design

Conceituar *Design*, na visão dos autores pesquisados neste estudo é de uma grande complexidade, pode-se dizer que não existe uma única definição, são inúmeros os conceitos. Para alguns design é um elemento que agrega valor aos produtos e serviços, constituindo a imagem das empresas no mercado. Nos estudos analisados é importante apreciar algumas das referências:

Segundo o *International Concium of Societies of Industriale Design / ICSID*:

Design industrial é uma atividade criativa cujo objetivo é determinar as propriedades formais dos objetos produzidos industrialmente. Por propriedades formais não se deve entender apenas as características exteriores, mas, sobretudo, as relações estruturais e funcionais que fazem de um objeto (ou de um sistema de objeto), uma unidade coerente, tanto do ponto de vista do produtor como do consumidor. O design industrial abrange todos os aspectos do ambiente humano condicionado pela produção industrial.

Para Tomás Maldonado citado por Rodrigues (2007):

Design é uma atividade projetual que consiste em determinar as propriedades formais dos objetos a serem produzidos industrialmente. Por propriedades formais entendem-se não só as características exteriores, mas, sobretudo, as relações estruturais e funcionais que dão coerência a um objeto tanto do ponto de vista do produtor quanto do usuário.

E Bernd Lobach (2001):

Design é o processo de adaptação do entorno objetual às necessidades físicas e psíquicas dos indivíduos da sociedade. [...] Design de produto é o processo de adaptação de produtos de uso de fabricação industrial às necessidades físicas e psíquicas dos usuários e grupos de usuários.

### 3.1.1 Breve Histórico

Ao se tratar de um breve histórico do design, muitos autores consideram Leonardo Da Vinci como o primeiro desenhista precursor de objetos. Mas referem-se à Revolução Industrial do século XIX, os primeiros princípios do desenho industrial, destacando o arquiteto americano Frank Lloyd Wright no livro “The Art and Craft of the Machine”, onde reafirma sua doutrina na criação de protótipos através de máquinas. De certo em 1919, surge a Bauhaus, uma escola/oficina de novas maneiras de pensar em arte e design, onde a criação de nova matéria-prima e a fabricação em série está alinhada para uma nova metodologia de trabalho.

Figura 4 - Bauhaus



Fonte: Site Bauhaus.

### 3.1.2 A importância do design na inovação

Os termos “inovação” e “design” interligam-se parcialmente, embora não sejam sinônimos. O design refere-se a um tipo especial de ação inovadora, que cuida das preocupações de uma comunidade de utilizadores. O design sem a componente inovadora é, obviamente, uma contradição. Porém, ação inovadora que produz algo novo não é condição suficiente para caracterizar o design em sua plenitude (BONSIEPE apud FERREIRA, 2010).

O design está presente em todas as áreas da empresa, sempre na busca de soluções criativas e inovadoras atendendo as necessidades da empresa e demanda no mercado com o foco no cliente.

“*Nunca peça a um designer para projetar uma ponte, e sim as possibilidades para atravessar o rio*” (ROCHA, 2010).

### **3.2 Design do produto**

O design do produto é o desenho de objetos a serem produzidos na indústria, determinando a sua função, a forma e a beleza em relação ao universo que insere o ser humano. Para tal o design de produto é uma ferramenta de vendas, capaz de agregar valor e fortalecer a imagem das empresas para o sucesso.

Importante dizer que a função do design industrial, além da estética, é tornar um produto funcional. É transformar informação em comunicação. Quanto aos aspectos sensoriais do objeto, o homem toca e visualiza as características físicas do produto. Para o projeto de design, os valores estéticos devem estar associados ao desempenho do produto. Segundo Gestalt citado por Rodrigues (2007) tem-se utilizado para a teoria de percepção visual, baseada na psicologia da forma, compreendendo a integração das partes em oposição à soma do todo: estrutura, figura e forma, ou seja, algumas formas agradam e outra não cabe ao designer utilizar estes conceitos para aplicá-los à adequação dos objetos.

O designer é responsável pela materialização das idéias para atender as necessidades do homem, ele estabelece um papel intermediário entre o usuário e produto, e que a informação como forma construtiva, tem o intuito de proporcionar o bem estar à sociedade.

O fato é que o profissional de design trabalha para influenciar nossos modos de viver, direcionar interesses e alterar o ambiente natural. Surgem a cada dia novos produtos no mercado que acaba por criar uma relação desproporcional ao avanço tecnológico e o baixo índice de inovação. Incluindo a alta circulação de descarte, fruto de uma baixa resistência mecânica dos produtos. Cada vez mais os consumidores esperam por pequenas inovações em curto prazo de tempo, gerando então um produto obsoleto (descarte), prolongando o ciclo de vida útil dos objetos. Para as categorias de produtos industriais os usuários podem ter a relação: Produto de uso individual; produto de uso coletivo; produto de uso direto. Pode-se concluir

que todas as relações entre produto e consumidor são definidas no momento projetual, e que forma e estética são as que mais se destacam aos anseios do consumidor, embora que fatores de: produção; tempo de permanência no mercado; ciclo de vida do produto é também de importância da produção e ao papel do designer na sociedade.

### **3.3 Design estratégico**

Observa-se que para objeto deste estudo percebe-se que o conceito de design estratégico trata-se de um conjunto de novos métodos e conceitos onde o foco é compreender as transformações da sociedade.

De acordo com os autores o design deixa de ser atuante setor técnico do processo projetual e passa a fazer parte de todo o processo de inovação, buscando integrar na estrutura organizacional, reforçando o seu papel de mediador. A análise das ações da empresa ocorre através dos elementos que constituem o sistema-produto-produto, serviço, experiência, comunicação. Conclui-se então que a este conjunto de ações voltadas a inovação, experiências e serviços aliados ao consumidor, estão plenamente de acordo com os conceitos e processos do design estratégico, introduzindo outros fatores além da forma e da estética no produto.

#### *3.3.1 O design como estratégia da empresa*

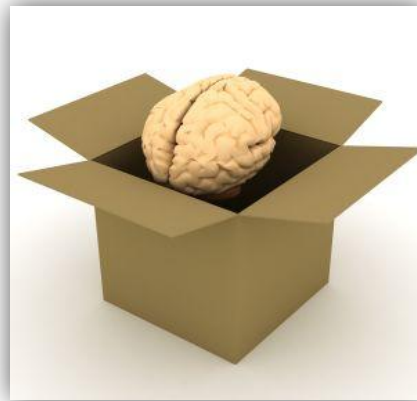
“A maioria das empresas já exauriu as possibilidades de aumentar o lucro por meio de corte de custos, reengenharia e melhora da eficiência. Se quiser gerar riquezas a empresa tem de inovar.” (FERREIRA, 2010).

Segundo Lorenz citado por Ferreira (2010) a vantagem competitiva das empresas não pode continuar a basearem-se apenas nos baixos custos ou em altas tecnologias. As velhas ferramentas que permitiam as empresas marcarem a diferença já não é ajustado às novas realidades e o design já não pode ser entendido como uma componente opcional do marketing ou da estratégia, mas antes como o seu centro. Desta forma Lorenz chama a atenção para o crescente papel do design numa perspectiva estratégica. Por outro lado, a verdade é que são cada vez mais os produtores que incorporam o design industrial nas atividades de

desenvolvimento de novos produtos com o objetivo de adquirir vantagens competitivas no mercado (BERKOWITZ; CHRISTENSEN apud FERREIRA, 2010).

### 3.3.2 *Design Thinking*

Figura 5 - Thinking out of the box



Fonte: Denise Eler, 2012.

Ao pesquisar sobre design thinking, deve-se ter em mente de que os métodos e as habilidades desenvolvidas pelos designers ao longo de muitas décadas devem ser usados para problemas desafiadores. O importante é apresentar ao leitor uma visão de comprometer-se com a inovação, ou seja, todos podem se tornar um design thinker, independente de sua profissão ou função.

No seu livro Tim Brown (2010), faz a seguinte colocação para a realidade brasileira: Observa-se que na América do Sul e no Brasil, as pessoas não treinadas como inovadores e não sabem por onde começar. “É preciso que cada um de nós faça a sua parte”. No mundo corporativo as ferramentas de estratégia são muitas, benchmarking, qualidade, melhores práticas e melhoria contínua compõem o kit commodity da atualidade. Muitas empresas estão satisfeitas com seu market share, independentemente se este foi conquistado por uma idéia inovadora ou pela aplicação das melhores práticas da concorrência. O único real problema com os modelos é que eles são perecíveis e sua data de validade é incerta.

O design thinking trata-se de uma nova metodologia ou processo de inovação de como gerar um produto ou serviço inovador, com o valor percebido pelo cliente.

O objetivo tem o foco nas necessidades do cliente, conhecendo suas necessidades desejos e percepções. Pode-se dizer que se trata de um processo rápido e barato para gerar inovação. Em primeiro lugar a inovação é resultado da metodologia e trabalho em equipe, em seguida leva-se em conta o conhecimento tático das pessoas e experiências com protótipos.

As principais etapas do Design Thinking, são as seguintes:

1. Identificar onde existe uma oportunidade de inovação.
  - a. Primeiramente através de uma reunião multidisciplinar a empresa identifica uma ou mais oportunidades de inovação.
  - b. Pergunta-chave: Onde iremos crescer?
2. Descobrir a oportunidade de inovação.
  - a. Através da observação do comportamento do cliente e/ou da interação através de conversas, pesquisas qualitativa, reuniões e Focus Group, etc.
  - b. Perguntas-chaves: Quais as necessidades dos clientes? Para que o, cliente, precisa do produto, ou do serviço?
3. Desenvolver a oportunidade de inovação (produto ou serviço).
  - a. Desenvolver o produto ou serviço que atendam as necessidades e percepção de valor do cliente. Nesta etapa utilizamos o processo heurístico para descobrir o diagnóstico e o processo criativo para gerar as opções ou idéias de produtos ou serviços.
4. Testar as idéias – Protótipos.
  - a. Fazer testes monitorados para saber se o produto ou serviço atendem as necessidades e percepção de valor dos clientes. A experiência com os protótipos pode: validar, reprovar ou gerar novas idéias.

b. Pergunta-chave: O cliente está satisfeito com este produto ou serviço?

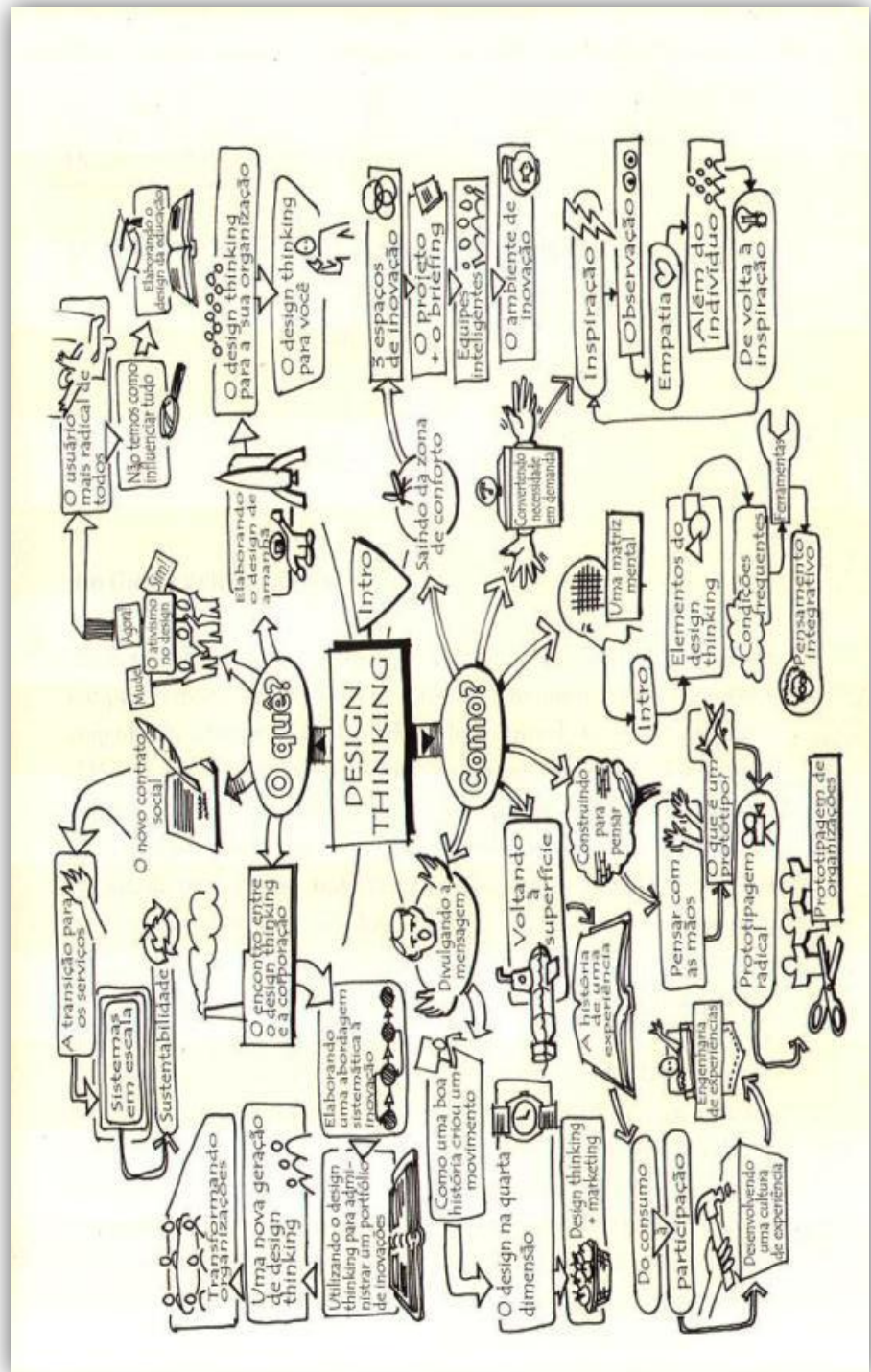
5. Planejar e praticar a Inovação / Solução.

a. Planejar as Etapas de Produção e Introdução do Produto ou Serviço no Mercado.

b. Pergunta Chave: Como Multiplicar os Resultados da Inovação?

Design thinking é acima de tudo um processo diferenciado de como ver o mundo atual, uma vez que o futuro pode ser imaginado, e, portanto, criado livremente para se propor soluções para um problema. Adota-se o equilíbrio entre razão e emoção, números e percepções, inovação e administração. No somente no mundo corporativo, mas todas as pessoas têm que aprender a reinterpretar a palavra erro. Para muitos é uma falha, para o designer é a descoberta de uma opção a menos. O erro é uma ferramenta para redução da incerteza, e criar a oportunidade para adquirir novo conhecimento. Para tanto o erro e sucesso deveriam ser comumente celebrados. A intolerância ao erro mina as chances de inovação e inibe as pessoas de ousarem. (BROWN, 2010).

Figura 6 - Mapa Mental: O Poder do Design Thinking



Fonte: BROWN, 2010.

### 3.3.3 *Gestão do design*

O termo gestão do design teve seu pioneirismo em 1965 na conjunção da Britains's Royal Society of Arst e a Uk's Design Council, onde se institui a primeiro Presidencial Awards for Design Management (CHUNG, 1998). Surgia então uma abordagem das atividades de design, que contribuísse com a qualidade total da companhia, percebida pelos seus clientes empregados e outros.

Joziasse citado por Sousa (2004) identifica os três principais níveis para a gestão do design:

- a. **Gestão estratégica do design:** O design pode operar em um nível estratégico da corporação se o foco for direcionado para a aquisição de uma vantagem competitiva, influenciando em termos de estrutura, finanças e recursos humanos. Esse nível envolve todo o processo estratégico da corporação.
- b. **Gestão tática ou comercial do design:** Nesse nível, o design é direcionado para gerar conceitos de produtos únicos, bem como prospectar novas oportunidades de mercado.
- c. **Gestão operacional do design:** No nível do projeto, o design precisa estar concentrado na eficiência e eficácia do processo, da equipe e dos projetos individuais.

Nos referenciais teóricos desta pesquisa é importante saber que na gestão do design, ao longo de anos, surgem várias vertentes, a saber:

### 3.3.4 *Design Management*

O Design Management - trata-se de uma gestão voltada ao consumidor, baseado nos princípios de gestão da qualidade total, nesse sentido é prioritário abordar questões sobre negócios e serviços ao cliente para gerar lucro. No universo do design estratégico, a inovação passa a ser somente uma perspectiva do produto, dentro do desenvolvimento de sistema-produto.

### 3.3.5 Design Process

Design Process - neste processo é focado em viabilizar benefícios tangíveis para o consumidor, garantindo soluções de inovação bem estruturada, seja embasada nas necessidades do usuário, bem como na padronização de protótipos a partir da fase.

## 3.4 Metodologia do design

A metodologia do design tem como objetivo, aprimorar os métodos, regras e critérios, que proporciona ao design a hipótese de ser pesquisado, avaliado e melhorado. Diante do crescimento econômico na Europa após a segunda guerra mundial, se faz necessário que os designers conseguissem integrar métodos científicos nos processos de projeto. Surge inicialmente nos anos 60, na HfG Ulm o modelo de metodologia do design.

Christopher Alexander citado por Sousa (2004) descreve quatro argumentos para o processo de projeto com uma metodologia própria.

- a. Os problemas de projeto são demasiados complexos, para serem tratados intuitivamente.
- b. Aumento da quantidade de informação necessário para a resolução de problemas, que o designer não conseguia manipular.
- c. Aumento repentino da quantidade de problemas.
- d. Os problemas de projeto comparados com épocas anteriores eram diferentes, o que levou a uma dificuldade em usar experiências anteriores.

Segundo Lobach citado por Sousa (2004)

Designa-se Método ou processo de Design a relação que existe entre o produto industrial (objeto industrial) e o designer industrial. O designer industrial é um profissional criativo que percorre quatro fases diferentes para desenvolver um produto inovador, onde diversas características são valorizadas pelo utilizador.

Diversos autores/designers propõem formas metodológicas de desenvolver produtos, dada importância da metodologia na concepção de novos produtos.

Abaixo, citam-se alguns métodos a partir de Araújo (1995):

#### a. Estratégias Pré-fabricadas (convergência)

Procura Sistemática – que tem como objetivo resolver problemas de design através da certeza lógica. Análise de Valor – o seu objetivo é aumentar a rapidez com que empresas da indústria transformadora aprendem a reduzir os custos de um produto.

Engenharia de sistemas – tem como objetivo a compatibilidade interna entre os componentes de um sistema e a compatibilidade externa entre o sistema e o seu ambiente. Procura de fronteiras – o seu objetivo é o de encontrar os limites, dentro dos quais estão as soluções aceitáveis. (SOUSA, 2004).

#### b. Estratégia do Controle

Troca de estratégias – é um método que tem por objetivo permitir que o pensamento espontâneo influencie o pensamento planeado, e vice-versa; Método fundamental de design de Matchett – tem por objetivo permitir a um *designer*

A perceber-se e controlar o padrão dos seus pensamentos e relacionar esse padrão de forma mais apropriada com todos os aspectos de uma situação de design. (SOUSA, 2004).

#### c. Métodos de Exploração de Situações de Design (divergência)

O estabelecimento de objetivos – método que tem como objetivo identificar as condições externas com as quais o *designer* tem que ser compatível;

A pesquisa de inconsistências visuais – o objetivo deste método é encontrar direções nas quais se possam procurar melhoramentos ao design; os problemas que lhe sejam propostos (LÖBACH, 2001).

As entrevistas a utilizadores – é um método que tem por objetivo colher informação que só os utilizadores do produto ou sistema em questão sabem;

Os inquéritos – o objetivo deste método é colher informações utilizáveis, a partir da aplicação de inquéritos a membros de uma grande população. (SOUSA, 2004).

#### d. Métodos de Procura de Idéias (divergência e transformação)

Brainstorming - estimula um grupo de pessoas a produzir muitas idéias, num curto espaço de tema, sem imposição de censura;

Sinética - método que tem por objetivo dirigir a atividade espontânea do cérebro e do sistema nervoso, para a exploração e transformação de problemas de design. (SOUSA, 2004).

### e. Métodos de Exploração da Estrutura de Problemas (transformação)

Matriz interativa – tem por objetivo permitir a procura sistêmica de ligações entre os elementos de um problema, a partir da definição dos termos elemento e ligação; construção da matriz na qual cada elemento pode ser comparado; decisão, numa base objetiva, se existe ou não ligação entre cada par de elementos;

Transformação sistemática – procurar maneiras de transformar um sistema não satisfatório de modo a remover as suas falhas inerentes. Desenvolve-se a partir da identificação das falhas inerentes do sistema; identificação das razões que a justificam; encontro de uma seqüência de mudanças que permitam a evolução dos componentes existentes. Classificação da informação de design – divide o problema de design em partes mais fáceis de gerir. (SOUSA, 2004).

### f. Métodos de Avaliação (convergência)

Checklists – tem como objetivo permitir aos designers que a utilização do conhecimento dos requisitos encontrados possa tornar-se relevante em situações idênticas; Critério de seleção – decidir como é que um design aceitável pode ser reconhecido;

Classificar e pesar – comparar um conjunto de designs alternativos, utilizando uma escala de medição comum. A mais importante condição para ter idéias de produtos novos é adotar e conservar permanentemente uma atitude mental de curiosidade e abertura relativamente ao que nos rodeia e estar sempre atento aos comportamentos, às expectativas e às frustrações dos consumidores. (SOUSA, 2004).

## 3.5 Método de Design - Solução de Problemas

O processo de design tanto é um processo criativo como um processo de solução de problemas, e divide-se em quatro fases:

- a. Existe um problema;
- b. Reúnem-se informações sobre o problema;
- c. Criam-se alternativas para solucionar o problema;
- d. Desenvolve-se a alternativa mais adequada (transforma-se em produto);

O trabalho de qualquer profissional resume-se em encontrar uma solução do problema, mas o que diferencia o designer das outras é o fato de este transformar a solução do problema em projeto de produto, incorporando características que possam satisfazer as necessidades humanas (LÖBACH, 2001).

Tabela 1 - Método de design

Processo criativo	Processo de solução do problema	Processo de desenvolvimento do produto
<b>1ª Fase</b>	<p>Análise do problema  Conhecimento do problema  Coleta de informações  Análise das informações  Definição e clarificação do problema e definição dos objetivos</p>	<p>Análise do problema de design  Análise da necessidade  Análise da relação social Homem - produto  Análise da relação produto - ambiente  Desenvolvimento histórico  Análise do mercado  Análise da função  Análise estrutural  Análise da configuração (funções estéticas)  Análise de materiais e processos de fabricação  Patentes, legislação e normas  Análise de sistema de produtos  Distribuição, montagem, serviço a clientes, manutenção  Descrição das características do novo produto  Exigências para com o novo produto.</p>
<b>2ª Fase</b>	<p>Geração de alternativas  Escolha dos métodos de solucionar problemas  Produção de idéias  Geração de alternativas</p>	<p>Alternativas de design  Conceitos do design  Alternativas de solução  Esboços de idéias, modelos</p>
<b>3ª Fase</b>	<p>Avaliação das alternativas  Exame das alternativas  Processo de seleção  Processo de avaliação</p>	<p>Avaliação das alternativas de design  Escolha da melhor solução  Incorporação das características ao novo produto</p>
<b>4ª Fase</b>	<p>Realização da solução do problema  Realização da solução  Nova avaliação da solução</p>	<p>Solução de design  Projeto mecânico  Projeto estrutural  Configuração dos detalhes (raios, elementos de manejo, etc.)  Desenvolvimento de modelos  Desenhos técnicos, desenhos de representação  Documentação do projeto, relatórios</p>

Fonte: Adaptação SOUSA, C. S. M.; GOUVEA, T. C. V.

## **Glossário do texto - termos úteis para melhor entender o design**

Branding: Conjunto de medidas que visam consolidar e fortalecer determinada marca de mercado.

Briefing: Instruções preliminares, básicas e resumidas sobre uma questão, um projeto ou uma ação a ser levada avante. Pode designar também a reunião em que tais instruções são transmitidas.

Cabeça de série: Primeira unidade do produto a ser fabricada, utilizada para testes finais.

Ergonomia: Estudo do relacionamento do homem com o seu ambiente de trabalho e os objetos que utiliza para executá-lo, que devem lhe propiciar conforto, segurança e eficácia. Hoje se tornou importante não apenas para a concepção de ferramentas, máquinas e aparelhos eletrônicos, mas no projeto de qualquer tipo de objeto ou mesmo mensagem visual.

Gestão do design: Organização e coordenação de todas as atividades do design, baseada nos objetivos estratégicos e metas definidas pela direção da empresa.

Identidade visual: Conjunto de elementos gráficos (marca, logotipo, cor, uniforme, rótulos, pintura de veículos) que identificam visualmente uma empresa, instituição, serviço, programa, evento ou atividade. Pode aplicar-se também a um produto.

Imagem corporativa: Conceito de uma empresa ou instituição perante seus funcionários, clientes, interlocutores e o mercado em geral. Envolve, entre outros fatores, seu volume de produção e de faturamento, atitude, credibilidade, qualidade dos produtos e serviços.

Marca: Nome, símbolo gráfico, logotipo ou uma combinação desses elementos, utilizados para identificar empresas, produtos ou serviços. Nem sempre expressa à atividade ou nome da empresa.

Memorial descritivo: Documento que acompanha um projeto e descreve seu conceito, características, componentes, acessórios, detalhes construtivos, materiais, custos e outros tópicos pertinentes à sua compreensão e implantação.

Mock-up: O mesmo que é pré-modelo. Representação tridimensional de um produto, geralmente confeccionada em papelão e/ou madeira em escala 1:1, sem detalhamento, utilizada para testes dimensionais em situações simuladas de uso,

visando o posterior detalhamento do projeto.

Portfólio: Amostra retrospectiva dos trabalhos (marcas, produtos, serviços, etc.) já realizados por um escritório de design ou um profissional autônomo.

Produção gráfica: Organização e supervisão das diversas tarefas referentes à produção de publicações.

Protótipo: Significa “o primeiro de um tipo”, usado para testes de funcionamento. Trata-se de exemplar em escala 1:1, com os mesmos materiais do produto que posteriormente poderá ser produzido em série.

Redesenho: O mesmo que redesign. Introdução de mudanças funcionais e estéticas em um produto já existente, de modo a simplificar e baratear sua produção ou criar outros diferenciais mercadológicos. (SOUZA; GOUVEA, 2004).

## **4 SIDERURGIA**

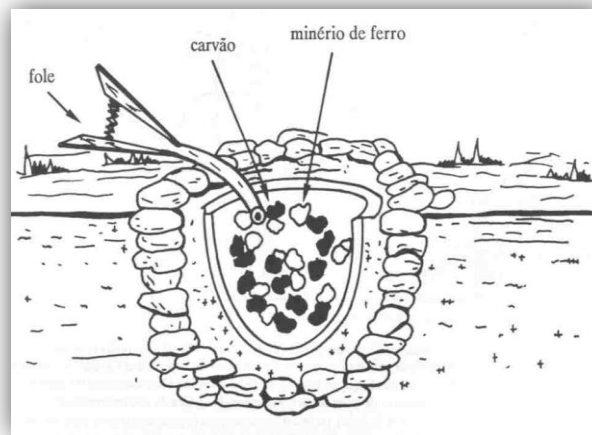
Para melhor entendimento das relações entre prática e teoria o presente capítulo apresenta um aprofundamento de estudo sobre o processo siderúrgico a fim de consolidar a proposta da pesquisa. Primeiramente apresenta-se um breve histórico da siderurgia e mostra como se deu a evolução e transformação desse mercado mundial, no Brasil e em Minas Gerais ao longo dos anos. Em seguida será apresentada toda a cadeia produtiva do aço, seus produtos e suas aplicações, e no final será tratado o assunto resíduo siderúrgico. A intenção deste capítulo é atualizar o leitor no estado da arte do assunto e ajudar a capacitá-lo para discutir e questionar as questões.

### **4.1 A indústria siderúrgica mundial**

A siderurgia é eixo que sustenta a produção industrial dos países desenvolvidos, colocando a produção do aço como importante economia desses países. É importante citar que a palavra siderurgia vem do grego e significa “trabalhar o ferro”, que inclui todo o processo de fabricação do aço. Diversas são as referências que desconhecem a origem do ferro. Todos os povos do período Neolítico, idade da pedra polida tiveram um conhecimento em metalurgia (5.000 a.C.). O Egito, como a Mesopotâmia, a Índia e a China, foi um foco da civilização, isto é, um centro de cultura humana superior. Destes berços de cultura favoreceram sempre o progresso das técnicas antigas e freqüentemente iniciaram novas técnicas. Os processos de metalurgia e principalmente do ferro são exemplo disso. (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA, 2008). Inicia-se o processo de produção de ferro pelos hititas (c.3.000 a.C.), que mantiveram em segredo por muito tempo. Desde a queda do império hitita (c.1.200 a.C.), os ferreiros dispersaram-se e já entre os gregos a produção de ferro favoreceu o desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas. Durante as modificações ocorridas desde a antiguidade até os dias atuais, o processo de fabricação do ferro sempre esteve baseado na interação entre minério e monóxido de carbono produzido pela combustão do carvão. O método primitivo de obtenção do ferro consistia em abrir um buraco em uma encosta, forrá-lo com pedras, enchê-lo com

pedras, enchê-lo com minério de ferro e madeira ou carvão vegetal e atear fogo ao combustível, conforme mostra a figura 7. Este processo fez do povo hitita detentor do monopólio da metalurgia do ferro duzentos anos. (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA, 2008).

Figura 7 - Representação esquemática de produção primitiva do ferro



Fonte: CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA, 2008.

Após a queda do Império Romano, desenvolveu-se na Espanha a forja Catalã, que veio a dominar todo o processo de obtenção de ferro e aço durante a Idade Média, espalhando-se pela Alemanha, Inglaterra e França. Como marco importante na história da siderurgia foram a invenção do alto forno, nesses fornos as temperaturas era bem elevado o que permitia a maior absorção do carvão vegetal, isso tornava as ligas de aço e ferro mais resistentes. O primeiro alto forno foi construído no século XV. Vários autores desconhecem o tempo e o local exatos. É sabido que esta invenção alterou a escala e natureza do trabalho de ferro. Pode-se dizer que entre as descobertas científicas, que gradativamente iam melhorando o processo de produção industrial, merece destaque a “utilização do carvão de pedra para a redução do minério de ferro, que resultou na localização dos complexos siderúrgicos. A Inglaterra foi a maior beneficiária dessa conquista, em razão de possuir, e, territórios economicamente próximos, jazidas de minério de ferro e de carvão de pedra. Surge então na Grã-Bretanha no final do século XVIII, a Revolução Industrial, trouxe a grande mudança na humanidade, começava-se então a produzir aço em grandes quantidades, servindo de matéria-prima para muitas indústrias. O

uso de máquinas a vapor para injeção de ar no alto forno, tornos mecânicos e o aumento de produção transformaram o ferro e o aço no mais importante material de construção. Em 1779, construiu-se a primeira ponte de ferro, em Coalbrookdale, Inglaterra; em 1787, o primeiro barco de chapas de ferro e muitas outras inovações. No entanto pode-se dizer que, as ferrovias, contribuem de maneira mais decisiva no desenvolvimento da indústria siderúrgica. Em 1830 entra em operação a ferrovia Liverpool-Manchester (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA, 2008).

O último quarto do século XIX surge à primeira crise siderúrgica, os mercados estavam saturados e com suas economias incipientes e dependentes, não tinham capacidade de absorver a produção crescente da indústria britânica. Em 1880 a produção de aço dos Estados Unidos tornou-se a maior do mundo, ultrapassando a Alemanha, em ritmo extraordinário. Em 1957, os Estados Unidos e o Canadá produziram juntos, cerca de, 36,6% do ferro gusa e 36,5% do aço bruto do mundo. Sendo que o seu rival mais próximo a União Soviética, produziu menos da metade desse total. (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA, 2008).

Atualmente o processo mais usado na obtenção do aço é o processo LD (Linz-Donawitz) e, nas aciarias espalhadas pelo mundo, são produzidas centenas de milhões de toneladas por ano (a marca de um milhão de toneladas por ano foi conseguida em 1876; em 1926, já se fabricava cem milhões de toneladas/ano, chegando-se atualmente a níveis de 700 milhões de toneladas, ou mais) de aços das mais diversas qualidades e propriedades mecânicas, sob a forma de chapas, perfis, barras, tubos, trilhos, etc. (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA, 2008).

Segundo De Muyllder citado por Ramos (2007), a história da indústria siderúrgica mundial pode ser dividida em três diferentes estágios:

- a. O primeiro está inserido no período pós-guerra até a década de 1970, quando a taxa média da produção mundial de aço foi de aproximadamente de 5%. A reconstrução dos locais abatidos pela guerra alavancou a produção industrial aumentando o desenvolvimento da economia de certos países, principalmente no que diz respeito à siderurgia.
- b. O segundo, durante a década de 80, quando houve uma estagnação e

desaceleração da economia, ocasionando uma queda no consumo de aço. Com isso os preços do aço tiveram uma queda além do surgimento de materiais substitutos como o alumínio, o plástico e a cerâmica.

- c. Já o terceiro, iniciou-se em 1988 com as reestruturações e transformações sofridas pelo setor, além da abertura de mercado, globalização econômica e o processo de privatização da siderurgia mundial (DE MUYLDER, 2001).

Uma questão a considerar neste estudo é que o processo de consolidação em curso no setor siderúrgico mundial, cujas fusões e aquisições entre grandes grupos do setor vêm crescendo nos últimos anos, além disso, grandes decorrentes alterações quanto ao mix de produtos e o deslocamento geográfico. Houve um aumento de produtos de maior valor agregado na produção (laminado galvanizado para a indústria automobilística). Durante a década de 1990, intensificou-se uma profunda reestruturação do setor siderúrgico em todo o mundo. Com a entrada de novos materiais, está ocorrendo uma gradativa transferência da produção e do consumo de aço e minério de ferro dos países desenvolvidos para países em desenvolvimento, com destaque para a China.

#### **4.2 A indústria siderúrgica brasileira**

A primeira Industrialização do ferro, no Brasil, foi iniciada em 1587, por Afonso Sardinha, perto de São Paulo, que utilizava as forjas catalãs para a produção do aço. Várias dessas forjas foram instaladas em São Paulo e Minas Gerais durante o fim do século XVI e todo o século XVII. Entre 1700 e 1756, nas missões jesuítas, em Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, fabricaram-se cravos, ferraduras e utensílios, também usando forjas catalãs. Somente em 1813 é que se produziu o primeiro ferro gusa líquido no Brasil, em Morro do Pilar, São Paulo, através de um alto-forno. No mesmo momento foram construídos os altos-fornos da real fábrica de ferro de São João de Ipanema, em Sorocaba, em São Paulo. (DE MUYLDER apud RAMOS, 2007).

Em 1812, em Congonhas do Campo (MG), foi construída a “Fábrica de Ferro”, mas o forno utilizado para a produção do ferro gusa líquido era um baixo forno tipo sueco. Em 1818, o engenheiro francês Jean Antoine Félix Dissantes de Monlevade montou um baixo alto forno em Caeté e em 1825, uma forja tipo catalã na fábrica de ferro de

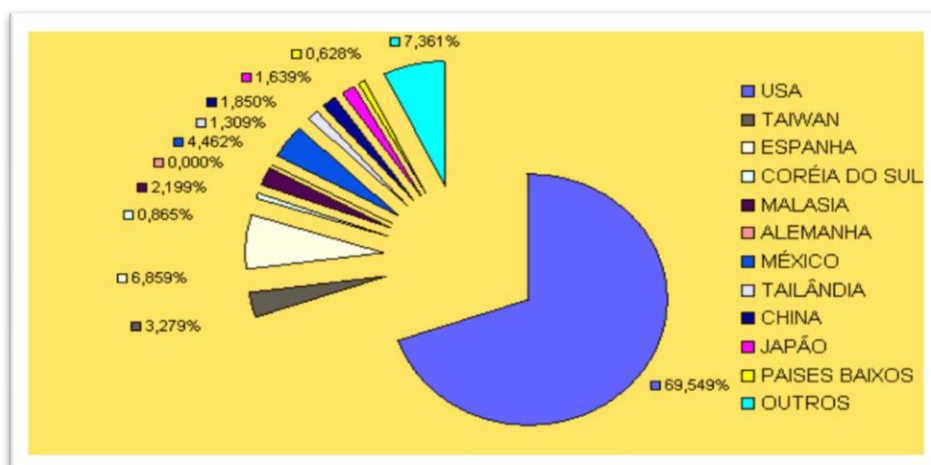
S. Miguel de Piracicaba (hoje cidade de João Monlevade).

Em 1884, tem o início da construção da usina Esperança em Itabirito, com o primeiro alto-forno sendo erguido no Estado de Minas Gerais. Em 1925, nasce a primeira usina integrada da América do Sul, em Sabará. Em 1937, iniciou-se a operação da maior usina do mundo integrada a carvão vegetal em João Monlevade, MG – introduzindo uma visão pioneira na América, o reflorestamento á base de eucaliptos para suprir a demanda de carvão vegetal nos altos-fornos. (DE MUỲLDER apud RAMOS, 2007).

A primeira usina siderúrgica a coque só se viabilizou no Brasil em 1941, com a implantação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em Volta Redonda, Rio de Janeiro. A partir de 1970, observou-se um “boom” de instalações de pequenos altos-fornos, á base de carvão vegetal, que produzem ferro gusa líquido (em lingotes) para exportação e mercado externo.

Para tanto, em 1940, constitui-se a CSN com o objetivo de construir-se uma grande usina moderna integrada, posteriormente entra em operação, nos anos sessenta, da Cosipa – Companhia Siderúrgica Paulista - e da Usiminas – Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais, onde favoreceu uma notável expansão da oferta de produtos laminados planos no mercado. Para as próximas décadas a indústria siderúrgica se consolidaria como indústria de base, diminuindo consideravelmente as importações de produtos siderúrgicos. Com efeito, o Brasil passou da condição de importador para exportador de aço. (DE MUỲLDER apud RAMOS, 2007).

Gráfico 1 - Destino do ferro-gusa brasileiro para o mercado externo (2005)



Fonte: SINDIFER apud Mota 2009.

Durante aproximadamente 50 anos, o Governo Federal exerceu o monopólio sobre o setor de produção de aço plano através da *sociedade*: Siderurgia Brasileira S.A (Siderbrás) criada neste mesmo ano. Em 1983 entra em operação a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST). Em 1986, foi à vez da Açominas em Ouro Branco (MG) ser inaugurada. Na década de 80, o mercado interno como um todo entra em retração e a alternativa era voltar-se para o exterior. A crise também atinge a siderurgia mundial gerando medidas restritivas às importações nos mercados no exterior. Na década de 90 o parque siderúrgico nacional contava com 43 empresas estatais e privadas, cinco delas integradas a coque, nove a carvão vegetal, duas integradas à redução direta e 27 semi-integradas, além de produtores independentes de ferro-gusa e carvão vegetal, que somavam cerca de 120 alto-fornos. (BRASIL, 2009).

O Brasil desempenha atualmente um importante papel no mercado de exportação de aço, principalmente no de produtos semi-acabados (placas e tarugos). O setor siderúrgico no Brasil também aumentou sua capacidade de fabricação de produtos de maior valor agregado. As exportações de semi-acabados siderúrgicos foram de 5.099 milhões de toneladas, o que representou 49,4% da exportação total de aço em 2007. As exportações brasileiras totalizaram 10,31 milhões de toneladas contra 12,53 milhões de toneladas em 2006, indicando aumento do consumo interno devido

As empresas siderúrgicas brasileiras, consideradas competitivas internacionalmente, vêm sofrendo mudanças de gestão desde a privatização e com o processo de grandes fusões. O Grupo Gerdau, tradicional empresa siderúrgica privada, com uma história centenária, vem desenvolvendo um modelo de internacionalização, passando de uma posição de 25º lugar no ranking mundial das siderúrgicas, para 14º em 2006, crescendo principalmente nas Américas, com seguidas aquisições de empresas *mini mills* e com a aquisição da ex-estatal Açominas. Em 2007, com as últimas aquisições na Índia, América Latina, e, Estados Unidos, é possível que a empresa venha a galgar mais alguma posição no ranking das maiores do setor. A Gerdau é uma das empresas mais internacionalizadas do Brasil, situada em 14 países, e já produz mais aço no exterior que em território nacional, na proporção de 54,7% contra 45,3% (GERDAU, 2007).

O setor siderúrgico brasileiro foi um dos setores industriais que mais se capacitou a competir no cenário globalizado, sendo objeto de um processo de

consolidação nos últimos anos no Brasil. De uma posição fortemente estatizada na década de 80, o setor também foi um dos mais atingidos pelo processo de privatização no início da década de 90. Entre 1994 e 2008, as empresas siderúrgicas investiram US\$ 25,1 bilhões, principalmente no controle ambiental, na modernização e na atualização tecnológica das usinas, alcançando uma capacidade instalada de 41,5 milhões de toneladas. O parque siderúrgico brasileiro compõe-se hoje de 27 usinas, administradas por oito grupos empresariais. São eles ArcelorMittal Brasil, Grupo Gerdau, CSN, Grupo Usiminas, V&M do Brasil, Villares Metals, Votorantim Siderurgia e Sinobras. (BRASIL, 2009).

As principais características da indústria siderúrgica brasileira antes da privatização, conforme De Muyllder (2001), foram às seguintes:

- a. Setor endividado;
- b. Parque industrial desatualizado;
- c. Limitações de investimentos;
- d. Gestão burocratizada e/ou política;
- e. Limitações comerciais;
- f. Baixa autonomia de planejamento e estratégia;
- g. Alto passivo ambiental;

A partir do início do processo de privatização, e conforme De Muyllder citado por Ramos (2007) vários ganhos ocorreram para a indústria siderúrgica brasileira, como:

- a. Nova etapa de desenvolvimento;
- b. Melhora no desempenho administrativo, financeiro e tecnológico;
- c. Profissionalização das administrações;
- d. Gestão orientada para resultados;
- e. Fortalecimento através de grupos empresariais;
- f. Redução de custos;
- g. Acesso ao mercado de capitais;
- h. Aumento da produtividade;
- i. Melhoria dos indicadores de resultados;

Segundo o Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS) (2006), a privatização deu início a um novo processo de desenvolvimento do setor siderúrgico brasileiro, fortalecendo e consolidando uma posição de destaque no mercado internacional.

### **4.3 A indústria siderúrgica em Minas Gerais**

As primeiras instalações siderúrgicas em Minas Gerais ocorreram ainda no início do século XIX. Os principais empreendimentos foram (RODRIGUES; COSTA apud MOTA, 2009):

- a. Real Usina de Ferro do Morro do Pilar (1814-1831), em Ouro Preto, também chamada de Fábrica do Morro do Gaspar Soares, que tentou, sem muito sucesso, produzir ferro-gusa, tendo que mais tarde encerrar as atividades e vender os bens para quitar dívidas.
- b. Usina de Ferro Patriótica, situada em Congonhas do Campo, também conhecida como Usina da Prata, criada pelo barão Wilhelm Ludwig Von Eschwege, contratado pelo governo português para dedicar-se à indústria metalúrgica no Brasil. A Usina encerrou as atividades em 1822, um ano após Eschwege deixar o País.
- c. Fábrica de São Miguel de Piracicaba, em Caetés, aberta em 1827, nas margens do rio Piracicaba e próxima ao arraial de São Miguel, região rica em minerais. A fábrica contava com forjas catalãs e maquinário de instalação trazida da Inglaterra, por meio de navios que adentraram o Estado pelo rio Doce. A produção média era de 30 arrobas de ferro por dia. Após a morte de seu fundador, Jean Monlevade, em 1872, a fábrica entrou em decadência até ser vendida para a Companhia Nacional de Forjas e Estaleiros, do Rio de Janeiro, em 1891, vindo há falir seis anos depois.
- d. Usina Esperança, em Itabirito (na época Itabira do Campo), projetada em 1888 e considerada a primeira grande usina nacional, com um alto-forno capaz de produzir cinco toneladas diárias de ferro. Seus fundadores, o engenheiro metalurgista Joseph Gerspacher e o comendador Carlos da Costa



Tabela 2 - Produtores independentes de ferro-gusa em Minas Gerais

<b>Produtores independentes de ferro-gusa em Minas Gerais</b>			
Localização (região)	Nº de empresas	Nº de altos-fornos	Capacidade (ton./mês)
<b>Região Oeste</b>			
Divinópolis	9	16	79.000
Pará de Minas	2	4	38.000
Outros	18	26	154.500
Subtotal	29	46	271.500
<b>Região Noroeste</b>			
Sete Lagoas	25	39	283.800
Outros	2	7	45.000
Subtotal	27	46	328.800
<b>Região Metalúrgica</b>			
Betim/ Contagem	2	7	35.000
Outros	5	6	39.200
Subtotal	7	13	74.200
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>105</b>	<b>674.500</b>
	<b>Total Ton./ano</b>		<b>8.094.000</b>

Fonte: Adaptada pela autora - SINDFER 2008.

#### 4.4 Processo siderúrgico - cadeia produtiva do aço

Segundo disposto no *site* do Instituto do Aço do Brasil (IAB) o aço é um produto siderúrgico definido como uma liga metálica composta basicamente de minério de ferro, carvão (mineral ou vegetal) e cal. Os autores dividem a fabricação do aço em quatro grandes partes:

- a. Preparo da carga (Matérias-Primas, Coqueria e Sinterização).

Inicia-se esta etapa com a produção do coque, tendo como insumo o carvão mineral (ou vegetal) e em seguida de pelotização e sinterização do minério de ferro. Antes de serem levados ao alto forno, o minério e o carvão são previamente preparados para melhoria do rendimento e economia do processo. O minério é transformado em pelotas e o carvão é destilado, para obtenção do coque, dele se obtendo ainda subprodutos carboquímicos.

#### b. Produção de Gusa (Alto-forno)

A partir do coque e o minério processados seguem a etapa de redução, que ocorre dentro de um equipamento chamado alto forno, dando origem ao ferro-gusa. Este processo consiste em remover o oxigênio do ferro para ligar-se ao carbono.

Figura 9 - Representação esquemática do alto forno

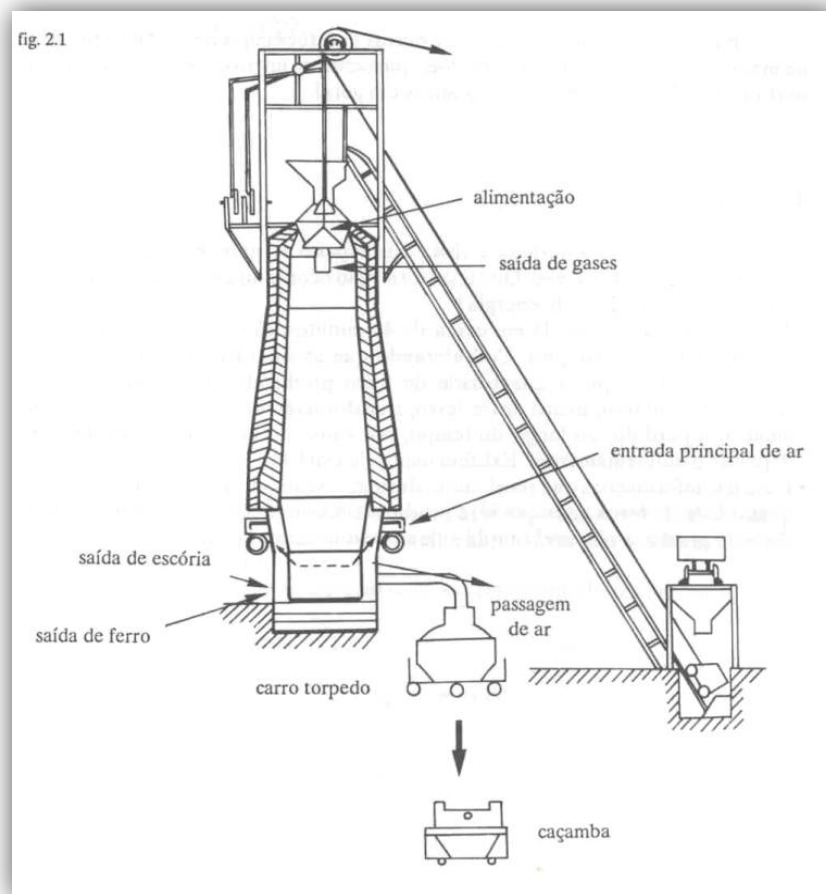
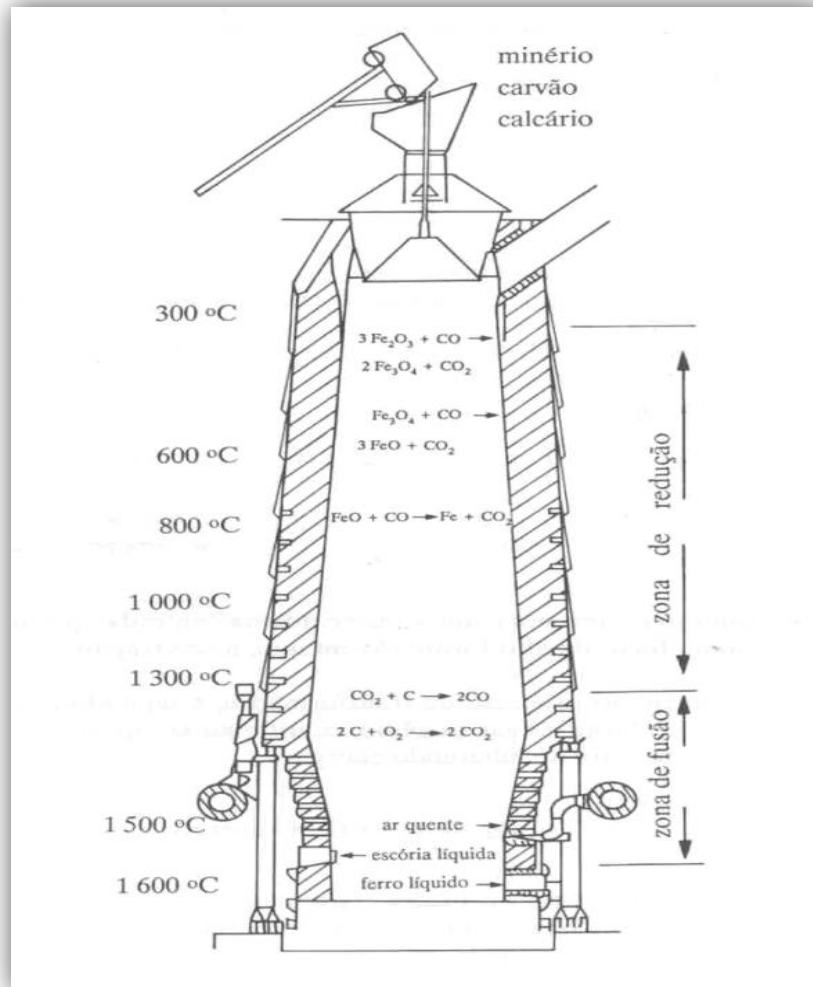


Figura 10 - Representação das transformações que ocorrem dentro do alto forno



Fonte: CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA, 2008.

### c. Produção de Aço (Aciaria)

Para a terceira fase, de refino, é realizada nas aciarias, onde o aço é produzido. Existem dois tipos de aciaria: A chamada LD, com conversor a oxigênio e a aciaria elétrica, com forno elétrico a arco. No entanto são utilizadas para transformar o ferro gusa líquido ou sólido e a sucata de ferro em aço líquido. Grande parte do aço líquido é solidificada em equipamentos chamados de lingotamento contínuo para produzir semi-acabados, lingotes e blocos.

Figura 11 - Representações esquemáticas das instalações e da máquina de lingotamento contínuo e aspecto geral do corte de placas e dos produtos produzidos



Fonte: MOREIRA, 2009.

#### d. Conformação Mecânica (Laminação)

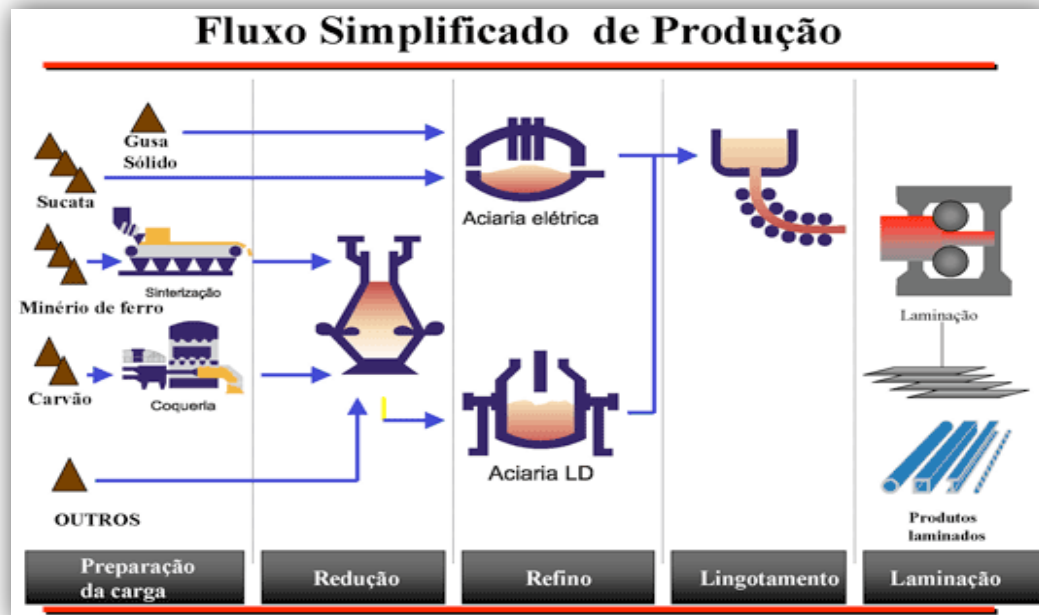
Em seguida a última fase do processo siderúrgico, chamada de laminação, que recebe o aço já solidificado, sejam os semi-acabados, lingotes e blocos são tratados por equipamentos chamados laminadores (a quente e a frio), resultando na forma dos produtos fabricados, classificados em planos ou longos, como por exemplo: os perfis, trilhos, arame, etc.

Atualmente, conforme site do Instituto do Aço (IABr), o Brasil possui 13 usinas integradas - operam todas as fases do processo de produção do aço – preparação, redução, refino e laminação, 21 são semi-integradas – processam sucata, gusa ou ferro-esponja, nas fases da aciaria e laminação, 02 não-integradas - ou seja, operam somente a fase de redução.

As integradas operam as três fases básicas de redução, refino e laminação; as semi-integradas realizam o refino e a laminação, e as não integradas apenas uma fase do processo, de redução ou laminação. No primeiro caso das não-integradas estão os produtores de ferro gusa, os chamados guseiros, que têm como característica comum o emprego de carvão vegetal em altos fornos para redução do minério. No segundo, estão os relaminadores, geralmente de placas e tarugos, adquiridos de usinas integradas ou semi-integradas e os que relaminam material sucateado. No mercado produtor operam ainda unidades de pequeno porte que se dedicam exclusivamente a produzir aço para fundições (INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 2008).

#### 4.4.1 Integradas

Figura 12 - Fluxo Simplificado da Produção Siderúrgica



Fonte: GRUPO VALLOUREC 2010.

Para o processo de produção nas usinas integradas, o minério de ferro é reduzido a partir do coque e da introdução de combustíveis fundentes produzindo ferro-gusa nos altos-fornos. A produção de ferro-gusa consiste, simplificada, da retirada das impurezas do minério de ferro e de oxigênio de seus óxidos nos altos-fornos, que são grandes reatores químicos alimentados pelo minério, por coque (ou carvão (vegetal), e por fundentes. Os materiais reagem em seu interior com grandes quantidades de ar quente, produzindo gusa, gás de alto-forno e escória (CARDOSO, 1988 apud RIBEIRO, 2003).

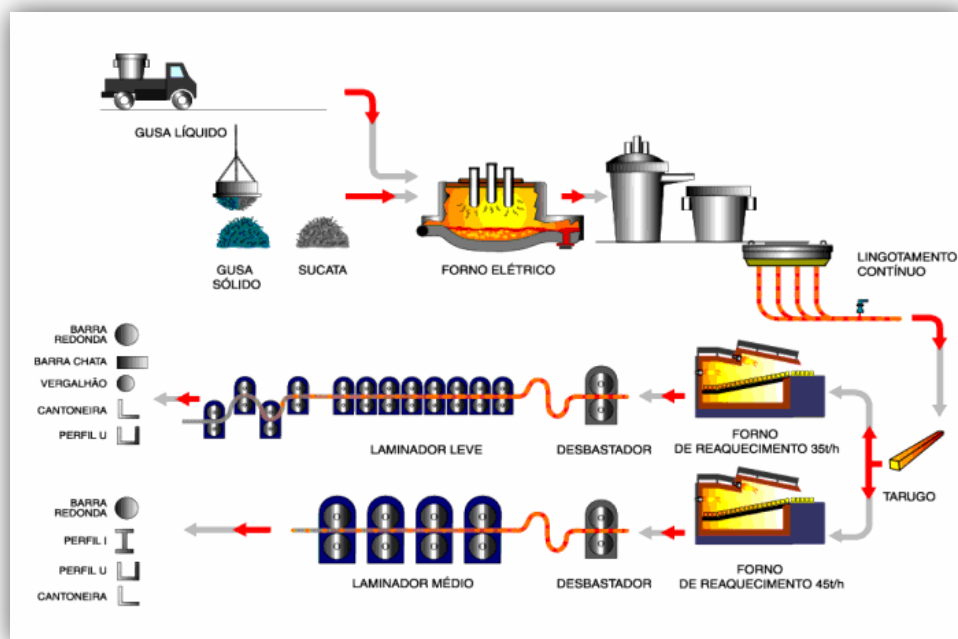
Nas usinas integradas, após a redução o ferro-gusa seguirá para o conversor a oxigênio LD.

Saindo do alto-forno, o ferro-gusa é transformado em aço bruto nos conversores a oxigênio, a partir da oxidação dos elementos que se quer remover do gusa, liberando grande quantidade de calor. Para evitar que a temperatura atinja níveis exageradamente altos, o que poderia provocar aumento excessivo da temperatura do metal líquido, escória e refratários, costuma-se utilizar sucata na carga dos conversores. A sucata, constituída de ferro e aço, absorve calor ao se fundir e se incorpora ao aço produzido (KIM; WORRELL apud BONEZZI, 2005).

#### 4.4.2 Semi-integradas

Na produção das usinas de aço semi-integradas a sua composição é de sucata proveniente de desperdícios de aço, materiais de construção, maquinaria, veículo, ou aço recuperado do processo de produção, misturada ao gusa, ou ferro-esponja e ferros-liga, sendo que na unidade de operação da aciaria são processados por fornos elétricos a arco em corrente alternada ou contínua. Esses fornos também chamados de mini-mills basearam-se em premissas de reciclagem a partir da sucata ferrosa a baixo custo. Nas décadas de 60 e 70 utilizava-se o forno elétrico a arco somente para a produção de aços longos, para tanto hoje essa nova tecnologia de redução de custo e controle ambiental passou a ser utilizada no mercado de aços planos. Neste forno a fundição da matéria-prima é obtida pelo calor fornecido pelo arco voltaico que se forma entre os três elétrodos verticais, geralmente de grafite. Durante este processo é comum a injeção de oxigênio de forma a acelerar a fundição e a queimar o carbono. O aço líquido assim produzido passa posteriormente pelas mesmas fases de refinação e graduação que no processo anterior.

Figura 13 - Esquema de produção de uma usina semi-integrada



Fonte: SITE (IABr).

#### 4.4.3 Não-integradas

Pode-se dizer que no Brasil somente 2% das usinas não integradas, ou seja, apresentam apenas a fase de redução.

Para este estudo não será contemplada nenhum tipo deste caso.

### 4.5 Tipos de aço

Conforme descrito em nota no site do epe – empresa vinculada ao MME - RJ. Os produtos de origem siderúrgica podem ser classificados quanto á sua composição química, quanto á sua forma geométrica. Para sua composição química, citam-se os seguintes:

#### a. Aços Carbono

São aços ao carbono, ou com baixo teor de liga, de composição química definida em faixas amplas.

#### b. Aços Ligados / Especiais

São aços ligados ou de alto carbono, de composição química definida em estreitas faixas para todos os elementos e especificações rígidas.

#### c. Aços construção mecânica

São aços ao carbono e de baixa liga para forjaria, rolamentos, molas, eixos, peças usinadas, etc.

#### d. Aços ferramenta

São aços de alto carbono ou de alta liga, destinados à fabricação de ferramentas e matrizes, para trabalho a quente e a frio, inclusive aços rápidos.

**Quanto à forma geométrica as categorias são:****a. Semi-acabados**

Produtos oriundos de processo de lingotamento contínuo ou de laminação de desbaste, destinados a posterior processamento de laminação ou forjamento a quente.

- Placas
- Blocos
- Tarugos

**b. Produtos Planos**

Produtos siderúrgicos, resultado de processo de laminação, cuja largura é extremamente superior a espessura ( $L > E$ ), e são comercializados na forma de chapas e bobinas de aços carbono e especiais.

**c. Não revestidos, em "aços carbono"**

- Bobinas e chapas grossas do laminador de tiras a quente - LTQ ( $5\text{mm} < E < 12,7\text{mm}$ )
- Bobinas e chapas grossas do laminador de chapas grossas - LCG ( $E > 12,7\text{mm}$ )
- Bobinas e chapas finas laminadas a quente (BQ/CFQ)
- Bobinas e chapas finas laminadas a frio (BF/CFF)

**d. Revestidos, em "aços carbono"**

- Folhas para embalagem (folhas de flandres - recobertas com estanho - e folhas cromadas)
- Bobinas e chapas eletro-galvanizadas (EG - Electrolytic Galvanized)
- Bobinas e chapas zincadas a quente (HDG - Hot Dipped Galvanized)

- Bobinas e chapas de ligas alumínio-zinco
- Bobinas e chapas pré-pintadas

e. **Em "aços especiais"**

- Bobinas e chapas em aços ao silício (chapas elétricas)
- Bobinas e chapas em aços inoxidáveis
- Bobinas e chapas em aços ao alto carbono ( $C \geq 0,50\%$ ) e em outros aços ligados

f. **Produtos Longos**

Produtos siderúrgicos, resultado de processo de laminação, cujas seções transversais têm formato poligonal e seu comprimento é extremamente superior à maior dimensão da seção, sendo ofertados em aços carbono e especiais.

g. **Em aços carbono**

- Perfis leves ( $h < 80$  mm)
- Perfis médios ( $80 \text{ mm} < h \leq 150$  mm)
- Perfis pesados ( $h > 150$  mm)
- Vergalhões
- Fio-máquina (principalmente para arames)
- Barras (qualidade construção civil)
- Tubos sem costura
- Trefilados

h. **Em aços ligados / especiais**

- Fio-máquina (para parafusos e outros)
- Barras em aços construção mecânicas
- Barras em aços ferramenta
- Barras em aços inoxidáveis e para válvulas
- Tubos sem costura
- Trefilados

## 4.6 Produção

### 4.6.1 Mundial

Considera-se que o mercado siderúrgico como uma grande economia estratégica vinculada as transformações ocorridas durante os últimos 20 anos. Com a formação de grupos privados, buscou-se a expandir sua produção principalmente quanto ao mix de produtos e ao deslocamento geográfico e trazer uma nova dinâmica competitiva ao mercado mundial. Historicamente, até a data de 1990, a produção de aço se manteve aos seus 700 milhões de toneladas. Pode-se observar que atualmente ver tabela 3, que os países da Ásia possuem uma relativa produção com relação ao mundo, principalmente a China, que produz praticamente a metade da produção total. Os países da Comunidade de Estados Independentes (CEI) também compõem um forte bloco produtor no mundo, quase igualando a produção japonesa, em função da grande disponibilidade dos principais insumos siderúrgicos (minério de ferro e carvão metalúrgico) e de sua relativa proximidade de importantes mercados consumidores (Ásia e Europa Ocidental). Houve também um aumento por produtos de alto valor agregado, destacando as chapas galvanizadas (matéria-prima para a indústria automobilística) nos Estados Unidos e Japão. (FONSECA; CARVALHO, SILVA, 2010).

Gráfico 2 - Evolução da Produção Mundial do Aço Líquido Milhões Toneladas



Fonte: 1999 (IBS, 2004b).

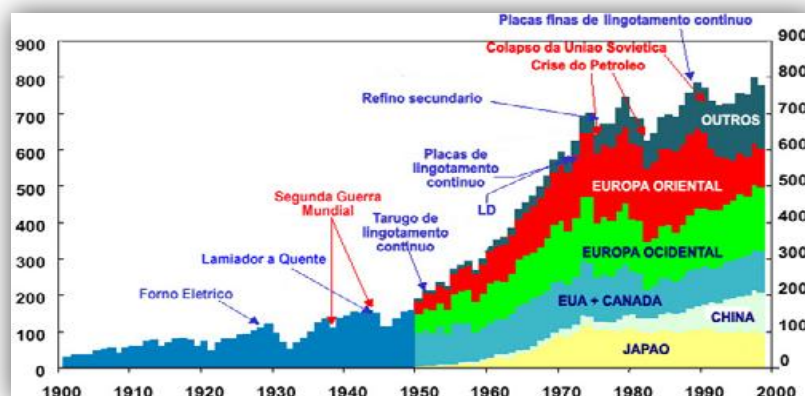
Tabela 3 - Produção Mundial de Aço Bruto

Unid: 10 <sup>3</sup> t							
GRUPOS	JAN/AGO		11/10	JUL	AGOSTO		11/10
	2011	2010	(%)	2011	2011	2010	(%)
CHINA	469.283	424.448	10,6	59.300	58.752	51.639	13,8
U.E.	120.865	115.727	4,4	14.976	12.740	12.215	4,3
JAPÃO	72.132	72.698	(0,8)	9.152	8.908	8.898	0,1
C.E.I.	75.381	71.010	6,2	9.280	9.445	8.969	5,3
E.U.A.	57.590	54.281	6,1	7.368	7.535	6.619	13,8
OUTROS	215.658	195.245	10,5	27.262	27.135	25.105	8,1
<b>TOTAL</b>	<b>1.010.909</b>	<b>933.409</b>	<b>8,3</b>	<b>127.338</b>	<b>124.515</b>	<b>113.445</b>	<b>9,8</b>

Fonte: Adaptado pela autora - Obs.: Dados correspondentes à produção de aço bruto dos países associados ao WSA.

O gráfico 3, por exemplo, ilustra a evolução da produção mundial de aço, com base em dados disponíveis em diversas fontes, principalmente no IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia), pode-se notar que é exatamente quando o percentual global de uso dos metais cai, em 1950, é que a produção de aço tem a sua maior taxa de crescimento.

Gráfico 3 - Evolução da produção mundial de aço ao longo do século 20



Fonte: INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL, 2012.

Na América do Sul, 71% da produção total da região estão no Brasil, enquanto o restante dos países tem uma participação marginal na produção mundial, conforme demonstra a Tabela 4.

Tabela 4: Produção de Aço Bruto da América Latina

<i>Unid: 10<sup>3</sup>t</i>							
PAÍSES	JAN/AGO		11/10	JUL	AGOSTO		11/10
	2011	2010	(%)	2011	2011	2010	(%)
BRASIL	23.908	22.176	7,8	3.121	2.960	2.920	1,4
MÉXICO	12.124	11.071	9,5	1.537	1.614	1.382	16,8
ARGENTINA	3.709	3.358	10,5	491	489	473	3,4
VENEZUELA	2.229	1.181	88,7	269	283	204	38,7
CHILE	1.179	578	104,0	149	157	118	33,1
COLÔMBIA	829	807	2,7	93	97	106	(8,5)
PERU	588	584	0,7	82	83	75	10,7
TRINIDAD-TOBAGO	446	409	9,0	56	59	40	47,5
EQUADOR	348	230	51,3	49	51	33	54,5
AMÉRICA CENTRAL	328	211	55,5	46	48	25	92,0
CUBA	199	186	7,0	23	25	23	8,7
URUGUAI	50	40	25,0	8	8	5	60,0
PARAGUAI	16	43	(62,8)	2	2	5	(60,0)
<b>TOTAL</b>	<b>45.953</b>	<b>40.874</b>	<b>12,4</b>	<b>5.926</b>	<b>5.876</b>	<b>5.409</b>	<b>8,6</b>

Fonte: Adaptado pela autora - ILAFA/Aço Brasil.

#### 4.6.2 Brasileira

Pelo incentivo do crescimento tecnológico no início do século XX, a produção nas décadas de 1917 á 1930, registra uma capacidade de 50 mil toneladas de aço para atender a demanda industrial nacional. No decorrer dos anos, a modernização e a aceleração da produção industrial, leva as empresas no Brasil á investirem nas

suas usinas, alcançando uma produção em 2008 de 41, 5 milhões de toneladas/ano. Como se observa no quadro tabela 5 o ano de 2010 apresenta um registro de queda com relação á dados de 2011, atingindo uma forte recuperação do setor. (FONSECA; CARVALHO, SILVA, 2010).

Tabela 5 - Produção Siderúrgica Brasileira

<i>Unid: 10<sup>3</sup>t</i>									
PRODUTOS	JAN/SET		11 10	JUL	AGO	SETEMBRO		11 10	ÚLTIMO
	2011	2010	(%)	2011	2010	2011	2010	(%)	12 MESES
AÇO BRUTO	26.714,7	24.886,0	7,3	3.121,0	2.959,8	2.806,6	2.710,0	3,6	34.756,2
LAMINADOS	19.028,3	19.536,1	2,6	1.966,6	2.104,0	2.032,6	1.988,2	2,2	24.893,6
PLANOS	10.703,7	11.660,8	8,2	1.003,5	1.179,9	1.082,4	1.173,3	7,7	14.206,0
LONGOS	8.324,6	7.875,3	5,7	963,1	924,1	950,2	814,9	16,6	10.687,6
SEMI-ACABADOS P/VENDAS	5.992,6	4.282,7	39,9	867,0	682,7	654,2	605,5	8,0	7.879,4
PLACAS	5.074,9	3.425,7	48,1	764,0	575,1	557,3	495,3	12,5	6.492,2
LINGOTES, BLOCOS E TARUGOS	917,7	857,0	7,1	103,0	107,6	96,9	110,2	12,1	1.387,2
FERRO-GUSA (Usinas Integradas)	20.810,1	19.404,4	7,2	2.428,2	2.281,0	2.120,5	2.254,5	5,9	27.299,9

Fonte: Adaptação INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL, 2012.

Conforme se observa na Tabela 6, há uma forte concentração da produção de aço na região Sudeste, principalmente no que se refere à produção de planos, resultado da combinação existente na região de reservas de minério de ferro, boa logística dedicada e grandes mercados consumidores. Também apresenta a produção de laminados e de semi-acabados para vendas, no atual momento.

Tabela 6 - Distribuição Regional da Produção

				<i>Unid: 10<sup>3</sup>t</i>
ESTADO	JANEIRO/SETEMBRO - 2011			
	AÇO	(%)	LAMINADOS E	(%)
	BRUTO		SEMI-ACABADOS P/ VENDAS	
MINAS GERAIS	8.831,8	33,1	8.264,8	33,0
RIO DE JANEIRO	7.417,2	27,8	7.382,8	29,5
SÃO PAULO	4.351,9	16,3	3.644,1	14,6
ESPÍRITO SANTO	4.499,8	16,8	3.246,0	13,0
OUTROS	1.614,0	6,0	2.483,2	9,9
<b>TOTAL</b>	<b>26.714,7</b>	<b>100,0</b>	<b>25.020,9</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Adaptação INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL, 2012.

#### 4.6.3 Mercado Externo

Segundo as estatísticas do Instituto do Aço, atualmente as exportações de produtos siderúrgicos, atingiu 744 mil toneladas, representando aumento de 31,8% em volume comparado ao mesmo período do ano anterior. Para tanto os resultados citados coloca a produção brasileira como 15º exportador mundial de aço (exportações diretas); 7º maior exportador líquido de aço (exportação - importação): 3,1 milhões de toneladas; exportações indiretas (aço contido em bens): 2,7 milhões de toneladas. Os principais destinos para os produtos semi-acabados brasileiros são a Coréia do Sul com 21,1%, os Estados Unidos, com 13,6%, e a Tailândia, com 12,3%, seguidos de Kuwait, Indonésia e Argentina. Para os planos e longos foram os seguintes: Chile, Portugal, Peru, Argentina, Espanha, Alemanha e Colômbia.

Tabela 7 - Vendas Mercado Externo (Usinas)

Unid: 10 <sup>3</sup> t						
PRODUTOS	JAN/SET		11/10	SETEMBRO		11/10
	2011	2010	(%)	2011	2010	(%)
LAMINADOS	2.599,7	2.207,2	17,8	275,0	279,6	(1,6)
PLANOS	1.689,3	1.383,6	22,1	188,1	166,8	12,8
LONGOS	910,4	823,6	10,5	86,9	112,8	(23,0)
SEMI-ACABADOS	5.081,0	3.261,9	55,8	613,6	455,5	34,7
PLACAS	4.611,5	2.899,0	59,1	556,6	414,2	34,4
BLOCOS E TARUGOS	469,5	362,9	29,4	57,0	41,3	38,0
<b>TOTAL</b>	<b>7.680,7</b>	<b>5.469,1</b>	<b>40,4</b>	<b>888,6</b>	<b>735,1</b>	<b>20,9</b>
<b>VALOR (10<sup>6</sup> US\$ FOB)</b>	<b>5.764,6</b>	<b>3.342,8</b>	<b>72,4</b>	<b>631,3</b>	<b>486,2</b>	<b>29,8</b>

Fonte: Adaptação INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL, 2012.

#### 4.6.4 Mercado Interno

No que tange as vendas no mercado interno apresentou uma queda comparação ao ano de 2010, com relação ao semi-acabados, conforme a Tabela 8. Já os produtos laminados, que representam, cerca de, 98% do total do mercado interno, tiveram uma relativa alta representada fortemente pelo consumo na construção civil. Cerca de 80% da produção de longos é destinada ao consumo interno, caracterizando uma indústria que tem como base o consumo regional. O IABr estima que a demanda de aço deva atingir até 8 milhões de toneladas no período de 2009 á 2016, isto significa uma importante contribuição para o crescimento da indústria de aço no país. (FONSECA; CARVALHO, SILVA, 2010).

Tabela 8 - Vendas Mercado Interno

<i>Unid: 10<sup>3</sup>t</i>						
PRODUTOS	JAN/SET		11/10	SETEMBRO		11/10
	2011	2010	(%)	2011	2010	(%)
<b>LAMINADOS</b>	15.891,3	15.754,0	0,9	1.740,8	1.674,3	4,0
<b>PLANOS</b>	8.611,9	8.931,2	(3,6)	899,8	892,0	0,9
<b>LONGOS</b>	7.279,4	6.822,8	6,7	841,0	782,3	7,5
<b>SEMI-ACABADOS</b>	408,4	383,9	6,4	46,4	42,9	8,2
<b>PLACAS</b>	168,6	151,2	11,5	19,6	18,6	5,4
<b>BLOCOS E TARUGOS</b>	239,8	232,7	3,1	26,8	24,3	10,3
<b>TOTAL</b>	<b>16.299,7</b>	<b>16.137,9</b>	<b>1,0</b>	<b>1.787,2</b>	<b>1.717,2</b>	<b>4,1</b>

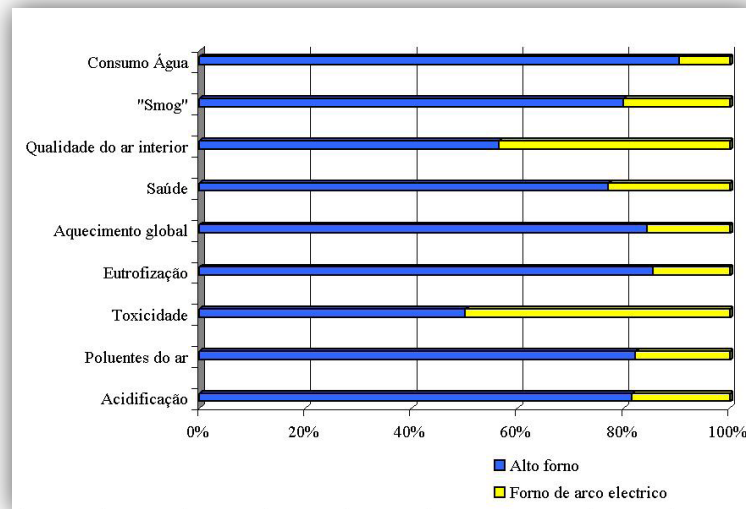
Fonte: Adaptação INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL, 2012.

#### 4.6.5 Análise de desempenho do impacto ambiental

As siderúrgicas no mundo se mobilizam a participar de projetos destinados ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a redução de emissão de CO<sub>2</sub> em seus processos. No momento atual todos os países estão discutindo o que fazer para amenizar os impactos causados pela emissão CO. No Brasil as empresas do aço, une seus esforços, defendendo medidas, para que sejam criados mecanismos de incentivo e de financiamento para o desenvolvimento de novas tecnologias, e que sejam realizados estudos para avaliação das oportunidades e riscos a competitividade dos produtos brasileiros, devido a regulamentação nacional e internacional. É importante expressar que entre as emissões de partículas poluentes destacam-se as de emissão de CO<sub>2</sub>. Para a produção de 1 kg de aço em forno de arco elétrico produz aproximadamente 462 gramas de CO<sub>2</sub>, enquanto a produção de forno LD a mesma quantidade de aço produz 2494 gramas de equivalentes CO<sub>2</sub>. No gráfico 4, é demonstrada uma comparação dos principais impactos ambientais pela produção de uma tonelada de aço de acordo com cada um dos processos já descritos. Neste gráfico é possível comparar, em termos percentuais, os impactos ambientais gerados por cada um dos processos, donde facilmente se verifica o melhor desempenho ambiental da produção em forno de arco elétrico. O

procedimento de produção pelo processo de reciclagem requer menos energia, geram-se menos resíduos, e provoca menos emissão de partículas poluentes do que a própria quantidade de aço a partir das matérias-primas. (BONEZZI, 2005).

Gráfico 4 - Impactos ambientais correspondentes aos dois processos de produção de aço



Fonte: INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL, 2012.

Os impactos no ambiente acontecem nas várias fases do processo, desde o transporte, manuseio e preparação da matéria-prima, passando por sua transformação em produtos finais, até a destinação que se dá aos diversos resíduos que resultam dessas várias etapas de produção.

#### 4.7 Uso dos produtos fabricados: Aplicação

O aço é moldado para todos os tipos de fins, está presente, nas mais diversas possibilidades de uso. O mundo se transforma a cada segundo, e sua aplicação é parte essencial desta transformação, beneficiando toda a humanidade.

##### 4.7.1 Construção civil

Na construção civil, o aço pode estar presente como parte das obras ou como material principal. O sistema construtivo em aço permite liberdade no projeto de

arquitetura, maior área útil, flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, racionalização de materiais e mão-de-obra, alívio de carga nas fundações, garantia de qualidade, maior organização nos canteiros de obras e precisão construtiva. (IABR).

Figura 14 - Aeroporto Saint-Exupery, Lyon, França. Arquiteto: S. Calatrava



Fonte: LEMOINE, 2002.

Figura 15 - Centro Pompidou, de Renzo Piano & Richard Rogers (Paris). (1977



Fonte: MARGARIDO, 2007.

Figura 16 - O 30 St Mary Axe, também conhecido como Gherkin, Londres. Arquiteto Norman Foster



Fonte: GREAT, 2012.

#### *4.7.2 Histórico da construção em aço*

Há um momento na História em que o ferro passa a ser empregado com tão diversificados fins, dentre eles a construção de edifícios, que é inevitável o registro desse material como um fator essencial para as transformações de toda ordem por que passou a sociedade.

Neste tópico refere-se á alguns dos principais, marcos, do uso do aço como material estrutural no mundo. (MARGARIDO, 2007).

- a. 1200 Marco Pólo faz menção a pontes metálicas na China e na Índia.
- b. 1779 Ironbrigge, em Coalbrookdale de Abraham Darby, considerada a primeira obra em estrutura metálica, ponte de ferro fundido, com 30 m de vão (Inglaterra).
- c. 1820 Início da laminação de trilhos.
- d. 1848 Palm House, de Decimus Burton (Londres).
- e. 1851 Palácio de Cristal, de Joseph Paxton (Londres).
- f. 1855 Lambot, na França, constrói a primeira peça de cimento armado com aço. E faz um barco!
- g. 1861 Monier, 'jardineiro' francês faz vasos de concreto armado.
- h. 1870 Início da laminação de perfil.
- i. 1885 Home Insurance Building, em Chicago (EUA).
- j. 1889 Galeria das Máquinas, em Paris (França).
- k. 1907 Cai à ponte de Quebec, e, em função do acidente, contribui muito para o desenvolvimento do cálculo estrutural.
- l. 1931 Empire State Building, de Shreve, Lamb and Harmon Architects, com 102 pavimentos (EUA). Ponte de aço em arco, em Kill, com 505 metros de vão (EUA).
- m. 1935 Golden Gate, ponte suspensa com 1260 m de vão (EUA). Ile d'Orleans, ponte suspensa com vão de 317 m (França).
- n. 1958 Seagram Building – Mies van der Rohe (EUA).
- o. 1967 Friedrich Ebert – ponte estaiada vão 276 m (Alemanha).
- p. 1974 Saint Nazaire, ponte estaiada com vão de 394 m (França). Sears Tower, Chicago, com 110 pavimentos (EUA).
- q. 1979 Centro Pompidou, de Renzo Piano & Richard Rogers (Paris).
- r. 1985 Hong Kong & Shanghai Bank, Norman Foster & Associados (China).
- s. 1994 Kansai Airport, Renzo Piano (Japão). Estação Ferroviária de TGV Lyon - Satolas, de Santiago Calatrava (França).
- t. 1998 Ponte Akashi Kaikyo, com 45 km de extensão (Japão).

Figura 17 - Ponte Ironbridge, em Coalbrookdale, de Abraham Darby Inglaterra (1779)



Fonte: MARGARIDO, 2007.

#### 4.7.3 Transportes

O aço está presente, nos carros, caminhões, ônibus, trens, metrô, navios, bicicletas e motocicletas. Transporta a população, interliga cidades e conduz as cargas, distribuindo riquezas e espalhando progresso.

Figura18 - Transporte ferroviário



Fonte: INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL, 2012.

Figura 19 - Protótipo automóvel



Fonte: INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL, 2012.

#### *4.7.4 Utilidades Domésticas*

Empregado nos restaurantes, cozinhas industriais, hospitais, laboratórios, empresas em geral e nas casas das pessoas, tem a resistência necessária para os mais variados usos em forma de utensílios domésticos. Entre as propriedades do aço estão a resistência a baixas e altas temperaturas, superfície que evita o acúmulo de resíduos, composição química que o impede descascar, longa durabilidade e baixo custo de manutenção.

#### *4.7.5 Embalagens*

As embalagens de aço são usadas pela indústria em geral, sendo importantes na conservação e transporte de alimentos, produtos químicos, agrícolas, tintas, gases de cozinha e industriais. Especialmente em relação aos alimentos, o aço evita a contaminação, assegurando a sua qualidade. Além disso, o aço é 100% reciclável. O aço também é usado em hidrelétricas, termelétricas e nucleares, torres de transmissão, transformadores, cabos elétricos, plataformas, tubulações, equipamentos de prospecção e extração de petróleo, assim como em perfuratrizes, esteiras e caçambas das minas de carvão. É, portanto, fundamental na produção e distribuição de energia no País.

### **4.8 Resíduos**

Neste estudo serão abordados os resíduos sólidos, que são gerados nos processos siderúrgicos especificamente nas fases de redução, refino e laminação, tanto para as usinas integradas ou semi-integradas. Uma usina siderúrgica integrada a coque é capaz de gerar cerca de 700 kg de resíduos por tonelada de aço líquido. Estimando uma produção de 700 milhões de toneladas de aço por ano, a geração anual de resíduos é da ordem de meio bilhão de toneladas. Estes resíduos podem ser classificados em três grandes grupos; os ditos recicláveis contendo ferro, os finos de coque e as escórias. Entre os recicláveis contendo ferro estão: as poeiras e lamas de Alto-Forno e de aciaria; a lama de tratamento de água de laminação; poeiras de sinterização; e outros. As escórias são basicamente as geradas no Alto-

Forno, na aciaria e no lingotamento contínuo. Um dado específico do Projeto Minas Ambiente (2002), relata que somente no estado de Minas Gerais eram produzidas 3.800 toneladas de resíduos sólidos nas indústrias de ferro-gusa em 2002.

#### *4.8.1 Pó de Alto Forno*

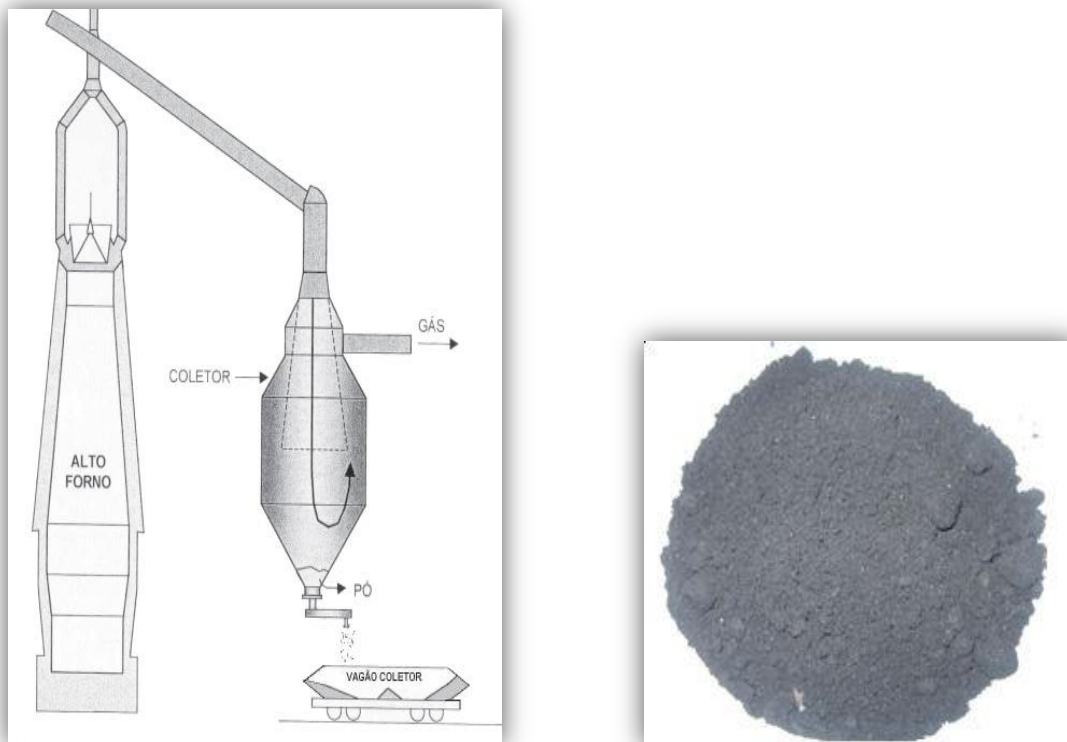
O pó do balão, ou pó do coletor do sistema de limpeza á seco dos gases do alto forno - denominado de “Charcok” (autores introduziram este nome para o resíduo pó do balão, oriundo da indústria siderúrgica não integrada a carvão vegetal, que utiliza o carvão vegetal (Charcoal) como redutor; existem outros resíduos à base de Carbono que tem nomes similares (Fercoque e Alucoque) e corresponde a 13% dos resíduos sólidos gerados nas indústrias siderúrgicas independentes.

Trata-se de uma composição de materiais finos, composto pelo combustível/redutor, carga metálica e fundentes. Esses resíduos são levados para fora do alto forno pelos gases no seu interior. Entretanto sua quantidade varia de acordo com suas condições operacionais e preparação da matéria-prima.

Sabe-se que a destinação de 74% do resíduo sólido<sup>1</sup> “pó do balão do alto-forno”, se dá a céu aberto nos pátios das empresas, possibilitando a contaminação do solo e dos corpos d’água locais e ainda, que a falta de políticas e diretrizes para o gerenciamento de resíduos sólidos industriais constitui um dos problemas ambientais mais graves, com o qual o setor siderúrgico tem se deparado nos últimos tempos. Este resíduo, segundo a NBR 10004, pode ser classificado como Classe I (PERIGOSO), com seus devidos cuidados de estocagem, manuseio e transporte.

Poderá ser usado como, fonte energética ou como matéria-prima por algum setor industrial, viabilizando seu uso e lhe conferindo nova e nobre aplicação, tendo como vantagem a não emissão de gases sulfurosos. (GERDAU, 2010).

Figura 20 - Esquema do coletor de pó de balão para limpeza do gás de top do alto-forno



Fonte: OLIVEIRA. 2002.

#### 4.8.2 Pó de Aciaria

O pó de aciaria é um dos resíduos sólidos gerados pela indústria siderúrgica durante a produção de aço em forno elétrico a arco. O pó de aciaria é gerado na fusão da sucata com o ferro-gusa. Conforme a NBR 10004, este pó é considerado um resíduo tipo classe I, portanto trata-se de um resíduo perigoso.

Produzem-se, aproximadamente, 15 a 20 kg de pó por tonelada de aço em fornos de arco elétrico típicos. Como a produção mundial de aço foi de 286 milhões de toneladas no ano de 2000, estima-se uma produção anual de 4,3 a 5,7 milhões de toneladas de pó de exaustão. A caracterização química do pó de exaustão mostrou que o mesmo se constitui essencialmente de ferro e zinco. O chumbo, outro metal pesado, também está presente em quantidade considerável.

O resíduo pó de exaustão apresenta, portanto, um grande potencial para utilização na área de reciclagem ou recuperação de metais. (GERDAU, 2010).

#### 4.8.3 Lama de Aciaria

Durante o processo de sopro de oxigênio para o refino do aço, no interior do conversor, os gases arrastam as micro-partículas dos diversos materiais utilizados no processo. Posteriormente, ocorre a lavagem dos gases que passam pelo sistema de exaustão formando a lama bruta que é um resíduo siderúrgico (classe IIA, não inerte e não perigoso). Estima-se que são produzidos anualmente cerca de 440 mil toneladas desse tipo de resíduo no Brasil e 10,5 milhões de tonelada no mundo (CUNHA, 2005).

Segundo Szekely citado por Mendes (2009) durante a conversão de gusa em aço as partículas de ferro são desprendidas e ejetadas do banho metálico em altas temperaturas, num ambiente fortemente oxidante. Estes particulados são arrastados para o sistema de exaustão de gases onde formam os pós e lamas de aciaria provenientes dos sistemas de despoeiramento dos convertedores. A geração deste resíduo pode variar entre 4 kg e 31 kg por tonelada de aço produzido, com média aproximada de 18 kg por tonelada de aço.

As principais características químicas e granulométricas da lama de aciaria são as seguintes: cerca de 30% de lama grossa com elevado teor metálico e granulometria acima de 325# (45 $\mu$ m) e 70% composta pela lama fina, rica em óxido de ferro, FeO, com granulometria inferior a 325#, (45 $\mu$ m). A lama fina apresenta um teor de ferro total em torno de 60% em peso, o que possibilita seu possível aproveitamento como matéria prima para os processos siderúrgicos (briquetagem, sinterização, pelletização, aciaria) (SOUZA apud MENDES, 2009).

Figura 21 - Lama de aciaria

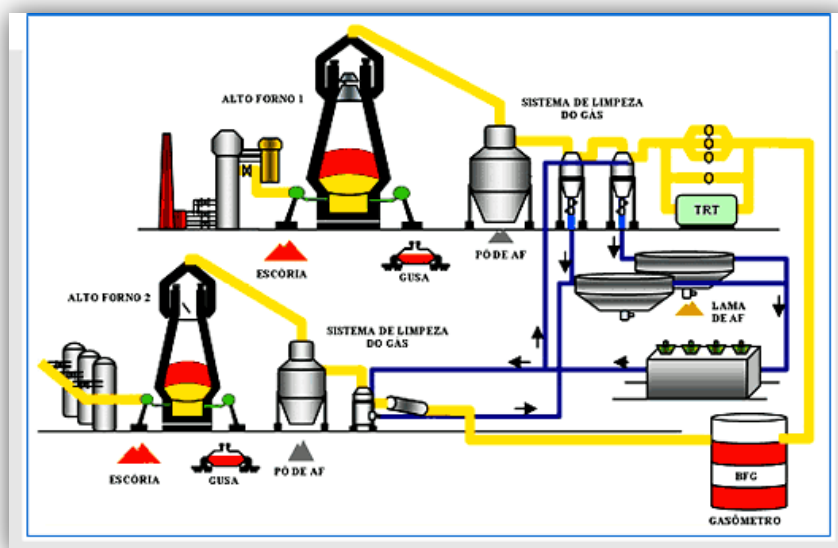


Fonte: ECOSTEEL, 2010.

#### 4.8.4 Lama de Alto Forno

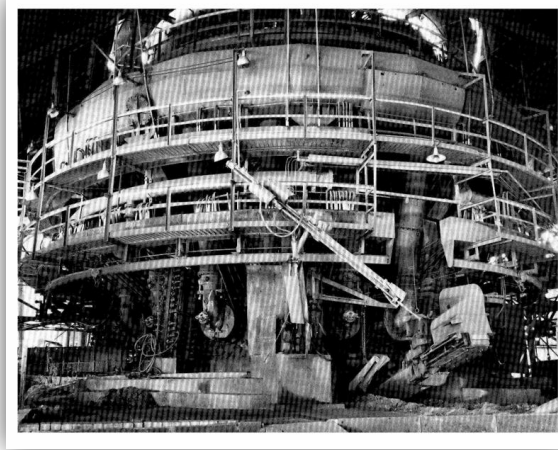
A Lama de Alto-Forno é gerada após a etapa de lavagem do gás de Alto-Forno e a separação dos particulados sólidos, na forma de lama, da água.

Figura 22 - Sistema de limpeza do Alto Forno da Arcellor



Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO SIDERURGIA, 1990.

Figura 23 - Vazamento do ferro-gusa evidenciando-se a retenção mecânica de escória. Escoamento da escória da casa de corrida para os potes de escória



Fonte: MOREIRA, 2009.

A água utilizada no Sistema de Lavagem de Gás (SLG) é conduzida para um espessador, para deposição das partículas, seguido de filtro e tratamento químico, visando a sua reutilização no SLG.

A lama decantada no fundo do espessador é conduzida a um filtro prensa; a água separada é reconduzida ao espessador, e o bolo de filtração, com teor de umidade da ordem de 30%, pode ser descartado ou conduzido para uma sinterização.

A lama do espessador, depois de prensada, ocorre na proporção de 3 a 5 kg/t de gusa, contendo basicamente minério, carvão ou coque e calcário, em granulometria muito fina (< 0,2 mm). Poderá também ser reciclado na sinterização ou depositado, não contendo elementos agressivos ao meio ambiente. (ARAÚJO, 1997).

#### 4.8.5 Sucata Metálica

Segundo informações do Instituto Aço Brasil (IABr), em 2009, a siderurgia brasileira produziu 26,5 milhões de toneladas de aço bruto. As sucatas de ferro e de aço participaram com 7,5 milhões de toneladas como coadjuvantes do ferro-gusa. No Brasil não existem estatísticas oficiais para a aplicação das sucatas na siderurgia, por ter status de commodity, cotação internacional e ter um congresso

anual internacional específico, em Nova York, a informação de seu consumo é considerada estratégica.

De modo geral a sucata é obtida pela eliminação de rejeitos industriais e pela obsolescência de bens de consumo e de capital. Para tanto antes de ser reaproveitada na indústria e inserida na linha de produção das siderúrgicas, a sucata precisa ser coletada e beneficiada, por meio de equipamentos como prensas, tesouras e shredders, ficando a cargo de uma indústria sucateira. Quanto á sua origem pode-se citar os seguintes tipos:

- a. Geração interna (Home scrap, Circulating scrap) – é o aço sucateado na própria usina, que normalmente é redirecionado para o forno.
  - Ferro-gusa ou outros autores chamam de lingotes - produzido no alto forno, sua função é de retirar o oxigênio do minério de ferro.
  - Sucata de gusa - refere-se às sobras da fabricação do ferro-gusa de formato irregular, e, acompanhadas de escórias e areia na sua constituição.
  - Ferro-esponja – obtido da redução do minério em estado sólido, em unidades de redução direta, seu formato pode ser redondo (ou pelletizado), ou em fragmentos (granulado).
  - Sucata ligada – as sucatas de aço inox 300 e 400 são exemplos deste tipo de classe. Na sua composição contém um elemento de liga que geralmente são: o cromo (Cr), níquel (Ni) dentre outros.
  - Sucata de aço carbono – chamada por outros de sucata ferrosa, ou residuais em aços de carbonos, podem afetar a qualidade do aço produzido quando seus teores forem superiores aos valores especificados na composição química do aço.
  - Sucata solta - dá-se este ao fato de que não sofreu nenhuma transformação (prensagem, corte, trituração), dependendo de suas impurezas e do nível de residuais, será necessária ou não de ser processada.
  - Sucata cortada - neste caso a sucata é cortada para se adaptar ás condições de transporte e uso no forno de fusão.
  - Sucata prensada e cortada - sua produção caracteriza-se pela

utilização de uma prensa-tesoura, admitindo um comprimento máximo de 60 cm.

- Sucata triturada ou fragmentada - muito encontrada nas usinas, sendo processada em pequenas dimensões, sua trituração apresenta pontas na superfície.
- b. Geração industrial (Prompt scrap, Industrial scrap) - é a sucata das montadoras e demais indústrias transformadoras de produtos siderúrgicos. Trata-se de uma sucata de alta qualidade pela composição química conhecida e pela baixa quantidade de contaminantes.
- Sucata ferrosa ou de aço carbono estamparia preta solta ou sucata de indústria de estampagem – sua geração é feita na estampagem de chapas finas, como exemplo cita-se as chapas fabricação de botijões de gás, proteções de fechaduras dentre outros.
  - Sucata revestida solta - tratam-se da geração de chapas finas revestidas na estampagem de aços carbono, como as folhas de flandres, telhas galvanizadas e chapas litografadas.
  - Oxicorte - gerada em indústria naval e ferroviária ou em caldeirarias, são limpas e de baixa quantidade de contaminantes, os tipos são: chapas grossas, vigas, cantoneiras, grossas, estruturas metálicas, trilhos, tarugos e outros.
  - Forjada - essa sucata apresenta as mesmas características típicas da oxicorte, porém apresenta residuais metálicos, provenientes de peças forjadas.
- c. De Obsolescência (Obsolete scrap) - tratam-se, de bens de consumo de aço já obsoletos pelo uso, como automóveis, eletrodomésticos, silos e tanques de estocagem; Bens de capital sucateados (Capital scrap) - é obtida com a demolição de unidades industriais e/ou obsolescência de máquina e equipamentos.
- Sucata mista - sua composição é de baixa densidade, para seu processamento é utilizado o equipamento *Shredder* onde é fragmentada e triturada. Exemplos: automóveis, eletrodomésticos.
  - Miúda - sucata gerada por desuso possui pequenas dimensões e boa densidade. Exemplos são: pregos, vergalhão, peças

automobilísticas e material ferroviário.

- Latinhas - sucata encontrada pela reciclagem de lixo ou coleta seletiva, normalmente são embalagens de produtos.
- Ferro fundido - apresenta a mesma composição química que o ferro-gusa no que tange a carbono, silício, manganês, fósforo e enxofre, podendo ter cromo e níquel – peças de motores, lingoteiras, grelhas, painéis, chapa de fogão a lenha são exemplos de classificação.

No Brasil o mercado de sucata é caracterizado por baixos níveis de organização e transparência. Os sucateiros em geral são poucos capitalizados, ou seja, responsabilizam-se apenas pela coleta, atuando pouco no beneficiamento da sucata. Todavia, espera-se que o setor continue buscando seu desenvolvimento através do aumento de sua eficiência na realização das atividades de coleta e beneficiamento. O atendimento a futuras necessidades de sucata não apresenta ameaças concretas. Destaca-se, entretanto que, para o Brasil, as maiores oportunidades oferecidas pela sucata são vislumbradas diante da realidade de outro mercado, o norte-americano. As importações dos Estados Unidos de sucata e substitutos experimentaram um crescimento médio de 23% a.a. desde 1991, saindo de 1,9 Mt para 9,9 Mt em 1999. Esta notável expansão da produção EAF e conseqüentemente do consumo de metálicos nestes países configura-se extremamente favorável tanto para a indústria brasileira de ferro-gusa, tradicional exportadora para os EUA, como para a realização de projetos de redução direta visando á exportação. (BNDS, 2009)

#### 4.8.6 Carepa

A carepa é um resíduo oriundo da oxidação da superfície do aço, quando submetido á temperatura, ou ação do tempo. Nas usinas siderúrgicas, são provenientes das operações da aciaria (especificamente nos lingotamento de blocos, tarugos e placas) e da laminação, sendo que sua geração ultrapassa 1.000 toneladas / mês nas usinas integradas. Na constituição estão basicamente os elementos, Wustita (FeO), Hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e Magnesita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), e por possuir óleo é classificado como resíduo perigoso (Classe I, NBR 10004: 2004), é

necessário que sua disposição seja adequada aos parâmetros ambientais, garantindo a proteção do solo e a diminuição do impacto. Para a carepa do lingotamento contínuo o teor de óleo é maior, ao contrário da carepa de laminação, também chamada de escarfagem, que nesse caso o resíduo é classificado como Classe II – não perigoso não inerte.

Entretanto o que se percebe sobre o resíduo desta natureza, é que sabe pouco sobre o seu aproveitamento, investigações para melhor adequar o a sua forma física e química às necessidades das empresas.

Na Europa e EUA, a tendência é de desativar as áreas de reduções por questões de custos e restrições ambientais, aumentando a compra de semi-acabados, placas, blocos, tarugos e pães de gusa dos países em desenvolvimento, ampliando a produção de suas aciarias elétricas a partir de sucata. E s t e quadro implicará na elevação do preço de sucata e produtos semi-acabados, portanto todo o esforço no melhor aproveitamento de resíduos que possam vir a gerar sucata alternativa será de enorme valia na questão econômica.

Figura 24 - Briquetes de carepa fabricados e suas dimensões



Fonte: CUNHA et al., 2006.

Briquetagem é um processo de aglomeração, no qual as partículas são aglomeradas por meio da pressão, podendo ou não se utilizar de aglutinantes ou aquecimento, obtendo-se, assim, um produto com tamanho e parâmetros mecânicos adequados ao seu armazenamento e aplicação.

Figura 25 - Lama oleosa (à esquerda) e lama oleosa (à direita) nos depósitos de resíduos industriais da VMB



Fonte: ASPECTOS TÉCNICOS..., 2006.

Figura 26 - Carepas na superfície e eliminadas do tarugo de aço



Fonte: CUNHA et al., 2006.

#### 4.8.7 Escória de Alto Forno

A geração de escória se dá na remoção do oxigênio do minério de ferro, transformando este em ferro e sua separação das partes não metálicas (a escória), está é a principal função do alto forno.

A separação do ferro é obtida a partir da reação do óxido de ferro (canga de minério) com o CO (monóxido de carbono) decorrente da combustão do carvão mineral (coque) ou do carvão vegetal.

A parte metálica (ferro) por sua vez é separada da não metálica pela fusão a aproximadamente 1500°C, quando é formada a escória, menos densa, que incorpora todas as impurezas indesejáveis, e corresponde ao líquido mais leve

(menos denso) sobrenadante que se separa do ferro gusa também líquido, e posteriormente se solidificada (cristaliza ou não) ao ser resfriada.

Após a escória ser recolhida do alto forno, dependendo do sistema de resfriamento poderá apresentar quatro ou mais tipos de materiais predominantes e distintos, que irão definir suas mais variadas aplicações.

1º Tipo – Cristalizada – Resfriamento “lento” em estoques / pilhas ao ar livre. Origina um produto maciço e cristalizado. Estocado e posteriormente britado dão origem aos agregados para construção civil e para a pavimentação.

2º Tipo – Vítrea – Resfriamento “rápido” ao cair em tanques com água – Tanques de granulação. Origina um produto similar em granulometria às areias –

Utilizada tradicionalmente pela indústria cimenteira como aditivo na produção do cimento

3º Tipo – Expandida – Resfriamento “rápido” por jatos d’água sob pressão. Origina a escória expandida, geralmente utilizada como agregados leves para concretos especiais.

4º Tipo – Lã de vidro – Resfriamento “rápido” por ar sob pressão. Origina-se a lã de vidro, com propriedades isolantes, térmicas e acústicas.

As escórias cristalinas, ou seja, aquelas resfriadas lentamente carecem de propriedades hidráulicas e são em sua maioria, termodinamicamente estáveis, comparativamente às escórias vitrificadas, comportando-se relativamente como agregados inertes, e são classificados na classe 3 - NBR-1004 – materiais inertes.

A aplicação de Escória Granulada de Alto-Forno pode trazer vantagens, também, para os concretos. Dentre estas vantagens, podem-se destacar maiores resistências, finais e maior durabilidade, em função da aplicação a que se destina. Pode-se destacar: (MOREIRA, 2006).

- a. Menor risco de fissuração (baixo calor de hidratação da Escória Granulada de Alto-Forno);
- b. Melhor trabalhabilidade e plasticidade;
- c. Maiores resistências finais: os concretos feitos com cimentos de Alto-Forno (CP III) tendem a apresentar valores finais de resistência mais elevados, se

- comparando com concretos produzidos com alguns tipos de cimentos;
- d. Menores porosidade e permeabilidade: favorece a durabilidade;
  - e. Contribuição para prevenção de reações álcalis-agregado (ASTM C989 - 97);
  - f. Aumento da resistência à corrosão por cloretos e a sulfatos (NBR 5737).

O impacto da escória sobre o meio ambiente pode ocorrer de maneira direta ou indireta. O impacto direto ocorre quando a escória está na fase líquida, e o impacto indireto quando a escória está na fase sólida percebe-se que a escória produz impacto ambiental direto quando na fase líquida, por meio da vaporização e condensação, que dependem da temperatura e da composição química. O vapor pode conter partículas de óxido, hidróxido, cloreto, sulfato, sulfito, fosfato ou mesmo na forma elementar.

Quanto aos impactos indiretos, são a lixiviação e a solubilização. Os ensaios de lixiviação são realizados, visando simular as condições as quais a escória estará submetida, quando estiver estocada. Tal simulação permite avaliar as propriedades específicas das escórias, bem como a saída de um ou mais constituintes da mesma e se ela influenciará a fertilidade do solo, ou provocará algum tipo de contaminação. (MOREIRA, 2006).

#### *4.8.8 Escória de Aciaria*

Sua formação é de origem nos processos de oxidação do aço das aciarias, onde é eliminado o carbono e o fósforo, tanto para os fornos LD e fornos de arco elétrico (HEA) das aciarias.

Observa-se que é fundamental sabermos o processo de produção da escória, visto que as variações na composição química resultam em variações nas propriedades do material. Este material é resultado da agregação de diversos elementos que não interessam estar presentes no material aço. Sua característica marcante é de ser composta por muitos óxidos como CaO e MgO e de ser expansível devido á reações químicas desses óxidos. O grande problema da escória de aciaria está na sua expansibilidade causada pela presença de óxidos na composição química, por isto existe uma grande quantidade de tratamentos para reduzir a expansibilidade do material.

Segundo o IABR a produção brasileira de aço bruto por processo de aciaria e

lingotamento foi de 25, 3698 milhões de toneladas no ano de 1994. Em 1996 manteve-se praticamente a mesma produção. A cada tonelada de aço produzido, gera-se de 70 a 170 kg de escória. No caso de fornos de arco elétrico produz-se em média 130 kg de escória/ton.. Por esta média, gera-se aproximadamente 59.000 toneladas por ano de escória de forno de arco elétrico. Considerando a mesma produção média de escória de 130 kg, produz-se no Brasil um total de 3, 298 milhões de toneladas de escória de aciaria por ano.

A reciclagem de escória de aciaria tem grande interesse na construção civil, pois, pode ser usada na produção de cimento, como substituto parcial de clínquer Portland. Usa-se também a escória como base para pavimentos e como agregados. O problema da escória resulta na expansibilidade de seus óxidos, o que limita seu uso. (FILEV, 2011).

Figura 27 - Depósito de escória de aciaria, enquanto aguarda o processo de reciclagem



Fonte: SILVA; LEITE apud ALVES, 2008.

Após o processamento do aço, a escória é vazada e levada ainda no estado líquido para um local utilizado como depósito (como mostrado na Figura 28), onde corre o resfriamento. Após esta etapa, a escória passa por um processamento, que consiste basicamente na britagem, separação magnética da fração metálica e peneiramento do material, dando origem ao agregado de escória (MANCIO apud ALVES, 2008).

Algumas indústrias adotam o sistema de resfriamento rápido da escória de aciaria, através do processo de granulação, neste a escória ainda líquida é vertida sobre um cilindro dentado giratório, refrigerado por jatos de água fria, que arremessa a escória em grãos para o ar. Este processo gera distribuição variada de grãos, sendo que os de maior diâmetro possuem estrutura porosa e são parcialmente cristalinos, enquanto os grãos menores são similares à areia e possuem composição vítrea (MANCIO apud ALVES, 2008).

Nos autores lidos e pesquisados praticamente não se fala em usar escória como agregado, pelo menos não sozinha, pois, esta tem um problema de desintegração (ela tende a desintegrar-se com o tempo de uso, devido aos esforços a compressão). Um uso da escória é como substituta parcial de cal livre para agregado, aproveitando à alta resistência a compressão e durabilidade à abrasão provenientes da escória. Existem limitações do uso como agregado, como se o concreto ficar sujeito ao fogo ou o calor intenso a escória tende a desintegrar-se, comprometendo o concreto.

Figura 28 - Foto do despejo da escória em um local utilizado como depósito



Fonte: ALMEIDA; SILVA FILHO apud ALVES, 2008.

## **5 ESTUDO DE CASO NO SETOR SIDERÚGICO**

### **Caso do pólo industrial do Alto Paraopeba, Vale do Aço e Zona da Mata, MG**

Para efeito desta pesquisa foram analisadas 04 empresas que situam nas regiões: Alto Paraopeba, Vale do Aço e Zona da Mata no estado de Minas Gerais. Serão apresentadas as ações realizadas pelas empresas no seu reaproveitamento dos resíduos já mencionados e caracterizados no capítulo anterior.

Para este estudo de caso foram realizadas pesquisa em sites, documentos e artigos das empresas de uso público, e também feitas duas visitas nas empresas no intuito de conhecer e comparar os processos.

#### **5.1 ArcelorMittal**

##### **Apresentação:**

A unidade siderúrgica analisada está localizada no Distrito Industrial de Dias Tavares, em Juiz de Fora, zona da mata mineira, trata-se de uma indústria com o processo de produção semi-integrado, que utiliza como insumos a sucata, o ferro gusa e o carvão vegetal, compreendendo uma área total de 2.000 ha e área industrial 170 ha com capacidade de produção de 360.000 t/ano. Produz aços laminados longos e trefilados. Dentre suas unidades operacionais são uma aciaria elétrica para 1 milhão de toneladas/ano, lingotamento contínuo de cinco veios e um laminador de fio-máquina e vergalhões para a construção civil com capacidade de 1 milhão de toneladas / ano, além da trefilaria para 226 mil t/ano. Seus mix de produtos são aplicados na construção civil entre eles (arames recozidos, pregos e vergalhões), na indústria (barras mecânicas, fio-máquina e arames) e na agropecuária (arames farpados, ovalados e grampos). A ArcelorMittal em Juiz de Fora foi à primeira siderúrgica de aços longos certificada na norma ISO 9001 e, em 1997, recebeu a certificação ISO 14001. (ARCELORMITTAL AÇOS LONGOS, 2007).

Figura 29 - Planta ArcelorMittal - Juiz de fora MG



Fonte: GRAVINA. 2008.

### 5.1.1 Destinação do resíduo

O método de destinação dos resíduos é sempre determinado pelas áreas de meio ambiente das unidades industriais e suprimentos, e sua gestão está sob a coordenação do grupo BSME (By Products Sales, Marketing and Excellence – Arcelor Europa), que trabalha especificamente para tratar da valorização e da comercialização de co-produtos nas unidades do grupo mundial, buscando a geração de receita e economia por meio de novas tecnologias e da transformação de resíduos em materiais recicláveis e reutilizáveis, que visam substituir matérias-primas nos processos industriais e recursos naturais não renováveis em processos de outros setores. Na usina em Juiz de Fora, a ArcelorMittal tornou-se a primeira unidade do grupo no mundo a padronizar a operação dos processos industriais de resíduos sólidos e co-produtos por meio da utilização do sistema integrado SAP Environmental Health and Security Management (EHSM). Os resíduos gerados em maior quantidade na usina são a escória – gerada na aciaria, a carepa – gerada no processo de resfriamento do aço, a sucata e o pó proveniente do forno elétrico. A escória é processada, separando-se a parte metálica – reutilizada no forno elétrico,

e a parte não metálica – doada às prefeituras da região para confecção de massa asfáltica. O único resíduo atualmente sem destinação é o pó produzido pelo forno elétrico. Entretanto, um estudo em parceria com a Votorantim Metais está sendo conduzido, para que o zinco presente no pó possa ser utilizado na planta da Votorantim e outras empresas que se interessem. (GRAVINA. 2008).

Tabela 9 - Peso total de resíduos

<b>ARCELOR MITTAL AÇOS LONGOS - JUIZ DE FORA</b>		
<b>TIPOS DE RESÍDUOS</b>	<b>PERIGOSOS (t)</b>	<b>NÃO PERIGOSOS (t)</b>
<b>Reutilização (não altera as propriedades para uso em outro processo)</b>	1.076,74	403.854,57
Reciclagem (altera as propriedades e uso como produto)	<b>2.090,24</b>	<b>1.000.702,49</b>
<b>Coprocessamento</b>	946,81	82,46
Incineração (ou uso como combustível)	<b>86,94</b>	<b>619,93</b>
<b>Aterro sanitário</b>	0,00	241,97
Injeção subterrânea de resíduos	<b>Não aplicável</b>	<b>Não aplicável</b>
<b>Armazenamento no local</b>	16.689,81	47.179,58
Aterro industrial	<b>21.974,40</b>	<b>51.080,05</b>
<b>Dados: Relatório Sustentabilidade 2010 Arcelor Mittal.</b>		

Fonte: Elaborado pela autora.

### 5.1.2 Co-produtos

A ArcelorMittal desenvolve 15 tipos diferentes de co-produtos, onde o principal é a escória de alto-forno, destinada às indústrias de cimentos. Considera-se que a escória de alto forno é usada como matéria-prima na fabricação do cimento Portland, que substitui o clínquer, e contribuir significativamente para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> na fabricação do cimento. O índice de reaproveitamento de resíduos e geração dos chamados co-produtos alcança marca superior a 93%. Em 2010 foram comercializados 2,86 milhões de toneladas de co-produtos, o que gerou

receita da ordem de R\$ 100 milhões, segundo informações *site* Arcelor. A unidade também vende carepa (óxido de ferro que é gerado durante a produção de vergalhões e tarugos) para empresas de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. O co-produto pode ser utilizado na fabricação de cloreto férrico (empregado no tratamento de águas industriais e no saneamento básico), na sinterização para a produção de ferro gusa, na elaboração de compostos especiais com aplicação em produtos de fricção e abrasivos ou ser utilizado como enchimento de contrapeso de tratores e guindastes. Em determinadas aplicações, a utilização do óxido de ferro pode ser mais vantajosa para a empresa do que o uso do minério de ferro, matéria prima em estado bruto que ainda precisa passar por todo um processamento até que se obtenha a qualificação necessária para uso, além do ganho ambiental pela substituição a um recurso da natureza não renovável. (ARCELORMITTAL, 2011).

### *5.1.3 Reutilização*

Cerca de, 17% das escórias de aciaria geradas na ArcelorMittal Aços Longos, nas unidades de Monlevade, Juiz de Fora, Piracicaba e Cariacica, são recicladas ou reutilizadas internamente, reduzindo a demanda por recursos naturais e os respectivos impactos ambientais associados à sua extração.

### *5.1.4 Reciclagem*

Com a existência de pátio de armazenamento, os diferentes tipos de sucata, são separadas, de acordo com o produto para serem reutilizadas, no processo de fabricação do aço.

Conforme dados do Arcelor Aços Longos e a unidade Tubarão consomem materiais provenientes de outras unidades do grupo. Em 2009, as duas empresas reaproveitaram 2.631.978,40 toneladas de materiais recicláveis ante 2.425.883 toneladas em 2008. (ARCELORMITTAL, 2011).

Tabela 10 - Uso de Materiais Recicláveis – ArcelorMittal Aços Longos JF/MG ES

TIPO DE MATERIAL USADO	(T) 2008	(T) 2009	(T) 2010
CAREPA ADQUIRIDA	16.971,00	31.822,90	32.957,50
PÓ DE ALTO FORNO	113.262,00	121.379,90	164.194,20
SUCATA DE AÇO ADQUIRIDA (NACIONAL)	1.865.583,00	1.833.112,00	131.034,00
BRIQUETE	2.495,00	149.681,00	1.996.881,00
SUCATA DE AÇO: RECICLAGEM INTERNA	425.037,00	495.982,90	403.943,13
<b>TOTAL</b>	<b>2.423.348,00</b>	<b>2.631.978,40</b>	<b>2.729.009,83</b>
<b>Dados: Relatório Sustentabilidade 2008/2009/2010 ArcelorMittal</b>			

Fonte: Elaborado pela autora.

### 5.1.5 Inovação Tecnológica: CASE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

#### 5.1.5.1 Projetos Internos

##### **Reciclagem do pó do sistema de despoejamento da aciaria elétrica:**

Projeto de reciclagem do pó do sistema de despoejamento da aciaria elétrica da ArcelorMittal Piracicaba, para produção de aglomerado pré-fundido para alimentar o forno elétrico, evitando o envio para aterros industriais e reduzindo o consumo de matéria-prima.

##### **Gás gerado na produção de gusa convertido em energia:**

A ArcelorMittal Juiz de Fora adotou uma solução diferente para redução de custos na sua unidade industrial. A empresa irá a construção de um gasoduto de 900 metros, por onde passará o gás gerado na produção de gusa, que será convertido em energia para reaquecer os tarugos, etapa seguinte da produção de aços longos. Com essa medida, o consumo de gás natural na laminação será reduzido em 80%, equivalente a uma economia anual de R\$ 18 milhões de energia.

O sistema consiste em uma tubulação de 1,4 metros de diâmetro por 900 metros de comprimento, instalada a oito metros do solo. Esse dispositivo leva o gás de alto-forno até a área de reaquecimento na laminação, passando por um sistema de troca de calor, que eleva a temperatura do gás a 300 °C. Simples e eficiente, o projeto pode ser estendido para outras siderúrgicas do Grupo ArcelorMittal que tenham estrutura similar à unidade de Juiz de Fora. (ARCELORMITTAL, 2011).

Figura 30 - Altos fornos destinados à produção de gusa em Juiz de Fora



Fonte: GRAVINA. 2008.

#### **5.1.5.2 Projetos externos**

Conforme disposto no site a ArcelorMittal Juiz de Fora desenvolveu uma produção em escala industrial de bloquetes ecológicos sextavados para pavimentação urbana. Produzido a partir de resíduos industriais da empresa - escórias de forno elétrico, escória de alto forno e terra de Shredder (gerada no beneficiamento de sucata metálica) - o bloquete ecológico sextavado oferece vantagens em relação aos disponíveis no mercado: é 25% mais barato que outros bloquetes tradicionais, evita consumo de recursos naturais não renováveis (areia e brita) e tem maior permeabilidade, flexibilidade, resistência à compressão e característica antiderrapante. Em 2010, o bloquete ecológico sextavado ganhou o prêmio de inovação tecnológica do 17º Concurso Falcão Bauer, concedido pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC).

O pavimento permeável é uma das melhores soluções para evitar a impermeabilização das cidades e, portanto, para a prevenção das enchentes. “O

pavimento intertravado de concreto permeável é uma opção importante e que deve ser sempre considerada por administradores públicos, projetistas, incorporadores e construtores. A sociedade só tem a ganhar com o seu uso.

Figura 31 - Piso intertravado – solução sustentável para combater enchente



Fonte: ROCHA, 2010.

Figura 32 - Preparação dos bloquetes



Fonte: PINIWEB, 2012.

Figura 33 - Maturação dos bloquetes



Fonte: PINIWEB, 2012.

Figura 34 - Preparação da base e sub-base



Fonte: PINIWEB, 2012.

Figura 35 – Assentamento



Fonte: PINIWEB, 2012.

O programa de rotulagem ambiental (ecolabelling) é uma metodologia voluntária de certificação de desempenho ambiental, concedida aos produtos para construção civil fabricados nas plantas da ArcelorMittal de Juiz de Fora (MG).

A ArcelorMittal Aços Longos tem buscado o desenvolvimento de novos projetos para agregar valor aos seus resíduos: Convênio com o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT) para testes de utilização da escória como base e sub-base de revestimento asfáltico.

Figura 36 - Tipos de modelos bloquetes confeccionados



**Paviess**

Largura: 10 cm  
Comprimento: 24 cm  
Altura: 5 cm ou 8 cm



**Ossinho**

Largura: 15 cm  
Comprimento: 17 cm  
Altura: 6 cm ou 8 cm



**Paviess**

Largura: 10 cm  
Comprimento: 24 cm  
Altura: 6 cm ou 8 cm



**Paver Canto Chanfrado**

Largura: 10 cm  
Comprimento: 30 cm  
Altura: 4,5 cm ou 8 cm



**Sextavado Liso**

Largura: 30 cm  
Comprimento: 30 cm  
Altura: 4,5 cm ou 8 cm



**Raquete**

Largura: 15 X 10 cm  
Comprimento: 25 cm  
Altura: 5 cm ou 8 cm

Fonte: TIJOLOS ECOLÓGICOS, 2012.

## 5.2 Gerdau Açominas

### **Apresentação:**

A Usina Presidente Arthur Bernardes da Gerdau Açominas, antes chamada de somente Açominas, foi fundada em 9 de novembro de 1966, mas suas operações na sua unidade industrial iniciaram em 25 de julho de 1986, 20 anos mais tarde. Ocupa uma área de 1.000 ha entre os municípios de Congonhas e Ouro Branco, MG inserida na região do alto paraopeba. A Açominas foi à última siderúrgica estatal a ser privatizada (1993) e contabilizou o maior ágio da história do processo brasileiro de privatizações. Em 1997, a Gerdau integrou á Açominas junto com a NatSteel e o CEA. A Gerdau Açominas é uma siderúrgica de processo integrado, abrangendo os processos de redução, refino e laminação, utilizando como matéria- prima o minério de ferro e o carvão mineral. Em 2007, com a entrada do Alto Forno 2, a sua produção passou de 3 para 4,5 milhões de toneladas de aço ao ano. Além da estrutura do Alto-Forno, foram incorporados investimentos na área de redução com a nova máquina de sinterização e coqueificação. Seu mix de produtos é tarugos, placas, blocos, perfis estruturais e fio-máquina. Sua produção de 70% é para exportação, consagrando-se como uma das maiores exportadores de aço do Estado de Minas Gerais e do País. Dentre suas principais certificações são: 1994 – ISO 9001, 1995 – ISO 9001 e 9002 para laboratórios, calcinação e carboquímicos, 2005 – ISO14001, 2009 Prêmio Mineiro de Gestão Ambiental (PMGA). A Açominas, única empresa da América do Sul a produzir perfis estruturais laminados I e H de abas paralelas, está localizada estrategicamente em uma região rica em minério de ferro de alta qualidade e com uma ampla rede rodoferroviária que facilita o escoamento da produção. (UNISOMA, 2012).

Figura 37 - Planta unidade siderúrgica - Gerdau Açominas



Fonte: GERDAU, 2012.

Figura 38 - Área de redução - integrada Gerdau Açominas



Fonte: UNISOMA, 2012.

### 5.2.1 Destinação do resíduo

Com o objetivo de conduzir um destino adequado aos resíduos gerados na usina, a Gerdau Açominas busca separar seus resíduos siderúrgicos através de pátios, baias, caçambas, que permitam o seu correto acondicionamento, evitando a mistura dos resíduos e possibilitando o seu reaproveitamento. São destinados os resíduos para outras unidades de produção. Os materiais não reaproveitados são encaminhados para centrais de armazenamento aprovadas pelas autoridades ambientais, as quais seguem rigorosamente a legislação vigente.

Figura 39 - Pátio de segregação de resíduos



Fonte: GERDAU, 2012.

### 5.2.2 Co-produtos

A Gerdau Açominas busca constantemente alternativas para o aproveitamento dos co-produtos gerados durante o processo de produção do aço. São reaproveitados 80% dos co-produtos gerados na usina, seja como na pavimentação de estradas, na fabricação de baterias, em cimenteiras e na indústria cerâmica. Nos dois altos fornos da usina são geradas 45 toneladas de escória por dia, esta quantidade significa uma movimentação de 50 caminhões para transportar. A carepa proveniente da oxidação da superfície do aço é um co-produto aplicado para a fabricação do cimento, produção de artefatos de concreto e ferro ligas. Suas frações maiores são utilizadas como enriquecimento de carga metálica para fornos

de gusa e aço. O pó de aciaria também é aplicado na fabricação de liga de zamac, insumo empregado na produção de fivelas de cintos, de calçados e de blocos cerâmicos. (GERDAU, 2012).

Figura 40 - Foto baía de carepa da laminação



Fonte: GERDAU, 2012.

Tabela11 - Destinação dos resíduos no processo de laminação

Local de origem	Resíduo na Origem	Qtd. Movimentada	Unidade	Local de Destino	Resíduo no Destino	Operação no Destino
Acabamento Blocos, Placas e Tarugos	Carepa Bruta	50	t	Pátio de Beneficiamento	Carepa Bruta	Armazenamento
Acabamento Blocos, Placas e Tarugos	Sucata Metálica	3601,2	t	Pátio de Sucatas da Aciaria	Sucata Metálica	Armazenamento
Acabamento Blocos, Placas e Tarugos	Carepa Bruta	50	t	Pátio de Beneficiamento	Carepa Bruta	Armazenamento
Acabamento Blocos, Placas e Tarugos	Sucata Metálica	3508,8	t	Pátio de Sucatas da Aciaria	Sucata Metálica	Armazenamento

Fonte: Adaptação GERDAU, 2012.

### 5.2.3 Reutilização

O agregado siderúrgico de aciaria tem uma importante função de controle de processo e qualidade do aço, sua composição é de óxido de: cálcio, ferro, silício, manganês, alumínio, fósforo e enxofre e suas aplicações são: pavimentação, drenagens, construção de rip-rap e gabiões, produção de artefatos de concreto e misturas asfálticas e material de retorno na aciaria.

Tabela 12 - Destinação dos resíduos no processo aciaria

Local	Resíduo	Operação	Quantidade	Unidade
Área da Aciaria	Pré-cal	Geração	4.866,66	t/ano
Área da Aciaria	Resíduo de Demolição de Painela de Gusa	Geração	1.216,66	t/ano
Área da Aciaria	Resíduo da Balança de Gusa	Geração	1.216,66	t/ano
Área da Aciaria	Sucata Elétrica	Geração	1.216,66	t/ano
Área da Aciaria	Finos de Cal KR	Geração	1.338,33	t/ano
Área da Aciaria	Manta Cerâmica de Lingotamento	Armazenamento	26.766,22	t/ano
Área da Aciaria	Manta Cerâmica de Lingotamento	Geração	26.766,66	t/ano
Área da Aciaria	Carepa Bruta	Geração	2.433,33	t/ano
Área da Aciaria	Lama de escória	Armazenamento	1.216,66	t/ano
Área da Aciaria	Lama de escória	Armazenamento	1.216,66	t/ano
Área da Aciaria	Lama de escória	Geração	1.216,66	t/ano
Área da Aciaria	Pó de Despoeiramento da Aciaria	Geração	1.216,66	t/ano
Área da Aciaria	Sucata de Cobre	Geração	0,60	t/ano
Área da Aciaria	Sucata de Alumínio	Geração	0,60	t/ano
Área da Aciaria	Escória Bruta	Geração	85.1666,66	t/ano
Área da Aciaria	Calcário Fino	Geração	24.333,33	t/ano
Área da Aciaria	Sucata de Refratário / Areia	Geração	1.825,00	t/ano
Área da Aciaria	Sucata Metálica	Geração	12.422	t/ano

Fonte: Adaptação da GERDAU, 2012

Tabela13 - Destinação dos resíduos no processo Alto Forno

Local	Resíduo	Grupo do Resíduo	Quantidade	Unidade	Operação Relacionada
Área do Alto Forno II	Pó de Balão Coletor do Alto Forno	Resíduos de sistema de controle de emissão gasosa contendo substâncias não tóxicas (precipitadores, filtros de manga, entre outros)	1.8250,00	t/ano	Reciclagem
Área do Alto Forno II	Sucata Elétrica	Outros resíduos não perigosos	0,12	t/ano	Armazenamento
Área do Alto Forno II	Pó de Despoeiramento do Alto-Forno	Resíduos de sistema de controle de emissão gasosa contendo substâncias não tóxicas (precipitadores, filtros de manga, entre outros)	1.2166,66	t/ano	Reciclagem
Área do Alto Forno II	Sucata Metálica	Sucata de metais ferrosos	24.333	t/ano	Armazenamento
Área do Alto Forno II	Escória Granulada de Alto Forno	Escória de produção de ferro e aço	73.0000,00	t/ano	Reciclagem
Área do Alto Forno II	Lama de Alto Forno	Resíduos de sistema de controle de emissão gasosa contendo substâncias não tóxicas (precipitadores, filtros de manga, entre outros)	2.4333,33	t/ano	Armazenamento
Área do Alto Forno I	Pó de Balão Coletor do Alto Forno	Resíduos de sistema de controle de emissão gasosa contendo substâncias não tóxicas (precipitadores, filtros de manga, entre outros)	18.250,00	t/ano	Reciclagem
Área do Alto Forno I	Escória Granulada de Alto Forno	Escória de produção de ferro e aço	365.000	t/ano	Reciclagem
Área do Alto Forno I	Escória Granulada de Alto Forno	Escória de produção de ferro e aço	2.433,33	t/ano	Reciclagem
Área do Alto Forno I	Pó de Despoeiramento do Alto-Forno	Resíduos de sistema de controle de emissão gasosa contendo substâncias não tóxicas (precipitadores, filtros de manga, entre outros)	1.2166,66	t/ano	Reciclagem
Área do Alto Forno I	Sucata Metálica	Sucata de metais ferrosos	24.333	t/ano	Armazenamento
Área do Alto Forno I	Escória Granulada de Alto Forno	Escória de produção de ferro e aço	73.000,00	t/ano	Reciclagem
Área do Alto Forno I	Lama de Alto Forno	Resíduos de sistema de controle de emissão gasosa contendo substâncias não tóxicas (precipitadores, filtros de manga, entre outros)	13.383,33	t/ano	Armazenamento

Fonte: Adaptação da GERDAU, 2012

#### 5.2.4 Reciclagem

No uso da sucata metálica em seu processo a Gerdau Açominas, reduz o uso de energia necessária para a produção do aço, e também nas emissões de CO<sub>2</sub>. Na unidade Açominas, cerca de aproximadamente 190.000 toneladas de sucatas são recicladas. Entretanto todas as demais unidades do grupo reciclam juntas cerca de 16 milhões de sucatas, colocando a Gerdau como um dos maiores recicladores do mundo.

Figura 41 - Foto estoque sucata metálica



Fonte: GERDAU, 2012.

#### 5.2.5 Inovação Tecnológica: CASE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

##### 5.2.5.1 Projetos internos

##### **Uso da escória de aciaria em contenção de encostas: Gabião**

Na Gerdau Açominas, em Ouro Branco (MG), a escória tem várias aplicações: é usada como revestimento de pátios e acessos às diversas áreas da empresa, gabiões e lastro ferroviário. Os pátios são cobertos pela escória, o que resulta em excelente acabamento e aspecto visual. No caso dos gabiões, ela é usada, quando necessário, na construção de muro de arrimo. Como seu peso é maior que o de outros agregados pétreos, obtém-se um muro de melhor qualidade.

Já a escolha da escória para a construção do lastro ferroviário está diretamente ligada às grandes vantagens que ela apresenta em relação a outros materiais. Além de ter menor custo, maior resistência à abrasão e ser fácil de transportar, sua estrutura permite melhor drenagem de água.

Na visita realizada á usina, observa-se o uso sustentável de escórias internamente nas áreas, propiciando um retorno financeiro e a redução do impacto ambiental dentro da unidade. Seguem alguns exemplos aplicados. (GERDAU, 2012)

Figura 42 - Gabião – concreto siderúrgico



Fonte: GERDAU, 2012.

Gabiões são gaiolas formadas por redes de aço zincado preenchidas com pedras de mão. Os muros em GABIÃO são estruturas muito flexíveis, com grande durabilidade, resistência e com grande capacidade de drenagem. O agregado siderúrgico é usado em substituição à pedra para preenchimento dos GABIÕES.

Principais vantagens do uso de agregado siderúrgico:

- a. Benefícios ambientais devido ao uso de co-produto de processo em substituição a um recurso natural não renovável (pedra);
- b. Peso próprio que é cerca de 70% maior que o material pétreo, dando maior estabilidade à contenção;
- c. O custo frente ao de qualquer material pétreo da região.

## Uso da escória de aciaria no emprego no lastro ferroviário

Lastro ferroviário é um componente da superestrutura da via permanente, constituindo-se em uma camada intermediária de material granular, que se situa entre o sublastro e os dormentes da estrada de ferro.

O agregado siderúrgico substitui a pedra britada nº 3, material tradicionalmente empregado como lastro ferroviário.

Principais funções:

- a. Distribuir sobre a plataforma ferroviária ou sobre o sublastro os esforços resultantes das cargas dos veículos;
- b. Formar um colchão com elasticidade necessária para atenuar as trepidações resultantes da passagem dos veículos;
- c. Formar uma superfície uniforme e contínua para os dormentes e trilhos, preenchendo as depressões da plataforma e permitindo o perfeito nivelamento dos mesmos;
- d. Impedir o deslocamento dos dormentes (vide imagem abaixo).
- e. Vantagens do agregado siderúrgico sobre os materiais pétreos:
- f. Preservação dos recursos naturais não renováveis (pedreiras);
- g. Maior resistência mecânica, o que significa uma maior vida útil ao lastro ante uma mesma intensidade de carga e espessura;
- h. Estrutura vesicular permitindo perfeita drenagem da água;
- i. Maior peso próprio, dando maior estabilidade a plataforma e possibilidade de redução do consumo de material no dimensionamento do lastro.

Figura 43 - Lastro ferroviário



Fonte: CUNHA, 2006.

### **5.2.5.2 Projetos externos**

A escória dos fornos elétricos, por exemplo, resultante da fusão da sucata com o ferro-gusa e do refino do aço, é utilizada principalmente na pavimentação de rodovias e em lastros ferroviários. Essas aplicações, a partir de 2005, passaram a fazer parte de estudos para a normatização do uso da escória pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o que reduzirá ainda mais a utilização de recursos naturais como a brita e terra.

Figura 44 - Estrada imperial que liga Ouro Branco a Ouro Preto em Minas Gerais Escória utilizada da Açominas



Fonte: BALTAZR, 2001.

### 5.3 Vallourec Mannesman

#### Apresentação:

O grupo francês Vallourec tem a subsidiária V&M do Brasil, usina integrada do Barreiro fundada em 1969, em Belo Horizonte MG, ocupa uma área de três milhões de metros quadrados, com capacidade de produção de 550 mil toneladas de tubos por ano, utiliza como insumos o carvão vegetal e o minério de ferro. Nas suas unidades operacionais contém 2 alto-fornos, 1 aciaria, 2 laminações, 2 unidades de têmpera e revenimento, 1 trefilaria, 1 planta de acabamento de tubos petrolíferos e 1 forja. Seu mix de produtos são os tubos de aço sem costura, utilizados em diversas aplicações dentre elas: Tubos Automotivos (veículos leves, pesados, máquinas agrícolas, motocicletas e vagões ferroviários); Tubos Estruturais (Passarelas, galpões, e coberturas para grandes vãos). Dentre suas certificações destacam-se a OHSAS 18001, ISO 9001, ISO 14001.

Figura 45 - Leito de resfriamento – tubos com costura V&M



Fonte: ARAÚJO, 2011.

#### 5.3.1 Destinação do resíduo

Na V&M do Brasil, 100% da escória gerada são destinadas à pavimentação primária de estradas e à produção de fertilizantes e corretivos para o solo. As empresas também adotam procedimentos operacionais de controle e transporte

desses materiais, com os cuidados ambientais e de segurança que a atividade exige. Todo resíduo gerado é transportado e destinado corretamente, com conhecimento do órgão ambiental, dentro do território.

### 5.3.2 Co-produtos.

Figura 46 - Laminação de tubos com resíduo carepa V&M



Fonte: INSTITUO DO AÇO DO BRASIL, 2011.

Em 2010, a V & M cria uma área específica para o gerenciamento de resíduos e co-produtos, para reforçar a gestão sustentável. A Empresa já adota os conceitos dos 3Rs, reduzir, reutilizar e reciclar, como norte de suas atividades e, ao centralizar o gerenciamento de resíduos e co-produtos no âmbito corporativo, facilita a identificação de formas para a redução e o reaproveitamento. Com a visão unificada de todas as empresas do Grupo, é possível ganhar em escala e trabalhar de forma mais produtiva, como resposta ao desafio.

### 5.3.3 Reutilização

A V & M estuda a implantação de uma nova frente de pesquisa com foco em redução de desperdícios e na transformação dos resíduos em co-produtos.

### 5.3.4 Reciclagem

A grande maioria de seus resíduos é reciclada externamente.

Figura 47 - Destinação sustentável dos resíduos e co-produtos



Fonte: Relatório de Sustentabilidade 2010 V&M.

Tabela 14 - Destinação dos resíduos

V & MB (t)				
RESÍDUO NÃO-PERIGOSO				
RESÍDUO	ANO 2010	ANO 2009	ANO 2008	DESTINAÇÃO
Carepas	23.109,27	16.867,29	29.032,00	Reciclagem externa
Pó de coletor	21.079,52	15.426	19.324,00	Reciclagem externa
Escória Aciaria	97.058,46	85.324	111.208,00	Reciclagem externa
Escória Granulada Alto Forno	79.638,91	57.025	84.865,00	Reciclagem externa
Escória Bruta de Alto Forno	18.648,70	13.648,70	15.608,00	Reciclagem externa
Lamas Siderúrgicas	63.989,50	51.353	54.068,00	Co-disposição
Sucata metálica	10.237,16	8.475	-	Reciclagem externa
<b>TOTAL</b>	<b>313.761,52</b>	<b>248.118,99</b>	<b>314.105,00</b>	

Fonte: Adaptada Relatório de sustentabilidade 2010 – V&M.

### 5.3.5 Inovação Tecnológica: CASE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

#### 5.3.5.1 Projetos internos

O próprio processo de produção é o exemplo maior deste compromisso de sustentabilidade. As emissões de gás carbônico durante a produção do aço são compensadas pelo processo de fotossíntese no crescimento das florestas plantadas de eucalipto da V & M do BRASIL, que ainda liberam grande quantidade de oxigênio na atmosfera. É isso que confere aos tubos de aço sem costura V & M do BRASIL o título de “Tubos Verdes”.

As soluções de preservação ambiental criadas pela empresa e suas subsidiárias contribuem para a redução do aquecimento global e do efeito estufa, uma vez que este processo de produção de tubos de aço sem costura utiliza energia renovável.

A V & M do BRASIL foi à primeira siderúrgica do mundo a ter seu projeto de redução de emissões de gases do efeito estufa registrado junto à Organização das Nações Unidas (ONU). A partir dos critérios do Mecanismo de Desenvolvimento

Limpo (MDL), a Empresa implantou um projeto de geração de créditos de carbono que é a sua própria Usina Termelétrica. Cerca de um terço da energia elétrica consumida pela empresa é, produzida a partir de combustíveis gerados no processo de produção, o que garante uma redução das emissões totais de gases do efeito estufa. (VALLOUREC. 2011).

### **5.3.5.2 Projetos Externos**

#### **Tijolo cerâmico obtido através da geração de pó coletor.**

Na geração de pó de coletor no processo de produção de ferro gusa, são produzidos tijolos cerâmicos para o mercado.

Figura 48 - Tijolos fabricados -pó de coletor



Fonte: Relatório de sustentabilidade 2010 – V&M.

## 5.4 Usiminas

### Apresentação:

A Usiminas assim denominada a Usina intendente câmara - Usina Siderúrgica de Minas Gerais está localizada na cidade de Ipatinga na região do Vale do Aço. Sua área total soma 10,5 milhões de metros quadrados com capacidade de 5 milhões de toneladas de aço, seu processo é integrado onde se incorporam todas as fases de produção do aço e sua transformação em laminados. Sua planta é constituída de 3 altos-fornos, 2 aciarias, 1 laminação de tiras a quente, 1 laminação de chapas grossas e 2 laminações a frio. Em 26 de outubro de 1962 marca o início da operação da Usiminas, com o desenvolvimento do parque industrial executado no governo de Getúlio Vargas, em seus quase vinte anos de mandato e posteriormente, no governo de Juscelino Kubitschek, prioriza-se a indústria de base de 1956 á 1961, sendo que em 1991 surge a sua privatização. (USININAS, 2011).

Dentre seus principais produtos destacam-se: chapas grossas tiras á frio, tiras a quente, laminados não revestidos, galvanizados e placas. A Usiminas recebeu em 2010 a certificação ISO 9001.

Figura 49 - Vista Usina Ipatinga



Fonte: INSTITUO DO AÇO DO BRASIL, 2011.

#### 5.4.1 Destinação do resíduo

Conforme exposto no site em 2010 a usina de Ipatinga, 94,5% dos resíduos gerados foram destinados á comercialização e reciclagem, sendo que os 5,5% restantes ficaram á disposição para tratamento.

Tabela 15 - Reciclagem e destinação dos resíduos

<b>PESO TOTAL (t)</b>			
<b>USIMINAS</b>			
<b>RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS</b>	<b>SIDERURGIA</b>	<b>TRANSFORMAÇÃO DO AÇO</b>	<b>CONSOLIDADO</b>
Aterro sanitário	84.642,00	879,00	86.287,00
Reciclagem interna	2.588.375,00	43.276	2.631.651,00
Comercialização	3.721.678,00	-	3.722.620,00
Disposição aterro industrial próprio	181.218	-	181.218
<b>TOTAL</b>	<b>6.575.913,00</b>	<b>44.155,00</b>	<b>6.621.776,00</b>
	<b>PESO TOTAL (t)</b>		
<b>USIMINAS</b>			
<b>RESÍDUOS PERIGOSOS</b>	<b>SIDERURGIA</b>	<b>TRANSFORMAÇÃO DO AÇO</b>	<b>CONSOLIDADO</b>
Coprocessamento	13.824,00	76,00	14.281,00
Reciclagem interna	97.445,00	-	97.445,00
Tratamento	2.273,00	1.500	3.773,00
Comercializado	165	23.794	25.548
<b>TOTAL</b>	<b>113.707</b>	<b>25.370</b>	<b>141.047,00</b>

Fonte: Relatório anual 2010 – Usiminas.

#### 5.4.2 Co-produtos

Originados do processo siderúrgico, os chamados co-produtos ou agregados siderúrgicos - como o óxido de ferro, escórias de alto-forno e de aciaria, lama, galvanização e sucata metálica - têm ganhado cada vez mais espaço nos processos

industriais, apresentando-se como opção sustentável e economicamente viável no mercado.

Uma das aplicações do co-produto já pode ser observada na região do Vale do Aço e Vale do Rio Doce. As obras de pavimentação nos municípios de Santana do Paraíso/Mesquita, Pingo-D'Água/Córrego Novo, São Domingos das Dores/Inhapim e São Sebastião do Anta, sob custódia do Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG) por meio do Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos Rodoviários aos Municípios (ProAcesso), do governo estadual, são exemplos mais recentes da utilização dos resíduos siderúrgicos da Usiminas.

Ao todo, cerca de 200 mil toneladas de escória de aciaria da Usina Intendente Câmara, em Ipatinga, no Vale do Aço, estão sendo utilizadas em 40 quilômetros de asfalto em toda a região. Segundo o gerente de Vendas Especiais da Usiminas, somente no ano passado a companhia utilizou, internamente, mais de 880 mil toneladas de co-produtos e comercializaram, outras, 3,3 milhões de toneladas para as indústrias de pavimentação, cerâmica, cimento e fundição.

Ainda segundo o gerente, somente para pavimentação foi destinadas 1 milhão de toneladas de agregados siderúrgicos oriundos de escória de aciaria. "Outras aplicações estão sendo desenvolvidas, dentre elas a produção de artefatos de concreto. Há, médio e longo prazo esse co-produto poderá representar ganhos relevantes para a Usiminas, como a redução de custo e a preservação do meio ambiente.

#### *5.4.3 Reutilização*

Antes descartada em aterros industriais, a lama de aciaria, passou a ser, comercializada pela Companhia que encontrou no próprio setor industrial, principalmente entre os fabricantes de cerâmica (que também utilizam em seus processos a lama de alto- -forno), uma destinação mais adequada do subproduto siderúrgico e com retorno financeiro.

#### 5.4.4 Reciclagem

O Programa de Gestão de Resíduos Sólidos, implantado na usina de Ipatinga baseia-se no conceito 4Rs – Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Recuperar.

Na Usiminas, em 2010, foi reciclado um total de 35,4 mil toneladas de lama de Aciaria (lama grossa LDG); e um volume de 1,21 toneladas, comercializado no mercado. Atualmente, a Usiminas realiza testes para recuperar a composição metálica da lama e também para a produção de briquetes, que poderão ser utilizados nos altos-fornos.

#### 5.4.5 Inovação Tecnológica: CASE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Figura 50 - Aciaria, convertedor - usina Ipatinga



Fonte: DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2012.

#### **5.4.5.1 Projetos Internos**

Na Usina de Ipatinga, também foram concluídas as atividades do Projeto de Pavimentação e Impermeabilização das Áreas Internas de Coqueiras e Carboquímicos, uma maneira de evitar possíveis infiltrações de insumos siderúrgicos no solo da planta industrial. Ao todo, uma área de 8.270 m<sup>2</sup> foi pavimentada e outra, com extensão de 22.727 m<sup>2</sup>, impermeabilizada. Está em desenvolvimento um projeto sobre cuidados com resíduos em parceria com a Fundação Gorceix (UFOP). O objetivo é adequar a expansão volumétrica da escória de Aciaria para uso como lastro ferroviário, por meio de um trabalho técnico e científico. Também se encontra em fase de desenvolvimento um estudo cuja meta é elaborar briquetes à base de lama de Aciaria, para reaproveitamento do insumo nos altos-fornos.

#### **5.4.5.2 Projetos externos**

**USIMINAS transforma escória em vitrocerâmica, material para peças de decoração, pisos e revestimentos.**

No se refere á inovação tecnológica aplicada à sustentabilidade, surge em 2000 o desenvolvimento de um novo produto para a reutilização da escória de aciaria, a vitrocerâmica porcelanato de alto nível, similar ao granito, mas próximo à cerâmica usada em ladrilhos e pisos. A Usiminas acredita nesse novo nicho no mercado da construção civil, junto a projetos arquitetônicos mais requintados que usem grés-porcelanato, pastilhas e pisos auto-sustentáveis. A vitrocerâmica possui propriedades de resistência de até seis vezes superior a uma porcelana tradicional, comparando as características do granito, segundo confirmação da empresa.

A Usiminas confia que a produção de vitrocerâmica em escala industrial duplique o valor da escória. Hoje na China, a escória é usada para produzir granito artificial similar à vitrocerâmica. De certo que com tecnologia podemos desenvolver novos produtos.

Para a siderúrgica, indica-se um grande potencial de mercado de U\$ 20 milhões por ano para a vitrocerâmica, principalmente na Grande São Paulo e Vale do Aço, onde localiza a Usiminas. O volume seria atingido da comercialização de 400 mil de vitrocerâmica, a um custo de R\$ 50 por metro.

Figura 51 - Processo de patente da vitrocerâmica - Nova aplicação para escória de aciaria



Fonte: REVISTA Fundações & Obras Geotécnicas, 2012.

## **6 CONCLUSÃO**

O aproveitamento de resíduos sólidos é importante sobre vários aspectos, principalmente, aspectos ambientais e econômicos. Quando um resíduo é utilizado de forma eficiente, um problema é transformado em solução, uma vez que qualquer valor agregado representa ganho para uma empresa. Com base no estudo apresentado, a hipótese de subsidiar a inserção do design no reaproveitamento de resíduos se confirma somente para a linha de produção de blocos ecológicos, pois nas siderúrgicas analisadas, não foi possível identificar maiores atuações de design focado no uso do co-produto (matéria-prima do resíduo gerado).

Pode-se concluir que o setor siderúrgico, causa um grande impacto ambiental, e após a análise dos relatórios anuais, percebe-se que as empresas se preocupam com a destinação de seus resíduos, deste modo investimentos estão sendo realizado em prol da preservação do meio ambiente.

Dentro desse contexto é de fundamental importância que os designers comecem a repensar suas criações propondo soluções que utilizem a matéria gerada de resíduos, sobretudo de processos siderúrgicos, propondo soluções que visam à redução, a reutilização ou a reciclagem.

Hoje em dia para criar um produto competitivo o designer tem de inovar nos materiais na forma e nos processos, assim este trabalho permitiu aprofundar o conhecimento teórico e prático na área de siderurgia com foco em reaproveitamento de resíduos.

Podemos assim concluir que a todas as pesquisas relacionadas com o desenvolvimento de matérias e produtos sustentáveis têm relevante importância visto que existe uma necessidade urgente de parar com a degradação do meio ambiente.

### **6.1 Considerações finais:**

Todas as empresas estudadas possuem particularidades que as diferem umas das outras, porém as informações aqui contidas podem contribuir em inovações tecnológicas de utilização de resíduos reciclados como material alternativo para a construção civil, por exemplo.

Para embasar a proposta da monografia, foi realizada uma revisão bibliográfica e, além disso, durante as visitas técnicas, a observação da geração de resíduos da cadeia produtiva do aço.

O Universo não tem fim, ou pelo menos não o conhecemos, portanto o “zero” é talvez inatingível. Preocupemo-nos com o âmbito, o propósito da nossa criação, a necessidade de um produto, um serviço, e a significância de um ciclo de vida, chegando à resolução de determinados problemas. (RIBEIRO, 2009).

## **6.2 Sugestões para trabalhos futuros:**

A seguir são enumeradas algumas sugestões para trabalhos futuros:

- 1- Realizar um estudo sobre as propriedades mecânicas dos resíduos (escória aciaria, escória de alto forno), como elemento estrutural.
- 2- Realização de estudos de viabilidade técnica na utilização de sucata metálica, na fabricação de elementos para a construção civil.
- 3- Estudar a viabilidade de um negócio que tenha como objetivo a constituição de uma empresa que fabrique produtos com estes produtos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, O. A. Processo de reciclagem da escória de aciaria e do resíduo de corte do granito visando à produção de lâ mineral. 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto.

ARAÚJO, H. M. Construção metálica tubular. Revista Construção Metálica - **Belo Horizonte, MG, Brasil. Arquivo pessoal.**

ARAÚJO, L. A. **Manual de Siderurgia**. São Paulo-SP: Editora Arte & Ciência.

ARCELORMITTAL: Disponível em: <<http://www.arcelormittal.com>>. Acesso em: 30 ago.2011.

ASPECTOS TÉCNICOS DA UTILIZAÇÃO DA CAREPA GERADA EM PROCESSOS SIDERÚRGICOS E TRATADA POR DESAGREGAÇÃO ULTRA-SÔNICA. Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, v.3. n.2, p. 1-5, out.-dez. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004 resíduos sólidos: Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.

BALTAZAR, R. P. **Caracterização do fator expansão de uma escória de aciaria em diferentes processos de cura para uso em pavimentação**. 2001. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa.

BARROSO, C. R. **A gestão do design na otimização do uso de recursos naturais**. Monografia (Especialização em gestão do design)- Centro Universitário de Belas Artes, São Paulo, 2006.

BELO HORIZONTE. Decreto Municipal n.º 5.893, de 16 de março de 1988: regulamenta a Lei Municipal N.º 4.253 que dispõe sobre a política de proteção, do controle e da conservação do meio ambiente e da melhoria da qualidade de vida no município de Belo Horizonte. 1988b. Disponível em: < [portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento) > Acesso em: 20 jan. 2012.

BELO HORIZONTE. Lei Municipal n.º 2.968, de 03 de agosto de 1978: aprova o regulamento de limpeza urbana de Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.bhcompostura.com.br/site/modules/mastop\\_publish/?tac=73](http://www.bhcompostura.com.br/site/modules/mastop_publish/?tac=73)> Acesso em: 20 jan. 2012.

BELO HORIZONTE. Lei Municipal n.º 4.253 de 04 de dezembro de 1985: Dispõe sobre a política de proteção, do controle e da conservação do meio ambiente e da melhoria da qualidade de vida no município de Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.bhcompostura.com.br/site/modules/mastop\\_publish/?tac=73](http://www.bhcompostura.com.br/site/modules/mastop_publish/?tac=73)> Acesso em: 20 jan. 2012.

BONEZZI, Cristiane Belize. **Competitividade ambiental da siderurgia brasileira: impactos das definições de fóruns internacionais**. Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2005.

BRASIL, Ana Maria. et ali. **Equilíbrio Ambiental e resíduos na sociedade moderna**. São Paulo. Ed. FAARTE. 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energias. 2009. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/menu/processos\\_contas\\_anuais/2009.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/processos_contas_anuais/2009.html)> Acesso em: 14 fev. 2012.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981. Disponível em: <<http://www.fflorestal.sp.gov.br/media/uploads/bertioga/Politica%20Nacional%20do%20Meio%20Ambiente.htm>> Acesso em: 10 fev. 2012.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Lei nº 6.905 de 12 de fevereiro de 1998: Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. 1998. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/federal/9605\\_98\\_lei\\_crimes\\_ambientais.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/federal/9605_98_lei_crimes_ambientais.pdf)> Acesso em: 10 fev. 2012.

BROWN, T. **Design thinking**: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas idéias. 3ª tiragem. Tradução de Cristina Yamagami. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 249 p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Ministério das Cidades - Manejo e gestão de resíduos da construção civil. V. 02 68p.

CASELATO, Lucila. **Ações institucionais da siderurgia brasileira para disseminação do uso das escórias de aciaria.** Rio de Janeiro, nov., 2004.

CBCA: Disponível em: <[HTTP://www.cbca-acobrasil.org.br](http://www.cbca-acobrasil.org.br)>. Acesso em: 17 set., 2011.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA. Tecnologia dos materiais. Apostila curso de eletroeletrônica - módulo II. Araranguá/SC, jul. 2008.

COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. **Notícias: aço.** Disponível em: <<http://www.cvrd.com.br>>. Acesso em: 08 ago.2011.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8, 27 a 30 de jul. de 2009, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

CONSULTORIA E DESENVOLVIMENTO. Projetos derivados da Fase 1 do estudo realizado para diagnóstico das necessidades para impulsionar a Inovação na Construção Civil, Belo Horizonte. 2007.

COSTA, Flávia Nacif da. **O design como reativador da experiência.** 2002 150fls. : Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

CUNHA, Adriano Ferreira da et al. Caracterização, beneficiamento e reciclagem de carepas geradas em processos siderúrgicos. Revista Escola de Minas, Outro Preto, v. 59, n.1, jan./mar. 2006.

CUNHA, Adriano Ferreira da. **Estruturas de aço: conceito, técnicas e linguagem.** São Paulo, Ed. Zigurate, 2002.

CUNHA, Adriano Ferreira da. **Caracterização, beneficiamento e reciclagem de carepas geradas em processos siderúrgicos.** Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Rede Temática em Engenharia de Materiais – UFOP/CETEC/UEMG. 2006.

CUNHA, Adriano Ferreira da. **Edificações de aço no Brasil.** São Paulo, Ed. Zigurate, 1999.

DENISE ELER. Disponível em: <<http://www.eler.com.br>>. Acesso em: 10/12/2011.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. Disponível em: < <http://www.diariodocomercio.com.br/>>

Acesso em: 10 fev. 2012.

ECOSTEEL. Transformação que preserva. 2010. Disponível em: <<http://www.ecosteelbrasil.com.br/fotos.html>> Acesso em: 10 fev. 2012.

FERREIRA, André Rodrigues. Desenvolvimento de produtos tecnológicos usando resíduos de extração mineira. Dissertação (apresentada na Universidade Da Beira Interior, Engenharia. Covilhã, Portugal. 2010. Disponível em: <[http://webx.ubi.pt/~denis/MDIT/dissertacao\\_AndreFerreira.pdf](http://webx.ubi.pt/~denis/MDIT/dissertacao_AndreFerreira.pdf) > Acesso em: 17 fev. 2012.

FILEV, Rodrigo. **Escória de Aciaria.** Disponível em: <[http://www.reciclagem.pcc.usp.br/escoria\\_de\\_aciaria.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/escoria_de_aciaria.htm)> Acesso em: 29 jun. 2011

FONSECA, Paulo Sergio Moreira da; CARVALHO, Pedro Sergio Landim; SILVA, Marcelo Machado da. perspectivas do investimento 2010-2013o **Investimentos na siderurgia brasileira.**

FRANÇA, Júnia. L. ET alt. **Manual para normalização de publicações Técnico-científicas.** 8. ed., Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2004.

FUNDAÇÃO CENTRO DE ESTUDOS DO COMÉRCIO EXTERIOR. Siderurgia e não-ferrosos: Cadernos-CE; 4. Rio de Janeiro, 1979.

GERDAU. Disponível em: < <http://www.gerdau.com.br/>> Acesso em: 10 fev. 2012.

GERDAU. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br>>. Acesso em: 22 set.2011.

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Comissão de Meio Ambiente do SINDUSCON-MG e Parceiros. 2. ed. Belo Horizonte, Nov. 2005.

GORLE, P.; LONG, J. **Fundamentos de planejamento do produto.** Trad. de Mário Tanabe. São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1976.

GRAVINA, M. G. P. O Processo de Certificação ISO 14001. Estudo de caso: A Usina Siderúrgica da ARCELORMITTAL em Juiz de Fora – MG. Curso de Especialização em análise ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2008.

GREAT BUILDINGS COLLECTION. Disponível em: < <http://www.greatbuildings.com/>

> Acesso em: 10 fev. 2012.

GRUPO VALLOUREC. Relatório de Sustentabilidade das Empresas V & M do Brasil 2010, BH Press Comunicação. Disponível em: <<http://www.vmtubes.com.br/vmbinternet/calandra.nsf/wehp/HPTInternet-0000>> Acesso em: 20 jan. 2012

INSTITUTO AÇO BRASIL. Disponível em: <[HTTP//www.ibs.org.br](http://www.ibs.org.br)>. Acesso em: 22 set.2011.

INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL – disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/aplicacoes--transporte.asp>> Acesso em: 14 fev. 2012.

INSTITUTO DO AÇO DO BRASIL. Seminário internacional sobre Reciclagem de Veículos e Renovação de Frotas – Aproveitamento da sucata na Fabricação do Aço no Brasil, Belo Horizonte. 2008.

INTERNATIONAL CONCIUL DESIGN OF SOCIETIES OF INDUSTRIALE DESIGN / ICSID. Disponível em: < <http://penta.ufrgs.br/~evelise/DSuper/conceit.htm>> Acesso em: 20 jan. 2012.

IPT-CEMPRE. Legislação e Licenciamento Ambiental. In: IPT-CEMPRE. **Manual de Gerenciamento Integrado**. 2. Ed. São Paulo: Editora e gráfica Ltda., 2000. P. 365.

LEMOINE, B. Apresentação em congresso CICOM - 2002 Aço Um material que não prejudica o meio ambiente para o desenvolvimento sustentável ARCELOR/ Apoio a construções e edificações.

LOBACH, BERND. **Design Industrial**: bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgar Blucher, 2001

MARGARIDO, Aluizio Fontana. **O uso do aço na arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2007.

MENDES, j. j. Influência da adição da lama fria da aciaria a oxigênio nas características físicas e microestruturais de pelotas queimadas de minério de ferro. 2009. 79p Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Ouro Preto.

MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 14.128 de 19 de dezembro de 2001:

Dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais.

DN COPAM nº 07, de 29 de setembro de 1981. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=728>> Acesso em: 20 jan. 2012.

MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 7.772, de 08 de setembro 1980: Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado de Minas Gerais.

Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5407>> Acesso em: 20 jan. 2012.

MINAS GERAIS. DECRETO ESTADUAL N.º 39424, de 05 de fevereiro de 1988: Altera e consolida o Decreto, 21.228 de março de 1981, que regulamenta a lei nº

7.772, de 8 de setembro de 1980, que dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado de Minas Gerais. 1988 a. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5608>> Acesso em: 20 jan. 2012.

MINAS GERAIS. **Resolução CONAMA nº 348, de 16 de agosto de 2004:** Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Disponível em: <[http://www.proamb.com.br/leis\\_decretos/conama\\_348.pdf](http://www.proamb.com.br/leis_decretos/conama_348.pdf)> Acesso em: 11 fev. 2012.

MINAS GERAIS. **Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril 2001:** Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Disponível em: <

<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=291>> Acesso em: 11 fev. 2012.

MINAS GERAIS. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho 2002:** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Disponível em: <[http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002\\_Res\\_CONAMA\\_307.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf)> Acesso em: 11 fev. 2012.

MINISTÉRIO DAS MINAS ENERGIA. Relatório Técnico 83 Reciclagem de Metais no País, Rio de Janeiro, 2009.

MOREIRA, Marcelo F. Siderurgia. 2009. Disponível em: <[http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Livro\\_Reciclagem/ferro\\_siderurgia\\_dalmolim.pdf](http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Livro_Reciclagem/ferro_siderurgia_dalmolim.pdf)> Acesso em: 22 jan. 2012.

MOTA, V. F.C. A. **Pólos minero-siderúrgicos no Brasil: a contribuição da avaliação ambiental estratégica no caso de Corumbá.** 2009. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2009.

NOVAES, Marcos de Vasconcelos; MOURÃO, Carlos Alexandre Martiniano do Amaral. Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil/Coopercon. Fortaleza: Cooperativa da Construção Civil do Estado do Ceará, 2008.

OLIVEIRA, Míriam Regina Cardoso de. Caracterização e classificação do resíduo sólido “pó do balão”, gerado na indústria siderúrgica não integrada a carvão vegetal: estudo de um caso na região de Sete Lagoas/Mg. Belo Horizonte, Química Nova, v. 26, n. 1, 5-9, 2003

PAPANEK, V. **Arquitetura e design: ecologia e ética.** Lisboa: Edições 70, 2007. 284 p.

PEIXOTO, R. A. F. **Uso de escória de aciaria em ciclovia de pavimento rígido.** Engenharia CEFET, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <[www.revistatechne.com.br/engenharia-civil](http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil)>.

PINIWEB. Disponível em: < <http://www.piniweb.com.br/> > Acesso em: 10 fev. 2012.

PINTO-COELHO, R. M. **Reciclagem e desenvolvimento sustentável no Brasil.** Belo Horizonte: Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleos Ltda. II. Título. 2009. 340 p.

PÓLIS. Coleta seletiva de lixo: reciclando materiais, reciclando valores, São Paulo, n. 31, 1998. 100p.

RAMOS, M. A. O Desempenho do Setor siderúrgico Brasileiro: uma aplicação da Análise por Envoltória de Dados (DEA). Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Acadêmico da Faculdade Novos Horizontes: Belo Horizonte, 2007.

RELATÓRIO Anual de Sustentabilidade 2010 da Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. USIMINAS. Disponível em: <[www.revistafundacoes.com.br](http://www.revistafundacoes.com.br)> Acesso em: 20 de nov. 2011.

RESENDE, M. A. **Inovação tecnológica nas edificações e a introdução da estrutura metálica em Minas Gerais.** 2003. 226 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

2003.

REVISTA Fundações & Obras Geotécnicas, 2012. Disponível em: <[www.revistafundacoes.com.br](http://www.revistafundacoes.com.br)> Acesso em: 18 fev. 2012.

RIBEIRO, M.M.P. **Desenvolvimento de mobiliário infantil de exterior numa óptica de ecodesign – Projeto AMOPLAY**. 2009. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

ROCHA, Marcos. **Design Connection**. São Paulo: Moderna, 2003.

ROCHA, Silvério. PISO INTERTRAVADO. Solução sustentável para combater enchente. Disponível em: <<http://www.revistaprisma.com.br/novosite/noticia.asp?cod=3080>> Acesso em: 10 fev. 2012.

RODRIGUES, I. M. D. **Estratégias de desenho no projeto de design**: um estudo sobre o uso do desenho como recurso instrumental e criativo ao serviço do pensamento visual do designer de equipamento. 2007. Tese (Doutorado)-Universidade de Lisboa, Faculdade de Belas Artes.

SILVA, A. B. da. **Reaproveitamento da lama de aciaria com baixo teor de ferro metálico na fabricação de cerâmica vermelha**. 2006. 85p. Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal de Ouro Preto.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil**. 3. ed. Belo Horizonte: SindusCon, 2007. 67 p.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Alternativas para a destinação de resíduos da construção civil**. 2. ed. Belo Horizonte: SindusCon, 2007. 84 p.

SINDIFER Em Workshop Multilateral: Ferro Gusa e Meio Ambiente; a indústria possível na perspectiva do desenvolvimento sustentável; Belo Horizonte, 1999.

SOUSA, C. S. M.; GOUVEA, T. C. V. **ABC do Design**: 313 termos técnicos em design. São Paulo: SEBRAE, 2004.

SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA DE BELO HORIZONTE. Relatórios internos. Belo Horizonte: PBH, 2008.

TECNOLOGIA EM METALURGIA E MATERIAIS. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. São Paulo, v.3. n.2, p. 1-5, out. dez. 2006.

TEIXEIRA, J. A. O **Design Estratégico na Melhoria da Competitividade das Empresas**. 2005. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina-Florianópolis, 2005.

TIJOLOS ECOLÓGICOS. Disponível em: < <http://www.tijolart.com.br/principal.html>> Acesso em: 10 fev. 2012.

UNISOMA. **Casos em siderurgia**. Disponível em: < <http://www.unisoma.com.br/br/casos-siderurgia-9.php>> Acesso em: 10 fev. 2012.

USIMINAS transforma escória em vitrocerâmica. Revista Fundações. Disponível em: <<http://www.revistafundacoes.com.br/TextoNoticia.aspx?news=Njc4fHh8bm90aWNpYQ>> Acesso em: 10 nov. 2011.

USIMINAS. WEBSITE. Disponível em: <<http://www.usiminas.com.br/meioambiente/ambiente.htm>> Acesso em: 20 de nov. 2011.

V & M do BRASIL: Disponível em: <<HTTP://WWW.vmtubes.com.br>> Acesso em: 15 nov. 2011.